



# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA.**

**AREA DE LA ENERGIA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS  
NATURALES NO RENOVABLES**

**INGENIERIA ELECTROMECHANICA**

**TEMA:**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE VAPOR A  
GAS PARA BAÑO TURCO Y PARA BAÑO SAUNA EN LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA”**

**AUTORES:**

**RAMIRO JOSÉ JARAMILLO CARRIÓN  
DIEGO FERNANDO RENGEL ROMÁN**

**DIRECTOR: Ing. Thuesman Estuardo Montaña Peralta.**

**Loja – Ecuador**

**2009**



## DECLARACION DE AUTORIA

Las ideas, hechos, principios, conceptos y resultados vertidos en el presente proyectos de

Tesis, son de exclusivo responsabilidad de los autores que firman a continuación.

.....  
Ramiro José Jaramillo Carrión

.....  
Diego Fernando Rengel Roman

# PENSAMIENTO

El alma sin ciencia no es buena,  
Y aquel que se apresura con los pies, peca.

Proverbios 19:2

Ramiro

Hemos sido creados para realizar nuestros sueños.

Si vivimos por ellos,  
si intentamos alcanzarlos  
si ponemos la vida y  
estamos seguros de que podemos,  
lo lograremos.

Si dudamos,  
quizá necesitamos hacer un alto en el camino y  
experimentar un cambio radical en nuestras vidas.

Diego

## AGRADECIMIENTOS

Es importante reconocer y dar honra a la Universidad Nacional de Loja, al Área de la Energía, las Industrias y los recursos Naturales no Renovables que juntos con sus maestros y docentes supieron guiar y darnos su apoyo para futuros profesionales, y de manera particular al Ing. Tuesman Montaña que con sus conocimientos y apoyo ha permitido culminar este trabajo de manera satisfactoria.

Finalmente a Dios, familiares, compañeros y amigos que con su apoyo y esfuerzo nos impulsaron a la culminación de nuestro Proyecto de Tesis.

Autores

## DEDICATORIA

El Presente Proyecto esta dedicado al Dador de la vida fuente de inspiración y guía, a nuestros padres, hermanos y a todos quienes con su esfuerzo, dedicación, y apoyo incondicional nos permitieron terminar nuestros estudios superiores.

Ramiro

Dedico este proyecto de estudio a Juan Victorino Rengel Cueva e Irma Yolanda Román Román, mis padres quienes con cariño, sacrificio y sabios consejos me han brindado su apoyo durante esta Carrera Universitaria, para ustedes mi eterno amor y respeto, su hijo.

Diego

# INDICE

PORTADA.....	I
CERTIFICACION.....	II
DECLARACION DE AUTORIA.....	III
PENSAMIENTO.....	IV
AGRADECIMIENTOS.....	V
DEDICATORIA.....	VI
INDICE.....	VII
RESUMEN.....	X
SUMARY.....	XI
INTRODUCCION.....	12
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION.....	14
PLANTEAMIENTO DE LA HIPOTESIS.....	15
METODOLOGIA PARA EL PROYECTO DE INVESTIGACION.....	15
<b>REVISION DE LITERATURA.....</b>	<b>17</b>

## **CAPITULO 1**

### **SUSTENTACION TEORICA DEL DISEÑO Y CONSTRUCCION DE CALDEROS.**

1.1. Clasificación de las máquinas según su forma de combustión.....	20
1.1.1. Conceptos termodinámicos sobre generación de vapor.....	21
1.1.2. Calor.....	24
1.1.3. Transferencia de calor en la cadera.....	25
1.1.4. Presión del vapor.....	26
1.1.5. Vapor saturado y vapor recalentado.....	27
1.1.6. Superficie de calefacción.....	28
1.1.7. Caballo de caldera.....	28
1.1.8. Producción de vapor.....	28
1.1.9. Factor de evaporización.....	28
1.2. Clasificación general de calderas.....	28
1.2.1. Forma de clasificación de calderas.....	29
1.2.2. Calderas de tubos de fuego.....	32
1.2.3. Clasificación de calderas piro tubulares.....	33
1.2.4. Clasificación de calderas piro tubulares horizontales.....	34
1.3 Combustible y combustión.....	34

1.3.1. Generalidades del gas licuado de petróleo glp y sus aplicaciones.....	36
1.3.2. Propiedades físicas del glp y sus componentes propano y butano.....	40
1.3.3. Usos y aplicaciones del glp.....	42
1.3.4. Futuro del uso del glp en las instalaciones domiciliarias ecuatorianas..	44
1.3.5. Propiedades del diesel y oil y del fuel oil usados en ecuador.....	47
1.3.6. Propiedades bagazo de caña.....	47
1.3.7 Combustión.....	48
1.3.8. Equivalente para el análisis combustión.....	50
1.3.9. Efectos que produce la insuficiencia de aire.....	52
1.3.10 Efectos del exceso de aire.....	54
1.3.11 Requisitos para una combustión eficiente.....	56
1.4. Cuarto para baño turco.....	58
1.4.1. Transmisión de calor.....	61
1.4.2. Calor necesario para una variación determinada de temperatura.....	64
1.4.3. Calor específico de sustancias a presión y normal.....	65
1.4.4. Conductividad de algunos materiales de construcción y aislantes.....	66

## **MATERIALES Y METODOS**

### **CAPITULO 2**

#### **DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA PARA BAÑO TURCO Y PARA BAÑO SAUNA**

2.1. Dimensionamiento del cuarto a calentar.....	67
2.1.1 Calculo de las libras de condensado del cuarto.....	68
2.2. Cálculo de la selección de la caldera.....	69
2.2.1 Calculo de las libras de condensado de la caldera.....	70
2.2.2. Calculo de la caldera con capacidad nominal.....	71
2.2.3. Cantidad de agua a evaporar por minuto en la caldera.....	72
2.2.4. Equipos de medición y seguridad de la caldera.....	72
2.2.5. Calculo del balance térmico del agua en el recuperador.....	72
para evitar los choques térmicos en la caldera	
2.2.6. Cálculo del rendimiento total de la caldera.....	74
2.2.7. Cálculo para el balance térmico de la caldera.....	77
2.2.8. Cálculo y dimensionamiento de las áreas.....	78
2.2.9. Cálculo y dimensionamiento del número de tubos.....	78
2.2.10 Tasa de producción de la caldera.....	79
2.2.11. Cálculo y dimensionamiento de la capacidad de la caldera.....	80
2.2.12 Cálculos de tensiones admisibles del área de radiación de la caldera.....	89
2.2.13 Cálculos de tensiones admisibles de los tubos rectangulares de la caldera.....	92

2.3. Cálculos de balance termodinámico y de transferencia de calor en la caldera.....	95
2.3.1. Cálculo para el h convectivo.....	95
2.3.2. Cálculo de aislamiento para el recubrimiento de la caldera.....	96
2.4. Cálculo y dimensionamiento para seleccionar el tamaño correcto de tubería de vapor.....	101
2.5. Diseño y construcción del sistema eléctrico de la caldera.....	107
2.6. Cálculo y selección de la bomba de alimentación para la caldera.....	109
2.7. Cartas tecnológicas.....	118

## **RESULTADOS**

### **CAPITULO III**

Resultados de la investigación.....	166
3.1. Cuadro de experimentación.....	166
3.1.1. Tabla de datos.....	167
3.2. Cálculo de la eficiencia de la caldera.....	178
3.3. Valoración económica.....	180
3.4. Impacto social y ambiental.....	181
<b>DISCUSION.....</b>	<b>183</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>185</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>186</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>187</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>188</b>

## RESUMEN

El fin de nuestro Proyecto de Tesis, tiene el fin de diseñar y construir un SISTEMA DE VAPOR PARA BAÑO TURCO Y PARA BAÑO SAUNA EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, el mismo que permite contribuir en la formación teórica práctica de los estudiantes del Área de Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables de la Universidad Nacional de Loja.

Este sistema de vapor (generador) tiene la función de transferir al agua la energía en forma de calor de los gases producto de la combustión de sustancias combustible para que esta se convierta en vapor y a su vez este entre en contacto con el cuerpo y se cumplan los beneficios para la salud del baño turco y sauna.

La estructura general de esta investigación está compuesta de cuatro capítulos. El primer capítulo se aborda aspectos relacionados con los principios básicos de generación de vapor, conceptos relacionados con el diseño construcción del sistema de vapor para baño turco y para baño sauna, y la sustentación teórica para el proyecto. En el segundo capítulo se realiza el diseño, cálculo del sistema de vapor y se aplica la selección de los materiales y las distintas técnicas usadas en el proyecto y en el último capítulo, se analiza los resultados, las pruebas de funcionamiento, la valoración económica, el impacto ambiental.

Finalmente se obtienen las conclusiones del trabajo y se recomiendan algunos aspectos importantes sobre la temática.

## SUMMARY

The end of our Project of Thesis, has the end of to design and to build a SYSTEM OF VAPOR FOR TURKISH BATHROOM AND it STOPS BATHROOM SAUNA IN THE NATIONAL UNIVERSITY DE LOJA, the same that allows to contribute in the formation theoretical practice of the students of the Area of Energy, the Industries and the Natural Resources Not Renewable of the National University of Loja.

This system of vapor (generator) has the function of transferring to the water the energy in form of heat of the gases product of the combustible combustion of substances so that becomes vapor and in turn this he/she enters in contact with the body and the benefits are completed for the health of the Turkish bathroom and sauna.

The general structure of this investigation is made up of four chapters. The first chapter is approached aspects related with the basic principles of generation of vapor, concepts related with the design construction of the system of vapor for Turkish bathroom and it stops bathroom sauna, and the theoretical sustentation for the project. In the second chapter we are carried out the design, calculation of the system of vapor and we surrender the selection of the materials and the different techniques used in the project is applied and in the last one chapter we surrender, it is analyzed the results, the operation tests, the economic valuation, the environmental impact.

Finally the conclusions of the work are obtained and some important aspects are recommended on the thematic one.



## INTRODUCCION

La primera mención de la idea de utilizar vapor para obtener energía aparece en la neumática, del inventor y matemático griego Herón de Alejandría, en el siglo I. Allí describió su eolípila, una turbina de vapor que consistía en una caldera conectada mediante dos tubos a los polos de una esfera hueca que podía girar libremente. Se han encontrado otras referencias en trabajos de edad media y del renacimiento, pero no parece que se hayan construido dispositivos prácticos hasta que el arquitecto e inventor italiano Giovanni Branca diseñó una caldera que expulsaba vapor, el cual empujaba unas paletas que sobresalían de una rueda, haciéndola girar.

La primera máquina de vapor, construida por el ingeniero inglés Thomas Savery en 1698, se utilizaba para extraer agua de las minas, como la desarrollada en 1705 por el invento británico Thomas Newcomen.

El inventor escocés James Watt mejoró la máquina de Newcomen e introdujo el primer avance significativo de la caldera, fue uno de los primeros ingenieros que aprovechó las propiedades termodinámicas del vapor de agua, utilizó la válvula de seguridad de palanca, manómetros para medir la presión y grifos para controlar el flujo de agua y vapor en sus calderas.

Estas máquinas de vapor que tuvieron su origen en la época de la revolución industrial dieron surgimiento al generador de vapor que tiene la función de transferir al agua la energía en forma de calor de los gases producto de la combustión de sustancias combustibles para que esta se convierta en vapor.



## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Una de las debilidades de la carrera de electromecánica es el no contar con una serie de instrumentos didácticos; más aún cuando la carrera es eminentemente práctica.

De esta manera, con el desarrollo de nuestro tema, estaríamos incentivando al alumno al mejor estudio de su carrera, mediante la observación de instrumentos diseñados y contruidos por sus propios compañeros, a la vez que reconocería que es capaz de hacer lo mismo.

Por otra parte, nuestro trabajo práctico permitirá formar una política de autogestión que cubra algunas necesidades.

Además, no podemos dejar de tomar en cuenta, los beneficios que el diseño y la construcción de un baño en vapor trae para la salud de quienes lo utilicen.

Ante lo manifestado el enunciado de la situación problemático es:

El no disponer de equipos; instrumentos en la carrera de ingeniería electromecánica del AEIRNNR que sirvan de ejemplo, del producto final del proceso de enseñanza-aprendizaje redundan, no sólo en la calidad de sus profesionales, sino en el desarrollo tecnológico de la ciudad y provincia de Loja.



## **PROBLEMA DE INVESTIGACION**

Inexistencia de instrumentos didácticos para comprobar el conocimiento científico en forma práctica y que incentiven al desarrollo y calidad de los profesionales.

## **OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION**

### **Objetivo General.**

Construir un sistema de vapor a gas para baño turco y para baño sauna en la Universidad Nacional de Loja.

### **Objetivos específicos:**

- Diseñar un cuarto para baño turco y para baño sauna con el sistema de vapor a gas
- Demostrar la eficiencia de un caldero pirotubular con tubos rectangulares mediante pruebas de funcionamiento



## PLANTEAMIENTO DE HIPOTESIS

### HIPOTESIS GENERAL

Es posible la construcción de un sistema de vapor a gas para baño turco y sauna en la Universidad Nacional de Loja.

### HIPOTESIS ESPECÍFICA

- El cuarto para baño turco es funcional al sistema de vapor a gas.
- A través del diseño y construcción del caldero pirotubular con tubos rectangulares se tiene una eficiencia el 80%.



## METODOLOGIA PARA EL PROYECTO DE INVESTIGACION

Construcción metodológica del objeto de investigación:

Para el diseño y construcción del sistema de vapor a gas para baño turco y sauna en la U.N.L. utilizamos el método – Experimental: Hipotético-deductivo, que recoge las experiencias en el trabajo de campo y comprueba la hipótesis formulada.

Coadyuvante al proceso anterior utilizamos el método inductivo-deductivo para analizar los resultados específicos, de acuerdo a las características del diseño y trasladar a construcciones similares. Pero además como estrategia de trabajo utilizamos la observación dirigida y el registro de los resultados obtenidos mediante la experimentación.

Además utilizamos el método analítico sintético para el estudio bibliográfico y el análisis de las principales ideas que respaldan la presente investigación.

Elaboración del Proyecto de investigación

La elaboración del proyecto de tesis nace con la presencia de un problema de investigación, posteriormente la selección del tema de investigación.

Los objetivos formulados, son con la intención de satisfacer el problema de la investigación, la forma teórica recopilada es actual e innovadora, la misma fue clasificada y expuesta en el marco contextual de la investigación.



## REVICION DE LITERATURA

### CAPITULO I

# SUSTENTACION TEORICA DE DISEÑO Y CONSTRUCCION DE CALDERAS

## INTRODUCCION

Las páginas de la historia registran la primera mención de la idea de utilizar vapor para obtener energía, en el siglo I, del inventor y matemático griego Herón de Alejandría.

“En el lenguaje moderno decimos que el instrumento de Herón es una máquina térmica, es decir, un dispositivo que transforma el calor en trabajo mecánico. Pero la máquina de Herón no pudo ser empleada con fines prácticos para la producción de grandes cantidades de energía mecánica. Solo en el siglo XVIII fue cuando comenzaron a construirse las primeras máquinas térmicas capaces de realizar trabajos a escala industrial.”<sup>1</sup>

Se tiene conocimiento que en el siglo pasado que los científicos lograron establecer definitivamente el hecho de que el calor es una forma de energía. Pero el calor ya se lo utilizaba, el cuál es capaz de efectuar trabajo mecánico.

La primera máquina térmica en el siglo I d.C. Construida por el griego Herón vendría a ser el primer dispositivo modelo de la primera máquina térmica; el vapor formado por el calentamiento del agua, al escapar por los orificios de los pequeños tubos del aparato, ponía en rotación la esfera de metal.

En el año de 1785 el inventor escocés James Watt presentó un nuevo modelo de máquina de vapor que vino a sustituir, con grandes ventajas, a las que entonces existían, es así como empieza la revolución industrial dando paso a la era de la tecnología.

---

<sup>1</sup> Biblioteca de consulta Microsoft@encarta

En general las máquinas térmicas transforman la energía en la siguiente frecuencia de flujo:

ENERGIA QUIMICA

ENERGIA TERMICA

ENERGIA MECANICA

**Energía Química.-** Se libera en relación con el cambio producido en la estructura molecular de una sustancia.

En el caso específico de calderas, es la energía que el combustible libera al ser quemado en el hogar de una caldera y se convierte en energía térmica, la cuál a su vez se transfiere el agua para generar vapor.

**Energía Térmica.-** Se define como una forma de energía asociada al movimiento y posición relativas de las moléculas de cómo una sustancia y puede transferirse de un cuerpo a otro, solo por diferencia de temperaturas.

Esta transferencia de energía de un cuerpo a otro por diferencia de temperaturas, es lo que se conoce también como calor.

Es decir, que puede definirse el calor como una forma de energía térmica en transición y es lo que ocurre cuando al quemar combustible la caldera, se transfiere el calor del combustible quemado hacia el agua para generar vapor.

**Energía Mecánica.-** Se compone de energía potencial (energía almacenada) y de energía cinética (energía de movimiento).

Al hacer uso del vapor para accionar una tubería estamos convirtiendo la energía térmica del vapor en energía mecánica (movimiento de la turbina)

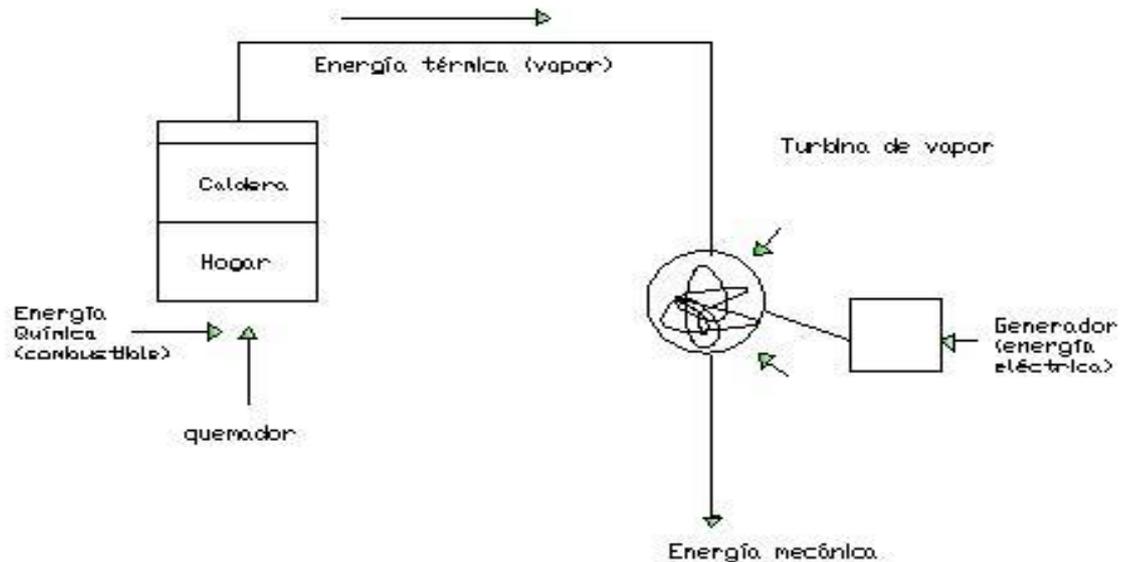


Fig. 1.1. Conversión de energía

## 1.1 CLASIFICACION DE LAS MAQUINAS SEGUN SU FORMA DE COMBUSTION

Toda máquinas térmicas generalmente depende de una fuente de generación de calor y esta fuente la constituye la combustión.

Y según la forma como se utiliza la combustión se clasifican en:

- Máquinas de Combustión Interna
- Máquinas de Combustión Externa.

“Las *máquinas de combustión interna* son aquellas es cuyo interior se produce la combustión y esta combustión convierte de una manera directa la energía química en energía mecánica. A este grupo pertenecen las siguientes máquinas.”<sup>2</sup>

- Motores diesel
- Motores de gasolina
- Turbinas a gas

<sup>2</sup> Vargas Zúñiga A. Calderas Industriales y Marinas.

“Las *máquinas de combustión externa* son aquellas en las cuales no se producen una conversión directa de energía en todas sus formas (química, térmica y mecánica) como ocurren en las de combustión interna”<sup>3</sup>

A este grupo pertenecen todas las máquinas de vapor, es decir:

- Calderas
- Máquinas alternativas o recíprocas de vapor
- Turbinas de vapor

Básicamente, puede decirse que este tipo de máquinas consta de tres partes principales:

- El hogar donde se quema el combustible.
- El colector de vapor (domo), que contiene el vapor y el agua.
- La unidad de poder, que transforma la presión del vapor en trabajo.

### **1.1.1. CONCEPTOS FUNDAMENTALES SOBRE GENERACION DE VAPOR**

Entre los conceptos termodinámicos relacionados con el proceso de generación de vapor encontramos los siguientes:

- La energía.- es inherente a la materia. Por energía se puede indicar algo que se presente en muchas formas, las cuales se relacionan entre sí, por el hecho de que se puede hacer la conversión de una forma de energía a otra.
- Vaporización.- es el cambio de un cuerpo de la fase líquida a la fase de vapor a la misma temperatura.
- Evaporización.- es la vaporización de un líquido que tiene lugar exclusivamente en la superficie libre del líquido. Ejemplo de ello tenemos la evaporización del agua en el mar o en cualquier superficie libre del líquido.

---

<sup>3</sup> Vargas Zúñiga A. Calderas Industriales y Marinas.



- Ebullición.- es la vaporización de un líquido que tiene lugar en el seno mismo del líquido. La ebullición de un líquido tiene lugar a una temperatura, cuyo valor depende de la presión a que está el líquido, mientras mayor sea esta, mayor será aquella.
- Condensación.- es el cambio de vapor (fase gaseosa) al líquido con una transferencia de calor del vapor en la superficie de condensación, este fenómeno se produce con un cambio de fase vapor a líquido a la misma temperatura.
- La temperatura de un cuerpo.- es su estado térmico considerado con referencia a su poder de comunicar calor a otros cuerpos.
- Combustión.- industrialmente hablando, se entiende la combustión violenta, con desprendimiento sensible de calor y luz, del oxígeno del aire con el carbón, hidrógeno y azufre, que constituye los elementos activos de los combustibles sólidos, líquidos y gaseosos.
- El BTU (British Thermal Unity).- es una unidad de medida usada en el sistema inglés y por definición es: la cantidad de calor que se necesita añadir o extraer a un libra de agua, para aumentar o disminuir su temperatura en 1 °F.
- Kilocaloría.- en cambio esa unidad es una unidad de medida usada en el MKS y por definición es: la cantidad de calor que se necesita añadir o extraer a un kilo de agua, para aumentar o disminuir su temperatura en 1 °C.
- Volumen específico del vapor.- es la relación de unidad de volumen por unidad de peso del mismo.
- Energía interna.- es la energía almacenada en un cuerpo o sustancia en virtud de la actividad y configuración de sus moléculas y de las vibraciones dentro de ellas.

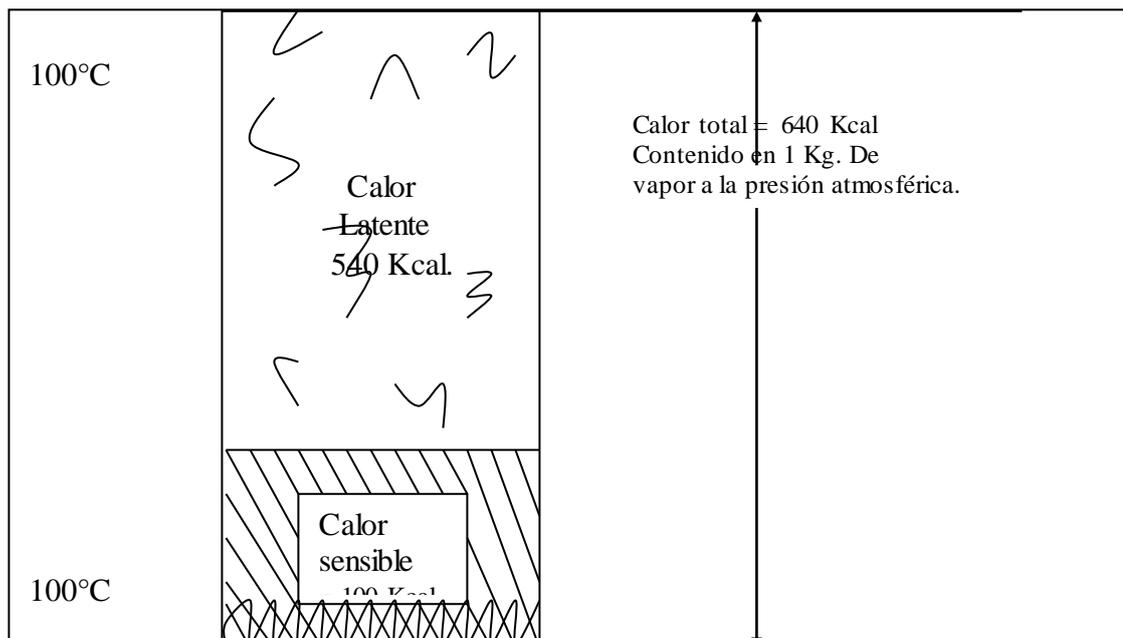
- Entalpía.- es una función termodinámica que se define como la suma de la energía interna más el trabajo en flujo.
- Entropía.- es una función termodinámica cuya diferencia puede ser definida o calculada en base integral (matemáticamente hablando) del calor con respecto a su temperatura absoluta; en el sistema MKS viene expresada en Kcal / kg °K (Kilocalorías por kilogramo, grados Kelvin).

### 1.1.2 CALOR

Otro de los conceptos termodinámicos fundamentales en el proceso de generación se lo define como energía en transición (movimiento) de un cuerpo o sistema a otro, solamente debido a una diferencia de temperatura entre los cuerpos o sistemas. Es una forma de energía que causa un cambio físico en la sustancia que es calentada.

Por otra parte es necesario definir tres tipos de calor, que también se encuentran presentes en el proceso y estos son:

- Calor sensible
- Calor latente
- Calor total



### 1.1.3 TRANSFERENCIA DE CALOR EN LA CALDERA

Trasladar el calor desde el hogar donde se quema el combustible, hasta el agua que se encuentra dentro de la caldera presenta el problema de la transferencia de calor.

Y puede transferirse de un punto a otro por tres métodos distintos: radiación, convección, y conducción. Las calderas están diseñadas de manera que utilicen perfectamente los tres métodos.

**Radiación.-** es el fenómeno de transferir en el calor en formas de ondas similares a las ondas de la radio y de la luz. Así como la luz, estas ondas pasan libremente por el aire y otras materias transparentes sin efecto aparente en ellas; algunas superficies reflejan las ondas de calor igual que reflejan luz.

**Convección.-** es la transferencia de calor por circulación dentro de un fluido cuando parte de este se calienta. La parte caliente se expande y queda más liviana que el resto del fluido.

**Conducción.-** se efectúa cuando se transmite energía por contacto directo entre las moléculas de dos o más cuerpos que se encuentran en buen contacto térmico entre sí; o sea que las moléculas calentadas comunican su energía a las otras que se encuentran inmediatamente adyacentes a ellas.

### 1.1.4 PRESION DEL VAPOR

El aire que nos rodea (la atmósfera) ejerce una presión en todas las direcciones, sobre todas las superficies de los cuerpos; esta presión es la que se conoce como: presión atmosférica.

$$1\text{atm} = 760\text{mmHg} = 1.033 \text{ Kg} / \text{cm}^2 = 14.7 \text{ lib} / \text{pulg}^2 = 1.013 \text{ Bar}$$

**Presión.-** es la fuerza por unidad de área (o superficie) que se ejerce sobre un cuerpo.

**Presión manométrica.-** es la presión que se mide en un manómetro.

**Presión absoluta.-** es la suma de la presión atmosférica más la presión manométrica, ósea que cuando se desee conocer la presión absoluta del vapor que genera una caldera hay que añadirle al valor dado por el manómetro el valor de la presión atmosférica.

### 1.1.5. VAPOR SATURADO Y VAPOR RECALENTADO

El vapor en las calderas se mantiene a la misma temperatura que el agua hirviendo en ellas, este vapor contiene una pequeña cantidad de humedad y se llama vapor saturado.

La humedad del vapor saturado consiste en pequeñísimas gotas de agua suspendidas en el vapor.

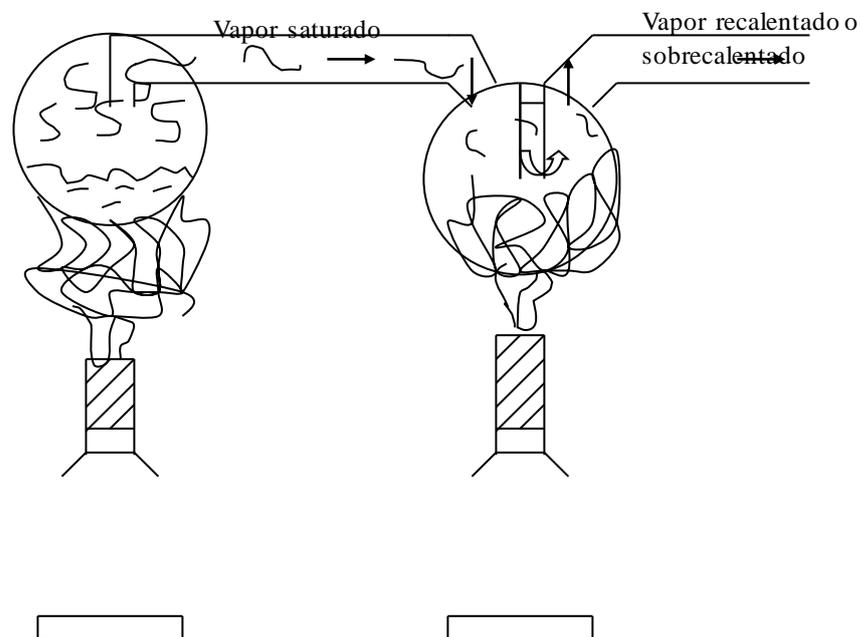


Fig 1.3 Caldera elemental mostrando el principio elemental del recalentador



### **1.1.6 SUPERFICIE DE CALEFACCION**

Superficie de calefacción es la superficie de metal que esta en contacto simultáneamente con los gases de combustión y con el lado de agua o vapor.

Las unidades de medida utilizadas para establecer la superficie de calefacción son ya sea el metro cuadrado o el pie cuadrado.

### **1.1.7 CABALLO CALDERA**

Caballo caldera (cc) es la producción de 15.6 Kgh (34.5 lib/h) de vapor saturado a 100°C (112°F) utilizando agua de alimentación a la misma temperatura.

### **1.1.8 PRODUCCION DE VAPOR**

Se entiende por producción de vapor la cantidad de Kg/h o lib/h de vapor equivalente producido por una caldera. En las calderas grandes generalmente se usa esta denominación para expresar su capacidad de generación de vapor.

### **1.1.9 FACTOR DE EVAPORIZACION**

Es la relación que existe entre la evaporización nominal, desde y a 100°C (desde y a 200°F) y la evaporización real bajo las condiciones efectivas de trabajo de la caldera.

## **1.2. CLASIFICACION GENERAL DE LAS CALDERAS**

Se podría establecer la clasificación de la caldera bajo las siguientes bases:

- Por la energía consumida
- Por la disponibilidad de los tubos
- Por la situación relativa de los espacios de combustión y agua
- Por la presión de trabajo
- Por el número de pasos o retornos

- Por la disposición de los tubos
- Por la posición de las calderas

### 1.2.1. FORMA DE CLASIFICACION DE CALDERAS

Se clasifican las calderas también de acuerdo a la evaluación técnica de la construcción de las mismas.

Se conoce a través de la historia que la construcción original, las calderas eran recipientes cilíndricos que contenían el agua a vaporizar con hogar externo, luego tratando de reducir las pérdidas que se producían se les construyó con hogar interior, posteriormente para un mayor aprovechamiento del calor producido, el agua se hacía pasar por los conductos de humo. Cuando la presión y la temperatura resultaron insuficientes, se recurrió a la construcción de las llamadas calderas acuaturbulares, que en principio hacían la circulación del agua en forma natural, también llamada termosifón.

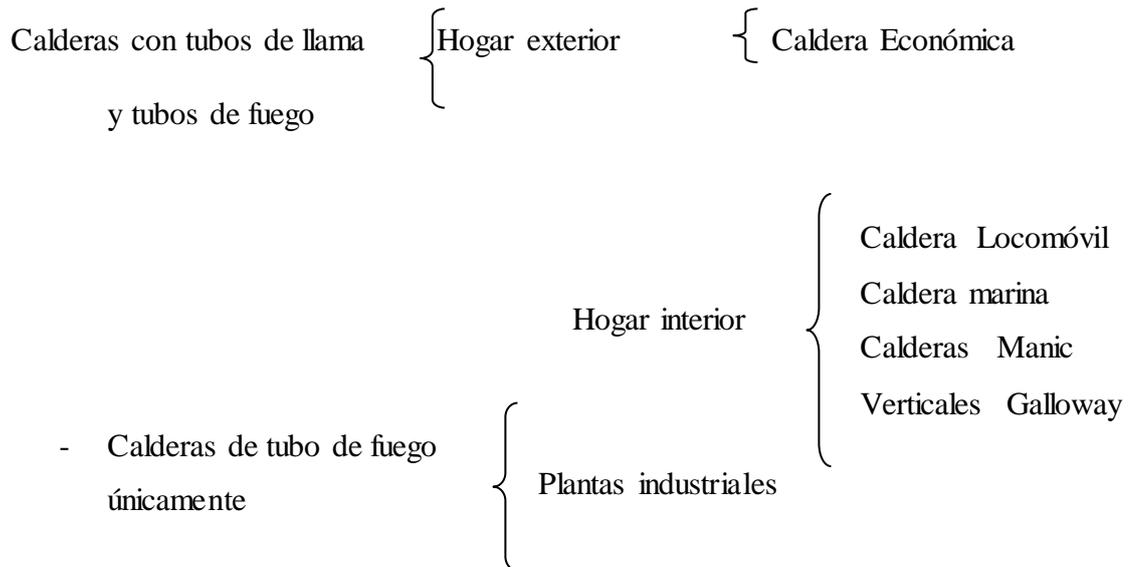
Luego, a fin de obtener valores mayores de presión y temperaturas se procedió a construir calderas de circulación forzada; en esta evolución de la técnica se llega a las calderas de radiación y de alta presión.

Conforme a este proceso evolutivo, se puede establecer una clasificación de las calderas de la siguiente forma.

#### Calderas cilíndricas.

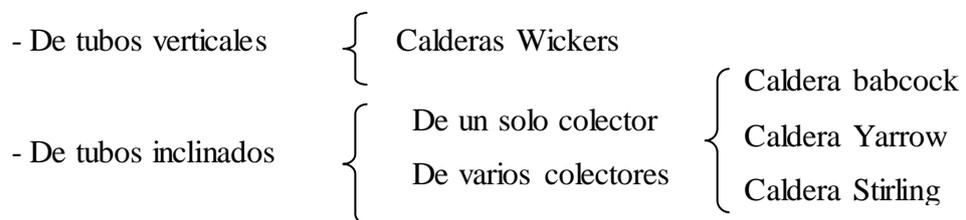
- Calderas de tubo de llama: 

{	Hogar exterior	{	Calderas con hervidor
	Hogar interior		Caldera Conwall
			Caldera Galloway



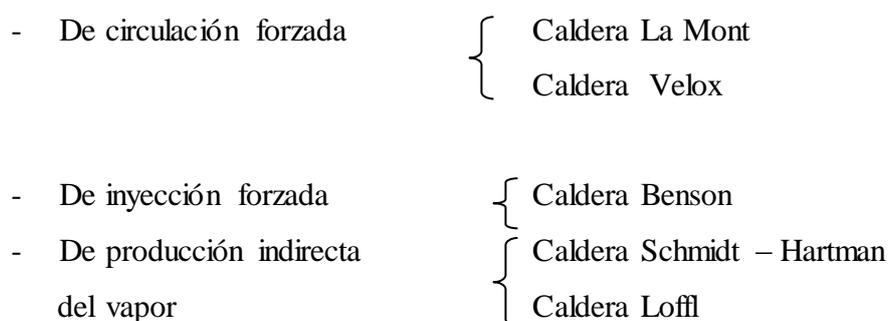
### Calderas acuatubulares.

De acuerdo a las partes constitutivas de una caldera tenemos que determinar el tipo de caldera que estamos analizando. Las calderas que operan con vapor recalentado las cuales son generalmente acuatubulares, tienen los siguientes elementos principales:



### Calderas de radiación.

#### Calderas de alta presión.



## 1.2.2. CALDERAS DE TUBOS DE FUEGO

### Introducción.

Conocidas como calderas pirotubulares o como calderas de tubos de humo. En donde su nombre se deriva de Piro = fuego y tubular = tubos hecho, las calderas de este tipo todo el trabajo o la mayor parte del mismo son realizadas por la transferencia de calor desde los productos de combustible caliente, los cuales fluyen por el interior de los tubos, mientras que el agua se encuentra rodeando a dichos tubos.

“En estas calderas el agua y el vapor se encuentran contenidos en una simple carcasa o envoltente, incluyendo los elementos para producir vapor. Aunque la forma ideal para resistir presiones internas es una esfera, sin embargo, por consideraciones prácticas se ha optado por construirlas básicamente en carcasas cilíndricas. Secciones no cilíndricas y ciertas superficies planas han sido añadidas con el fin de proporcionar resistencia a presiones internas por varios medios tales como tirantes diagonales, pernos continuos, o tubos tirantes.

Estas calderas presentan imitaciones es su resistencia estructural para altas presiones como pues en caso contrario se tendría que diseñar calderas pirotubulares de diámetros muy grandes y espesores, también excesivos en su planchaje, lo cual sería antieconómico comparado con la producción de vapor que se generaría”<sup>4</sup>

## 1.2.3 CLASIFICACION DE CALDERAS PIROTUBULARES

A continuación citaremos los siguientes:

- Según su posición  $\left\{ \begin{array}{l} \text{- Calderas horizontales (las más usadas)} \\ \text{- Calderas verticales} \end{array} \right.$

---

<sup>4</sup> Vargas Zúniga A. “Calderas Industriales y Marinas”

- Según el fondo de la parte posterior de la cámara de combustión (enfriado por H<sub>2</sub>O o no)
  - fondo seco
  - fondo húmedo
  
- Según el número de pasos (o retornos)
  - dos pasos (fondo seco)
  - tres pasos (con o sin enfriamiento de agua)
  - cuatro pasos (fondo seco)
  
- Según el tipo de vapor producido
  - vapor recalentado (actualmente en desuso)
  - vapor saturado (calderas modernas pirotubulares)
  
- Según el combustible quemado
  - diesel oil
  - gas (LPG) - no usado en Ecuador
  - fuel oil
  - kerosene (muy poco usado)
  - carbón (no usado en Ecuador)
  
- Según el número de secciones (Con sus respectivos quemadores)
  - 1 sección (calderas modernas)
  - 2 secciones (usados en calderas escocesas)
  - 3 secciones (estados en calderas escocesas de un diámetro fluctuante entre 3.5 – 5m)
  - 4 secciones (usados en calderas escocesas)

#### 1.2.4 CALDERAS PIROTUBULARES HORIZONTALES

La mayor parte de las calderas tanto de aplicación industrial como de aplicación marina usadas actualmente son del tipo horizontal.

Entre las marcas más conocidas podemos mencionar las siguientes:

Tipo Scotch (escocesa), York Shipley, Cleaver Brooks, Distral, Powermaster Kewanee, todas horizontales.

### **1.3 COMBUSTIBLE Y COMBUSTION**

#### **INTRODUCCION**

La evolución del ser humano ha caminado de la mano con el uso de diferentes formas de energía, las que aplicadas correctamente han permitido que el hombre las use para satisfacer sus necesidades. Para hacer uso de esas energías se necesitan 2 elementos que están íntimamente ligados como son: el combustible y la combustión.

A continuación hablaremos en primer lugar del combustible que se puede quemar en una caldera y estos son:

- Carbón
- Gas licuado de petróleo
- Kerosén (con ciertas limitaciones)
- Diesel oil (conocido como número dos)
- fuel oil (o también denominado bunker número seis)
- Bagazo de caña de azúcar

Al hablar sobre el origen de los combustibles la teoría mas aceptada es que ellos se formaron en el transcurso de millones de años, cuando grandes masas de materiales orgánicos quedaron atrapadas bajo la tierra en condiciones geológicas llamadas trampas en donde mediante la acción de presiones y temperaturas apropiadas se fueron transformando en hidrocarburos lo que hoy se conoce como combustibles.



Siendo el gas licuado de petróleo uno de los más usados en la industria, hogares y el combustible que utilizamos en nuestra investigación, estudiaremos generalidades del gas licuado de petróleo y sus aplicaciones.

### **1.3.1 GENERALIDADES DEL GAS LICUADO DE PETROLEO (GLP) Y SUS**

#### **APLICACIONES.**

#### **Origen y características físico químicas del GLP.**

El Gas Licuado de Petróleo, al que llamaremos simplemente por sus siglas como GLP, tiene su origen en el tratamiento que se le da al petróleo crudo y/o al gas natural en sus fases de refinamiento.

Los hidrocarburos cuyos componentes son hidrógeno y carbono, se presentan bajo tierra tanto en estado líquido como estado gaseoso. Se formaron en el transcurso de millones de años, cuando grandes masas de materiales orgánicos quedaron atrapadas bajo la tierra, estas bajo la acción de altas presiones y temperaturas se fueron transformando en petróleo crudo (hidrocarburo líquido) y en gas natural (hidrocarburo gaseoso).

El gas natural se lo puede hallar disuelto en el petróleo crudo como gas asociado, en pozos donde el producto dominante es el petróleo. También lo podemos encontrar como gas libre no asociado donde el producto dominante es el gas o en mezclas de hidrocarburos, tanto gaseosos como líquidos en los llamados pozos de condensados.

El GLP es la mezcla de gases de petróleo producidos ya sea por pozos petrolíferos o gasíferos. Estos gases se procesan en una planta de refinación, obteniéndose como resultado el GLP.

Los Gases Licuados del Petróleo son “hidrocarburos cuyos principales componentes son propano y butano, además de isobutano, butileno o a mezclas de ellos en pequeñas cantidades.



El G.L.P. es gaseoso a la presión atmosférica; sin embargo, a la temperatura ambiente puede ser licuado a presiones relativamente bajas.

En nuestro medio al que llamamos por GLP, estrictamente debería conocerse como Propano Comercial, ya que es este el compuesto predominante con aproximadamente el 70% en la mezcla, y el butano representa el resto con el 30% de volumen. Otra relación que se comercializa en nuestro medio (propano/butano) es de 60%-40% (13). Si el butano es el predominante, se llamará Butano Comercial, no usado en nuestro medio por lo que al Propano Comercial lo seguiremos identificando simplemente como GLP

En el crudo, la mayor presión de vapor la tienen el propano y el butano, antes del transporte del crudo se debe reducir este inconveniente por lo que se separaban durante el proceso de “estabilización” en el campo de extracción.

El crudo “estabilizado”, al llegar a las refinerías se procede a separar las cantidades variables de GLP que oscilan entre un 2–3%, mediante la primera etapa de destilación o fraccionamiento (torre atmosférica).

“Las plantas de gas natural utilizan un proceso de destilación fraccionada, “despentanizadoras”, donde separan el metano del resto de hidrocarburos que llevan asociados”.

Además de estos orígenes naturales del GLP, éste se obtiene como subproducto de una serie de procesos de refinería que se listan a continuación:

- “Reformado Catalítico”: Se alimenta de naftas ligeras para producir aromáticos y gasolinas. El rendimiento en GLP está entre un 5 a 10%.
- “Cracking Catalítico”: Se alimenta de gas-oil o nafta produciendo etileno y propileno para petroquímica. El rendimiento en GLP está entre un 5 a 12%.
- “Steam Cracking”: Se alimenta con gas-oil o nafta produciendo etileno y propileno. El rendimiento en GLP está entre un 23 a 30%



- “Polimerización y Alquilación”: Se alimentan de butanos para producir gasolinas. El rendimiento en GLP está entre un 10 a 15%.
- “Cracking Térmico”: Se alimenta de gas-oil y fuel-oil para producir gasolina. El rendimiento en GLP está entre un 10 a 20%.
- “Coking y Visbreaking”: Se alimenta de gas-oil pesado y residuo para producir coque. El rendimiento en GLP está entre un 5 a 10%.

Los orígenes del GLP en el mercado nacional se pueden atribuir a la producción de gas en los campos de Ancón (Provincia del Guayas), por la explotación de crudo de la compañía inglesa ANGLO. Las instalaciones de refinación de gas en ese entonces, no permitían obtener una separación de fracciones de gas que hubiera facilitado el consumo a nivel nacional del gas propanado. Estas razones, acompañadas a las especificaciones que debían tener las gasolinas utilizadas en los vehículos de la época, influyeron en que las instalaciones de refinación de gas y petróleo instaladas en el país, no permitan la producción de propano en forma separada del butano.

En nuestro país se desarrolló la tecnología de producción, el almacenamiento, la distribución, el consumo y las normas de control para una mezcla de propano butano (GLP), limitando un consumo de gas combustible de excelente poder calorífico que podrían tener mezclas de metano, etano y propano y que tendrían, un precio mucho menor por su fácil disponibilidad y por un requerimiento tecnológico menor para su elaboración en los campos del Oriente.

Los sitios de obtención de GLP en el país son dos: en la Refinería de Esmeraldas mediante los procesos de destilación atmosférica, de cracking catalítico de gasóleos y de la reformación de naftas del crudo extraído en los campos de EL Libertador y de Shushufindi en el oriente; y finalmente en la Refinería La Libertad con procesos de separación y lavado cáustico del gas extraído en los campos de Ancón en la costa. La producción total de estos sitios es de alrededor de 650 toneladas/día.



La oferta y la demanda nacional interna de GLP en los años 2002 y 2003, así como la diferencia, la que se estima se comercializa como contrabando, se especifica en al tabla 1.

Tabla 1: Oferta y Demanda de GLP 2002 y 2003

<b>INDICADORES</b>	<b>AÑO 2002</b>	<b>AÑO 2003</b>
Oferta Nacional GLP (Kg)	721.933.718	785.907.515
Demanda Nacional GLP (Kg)	660.491.885	673.701.723
Diferencia	61.441.883	112.205.792

### **1.3.2. PROPIEDADES FISICAS DEL GLP Y SUS COMPONENTES PROPANO Y BUTANO**

Entre los combustibles más importantes se encuentran el GLP y sus dos componentes fundamentales que se exponen en tabla 2.

Tabla 2: Propiedades Físicas del GLP y sus componentes Propano y Butano

NOMBRE	PROPANO	BUTANO	MEZCLA 70-30
Fórmula Química	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	-
Gravedad Específica (Líquido)	0.508	0.584	0.531
Gravedad Específica (vapor)	1.522	2.006	1.667
Temperatura de Ebullición	- 42.1 °C	- 0.5 °C	- 162.2 °C
Temperatura Máxima de la Llama	1925 °C	1895 °C	1916°C
Limites de Inflamabilidad (%en aire gas)	Sup. 9.5 Inf. 2.4	Sup. 8.4 Inf. 1.9	Sup. 9.2 Inf. 2.2
Aire para la Combustión	24 x 1	31 x 1	26 x 1
Poder Calorífico	47,659	46,768	47,392
BTU/Kg (líquido)	24,238	27,432	25,196
BTU/litro (líquido)	6,105	6,910	6,347
Kcal/litro (líquido)	91,000	119,000	99,000
BTU/m <sup>3</sup> (vapor)	23,000	30,000	25,000
Kcal/ m <sup>3</sup> (vapor)			
Metros Cúbicos de Vapor por Galón del Líquido	1.032	0.900	0.99
Litros de Vapor por Litro de Líquido	272.72	237.93	262

### 1.3.3 USOS Y APLICACIONES DEL GLP

El GLP. Posee una gran cantidad de ventajas en comparación a otros combustibles, entre las cuales hay que mencionar: limpieza, economía, alto poder calorífico, fácil manejo y transporte, seguridad en su uso, razones por las cuales su aplicación está haciéndose extensiva a los diversos campos industriales, comerciales y domésticos. Al aumentar el conocimiento de sus innumerables ventajas, va desplazando a los combustibles tradicionales, cada vez en mayor volumen.

En el sector industrial, se destaca el uso del GLP en: metal-mecánica, cerámica, industria alimenticia, textil, cría de aves, galvanizado, laboratorio, agricultura, etc. Las aplicaciones más importantes en este sector se dan en:

- Hornos estacionarios y continuos
- Calderas
- Equipos de corte y soldadura de metales.
- Quemadores industriales.
- En sopletes y mecheros.
- Secadoras.
- Incubadoras.
- Incineradores y crematorios.
- Montacargas y vehículos.
- Como propelente en reemplazo del freón.

En el sector comercial, se destaca el uso del GLP en: Panaderías, locales de expendio de alimentos, lavanderías, etc. Las aplicaciones más importantes en este sector se dan en:

- Hornos.
- Secadoras de ropa.
- Cocinas industriales.
- Calentadores (Self service).

En el sector doméstico, se destaca el uso del GLP en: viviendas unifamiliares, viviendas multifamiliares, edificios, piscinas, saunas, etc. Las aplicaciones más importantes en este sector se dan en:

- Cocinas.
- Secadoras de ropa.
- Calentadores de agua.
- Calefactores.
- Calderos.
- Lámparas.

### **1.3.4 FUTURO DEL USO DEL GLP EN LAS INSTALACIONES DOMOCILIARIAS ECUATORIANAS**

Se entiende por instalación domiciliaria al conjunto de aparatos, dispositivos y accesorios encargados de recibir, almacenar, distribuir y controlar el GLP en edificaciones de uso residencial.

El sistema que la gran mayoría de consumidores en el país usan para el abastecimiento de GLP, es por medio de cilindros metálicos que contienen 15 Kg de GLP en estado líquido, los mismos que se conectan directamente al equipo doméstico. La norma NTE INEN 2260:99, en su alcance, excluye a este tipo de instalación, y no la considera como instalación para GLP en edificaciones de uso residencial.

Las ventajas de usar una instalación domiciliaria para el consumo de GLP son:

El diseño de la instalación domiciliaria se hace considerando el consumo probable de los aparatos, la capacidad de vaporización, y el tiempo de cambio o llenado del o de los tanques, sean estos fijos o estacionarios, con lo que se espera que el consumo del GLP en el tanque sea lo más eficiente, y el residuo en el mismo sea inferior a otros métodos de abastecimiento.

- Si se añade el uso de contadores (medidores de consumo), el consumo que debe cancelar el cliente es cien por ciento real y no cancelará residuos de GLP en los tanques.
- La comodidad al no tener que transportar cilindros a cada aparato de consumo.
- El ahorro del espacio, ya que generalmente la ubicación del o de los tanques se lo realiza en un lugar externo.
- Se mejora la estética del lugar donde están los aparatos de consumo, se elimina la presencia de cilindros sucios y oxidados como son generalmente en nuestro medio.
- La despreocupación por parte del usuario del abastecimiento de GLP en tanques, del mismo que se encarga la empresa proveedora.
- La entrega de GLP es directa, entre la empresa Comercializadora y el cliente, eliminando los intermediarios.
- Contar con una reserva adicional de GLP, en caso de problemas en el despacho de GLP (paros, derrumbes, situaciones políticas).

Estas ventajas y más, han hecho que exista un creciente interés por las instalaciones domiciliarias en Ecuador.

El mayor número de instalaciones domiciliarias en Ecuador, se encuentran en las ciudades de Quito, Guayaquil y Cuenca, ejecutadas en su mayoría por las principales empresas comercializadoras de GLP, como son: Duragas, Agip, y Congas. Las que atienden a un mercado de clase media alta, debido al costo inicial elevado de la inversión en proyectos de urbanizaciones, edificios o viviendas.

En la ciudad de Loja, la empresa comercializadora Lojagas es la única que actualmente atiende instalaciones domiciliarias con tanques móviles. Esta empresa ocupa el 70% de las ventas en la ciudad de Loja con aproximadamente 1300 Toneladas mensuales de GLP, de las cuales solo el 1% se destina en las instalaciones domiciliarias, con una proyección en este año de alcanzar el 2%.

La creciente tendencia en la ciudad de Loja a la construcción de urbanizaciones cerradas, bloques multifamiliares, y al interés del gobierno seccional en este tipo de proyectos, obliga a las empresas involucradas en el área de GLP a preparar proyectos que garanticen eficiencia y seguridad a los clientes.

### 1.3.5 PROPIEDADES DEL DIESEL OIL Y DEL FUEL OIL USADOS EN ECUADOR

**Tabla 3. Propiedades de combustibles más usadas en el Ecuador**

PROPIEDADES	DIESEL OIL N°2	FUEL OIL N°6
viscosidad SSU a 100°F	36 a 45	3714 a 3805
Gravedad específica	0,849 a 0,86	0,9503 a 0,9535
Grados API	33 a 35	16,9 a 17,4
Punto de Inflamación(°F)	180	285
Punto de Combustión (°F)	-	-
Punto de fluidez (°F)	44	30
Poder calorífico superior (1<cal/Kg)	10700	10900
Porcentaje aqua-sedim	Trazas	Trazas
Contenido de azufre %	0,49	1,50
Contenido de vanadio (ppm)	1,5	120
Contenido de cenizas	-	0,04 a 0,15
Contenido de sodio. (ppm)	-	Trazas

ppm = partes por millón (mg/kg)

1 Btu/lbs = 0.5544 Kcal/kg

### 1.3.6 PROPIEDADES DEL BAGAZO DE CAÑA

Existiendo en el Ecuador algunas calderas en Ingenios de azúcar, los cuales operan quemando bagazo de caña, a continuación describimos algunas de sus propiedades:



El bagazo es caña de azúcar de la que se ha extraído el jugo por presión entre los cilindros de un trapiche. Su contenido de humedad varía de 40 a 55 por ciento. El bagazo seco tiene la siguiente composición, en porcentajes, H:5.4 a 6.6; O:45-49; cenizas 1.5 a 3; su poder calorífico superior varía de 4445 a 4830 Kcal/Kg.

### 1.3.7 COMBUSTION

#### INTRODUCCION

La calidad de la combustión en las calderas es importante, pues ésta tiene influencia directa sobre:

- la eficiencia
- el mantenimiento; y,
- la seguridad de funcionamiento

Los depósitos de combustible no quemado combinado con impurezas afectan la transferencia de calor al agua en las calderas y al vapor en los recalentadores; por otra parte, la anormal dosificación de combustible al iniciarse un ciclo de operación puede originar explosiones en el lado de fuego de las calderas.

Por lo tanto, una adecuada combustión evitaría todas las anomalías arriba mencionadas.

Para que se produzca la combustión es necesario la presencia de:

- un elemento combustible: por ejemplo, diesel oil, fuel oil, etc. y,
- un elemento comburente: el aire.

El combustible ya fue tratado anteriormente, sin embargo no se especificó cuáles son sus componentes químicos. Entre estos componentes tenemos: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, junto con pequeñas cantidades de materias inorgánicas, tales como sodio, vanadio, níquel, cromo, etc.



Los tres primeros elementos (carbono, hidrógeno y oxígeno) se queman al combinarse con el aire suministrando calor mientras los demás componentes reducen la cantidad efectiva de calor liberado. La cantidad de calor que puede ser obtenida del combustible es determinada experimentalmente en un calorímetro en forma de poder (o valor) calorífico bruto (o superior).

### **Aire requerido para la combustión.**

Para un determinado peso de un combustible normalmente se requiere un peso preciso de oxígeno para quemar así los componentes químicos de este combustible.

Como el aire es una mezcla de oxígeno, nitrógeno y gases, un peso preciso de oxígeno es equivalente a un peso de aire que es suficientemente constante para propósitos de la combustión.

Sin embargo, en la práctica la completa combustión del fuel o de cualquier combustible no podría ser efectuada sino se suministrara algo de aire en exceso de aquel requerido para una combustión teóricamente perfecta (algunas veces referida como combustión “estequiométrica”). El exceso de aire es una pérdida y en realidad debería ser reducida al mínimo posible.

### **Determinación de la cantidad de aire requerido para la combustión.**

La cantidad de aire requerido para quemar el combustible y los productos resultantes de la combustión pueden ser obtenidos de la Tabla N° 4 dada a continuación:

### 1.3.8. EQUIVALENTES PARA EL ANALISIS DE LA COMBUSTION

*Tabla 4. Equivalentes para el análisis de la combustión*

Elemento en el combustible y su símbolo químico	Aire requerido lb. Por lb. elemento	Peso de gas lb. por lb. Elemento	Volumen de gas a 60°F y 30 plg de Hg., pie <sup>3</sup> por lb. elemento
Carbono C	11,5	3,67 CO <sub>2</sub> + 8,83 N <sub>2</sub>	31,4 CO <sub>2</sub> + 119 N
Hidrógeno H	34,2	8,94 H <sub>2</sub> O + 26,29 N <sub>2</sub>	188 H <sub>2</sub> O + 353 N <sub>2</sub>
Azufre S	4,31	2,0 SO <sub>2</sub> + 3,31 N <sub>2</sub>	11,5 SO <sub>2</sub> + 44 N <sub>2</sub>

- Aplicación Numérica: Para un combustible que contiene 86,5% de C, 10,0% de H<sub>2</sub> y 3,5% de S.

a) ¿Cuál sería su requerimiento de aire por libra de combustible?

Cantidad de aire requerida por lb =  $0,865 \times 11,5 + 0,10 \times 34,2 + 0,035 \times 4,3 = 13,52$  lb.

Para este mismo combustible, Se pide determinar el peso de gas resultante por libra de combustible, sin exceso de aire.

Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	=	0,865	x	3,67	=	3,18	CO <sub>2</sub>
Vapor de Agua	H <sub>2</sub> O	=	0,10	x	8,94	=	0,8	H <sub>2</sub> O
Dióxido de Azufre	SO <sub>2</sub>	=	0,035	x	2,0	=	0,07	SO <sub>2</sub>
Nitrógeno	N <sub>2</sub>	=	0,865	x	8,83	+ 0,10 x 26,29 +		
					0,035 x 3,31	=	7,9538	
Total	.....					=	4,52	lb

b) Por último se pide determinar el volumen de gas resultante en pies cúbicos (pie<sup>3</sup>) por libra (lb) de combustible, sin exceso de aire a 60°F y 30 plg de mercurio (Hg).

. CO <sub>2</sub>	= 0,865 x 31,4	= 27,161	CO <sub>2</sub>
. H <sub>2</sub> O	= 0,10 x 188	= 18,8	H <sub>2</sub> O
. SO <sub>2</sub>	= 0,035 x 11,5	= 0,40	SO <sub>2</sub>



$$\begin{aligned}
 . N_2 &= 0,865 \times 118 + 0,10 \times 355 + 0,035 \times 44 = 139,8 \quad N_2 \\
 . \text{Total} &\dots\dots\dots = 186,2 \quad \text{pie}^3
 \end{aligned}$$

Este cálculo proporciona la cantidad teórica de aire requerido para una combustión completa; sin embargo, un exceso de aire debe ser añadido para obtener en la práctica una combustión completa.

Como sabemos, el aire contiene 23% en peso de oxígeno y sus porcentajes en volumen son 21% (O<sub>2</sub>) y 79% (N<sub>2</sub>) respectivamente.

La determinación del peso de exceso de aire en forma experimental no puede ser obtenido fácilmente; por lo tanto, es muy usual utilizar un método de análisis basado en la determinación del contenido volumétrico de los productos de la combustión. Esto puede ser obtenido a través del Aparato "Orsar", el cual mide el volumen de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), de monóxido de carbono (CO) y de oxígeno (O<sub>2</sub>) por absorción de cada uno separadamente, consiguiéndose así el análisis volumétrico de los productos y el volumen seco de los gases (después que el vapor de agua producido por la combustión del hidrógeno en el combustible (fuel) ha sido condensado.

Un típico set de curvas dado en la Fig. N°7.1 ha sido calculado para un combustible consistente en 85% de carbono, 10% de hidrógeno y 3,5% de azufre. De este set de curvas se puede notar que el máximo porcentaje de CO<sub>2</sub> posible en una prueba (test) "Orsat" es 16,2% y que 13,5% de CO<sub>2</sub> (el cual es utilizado como un valor aceptable) de gas en la chimenea, es equivalente a 20% de exceso de aire.

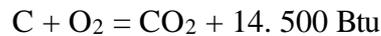
### 1.3.9 EFECTOS QUE PRODUCE LA INSUFICIENCIA DE AIRE

La experiencia ha demostrado que la mayor pérdida de eficiencia en una caldera, y en general de toda la planta de poder, proviene de una combustión inadecuada en las calderas, la que es debida en gran parte a un mal manejo y control sobre los ventiladores de tiraje, los que proporcionarán aire en exceso o en cantidad insuficiente.

La ecuación química, explica el efecto de la insuficiencia de aire. El Carbono contenido en el petróleo, puede oxidarse hasta formar dióxido de carbono. Con la cantidad



apropiada de aire, la oxidación completa del carbono hasta dióxido de carbono, se indica por la ecuación:



Con una cantidad insuficiente de aire, la reacción se indica:



Comparando las dos ecuaciones, puede observarse que en la combustión incompleta del carbono en el combustible, hay una reducción de 10.100 Btu por libra de carbono.

Esto demuestra la pérdida de calor útil, debida a que el suministro de aire al hogar es inadecuado. Una pérdida mayor de calor, se producirá si la cantidad de aire suministrado es disminuida, en tal forma que el oxígeno no alcance a oxidar al carbono hasta monóxido de carbono.

Felizmente esta última condición es fácilmente reconocida, porque el carbono no quemado abandona la caldera junto con los gases, por la chimenea, como humo negro denso. El aspecto de la llama en el hogar es indicativo de la calidad de combustión.

La llama aparece de un color rojizo oscuro cuando todo el carbono no alcanza a quemarse para formar monóxido de carbono. Cuando todo el carbono se quema hasta formar monóxido de carbono, la llama es de color anaranjado.

Si todo el carbono se quema hasta formar bióxido de carbono, la llama del hogar aparecerá de un color amarillo dorado, cuando la cantidad de aire sea la correcta. En estas condiciones, por la chimenea saldrá una neblina de color café claro, semi-transparente, que es indicativa de combustión correcta. Se le llama "punto de humo" y debe ser conocida por todos los operadores de calderas para obtener las mejores condiciones de eficiencia.



### 1.3.10 EFECTO DEL EXCESO DE AIRE

La combustión completa del petróleo no asegura el logro de la condición más eficiente. Anteriormente se dijo que se necesitan 13,52 lb. de aire para quemar, en condiciones ideales, cada libra de carbono hasta la formación de bióxido de carbono.

Bajo las condiciones reales del hogar, se hace necesario proporcionar más de 13,52 lb. de aire para la oxidación completa de cada libra de carbono. Pérdidas inevitables hacen imposible la combustión perfecta y será necesario un 110 a 115% de la cantidad ideal de aire para quemar totalmente el petróleo. Ello representa aproximadamente un 15% de "exceso de aire".

El exceso de aire se define como la cantidad extra de aire necesario sobre la cantidad ideal, para la combustión completa del petróleo en el hogar. Aparte de la pequeña cantidad que se aporta para asegurar la combustión completa, el exceso de aire no cumple otra función útil en el hogar. Una vez que el carbono se ha oxidado por completo con 2,667 libras de oxígeno, el resto del aire queda inactivo.

Como el exceso de aire incrementa el volumen de nitrógeno y otros gases no combustibles que absorben el calor, en realidad reduce el calor útil que se obtiene del petróleo.

La presencia de un exceso de aire mayor que el necesario, se reconoce en el hogar por la llama blanca, opaca o brillante, según sea su cantidad.

La apariencia de los gases en la chimenea también son indicativos de la proporción de exceso de aire.

El punto de humo corresponderá a un exceso de aire correcto, 10 a 15% sobre la cantidad químicamente exacta.

Cuando los gases son incoloros o de color blanco el exceso de aire suministrado a la caldera es mayor que lo necesario. La operación sin humo (gases incoloros) puede obtenerse con un amplio margen de exceso de aire, ya que el color blanco no aparecerá



hasta alcanzar un 200% a 300% de la cantidad químicamente ideal. La pérdida de calor útil puede aumentar mucho sin una indicación visible. Es importante, por lo tanto, ajustar la velocidad del ventilador para el instante preciso en que desaparece el humo oscuro.

Cuando en la chimenea aparece humo blanco (no transparente), el aire que pasa por los registros ha alcanzado Velocidad, que arrastra al exterior partículas de petróleo que no han terminado de quemarse. Estas partículas, oxidadas parcialmente, han formado "aldehídos" que dan al humo el color blanco.

Por otra parte, con la combustión sin humo en la chimenea, pueden producirse pérdidas de eficiencia hasta de 14,5% sin señales externas apreciables.

Para este rango de exceso de aire, el análisis de los gases de salida muestra un porcentaje decreciente de CO<sub>2</sub>. A pesar que se produce la combustión completa del petróleo, el exceso de aire presente diluye los gases, disminuyendo la concentración del CO<sub>2</sub>. Debe recordarse que el aire de exceso también se calienta a 500°F (en este caso) a expensas del calor útil obtenido.

### **1.3.11 REQUISITOS PARA UNA COMBUSTION EFICIENTE**

Los requisitos para obtener una combustión eficiente del combustible pueden ser resumidos básicamente en los siguientes puntos:

- a) El combustible debe ser atomizado eficientemente en el rango o alcance requerido de salida desde el quemador.
- b) El suministro de aire debe ser inyectado de tal forma que se mezcle últimamente con el combustible atomizado.
- c) El tiempo disponible para la combustión de la gotita más grande debe ser suficiente para que la combustión sea completada antes que la gotita entre en contacto con una superficie fría o por radiación.

d) La temperatura del hogar deberá estar relacionada con el tiempo disponible arriba indicados

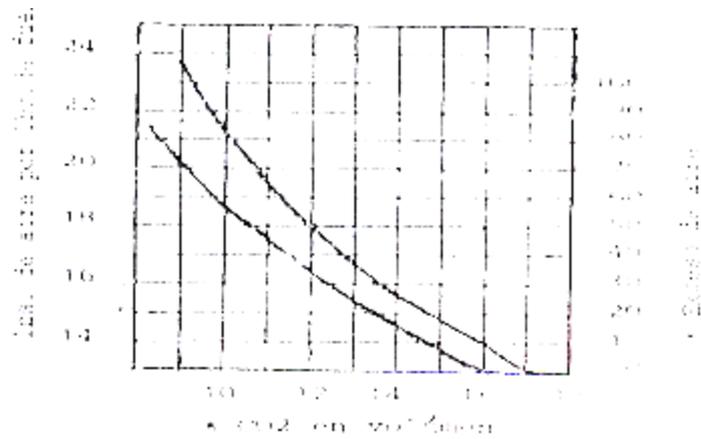


Fig. 1.13. Diagrama de la relación Fuel (combustible) aire y exceso de aire con respecto al & de CO2, por volumen (seco).

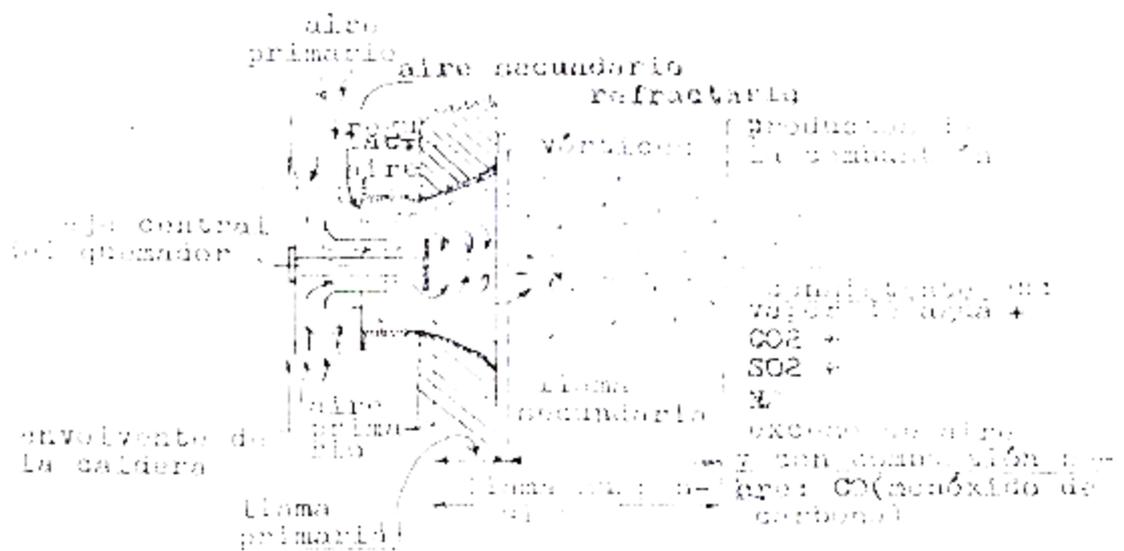


Fig. 1.14. Combustión en el hogar de una caldera.

## 1.4. CUARTO PARA BAÑO TURCO Y PARA BAÑO SAUNA

### INTRODUCCION

Los cuartos para baño turco y sauna se han asociado desde la antigüedad a diversas prácticas religiosas. Por otra parte numerosas civilizaciones han considerado el aseo personal como práctica saludable y placentera es por ello, que han ido evolucionado en su diseño y formas a través de los tiempos, numerosas civilizaciones, sobre todo las culturas clásicas griegas y romanas fueron los primeros en empezar su tecnificación, luego esta tradición se fue transmitiendo a otras culturas, como la islámica, hasta llegar al mundo occidental.

En el mundo antiguo se registra una de las plantas termas más antiguas conocidas como la planta de las termas de Diocleciano.

“En planta, casi todas las termas romanas repiten un esquema muy similar y suelen estar orientadas con un eje de 45 grados respecto a la línea meridiana con el fin de resguardarse de los vientos del Norte. Constaban, entre otras estancias, de un frigidarium (piscina de agua fría), seguida del tepidarium (piscina de agua templada) y el caldarium (piscina de agua caliente). También tenían un patio abierto o palestra, donde se podía hacer ejercicio.

Las estancias más antiguas dedicadas exclusivamente al baño halladas hasta el momento son las de la ciudad india de Mohenjo-Daro, cuya fecha es anterior al 2000 a.C. También han aparecido instalaciones de este tipo en el palacio de Cnosos, en la isla griega de Creta, construidas aproximadamente entre 1700 y 1400 a.C., y en la ciudad real de Egipto Tell el-Amarna, edificada hacia el año 1350 a.C.”<sup>5</sup>

Ya para la edad media se encuentran registradas bañeros árabes de Girona durante los años de ocupación musulmana, que se extienden entre el 711 y 1492, la península Ibérica experimentó la influencia de la cultura árabe, que se manifestó tanto en las manifestaciones artísticas y culturales como en los usos y costumbres. La proliferación

---

<sup>5</sup> Centro Web.la mejor información en línea sobre baños y termas.



de baños como el de la imagen, situado en girona, es una de las consecuencias de este fenómeno.

“En Constantinopla se mantuvieron las costumbres romanas durante la época bizantina, perfeccionadas por la llegada de los turcos. Tanto es así que los baños de vapor, de tradición romana, se conocen a menudo como baños turcos. Los edificios propios de esta cultura consisten en una gran sala cupulada, calentada por vapor y rodeada de pequeñas habitaciones, cuyas paredes se recubren con mármoles y mosaicos. En Turquía el baño llegó a convertirse en una ocupación social que podía prolongarse todo el día.

También en Japón existe una costumbre milenaria con respecto al aseo. Cada casa tiene su propio baño privado, que unas veces consiste en una tina dispuesta en el interior de la casa y en otras en una piscina exterior. La limpieza allí es un acto íntimo, aunque después toda la familia comparte el placer de la inmersión. Por otra parte, los establecimientos públicos se suelen situar en una fuente de aguas termales o medicinales, donde se socializa con otras familias. Esta costumbre aún se mantiene en el Japón actual.”<sup>6</sup>

En los siglos XVII y XIX, que se constituye en el mundo moderno occidental se generalizó la costumbre de “tomar las aguas” en las fuentes medicinales y ya para el siglo XIX se extendieron las enfermedades contagiosas propagadas a través de las masas. Por ello después de un brote de cólera en Londres se puso la necesidad de instalaciones higiénicas para el aseo. A finales del siglo XIX, algunas casas de las clases altas ya disponían de cuartos de baño, con agua corriente y bañeras de madera cobre o hierro. Pero gracias a la industrialización de los aparatos sanitarios y en el avance tecnológico en las calderas se cuenta con los muy conocidos baños para turco y sauna, en la cual el caldero industrial es la parte fundamental de la misma.

De acuerdo a la demanda que necesita la industria de vapor, se selecciona el tipo de caldera a utilizar determinando así su capacidad.

---

<sup>6</sup> Centro Web. La mejor información en línea sobre baños y termas.



A continuación hemos tomado textualmente del texto Vargas Zuñiga la estimación de los requerimientos de vapor del proceso para baño turco y sauna, con el equipo respectivo.

“Para baño turco/sauna se requiere una presión de vapor de 0.35 a 0.7 Kg/cm<sup>2</sup> (5 a 10 lb/plg<sup>2</sup>) la temperatura usual es de 43°C (110°F) y por cada caballo de vapor se puede calentar 9.3 m<sup>3</sup> (100 pies<sup>3</sup>) de superficie de radiación”<sup>7</sup>

#### 1.4.1. TRANSMISION DEL CALOR

A continuación antes de entrar a estudiar los conceptos que se aplican describiremos algunos principios básicos que intervienen en los procesos de transmisión de calor, sea esta para baño turco o para baño sauna o en diferentes cuerpos.

##### **Radiación**

“Se denomina “**Radiación**” a la transferencia del calor desde el cuerpo caliente a otro más frío a través de un espacio intermedio. En este caso no se emplea ninguna sustancia material como agente de transmisión y los rayos de calor se trasladan en línea recta, dependiendo su alcance de potencia de la fuente calorífica y de la distancia a la cual está colocado el objeto”<sup>8</sup>

Cuando estos rayos de calor pasan a través de cualquier sustancia transparente, sin calentarla, depositan sus unidades de energía sobre las superficies opacas al calor, que se interponen. Estas sustancias absorben y detienen el calor en la misma forma que un biombo intercepta rayos de luz generando sombra.

---

<sup>7</sup> Centro Web. La mejor información en línea sobre baños y termas.

<sup>8</sup> Contenidos de refrigeración y aire acondicionado. Ing. Montaña Thuesman

Y Cuando el calor radiante cae sobre la superficie de un cuerpo, parte de él se refleja y el resto es absorbido. Esta reflexión se produce en la misma forma en que un espejo lo hace con los rayos de luz que sobre el inciden.

$$H_{net} = Ae\sigma T_1^4 - Ae\sigma T_2^4$$

### **Conducción.**

“La conducción es la transmisión del calor desde un punto de una temperatura a otro de temperatura más baja, dentro del mismo cuerpo, o de un cuerpo a otro con el que esta en simple contacto. Si empleando una llama calentamos un barra de metal, está comenzará a calentarse por el extremo en contacto con la llama, y el calor seguirá paulatinamente trasladándose por conducción hasta el otro extremo, y de ser el calor lo suficiente alto, se trasmitirá hasta la pinza que lo sujeta, y por intermedio de esta hasta la mano de quien lo sostiene”<sup>9</sup>

A través del largo de la superficie plana de cualquier metal en el cual circula o esta en contacto cualquier gas o líquido, se produce la transferencia del calor por conducción.

La sustancia empleada como conductor determinara, la velocidad o rapidez con que el calor es conducido.

$$H = \frac{kA(T_2 - T_1)}{L}$$

### **Convección.**

“A la transferencia del calor mediante el movimiento normal de la sustancia calentada, ya sea está líquida o gas, se la denomina convección. La utilización de esta propiedad es de fundamental importancia en la refrigeración. La convección consiste en la transferencia del calor desde un cuerpo caliente a otro más frío mediante un fluido, ya sea este líquido o gaseoso, el que actúa como portador del calor entre uno y otro. Cuando se trata de convección natural, el fluido absorbe calor del cuerpo caliente por

---

<sup>9</sup> Contenidos de refrigeración y aire acondicionado. Ing. Montaña Thuesman



contacto real, o sea por conducción; a medida que se calienta dicho fluido se hace más liviano y asciende”<sup>10</sup>

Una diferencia de temperatura entre el cuerpo caliente y el cuerpo frío hace que el agente portador circule entre ambos, entregando el calor al cuerpo frío, luego de lo cual se hace más pesado y desciende nuevamente.

Por Ejemplo en un refrigerador a hielo, en el cual el aire se mueve según el proceso de circulación indicando por las flechas, extrayendo calor de la sustancia a enfriar, en este caso la carne, y entregándolo al hielo, el que utiliza esta energía térmica para pasar al estado líquido.

El aire tal como se ve, una vez enfriado se hace más pesado y desciende nuevamente hacia la sustancia a enfriar repitiéndose así el ciclo indefinidamente.

La circulación del agente o medio portador, se detiene cuando ya no existe diferencia de temperatura entre los dos cuerpos, a menos que el agente portador o de transferencia sea obligado a circular por medios mecánicos, como ocurre en el caso de convección forzada.

Este método de transferencia del calor exige que se preste especial atención al sistema de circulación y al paso del fluido portador entre los cuerpos calientes y frío.

$$H = hA\Delta T$$

#### **1.4.2 CALOR NECESARIO PARA LA VARIACION DETERMINADA DE TEMPERATURA**

Si conocemos la temperatura de una sustancia en grados centígrados, su calor específico y el peso de la misma en kilogramos será, muy fácil determinar el total de calorías que

---

<sup>10</sup> Contenidos de refrigeración y aire acondicionado. Ing. Montaña Thuesman



debemos sustraer o viceversa. Las fórmulas que a tales efectos se aplican son las que se indican a continuación.

Designando con:

$Q$  = número de calorías;

$T_i$  = temperatura inicial del cuerpo en grados centígrados

$T_f$  = temperatura final del cuerpo en grados centígrados

$p$  = peso en kilogramos

$C$  = calor específico del cuerpo

$$Q = (T_i - T_f) \times p \times C$$

En la tabla V se da el valor del calor específico de diversos cuerpos:

#### 1.4.3. CALOR ESPECÍFICO DE VARIAS SUSTANCIAS A PRESION NORMAL

TABLA 5

##### CALOR ESPECÍFICO DE VARIAS SUSTANCIAS A PRESIÓN NORMAL

Aceite .....	0,500	Hielo .....	0,505
Acero .....	0,128	Hierro .....	0,111
Aire .....	0,237	Huevos .....	0,760
Ácido carbónico .....	0,216	Yodo .....	0,054
Ácido nítrico .....	0,661	Ladrillos .....	0,210
Ácido sulfúrico .....	0,335	Leche .....	0,920
Alcohol .....	0,600	Magnesio .....	0,247
Aluminio .....	0,202	Manteca .....	0,640
Antimonio .....	0,512	Manzanas .....	0,920
Arsénico .....	0,081	Mármol .....	0,203
Azufre .....	0,190	Mercurio .....	0,033
Bismuto .....	0,030	Naranjas .....	0,890
Bananas .....	0,800	Níquel .....	0,111
Bronce .....	0,086	Nitrógeno .....	0,244
Cal viva .....	0,217	Oro .....	0,032



Calcio .....	0,171	Oxido de carbono .....	0,247
Carbono .....	0,241	Oxígeno .....	0,217
Carne de vaca .....	0,770	Pescado .....	0,820
Carne de cerdo .....	0,510	Queso .....	0,640
Carne de cordero .....	0,820	Vapor de agua .....	0,480
Carne de ave .....	0,800	Vegetales .....	0,930
Nafta .....	0,535	Vidrio .....	0,192
Hidrógeno .....	3,409		

#### 1.4.4 CONDUCTIVIDADES DE ALGUNOS MATERIALES DE CONSTRUCCION Y AISLANTES

Tabla para la elección del cuarto para baño turco.

**Tabla 6. Conductividades de algunos materiales de construcción y aislantes**

Material	Densidad kg/m <sup>2</sup>	Temperatura °C	Conductividad cal/(h)(m)(°C)
Ladrillos de construcción	.....	20	0.60
Hormigón:			
Cemento .....	.....	.....	0.30
Piedras .....	2.310	.....	0.80
Pelo de fieltro	272	30	0.031
Madera, pino transversalmente a la fibra.....	544	15	0.130
Corcho:			
Troceado .....	128	.....	0.037
Planchas .....	112	.....	0.0335
Planchas .....	170	.....	0.037
Lana de vidrio .....	64-160	.....	0.036
Vidrio celular .....	144	.....	0.60



**Tabla de materiales para el revestido del baño turco.**

**Tabla: Coeficientes peliculares del aire en diversas superficies**

<b>Superficie</b>	<b>Coefficiente pelicular f, Cal/(h)(m<sup>2</sup>)(°C)</b>
Muy lisa.....	6,8 + 0,85 v*
Madera lisa o enlucido.....	7,8 + 0,90 v
Hormigón fundido.....	9,8 + 1,2 v
Estuco áspero.....	10,3 + 1,5 v

\* v es la velocidad en Km/h.



## MATERIALES Y METODOS

### CAPITULO II

#### DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA PARA BAÑO TURCO Y SAUNA.

##### 2.1 DIMENSIONES DEL CUARTO A CALENTAR

Los parámetros principales que se necesitan conocer en el diseño y construcción de un sistema de vapor tanto para baño turco como sauna son dimensiones del cuarto, capacidad en caballos caldera o en kg/h (lb/h) y la presión de trabajo de la caldera.

“Las pérdidas por radiación y convección natural son difíciles a determinar pero, como regla general puede estimarse que éstas son del 10 % de la carga térmica de cada equipo, cuando éstos se encuentran aislados correctamente y del 20% cuando éstos no poseen ningún aislamiento térmico”<sup>11</sup>

Al diseñar y construir un sistema de vapor tanto para baño turco como para baño sauna se debe tomar en cuenta como primer paso las dimensiones del cuarto a construir ya que este es el parámetro que marca las características del caldero a utilizar.

Para un baño turco y baño sauna, “se requiere una presión de vapor de 0,35 a 0,7 kg/cm<sup>2</sup> (5 a 10 PSI ) la temperatura usual es de 43 C (110 F ) y por caballo caldera de vapor se puede calentar 9,3m<sup>3</sup> (100 pies<sup>3</sup>) de volumen de radiación.”<sup>12</sup>

##### DIMENSIONES DE LOS CUARTOS:

##### *DATOS:*

---

<sup>11</sup> Vargas Zúñiga A. Calderas Industriales y Marinas

<sup>12</sup> Vargas Zúñiga A. Calderas Industriales y Marinas



**Longitud** = 3m

**Ancho** = 3m

**Altura** = 2m

***CALCULO DEL VOLUMEN:***

**Volumen** = 3m x 3m x 2m = 18m<sup>3</sup>, por cada cuarto.

Hacemos una relación:

$$\begin{array}{l} 1\text{HP} \text{-----} 9,3\text{m}^3 \\ X \text{-----} 18\text{m}^3 \end{array}$$

X= 1.94 HP De volumen de radiación:

***2.1.2 CALCULO DE LAS LIBRAS DE CONDENSADO DEL CUARTO:***

$$\text{LIBRAS CONDESADO} = 1,94\text{HP} \times \frac{34,5\text{lib/h}}{1\text{HP}} = 65,55\text{lib/h, se require por cada cuarto.}$$

## 2.2 CALCULO DE LA SELECCION DE LA CALDERA.

Las calderas generalmente tienen una vida útil de 25 años, generalmente lo que debe tomarse en cuenta es la demanda de vapor que se necesite en una industria para determinar la capacidad de generación de vapor correspondiente a su demanda. Pues si seleccionamos una caldera con capacidad excesivamente grande con respecto a su demanda esta alternativa sería antieconómica. Por otra parte, si seleccionamos una caldera de menor capacidad que la requerida, estaríamos con el problema de que nunca se llegaría a cubrir la demanda necesaria y por lo tanto la caldera nos serviría solamente de una forma parcial.

Es por ello que luego de los requerimientos necesarios a continuación realizaremos el cálculo y selección de la caldera.

**Selección = HP de caldera de vapor Turco.+ HP de caldera de vapor Sauna**

**Selección = 1,94HP + 1,94HP**

**Selección = 3,88HP**

Asumiendo un 10% de pérdidas en tuberías y cuartos:

Hacemos una relación:

3,88HP----- 100%

X ----- 10%

X = 0,388HP, de pérdidas;

Por lo tanto;

**Selección de la caldera teórica = 0,388HP + 1,94HP + 1,94HP = 4,27HP**



**2.2.1 CALCULO DE LAS LIBRAS DE CONDENSADO.**

Haciendo una relación:

$$1\text{HP} \text{ ----- } 34,5\text{lib/h}$$

$$4,27\text{HP} \text{ ----- } X$$

**X = 147,32lib/h de producción de vapor**

Consideramos los siguientes parámetros:

- Temperatura del agua de alimentación de la caldera: 15,6°C
- Presión máxima de trabajo: 10psi

**Evaporización Nominal**

**Factor de evaporización = -----**

**Evaporización Real**

$$170,89\text{lib/h}$$

**Factor de evaporización = -----**

$$147,32\text{lib/h}$$

**Factor de evaporización = 1,16**



## 2.1.2 CALCULO DE LA CALDERA CON CAPACIDAD NOMINAL

Consideramos los siguientes parámetros:

**Factor de evaporización x Evaporización Real = Evaporización Nominal**

$$1,16 * 147,32 \text{lib/h} = 170,89 \text{lib/h}$$

Además, al dividir;

**Evaporización Nominal**

-----

**34,5lib/h**

170,89lib/h

----- = 4,9HP

34,5 lib/h

Entonces, se dice: la caldera real tiene una producción de vapor de 170,89lib/h, y capacidad de 4,9HP, por que la producción de vapor es constante y se tiene que alimentar un evaporador, y los cálculos se han realizado para 4,9HP.

Por lo tanto;

La caldera tendrá una capacidad de evaporización de: 170,89lib/h

**2.2.3 CANTIDAD DE AGUA A EVAPORAR POR MINUTO EN LA CALDERA****0,069GPM****Producción de vapor x -----****1HP**

0,069GPM

4,9HP x ----- = 0,33 GPM

1HP

Entonces, se tendrá: una temperatura usual en los cuartos de 43° C, trabajando a una presión de 10PSI, a una temperatura de trabajo de 193,21°F (89,56°C).

**2.2.4 EQUIPOS DE MEDICION Y SEGURIDAD DE LA CALDERA**

Debido a que se tiene una presión nominal de 10 PSI, se considera un presostato con regulación de 0 - 15 PSI, el mismo que opera de la siguiente manera: con una presión de trabajo de 10PSI, con 3PSI de diferencial (rango de trabajo) para tener mayor capacidad de recolectar vapor será: 7PSI – 10PSI – 13PSI, la válvula de alivio estará tarada a 15 PSI, y con un manómetro de 0 – 60PSI, regulado de 0 – 10PSI.

**2.2.5 CALCULO DEL BALACE TERMICO DEL AGUA EN EL RECUPEADOR PARA EVITAR LOS CHOQUES TERMICOS EN LA CALDERA.**

Al realizar el siguiente balance de energía del agua para la temperatura de alimentación del agua al recuperador, en base a los siguientes parámetros:

Si,



$T_1 = 15,6 \text{ C}$  ----- Agua a temperatura inicial.

$T_2 = 47,48 \text{ C}$  ----- Agua a temperatura final.

Tenemos:

$Q_{ced}$  = calor cedido

$Q_{gan}$  = calor ganado

$M_{af}$  = masa del agua fría

$M_{ac}$  = masa del agua caliente

$\Delta T$  = variación de temperatura

$C_p$  = calor específico;

Donde:

$$Q_{ced} = Q_{gan}$$

$$M_{af} \times C_p \times \Delta T = M_{ac} \times C_p \times \Delta T$$

$$M_{af} = M_{ac}$$

$$C_p \times \Delta T = C_p \times \Delta T$$

$$(15,6 \text{ C} - T) = (T - 47,48 \text{ C})$$

$$- 2T = - 47,48 \text{ C} - 15,6 \text{ C}$$

$$2T = 63,08 \text{ C}$$



$$T = 31,54 \text{ C}$$

Entonces, la temperatura caliente es = 31,54 C;

Por lo tanto, la temperatura caliente final que alcanza el agua será:

$$\text{Temperatura final} = (1,8 \times \text{Temperatura caliente}) + 32$$

$$\text{Temperatura final} = (1,8 \times 31,54 \text{ C}) + 32$$

Temperatura final = 88,74 F, que se mantiene en el recuperador.

## 2.2.6 CALCULO DE RENDIMIENTO TOTAL DE LA CALDERA

Vapor saturado de trabajo: 170,89lib/h

Presión de trabajo: 10PSI

Temperatura de saturación: 193,21 °F = 89,56 C

Presión absoluta: 10PSI + 15PSI = 25PSI

Caudal de aporte de alimentación: 170,89lib/h

Temperatura media del agua de alimentación: **Ca.Ta + Cc.Tc = Cv.Tme**

**Ca** = caudal del agua

**Ta** = temperatura del agua

**Cc** = caudal de condensado

**Tc** = temperatura de condensado



$C_v$  = caudal de vapor

$T_{me}$  = temperatura media de entrada a la caldera

Donde;

agua de entrada =  $C_a \cdot T_a$

vapor entrada =  $C_c \cdot T_c$

caudal de aportación de salida =  $C_v \cdot T_{me}$

Entonces tenemos:

$$(136 \text{ lib/h}) (15,6 \text{ }^\circ\text{C}) + (36,5 \text{ lib/h}) (89,56 \text{ }^\circ\text{C}) = 170,89 \text{ lib/h} \cdot T_{me}$$

$$2121,6 \text{ lib }^\circ\text{C/h} + 3268,9 \text{ lib }^\circ\text{C/h} = 170,89 \text{ lib/h} \cdot T_{me}$$

$$T_{me} = 31,54 \text{ }^\circ\text{C} = 88,77 \text{ F}$$

Retorno de condensado: 36,5lib/h

Entalpía del vapor ( 25PSI ) = 1160,6BTU/lib

Para el valor de la entalpía del agua de alimentación se interpoló de los datos de la siguiente tabla:

$h$ ( BTU/lib )	$T$ ( °F )
53,21 -----	85,21
X -----	88,77
58,07 -----	90,05



$$\begin{array}{r} X - 53,21 \quad 88,77 - 85,21 \\ \hline 58,07 - 53,21 \quad 90,05 - 85,21 \end{array}$$

$$X = 56,78 \text{ BTU/lib}$$

Entalpía del agua de alimentación = 56,78 BTU/lib

Energía saliente de la caldera ( vapor ):  $V_s ( E_v - E_a )$

$$170,89 \text{ lib/h } ( 1160,60 \text{ BTU/lib } - 56,78 \text{ BTU/lib } ) = 188631,80 \text{ BTU/h}$$

Energía entrante en la caldera: flujo de gas x poder calorífico

$$205,408 \text{ pies}^3/\text{h} \times 1150 \text{ BTU/pie}^3 = 236219,20 \text{ BTU/h}$$

Según la tabla:

$$209,6 \text{ m}^3/\text{h} \text{ ----- } 5 \text{ HP}$$

$$x \text{ ----- } 4,9 \text{ HP}$$

$$x = 205,408 \text{ pies}^3/\text{h}$$

Por lo tanto:

**n** = eficiencia total de la caldera

**mv** = caudal másico de vapor producido por hora, en lib/h

**Hv** = entalpía de vapor a la salida de la caldera, en BTU/h

**Hl** = entalpía del agua de alimentación a la entrada de la caldera, en BTU/h



$P_c$  = poder calorífico, en BTU/pie<sup>3</sup>

$mc$  = caudal másico de combustible quemado por hora

Donde:

$$n = \frac{\text{Calor aprovechado}}{\text{Calor suministrado}} \times 100 = \frac{mv \times (H_v - H_l)}{P_c \times mc} \times 100$$

$$n = \frac{170,89 \text{ lib/h} \times (1160,60 \text{ BTU/lib} - 56,78 \text{ BTU/lib})}{205,408 \text{ pies}^3/\text{h} \times 708,01 \text{ BTU/pie}^3} \times 100$$

$$n = \frac{188631,80 \text{ BTU/h}}{236219,20 \text{ BTU/h}} \times 100$$

$$n = 0,80 \times 100$$

$$n = 80 \%$$

En general, las **calderas pirotubulares** son diseñadas para operar con una eficiencia del **80 %**.

Se tomó de la página 22 la tabla N 1,8, libro calderas marinas, autor Vargas Zuñiga.



### 2.2.7 CALCULO PARA EL BALANCE TERMICO DE LA CALDERA.

Dado que este caldero es eminentemente experimental hemos seleccionado el tipo de tubería rectangular que difiere de los calderos pirotubulares tradicionales que generalmente cuentan con tubos cilíndricos, pues queremos comprobar la eficiencia con este modelo que cuenta con una disminuida distancia entre las superficies de los tubos, pues se pretende evitar los llamados puntos calientes en el interior de los tubos donde circula el calor, además de los difusores también rectangulares que están para ayudar a la circulación del calor y no podemos olvidarnos de las facilidades de construcción que presenta este modelo al ser rectangular.

Según los siguientes parámetros:

**1HP ----- 1m<sup>2</sup>**

4,9HP ----- 4,9m<sup>2</sup>

Además, tabla guía: **GROSS RATINGS CAPACITY**, dice:

25HP ----- 12,63m<sup>2</sup>, lado de agua  
**11,61m<sup>2</sup>, lado de fuego**

Por lo tanto; relacionamos, así:

Según nuestra caldera tiene una capacidad de: 4,9HP,

Entonces tenemos que:

4,9HP ----- 2,47m<sup>2</sup>, lado de agua  
**2,27m<sup>2</sup>, lado de fuego**

Además, al dividir;



$$4,9\text{HP} / 2 = 2,27\text{m}^2, \text{ lado de fuego}$$

Se tomó lado de fuego, porque en este caso se va a transferir calor al agua por ser caldera pirotubular

## 2.2.8 CALCULO Y DIMENSIONAMIENTO DEL VOLUMEN DE LA CALDERA

$$V_1 = (2a + 2b)^2 * h$$

$$V_1 = (2 * 10,38 + 2 * 15,55)^2 * 15,75$$

$$V_1 = 43841,98\text{pulg}^3$$

$$V_2 = (2a + 2b)^2 * h * \text{numero de tubos}$$

$$V_2 = (2 * 0,98 + 2 * 4,33)^2 * 15,75 * 16$$

$$V_2 = 28421,67\text{pulg}^3$$

$$V_T = V_1 + V_2$$

$$V_T = 43841,98\text{pulg}^3 + 28421,67\text{pulg}^3$$

$$V_T = 72263,65\text{pulg}^3$$

## 2.2.9 CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DEL NUMERO DE TUBOS

$$V_T - V_1$$

$$n = \frac{V_T - V_1}{V_2}$$

$$V_2$$

$$72263,65\text{pulg}^3 - [(2 * 10,38) + (2 * 15,55)]^2 * 15,75$$

$$n = \frac{72263,65\text{pulg}^3 - [(2 * 10,38) + (2 * 15,55)]^2 * 15,75}{[(2 * 0,98) + (2 * 4,33)]^2 * 15,75}$$

$$[(2 * 0,98) + (2 * 4,33)]^2 * 15,75$$



$$72263,65 - 43841,98$$

$$n = \frac{\text{-----}}{1776,35}$$

$$n = 16 \text{ tubos}$$

### 2.2.10 TASA DE PRODUCCION DE LA CALDERA:

**Cálculo para la superficie calefactora (del agua), lado de fuego por ser piro tubular en pies<sup>2</sup>.**

$\frac{1}{2} * (2a+2b)*h$  = se toma como una mitad del área de fuego, más;

$N*(2a+2b)*h$  = el área total de todos los tubos, más;

$0,5236*B^2$  = los dos tercios del área libre del tubo, menos;

$N*0,7854*b^2$  = el área o superficie agregada de los agujeros u orificios de los tubos.

$$SH = \frac{[\frac{1}{2} *(2a+2b)*h] + [N*(2a+2b)*h] + [(0,5236*B^2) - (N*0,7854*b^2)]}{144}$$

$$SH = \frac{[\frac{1}{2} *(2*10,83+2*15,55)*15,75] + [16*(2*0,98+2*4,33)*15,75] + [(0,5236*18,70^2) - (16*0,7854*4,43^2)]}{144}$$

$$SH = \frac{3028,20}{144}$$



$$0,0929 \text{ m}^2$$

$$\text{SH} = 21,03 \text{ pies}^2 * \frac{0,0929 \text{ m}^2}{1 \text{ pies}^2} = 2 \text{ m}^2 \text{ lado de fuego.}$$

Además; si cumple con el código ASME de CALDERAS.

## 2.2.11 CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE LA CALDERA

### *CALCULO DE AREA DE RADIACION*

*DATOS:*

$$\text{a (ancho)} = 275\text{mm} \longrightarrow 10,83\text{pulg}$$

$$\text{b (largo)} = 395\text{mm} \longrightarrow 15,55\text{pulg}$$

$$\text{h (altura)} = 400\text{mm} \longrightarrow 15,75\text{pulg}$$

$$(2a+2b)*h$$

$$\text{Radiación} = \frac{(2*10,83+2*15,55)*15,75}{144}$$

$$144$$

$$(2*10,83+2*15,55)*15,75$$

$$\text{Radiación} = \frac{144}{5,77}$$

$$144$$

$$5,77$$

$$\text{Radiación} = \frac{144}{5} \text{ pies}^2$$

$$5$$



**Radiación** = 1,15HP

### ***CALCULO PARA EL AREA DE TUBOS***

***DATOS:***

**a (ancho)** = 25mm → 0,98pulg

**b (largo)** = 110mm → 4,33pulg

**h (altura)** = 400mm → 15,75pulg

**$(2a+2b)*h*$ número de tubos**

**Tubos** = -----  
144

**$[(2*0,98+2*4,33)]*15,75*16$**

**Tubos** = -----  
144

18,59

**Tubos** = -----pies<sup>2</sup>  
5

**Tubos** = 3,72HP

### ***CAPACIDAD DEL DIMENSIONAMIENTO DE LA CALDERA***

**Capacidad** = 1,2HP + 3,70HP

**Capacidad** = 4,9HP

**Cálculo de la presión admisible para los tubos rectangulares.****Shedule 40 ASTM**Tensión de rotura: 1200Kg/cm<sup>2</sup>

1200

Tensión máxima admisible: ----- = 300 Kg/cm<sup>2</sup> x 14,2PSI = 4260 PSI

4

**P** = máxima presión admisible, en psi.**t** = mínimo espesor requerido, en pulg.**b** = diámetro del tubo, en pulg.

$$t - 0,065$$

$$P = 14000 \text{ (-----)}$$

**b**

$$14000 t - 910$$

$$P = \text{-----}$$

**b**

$$14000 t - 910 = P.b$$

$$14000 t = P.b + 910$$

$$P.b + 910$$

$$t = \text{-----}$$

14000



$$(10 * 4,43) + 910$$

$$t = \frac{\text{-----}}{14000}$$

$$t = 0,0681 \text{ pulg} = 1,73 \text{ mm}$$

Se asume un espesor = 0,11 pulg = 3,0 mm

$$P = 14000 \left( \frac{0,11 - 0,065}{4,43} \right)$$

$$P = 142,21 \text{ PSI}$$

**Cálculo de la presión admisible para el área de radiación.**

**P** = máxima presión admisible, en psi.

**t** = mínimo espesor requerido, en pulg.

**B** = diámetro del fluo, en pulg.

$$P = 14000 \left( \frac{t - 0,065}{B} \right)$$

$$P = \frac{14000 t - 910}{B}$$

$$14000 t - 910 = P.B$$

$$14000 t = P.B + 910$$



$$P.B + 910$$

$$t = \frac{\text{-----}}{14000}$$

$$(10 * 18,70) + 910$$

$$t = \frac{\text{-----}}{14000}$$

$$t = 0,0783 \text{ pulg} = 2 \text{ mm}$$

Se asume un espesor = 0,11 pulg = 3,0mm

$$0,11 - 0,065$$

$$P = 14000 \left( \frac{\text{-----}}{18,70} \right)$$

$$P = 33,69 \text{ PSI}$$

### **Cálculo de la eficiencia de la unión de la caldera**

Se halla como sigue:

Tomando en consideración si el paso de los agujeros o taladros es desigual pero con el mismo diámetro.

P = longitud o paso seleccionado para incluir todas las variaciones de paso, en in o cm

b = diámetro de los taladros o agujeros, en in o cm

n = número de taladros o agujeros en la longitud seleccionada.



$$P - n.b$$

$$\text{Eficiencia de la unión} = \frac{P - n.b}{P}$$

$$P$$

$$8 \text{ pasos} \times 47 \text{ cm} = 376 \text{ cm}$$

$$8 \text{ pasos} \times 147 \text{ cm} = 1176 \text{ cm}$$

$$1 \text{ paso} \times 1,9 \text{ cm} = 1,9 \text{ cm}$$

-----

$$\text{TOTAL} = 1553,9 \text{ cm} = 611,77 \text{ in}$$

$$611,77 - (16 \times 4,43)$$

$$E = \frac{611,77 - (16 \times 4,43)}{611,77}$$

$$611,77$$

$$E = 0,8841 \times 100 \%$$

$$E = 88,41 \%$$

### **Cálculo para arriostrar el área de radiación de la caldera contra su colapso**

Donde:

**P** = presión máxima admisible, en PSI o Kg/cm<sup>2</sup>

**B** = diámetro del fluo, en pulg o cm

**H** = longitud total del área del fluo entre centros de soldadura de placas, en pulg o cm

**t** = espesor de la chapa del hogar, en pulg o cm

$$1,09 (10^6) (t^2)$$

$$P = \frac{1,09 (10^6) (t^2)}{H.B}$$

**H.B**



$$1,09 (10^6) (t^2)$$

$$\text{-----} = P$$

$$H.B$$

$$P.H.B$$

$$t^2 = \text{-----}$$

$$1,09 (10^6)$$

$$P.H.B$$

$$t = \text{-----}$$

$$1,09 (10^6)$$

$$10*15,75*18,70$$

$$t = \text{-----}$$

$$1,09 (10^6)$$

$$2945,25$$

$$t = \text{-----}$$

$$1090000$$

$$t = 0,00270206\text{pulg}$$

$$t = 0,11\text{pulg} = 3,0\text{mm}$$

$$1,09 (10^6) (t^2)$$

$$P = \text{-----}$$

$$H.B$$

$$1,09 (10^6) (0,11)^2$$

$$P = \text{-----}$$

$$15,75*18,70$$



13189

$$P = \frac{13189}{294,52}$$

294,52

$$P = 44,78 \text{ PSI}$$

### Cálculo de la deformación del material de la caldera bajo carga.

E = módulo de elasticidad ó módulo de HOOKE

$$E = \frac{\text{Tensión } S}{\text{Elongación } \varepsilon} = \frac{S}{\varepsilon} = \text{constante}$$

Para el acero:  $E = 2,1 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$ , a la tracción

$$\varepsilon = \frac{S}{E} = \frac{300 \text{ Kg/cm}^2}{2100000 \text{ Kg/cm}^2}$$

$$\varepsilon = 0,000142857$$

Hemos dicho que las tensiones para cargas normales son  $F/a$ , donde:

$F$  = carga impuesta

$a$  = área original o sección resistente a la carga del material en cuestión

También decimos que la elongación unitaria  $\varepsilon$  es  $e/l$ , donde:

$\varepsilon$  = elongación en cm/cm

$e$  = aumento de longitud a partir de la longitud original



$l$  = longitud original

Así que:

$E$  = Tensión Elongación

Y sustituyendo los valores de arriba obtenemos:

$$E = \frac{F \cdot a}{e \cdot l} = \frac{S}{e/l}$$

Por lo tanto:

$$S = \frac{F}{a}$$

Reescribiendo esto en términos de la tensión  $S$ :

$$S = \frac{E \cdot e}{l} = E \cdot \varepsilon$$

Ya que:

$$\varepsilon = \frac{e}{\text{longitud inicial}}$$

$e = \text{longitud inicial} \cdot \varepsilon$

$$e = 15,75 \text{in} \times 0,000142857$$



$$e = 0,00224999775 \text{ in}$$

$$\text{longitud final} = 0,00224999775 \text{ in} + 15,75 \text{ in} = \text{in}$$

La longitud del los tubos aumentan: 15,75224999775 in

## 2.2.12 CALCULO DE TENSIONES ADMISIBLES DEL AREA DE RADIACION DE LA CALDERA

### 1. Cálculo de la Tensión Longitudinal.

$$SL = \frac{P \times B}{2t}$$

$$SL = \frac{33,69 \times 18,70}{2 \times 0,11}$$

$$SL = \frac{630,003}{0,22}$$

$$SL = 2863,65 \text{ PSI}$$

### 2. Cálculo de la Fuerza Final.

$$Ff = \frac{\pi \times B^2}{4} \times \text{presión}$$

$$Ff = \frac{\pi \times (18,70)^2}{4} \times 33,69$$



$$Ff = 9252,84 \text{ libras} \times 0,4563$$

$$Ff = 4222,07 \text{ Kg}$$

### 3. Cálculo de la Tensión

$$Sa = \frac{P \times B}{4 \times t}$$

$$Sa = \frac{33,69 \times 18,70}{4 \times 0,11}$$

$$Sa = \frac{630,003}{0,44}$$

$$Sa = 1431,82 \text{ PSI}$$

### 4. Cálculo de la Fuerza Resistente.

$$Fr = \pi \times B \times t \times Sa$$

$$Fr = \pi \times 18,70 \times 0,11 \times 1431,82$$

$$Fr = 9252,81 \text{ libras} \times 0,4563$$

$$Fr = 4222,05 \text{ Kg}$$

Por lo tanto;



$$\frac{\pi \times B^2}{4} \times \text{presión} = \pi \times B \times t \times S_a$$

$$4222,05 \text{ Kg} = 4222,05 \text{ Kg}$$

### 5. Cálculo de la Resistencia Interna.

$$R_i = t \times H \times S_L$$

$$R_i = 0,11 \times 15,75 \times 2863,65$$

$$R_i = 4961,27 \text{ libras} \times 0,4563$$

$$R_i = 2263,82 \text{ Kg}$$

### 6. Cálculo de la Fuerza Exterior.

$$F_e = P \times B \times L$$

$$F_e = 33,69 \times 18,70 \times 15,75$$

$$F_e = 9922,54 \text{ libras} \times 0,4563$$

$$F_e = 4527,65 \text{ Kg}$$

Por lo tanto;

$$P \times B \times L = (t \times H \times S_L) \times 2$$

$$4527,65 \text{ Kg} = (2263,82 \text{ Kg}) \times 2$$

$$4527,65 \text{ Kg} = 4527,65 \text{ Kg}$$



## 2.2.13 CALCULO DE LAS TENSIONES ADMISIBLES DE LOS TUBOS RECTANGULARES DELA CALDERA

### 1. Cálculo de la Tensión Longitudinal.

$$SL = \frac{P \times b}{2t}$$

$$SL = \frac{142,21 \times 4,43}{2 \times 0,11}$$

$$SL = \frac{630}{0,22}$$

$$SL = 2863,63 \text{ PSI}$$

### 2. Cálculo de la Fuerza Final.

$$Ff = \frac{\pi \times b^2}{4} \times \text{presión}$$

$$Ff = \frac{\pi \times (4,43)^2}{4} \times 142,21$$

$$Ff = 2191,94 \text{ libras} \times 0,4563$$

$$Ff = 1000,18 \text{ Kg}$$

### 3. Cálculo de la Tensión

$$S_a = \frac{P \times b}{4 \times t}$$

$$S_a = \frac{142,21 \times 4,43}{4 \times 0,11}$$

$$S_a = \frac{630}{0,44}$$

$$S_a = 1431,81 \text{ PSI}$$

### 4. Cálculo de la Fuerza Resistente.

$$F_r = \pi \times b \times t \times S_a$$

$$F_r = \pi \times 4,43 \times 0,11 \times 1431,81$$

$$F_r = 2191,96 \text{ libras} \times 0,4563$$

$$F_r = 1000,19 \text{ Kg}$$

Por lo tanto;

$$\frac{\pi \times b^2}{4} \times \text{presión} = \pi \times b \times t \times S_a$$



$$2191,94 \text{ Libras} = 2191,96 \text{ libras}$$

$$1000,18 \text{ Kg} = 1000,19 \text{ Kg}$$

### 5 Cálculo de la Resistencia Interna.

$$R_i = t \times H \times SL$$

$$R_i = 0,11 \times 15,75 \times 2863,63$$

$$R_i = 4961,23 \text{ libras} \times 0,4563$$

$$R_i = 2263,81 \text{ Kg}$$

### 6. Cálculo de la Fuerza Exterior.

$$F_e = P \times b \times L$$

$$F_e = 142,21 \times 4,43 \times 15,75$$

$$F_e = 9922,34 \text{ libras} \times 0,4563$$

$$F_e = 4527,56 \text{ Kg}$$

Por lo tanto;

$$P \times b \times L = ( t \times H \times SL ) \times 2$$

$$9922,34 \text{ libras} = ( 4961,23 \text{ libras} ) \times 2$$

$$9922,34 \text{ libras} = 9922,46 \text{ libras}$$

$$4527,56 \text{ Kg} = 4527,56 \text{ Kg}$$



### 2.3 CALCULOS DE BALANCE TERMODINAMICO Y DE TRANSFERENCIA DE CALOR EN LA CALDERA.

#### 2.3.1 CALCULO PARA EL H CONVECTIVO

Se realiza los cálculos de acuerdo a la tabla: APENDICE G – 1, del libro Transferencia de Calor.

$$T_{pelicular} = 18 \text{ }^\circ\text{C} = 64,4 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$-10 \text{-----} 10,22$$

$$64,4 \text{-----} X$$

$$80 \text{-----} 16,88$$

$$-10 \quad 10,22$$

$$\text{-----} \quad \text{-----}$$

$$80 \quad 16,88$$

$$\text{-----} = \text{-----}$$

$$64,4 \quad X$$

$$\text{-----} \quad \text{-----}$$

$$80 \quad 16,88$$

$$-10 - 80 \quad 10,22 - 16,88$$

$$\text{-----} = \text{-----}$$

$$80 - 64,4 \quad 16,88 - X$$

$$- 90 \quad - 6,66$$

$$\text{-----} = \text{-----}$$

$$15,6 \quad 16,88 - X$$



$$- 103,896 = - 1519,2 + 90X$$

$$90X = - 103,896 + 1519,2$$

$$v = X = 15,72 \times 10^{-5} \text{pie}^2/\text{seg}$$

$$\frac{-10 - 80}{64,4 - 80} = \frac{0,01287 - 0,01516}{X - 0,01516}$$

$$\frac{-90}{-16} = \frac{-0,00229}{X - 0,01516}$$

$$\frac{-10 - 80}{80 - 64,4} = \frac{0,01287 - 0,01516}{0,01516 - X}$$

$$\frac{-90}{16} = \frac{-0,00229}{0,01516 - X}$$

$$- 0,035724 = - 1,3644 + 90X$$

$$90X = - 0,035724 + 1,3644$$

$$K = X = 0,01476 \text{BTU}/\text{hpie} \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\frac{-10 - 80}{64,4 - 80} = \frac{0,722 - 0,708}{X - 0,708}$$

$$\frac{-90}{-16} = \frac{0,014}{X - 0,708}$$

$$\frac{-90}{-16} = \frac{0,014}{X - 0,708}$$



$$-10 \quad 0,722$$

-----

$$80 \quad 0,708$$

----- = -----

$$64,4 \quad X$$

-----

$$80 \quad 0,708$$

$$-10 - 80 \quad 0,722 - 0,708$$

----- = -----

$$80 - 64,4 \quad 0,708 - X$$

$$-90 \quad 0,014$$

----- = -----

$$15,6 \quad 0,708 - X$$

$$0,2184 = - 63,72 + 90X$$

$$90X = 0,2184 + 63,72$$

$$Pr = X = 0,710$$

Entonces;

$$\beta = \frac{1}{T\alpha} = \frac{1}{460 + 64,4} = 0,001907 \frac{1}{^{\circ}R}$$

$$g = 32,2 \text{ft/s}^2$$



$$GRD = \frac{g \cdot \beta \cdot \Delta T \cdot D^3}{\nu^2}$$

$$= \frac{32,2 (0,001907) (68 \text{ }^\circ\text{F} - 60,8 \text{ }^\circ\text{F}) (26/12)^3}{(15,72 \times 10^{-5})^2}$$

$$= 1,87 \times 10^8$$

$RAD = Pr \cdot GRD = (0,710) (1,87 \times 10^8) = 1,33 \times 10^8$ ; está entre  $10^4 < Ra < 10^9$   
Entonces;

$$Nu_{prom} = 0,53 (GRD \cdot Pr)^{1/4}$$

$$= 0,53 [(1,87 \times 10^8) (0,710)]^{1/4}$$

$$= 56,89$$

$$h_{prom} = \frac{Nu_{prom} \cdot K}{D}$$

$$= \frac{(56,89) (0,01476)}{(26/12)}$$

$$= 0,3875 \text{ BTU}/\text{hpie}^2 \text{ }^\circ\text{F} = \alpha_2$$

Y,



F                      BTU/hpie °F

100 ----- 0,0188

193,21----- X

500 ----- 0,0375

100            0,0188

-----

500            0,0375

----- = -----

193,21        X

-----

500            0,0375

100 – 500        0,0188 – 0,0375

----- = -----

500 – 193,21    0,0375 – X

- 400            - 0,0187

----- = -----

306,79            0,0375 – X

- 5,736973 = - 15 + 400X

400X = - 5,736973 + 15

$\lambda = X = 0,051842$  BTU/hpie °F

### 2.3.2 CALCULO DE AISLAMIENTO PARA EL RECUBRIMIENTO DE LA CALDERA

t1 = temperatura en °C, en el interior

t2 = temperatura en °C, en el exterior ( medio ambiente)



$\lambda$  = coeficiente de conductividad térmica del aislamiento a la temperatura del fluido considerado

e = espesor del aislamiento, en metros

$\alpha_2$  = coeficiente de transmisión entre el exterior del aislamiento y la capa de aire adyacente.

Datos:

$$H = 15,75\text{in} = 1,3124 \text{ pies}$$

$$B_{ex} = 18,70\text{in} = 1,5582 \text{ pies} = b_i$$

$$e = 6\text{cm} = 2,36\text{in}, \text{ de aislamiento}$$

$$b_e = 18,70\text{in} + 2,36\text{in} = 21,06\text{in} = 1,7549\text{pies}$$

$$T_{pro} = 18 \text{ }^\circ\text{C} = 64,4 \text{ }^\circ\text{F} = t_2$$

$$t_1 = 193,21 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\lambda = 0,04347 \text{ BTU/hpie } ^\circ\text{F}$$

$$\alpha_2 = 0,3875 \text{ BTU/hpie}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

Interpolando el valor de  $\lambda$  coeficiente de conductividad térmica (lana de vidrio) del aislamiento a la temperatura de 89.56 °C que opera la caldera tenemos:

$\lambda$ (BTU/hpie °F)	T (°F)
0,0225	100
X	193,21



$$X = \lambda = 0,04347 \text{ BTU/hpie } ^\circ\text{F}$$

Entonces aplicando este valor para el cálculo de calor perdido por la caldera al operar, tenemos:

$$Q = \frac{\pi \times (t_1 - t_2)}{\frac{1}{2\lambda} \times \log \frac{be}{bi} + \frac{1}{\alpha_2 \times be}}$$

$$Q = \frac{\pi \times (193,21 \text{ } ^\circ\text{F} - 64,4 \text{ } ^\circ\text{F})}{\frac{1}{2(0,04347 \text{ BTU/hpie } ^\circ\text{F})} \times \log \frac{1,7549 \text{ pies}}{1,5582 \text{ pies}} + \frac{1}{0,3875 \text{ BTU/hpie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}} \times (1,7549 \text{ pies})}$$

$$Q = \frac{404,67 \text{ } ^\circ\text{F}}{\frac{1}{0,08694 \text{ BTU/hpie } ^\circ\text{F}} \times (0,051629) + \frac{1}{0,68002375 \text{ BTU/hpie } ^\circ\text{F}}}$$

$$Q = \frac{404,67 \text{ } ^\circ\text{F}}{0,59384 \text{ hpie } ^\circ\text{F/BTU} + 1,47053 \text{ hpie } ^\circ\text{F/BTU}}$$



404,67 °F

Q = -----

2,06437 hpie °F/BTU

Q = 196,02 BTU/hpie x 1,3124pies = 257,26 BTU/h (calor que pierde la caldera al operar)

## 2.4 CALCULO Y DIMENSIONAMIENTO PARA SELECCIONAR EL TAMAÑO CORRECTO DE TUBERIA DE VAPOR.

Para el dimensionamiento:

Se seleccionó el diámetro de la tubería, la velocidad y las pérdidas de acuerdo a los diagramas 11,1 y 11,2 de acuerdo al libro Calderas Industriales y Marinas.

Se tomó en consideración la producción de vapor y la presión de trabajo de la caldera.

Para: P = 10PSI y una producción de vapor: 170,89 lib/h

Se determinó por las gráficas:

V = 25m/s

d = 2in

Hfs = 0,1Kg/cm<sup>2</sup>, por cada 100m de tubería, asumiendo un 10% ( 4,5 ) de pérdidas para incluir curvas y válvulas.

Entonces la caída de presión será:

0,1

----- x ( 45m + 4,5 ) = 0,0495Kg/cm<sup>2</sup>

100



El punto de consumo estará a 45m y la caída de presión es totalmente aceptable dado que la presión requerida para el punto de consumo es: 0,7 Kg/cm<sup>2</sup>

Para el cálculo:

Primero se halla la densidad para esa presión, a partir de las tablas de vapor y la máxima velocidad recomendada para el flujo de vapor es de 5000pies/minuto ( 1500m/minuto ) para servicio de calefacción ( hasta 15PSI = 1Kg/cm<sup>2</sup> ).

En la tabla N° 1.7 de Vargas Zúñiga, referente a las propiedades termodinámicas del vapor de agua, se determinó que el volumen específico del vapor saturado (v) para la presión dada de 0.7 Kg/cm<sup>2</sup>, es: 2,408 m<sup>3</sup>/Kg = 38.57 pies<sup>3</sup>/libra.

$$\delta = \frac{1}{v} = \frac{1}{38.57 \text{ pies}^3/\text{libra}} = 0,0259 \text{ libras/pie}^3$$

Entonces:

$$\frac{170,89 \text{ lib/h}}{0,0259 \text{ lib/pie}^3} = 6598,06 \text{ pie}^3/\text{h} = 109,97 \text{ pie}^3/\text{minuto}$$

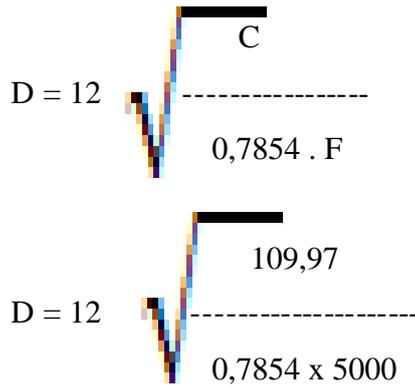
Donde:

C = caudal de vapor, en pies/min

D = diámetro requerido de tubo, en in

F = velocidad admisible de flujo de vapor, en pies/min

Sustituyendo el valor anterior en la siguiente fórmula se obtiene el siguiente resultado:



$D = 2\text{in}$

Se aconseja la tubería para el flujo de vapor: cédula 40 ASTM – A53 GrB, porque la presión de trabajo es menor  $18\text{Kg/cm}^2$ .

DIAMETRO	ESPESOR		PRESIÓN/PRUEBA		PESO		
NOMINAL	EXTERIOR	e					
	mm	pulg	mm	pulg	$\text{Kg/cm}^2$	lib/pulg <sup>2</sup>	Kg/mt
2"	60,30	2,37	3,91	0,15	176	2500	5,44

### Cálculo de dilatación para la tubería de vapor

$t_1$  = temperatura del vapor, en °C

$t_2$  = temperatura del lugar, en °C

L = longitud de la sección de la tubería, en in

$(t_1 - t_2) \times L \times 0,0000065$  = dilatación, en in o cm

dilatación =  $(89,56\text{ °C} - 18\text{ °C}) \times 4500 \times 0,0000065$



dilatación = 2,09 cm

**Cálculo de pérdida de calor en el distribuidor de vapor.**

$t_1$  = temperatura en °C, en el interior

$t_2$  = temperatura en °C, en el exterior (medio ambiente)

$\lambda$  = coeficiente de conductividad térmica del aislamiento a la temperatura del fluido considerado

$e$  = espesor del aislamiento, en metros

$\alpha_2$  = coeficiente de transmisión entre el exterior del aislamiento y la capa de aire adyacente.

Datos:

$L = 30\text{cm} = 0,3\text{m}$

$D_{ex} = 7\text{in} = 0,1778\text{m} = d_i$

$e = 3\text{cm} = 0,03\text{m}$ , de aislamiento

$d_e = 0,1778\text{m} + 0,03\text{m} = 0,2078\text{m}$

$T_{pro} = 18\text{ °C} = t_2$

$t_1 = 89,56\text{ °C}$

$\lambda = 0,036\text{ cal/hm °C}$



$v_t =$  velocidad del viento en Km/h

$$v_t = 2\text{m/s} = 0,12\text{Km/h}$$

$$\alpha_2 = 10,3 + 1,5v_t$$

$$\alpha_2 = 10,3 + 1,5 \times 0,12$$

$$\alpha_2 = 10,48\text{cal/hm}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q = \frac{\pi \times (t_1 - t_2)}{\frac{1}{2\lambda} \times \log \frac{1}{d_i} + \frac{1}{\alpha_2 \times d_e}}$$

$$Q = \frac{\pi \times (89,56 \text{ } ^\circ\text{C} - 18 \text{ } ^\circ\text{C})}{\frac{1}{2(0,036\text{cal/hm } ^\circ\text{C})} \times \log \frac{1}{0,1778\text{m}} + \frac{1}{(10,48\text{cal/hm}^2 \text{ } ^\circ\text{C}) \times (0,2078\text{m})}}$$

$$Q = \frac{224,81 \text{ } ^\circ\text{C}}{\frac{1}{0,072\text{cal/hm } ^\circ\text{C}} \times (0,067713786) + \frac{1}{2,177744\text{cal/hm } ^\circ\text{C}}}$$

$$Q = \frac{224,81 \text{ } ^\circ\text{C}}{0,94046925\text{hm } ^\circ\text{C/cal} + 0,508092903\text{hm } ^\circ\text{C/cal}}$$





$$t_1 = 89,56 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\lambda = 0,036 \text{ cal/hm } ^\circ\text{C}$$

$v_t$  = velocidad del viento en Km/h

$$v_t = 2\text{m/s} = 0,12\text{Km/h}$$

$$\alpha_2 = 10,3 + 1,5v_t$$

$$\alpha_2 = 10,3 + 1,5 \times 0,12$$

$$\alpha_2 = 10,48\text{cal/hm}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q = \frac{\pi \times (t_1 - t_2)}{\frac{1}{2\lambda} \times \log \frac{1}{d_i} + \frac{1}{\alpha_2 \times d_e}}$$

$$Q = \frac{\pi \times (89,56 \text{ } ^\circ\text{C} - 18 \text{ } ^\circ\text{C})}{\frac{1}{2(0,036\text{cal/hm } ^\circ\text{C})} \times \log \frac{1}{0,0603\text{m}} + \frac{1}{(10,48\text{cal/hm}^2 \text{ } ^\circ\text{C}) \times (0,0903\text{m})}}$$

$$Q = \frac{224,81 \text{ } ^\circ\text{C}}{\frac{1}{0,072\text{cal/hm } ^\circ\text{C}} \times (0,175370438) + \frac{1}{0,946344\text{cal/hm } ^\circ\text{C}}}$$



224,81 °C

$$Q = \frac{224,81 \text{ °C}}{2,435700528 \text{ hm °C/cal} + 1,056698199 \text{ hm °C/cal}}$$

224,81 °C

$$Q = \frac{224,81 \text{ °C}}{3,492398727 \text{ hm °C/cal}}$$

$$Q = 64,42 \text{ cal/hm} \times 45 \text{ m} = 2898,70 \text{ cal/h}$$

## 2.5 DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL SISTEMA ELECTRICO DE LA CALDERA

Para el diseño eléctrico de la caldera tiene que cumplir las siguientes condiciones:

- 1) debe de encender
- 2) cuando tenga agua, entonces funciona
- 3) cuando tenga presión cero, entonces funciona
- 4) cuando se alimente el controlador de llama a 1,5 Vcc, entonces funciona
- 5) cuando exista chispa por arco en los electrodos de 12 KV, entonces funciona
- 6) cuándo haya combustión, entonces funciona

y,

- 1) cuando no tenga agua, entonces apagado
- 2) cuando tenga presión alta, entonces apagado
- 3) cuando no se alimente el controlador de llama a 1,5 Vcc, entonces apagado
- 4) cuando no exista chispa por arco en los electrodos de 12 KV, entonces apagado
- 5) cuando no haya combustión, entonces apagado

Para la construcción eléctrica de la caldera se requiere los siguientes materiales:

- 1) 1 interruptor ON - OF



- 2) 1 contactor NC, para el nivel de agua
- 3) 1 selenoide, para llama piloto
- 4) 1 selenoide, para llama
- 5) 1 pila de 1,5 Vcc
- 6) 2 electrodos por arco
- 7) 1 centralilla
- 8) 1 contactor NC tipo bobina
- 9) 5 m de cable N° 16 AWG: 0,5 m color naranja, 0,5 m color verde, 2 m color negro, 1 m color café, 0,5 m café con línea blanca y 0,5 m color rojo.

## **2.6 CÁLCULO Y SELECCION DE LA BOMBA DE ALIMENTACION PARA LA CALDERA.**

Capacidad de la caldera:

$$C = 5 \text{ HP}$$

Caudal de la Bomba

Tipos de Bomba

1) en tipo turbina : 1,5 a 2,0

Factores de seguridad

2) en tipo centrifuga: 1,10 a 1,15

Se ha seleccionado tipo centrífuga porque se va ha instalar en Loja operando intermitentemente por una caldera pirotubular.

Se tiene:



0,069 GPM

$$Q = 5 \text{ HP} \times \frac{0,069 \text{ GPM}}{1 \text{ HP}} = 0,345 \text{ GPM} \times 1,15 = 0,396 \text{ GPM} = 0,4 \text{ GPM}$$

$$0,4 \frac{\text{galones}}{\text{minuto}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{264,2 \text{ galones}} \times \frac{60 \text{ minutos}}{1 \text{ h}} = 0,09 \text{ m}^3/\text{h} = 0,1 \text{ m}^3/\text{h}$$

Altura dinámica de la Bomba

$$P = 15 \text{ PSI} \text{ ----- } 213,03 \text{ }^\circ\text{F} \text{ ( } 100,57 \text{ }^\circ\text{C )}$$

Según la tabla se saca la gravedad específica, según la presión de trabajo a la que se va ha trabajar la caldera.

Interpolando se tiene el siguiente valor:

$$14,696 \text{ ----- } 0,959$$

$$15 \text{ ----- } x$$

$$17,186 \text{ ----- } 0,956$$

$$14,696 \quad 0,959$$

-----

$$17,186 \quad 0,956$$

----- = -----

$$15 \quad x$$

-----

$$17,186 \quad 0,956$$



$$\frac{14,696 - 17,186}{\dots\dots\dots} = \frac{0,959 - 0,956}{\dots\dots\dots}$$

$$\frac{17,186 - 15}{\dots\dots\dots} = \frac{0,956 - x}{\dots\dots\dots}$$

$$\frac{-2,49}{\dots\dots\dots} = \frac{0,003}{\dots\dots\dots}$$

$$\frac{2,186}{\dots\dots\dots} = \frac{0,956 - x}{\dots\dots\dots}$$

$$-2,38044 + 2,49x = 0,006558$$

$$x = 0,958$$

Por lo tanto la gravedad específica será:

$$ge = 0,958$$

### Cálculo de la presión de descarga.

$$( \text{presión de trabajo} + \text{factor de seguridad} ( 5 - 20 ) ) \times 2,31$$

$$\text{TDH} = \frac{\dots\dots\dots}{\text{gravedad específica}}$$

la descarga es directa  $P_1 = 15 \text{ psi}$

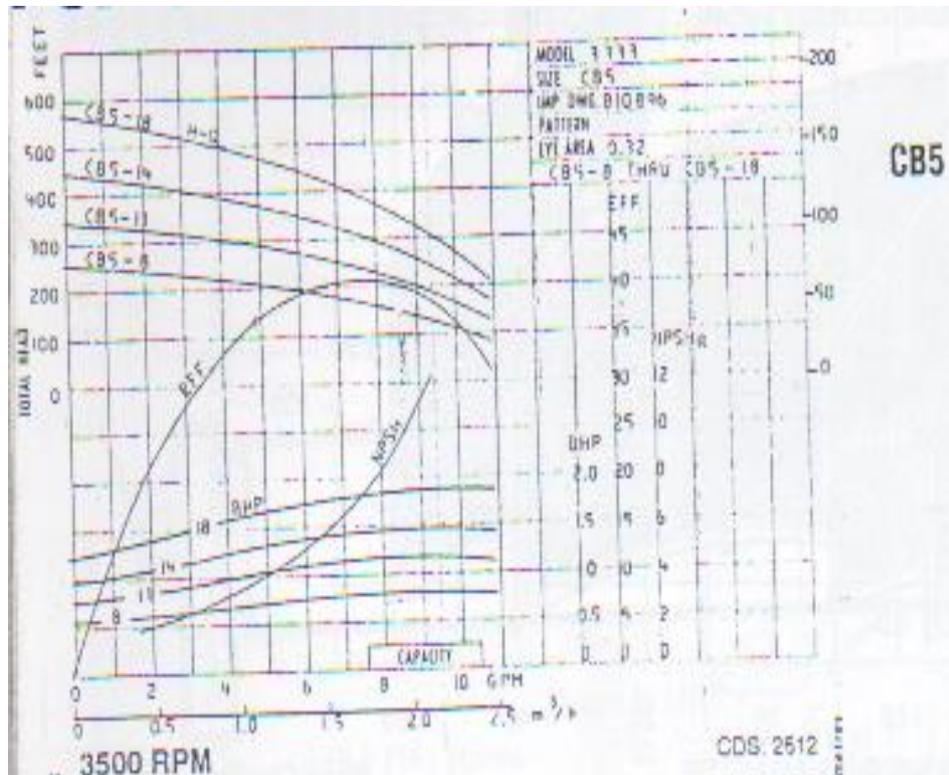
$$P_v = 20 \text{ psi}$$

$$( 15 \text{ psi} + 20 ) \times 2,31$$

$$\text{TDH} = \frac{\dots\dots\dots}{0,958}$$

$$\text{TDH} = 84,4 \text{ pies} = 25,7 \text{ m}$$

Según el caudal y la presión de descarga seleccionamos la bomba que nos proporciona la máxima eficiencia posible.



Modelo 3333

Tamaño CB5 – 8

Velocidad 3500 RPM

Eficiencia = 40 %

Potencia 0,8 HP

NPSHR 1,5 pies



**Cálculo de la velocidad periférica del rodete**

$$V = \frac{\text{RPM} \times D}{229}$$

$$V = \frac{3500 \times 8}{229} = 122,27 \text{ pies/segundo} = 37,27 \text{ m/s}$$

**Cálculo de la potencia de la Bomba**

Según lo calculado:

$$N = \frac{Q \times \text{TDH} \times \gamma}{3960 \times \eta}$$

$$N = \frac{0,44 \times 84,4 \times 0,958}{3960 \times 0,40}$$

$$N = \frac{35,576288}{1584}$$

N = 0,022 HP

La bomba va a estar retirada de la caldera 0,5m

$$\text{longitud de la tubería} = 0,5\text{m} \times \frac{3,281 \text{ pies}}{1\text{m}} = 1,6 \text{ pies}$$





$$212 \text{ }^\circ\text{F} \text{ ----- } 14,696 \text{ PSI}$$

$$213,03 \text{ }^\circ\text{F} \text{ ----- } x$$

$$220 \text{ }^\circ\text{F} \text{ ----- } 17,186 \text{ PSI}$$

$$212 \quad 14,696$$

-----

$$220 \quad 17,186$$

----- = -----

$$213,03 \quad x$$

-----

$$220 \quad 17,186$$

$$212 - 220 \quad 14,696 - 17,186$$

----- = -----

$$220 - 213,03 \quad 17,186 - x$$

$$-8 \quad -2,49$$

----- = -----

$$6,97 \quad 17,186 - x$$

$$-17,3553 = - 137,488 + 8 x$$

$$-17,3553 + 137,488 = 8 x$$

$$X = 15,016 \text{ PSI}$$

Interpolando la Pl de acuerdo a la altura de Loja.



$$1981,2 \text{ m} \text{ ----- } 11,5 \text{ PSI}$$

$$2064 \text{ m} \text{ ----- } x$$

$$2133,6 \text{ m} \text{ ----- } 11,3 \text{ PSI}$$

$$1981,2 \quad 11,5$$

$$\text{-----} \quad \text{-----}$$

$$2133,6 \quad 11,3$$

$$\text{-----} = \text{-----}$$

$$2064 \quad x$$

$$\text{-----} \quad \text{-----}$$

$$2133,6 \quad 11,3$$

$$1981,2 - 2133,6 \quad 11,5 - 11,3$$

$$\text{-----} = \text{-----}$$

$$2133,6 - 2064 \quad 11,3 - x$$

$$-152,4 \quad 0,2$$

$$\text{-----} = \text{-----}$$

$$69,6 \quad 11,3 - x$$

$$-1722,12 + 152,4 x = 13,92$$

$$152,4 x = 13,92 + 1722,12$$

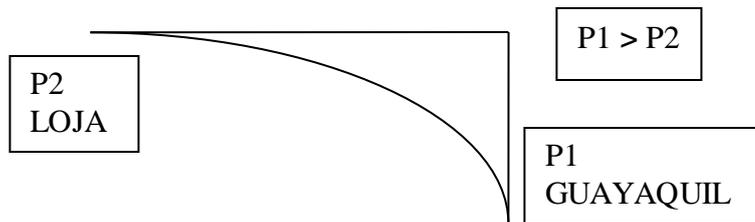
$$1736,04$$

$$X = \text{-----} = 11,4 \text{ PSI}$$

$$152,4$$

$$P_v = 15,016 \text{ PSI} \text{ ----- } 213,03 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$P_l = 11,4 \text{ PSI} \text{ ----- } 2064 \text{ m} \text{ ----- } \text{LOJA}$$



Tomamos (+) porque la bomba va a trabajar en el suelo.

Asumimos por cálculo:  $NPSHA = NPSHR$

$$Z1 = NPSHA - \left( \frac{P1 - Pv}{\gamma} \right) (2,31) + Hfs$$

$$Z1 = 11,4 - \left( \frac{15,016}{0,958} \right) (2,31) + 0,06$$

$$Z1 = 10,28 \text{ pies}$$

$$NPSHA = \left( \frac{P1 - Pv}{\gamma} \right) (2,31) + Z1 - Hfs$$

$$NPSHA = \left( \frac{11,4 - 15,016}{0,958} \right) (2,31) + 10,28 - 0,06$$

$$NPSHA = 1,5 \text{ pies}$$



$$\text{NPSHA } 1,5 \geq \text{NPSHR } 1,5$$

La bomba no cavita, se mantiene.

### **Cálculo de la tubería desde el tanque de alimentación a la Bomba.**

Según la tabla Sched 40 Steel Pipe se seleccionó la tubería

Para un  $Q = 0,4 \text{ GPM}$

Se asumió que el TA respecto a la bomba va ha estar a 3m.

Por lo tanto:

$$3,281 \text{ pies} \\ 3\text{m} \times \frac{3,281 \text{ pies}}{1\text{m}} = 9,843 \text{ pies}$$

$$\text{con } \frac{1}{4} \text{ in} \quad 3,7 \text{ pies} \text{ ----- } 100 \text{ pies}$$

$$(0,364 \text{ in I.D}) \quad \times \text{ ----- } 9,843 \text{ pies}$$

$H_{sf} = 0,364 \text{ pies}$ , con una velocidad = 1,23 pies

$$\text{altura de velocidad: } h = \frac{V^2}{2g} = 0,024 \text{ pies}$$

### **Recomendación:**

Tiene que ser una bomba de 0,4 HP ideal según los cálculos pero asumimos una de 0,5 HP por seguridad pero dependiendo de las exigencias del mercado para este tipo de bomba puede ser de 0,75 HP, regulable.

## 2.7. CARTAS TECNOLOGICAS

### OPERACION:

Doblado de 32 planchas a 90° con sus respectivas dimensiones, para  $n$  tubos de la caldera.

**Material:** Plancha de acero negro de 3mm de espesor útil en el mercado para carrocerías, carpintería metálica, recipientes sometidos o no a presión, etc.

Al ser un caldero experimental y al no estar sometido a grandes presiones y según las especificaciones técnicas este material cuenta con las garantías suficientes para la construcción del caldero, además de ser un producto disponible en nuestro medio. Ver capítulo (3).

**Dimensiones:** 400 mm de longitud, 135 mm ancho.

Hacer una línea con la punta de trazar a 12.5 mm de los extremos de la plancha. Este trazo señala la parte de la curva.

**Herramientas:** Dobladora hidráulica, yunque, tenazas, martillo de forjador, regla graduada, punta de trazar, escuadra, cizalla hidráulica.

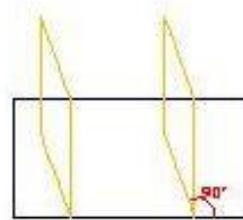
**Operación:** En primer lugar cortamos las planchas con la ayuda de una cizalla hidráulica en las dimensiones antes señaladas. (ver capítulo 3)

1. Colocar la plancha sobre la dobladora de forma que la parte trazada coincida con la parte a doblar y realizar el doblado. (ver capítulo 3).
2. Colocar la plancha sobre el yunque de forma que la parte doblada coincida con la arista del yunque el brazo más corto es el que debe estar pegada al costado del yunque y golpear con el martillo hasta dejarla a escuadra. No obstante la parte interior de la curva debe quedar ligeramente redondeada.
3. Dar alternativamente golpes en la parte superior y en la parte de atrás procurando que los brazos queden lo más aproximado posible al ángulo recto.

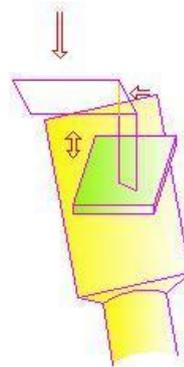
4. Sujetar la pieza de manera que el golpeo se realice hacia el golpeador. Comprobar el escuadrado con una escuadra. Si es necesario repetir hasta que el resultado sea satisfactorio



Trazado a 12.5 mm



Doblado hidráulicamente a 90°



Enderezado a mano

OPERACION: Soldadura a tope para las, para n tubos de la caldera.

Material: Acero negro de 3mm de espesor.

Electrodo Básico de baja aleación.- Electrodo con revestimiento de bajo hidrógeno, con polvo de hierro.

Este material lo hemos elegido por sus excelentes cualidades mecánicas 55-57 kg/mm<sup>2</sup> de resistencia a la tracción, al hallarse fácilmente en el mercado y cuenta con las garantías suficientes

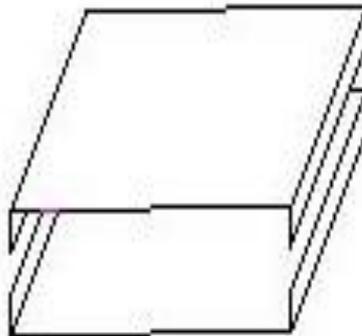
Dimensiones: 400mm longitud de las planchas 3m m de espesor

Peso por caja 20kg/44lib, largo 350 mm de la soldadura

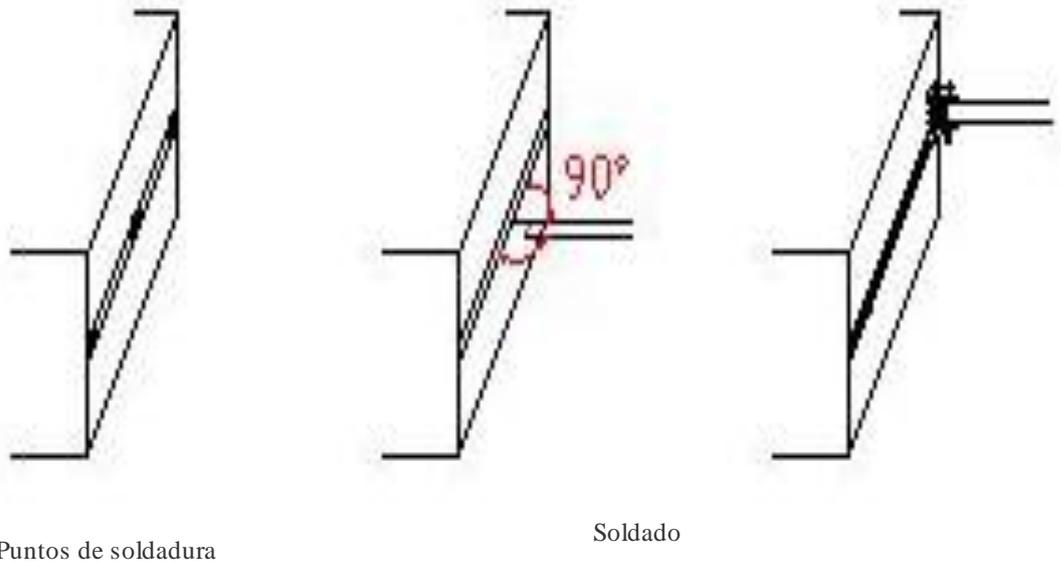
Herramientas: Equipo de soldar por arco, careta o pantalla, guantes, piqueta, cepillo de alambre de acero escuadra, regla graduada, martillo, cortafríos

**Operación:**

1. Colocar las dos piezas de acero unida la una sobre la otra, dejando una separación entre ellas de 15mm
2. las piezas se unen dando unos puntos de soldadura, empleamos un electrodo E 7018 de 1/8 y un amperaje de 100 –140 A. Damos 3 puntos de soldadura, la longitud de cada uno de estos puntos debe ser de unos 0.5 mm, aproximadamente.
3. Quitar la escoria. Para soldar la costura usar un electrodo E 7018 de de 1/8 y un amperaje de 100 – 140 A. Ajustar el amperaje a el electrodo se mantiene en ángulo recto con respecto a la pieza. Ceba el arco a unos 15 mm del extremo. A continuación retroceder al extremo y luego continuar en la dirección de la soldadura. Terminar la costura. Quitar las escorias sin dejar ningún residuo.



Separación 1.5 cm



#### OPERACION:

Doblado de 2 planchas a  $90^\circ$  con sus respectivas dimensiones, para el *cuerpo* de la caldera.

**Material:** Plancha de acero negro de 3mm de espesor útil en el mercado para carrocerías, carpintería metálica, recipientes sometidos o no a presión, etc.

Al ser un caldero experimental y al no estar sometido a grandes presiones y según las especificaciones técnicas este material cuenta con las garantías suficientes para la construcción del caldero, además de ser un producto disponible en nuestro medio. Ver capítulo (3).

**Dimensiones:** 400 mm de longitud, 670 mm ancho.

Hacer una línea con la punta de trazar a 140 mm del extremo de la plancha. Este trazo señala la parte de la curva

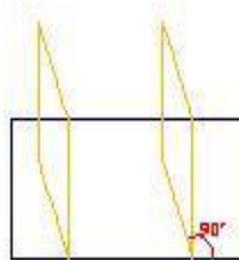
**Herramientas:** Dobladora hidráulica, yunque, tenazas, martillo de forjador, regla graduada punta de trazar, escuadra, cizalla hidráulica.

**Operación:** En primer lugar cortamos las planchas con la ayuda de una cizalla hidráulica en las dimensiones antes señaladas y luego: (3)

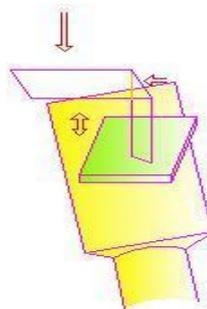
- 1.- Colocar la plancha sobre la dobladora de forma que la parte trazada coincida con la parte a doblar y realizar el doblado. (3)
- 2.- Colocar la plancha sobre el yunque de forma que la parte doblada coincida con la arista del yunque el brazo más corto es el que debe estar pegada al costado del yunque y golpear con el martillo hasta dejarla a escuadra. No obstante la parte interior de la curva debe quedar ligeramente redondeada.
- 3.- Dar alternativamente golpes en la parte superior y en la parte de atrás procurando que los brazos queden lo más aproximado posible al ángulo recto.
- 4.- Sujetar la pieza de manera que el golpeo se realice hacia el golpeador. Comprobar el escuadrado con una escuadra. Si es necesario repetir hasta que el resultado sea satisfactorio



Trazado a 140 mm



Doblado hidráulicamente a 90°



Enderezado a mano



**OPERACION:** Soldadura a tope horizontal de 2 planchas, para el cuerpo de la caldera.

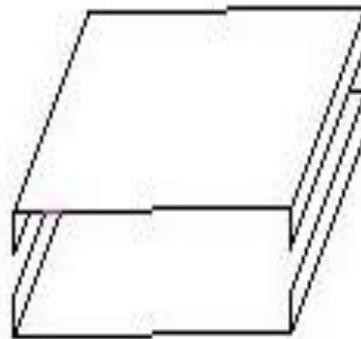
**Material:** Acero negro de 3mm de espesor.  
Electrodo básico baja aleación.- electrodo con revestimiento de bajo hidrogeno, con polvo de hierro. Indicado para la soldadura de calderas de alta presión, tanques, soldadura tuberías de vapor.  
Este material lo hemos elegido por sus excelentes cualidades mecánicas 55 - 57 kg/mm<sup>2</sup> de resistencia a la tracción, al hallarse fácilmente en el mercado y cuenta con las garantías suficientes. En el Capitulo 3 nos ampliaremos al hablar sobre este producto.

**Dimensiones:** 400mm longitud de las planchas 3m m de espesor  
Peso por caja 20kg/44lib, largo 350 mm de la soldadura

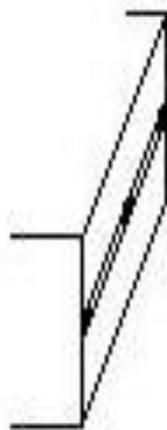
**Herramientas:** Equipo de soldar por arco, careta o pantalla, guantes, piqueta, cepillo de alambre de acero escuadra, regla graduada, martillo, cortafríos.

**Operación:**

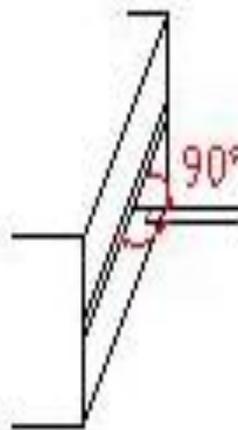
- 1.- Colocar las dos piezas de acero unida la una sobre la otra, dejando una separación entre ellas de 15mm
- 2.- las piezas se unen dando unos puntos de soldadura, empleamos un electrodo E 7018 de 1/8 y un amperaje de 100 –140 A.  
Damos 3 puntos de soldadura, la longitud de cada uno de estos puntos debe ser de unos 0.5 mm, aproximadamente.
- 3.- Quitar la escoria. Para soldar la costura usar un electrodo E 7018 de 1/8 y un amperaje de 100 – 140 A. Ajustar el amperaje, a el electrodo se mantiene en ángulo recto con respecto a la pieza. Ceban el arco a unos 15 mm del extremo. A continuación retroceder al extremo y luego continuar en la dirección de la soldadura. Terminar la costura. Quitar las escorias sin dejar ningún residuo.



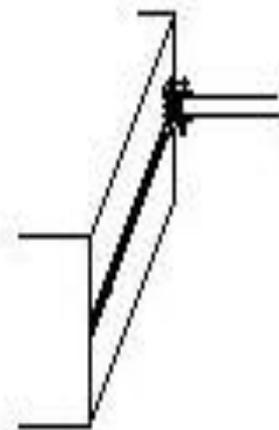
Separación 1.5 cm



Puntos de soldadura



Soldado



### OPERACION:

Soldadura a tope horizontal en el escudo armado con platinas para el cuerpo de la caldera.

**Material:** Platinas de acero negro de 3mm de espesor y 19mm de ancho útil en el mercado para carrocerías, carpintería metálica, recipientes sometidos o no a presión, etc.

Al ser un caldero experimental y al no estar sometido a grandes presiones y según las especificaciones técnicas este material cuenta

con las garantías suficientes para la construcción del caldero, además de ser un producto disponible en nuestro medio. Ver capítulo (3).

Electrodo Rutilico.- Diseñado para depositar cordones y filetes de un aspecto excelente y sobresaliente características mecánicas. Especialmente aplicado a la carpintería metálica, fabricación de puertas y ventanas, calderería, etc.

Este material lo hemos elegido por sus excelentes cualidades mecánicas 49-50 kg/mm de resistencia a la tracción, al hallarse fácilmente en el mercado y cuenta con las garantías suficientes. En el Capítulo 3 nos ampliaremos al hablar sobre este producto.

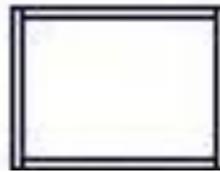
Dimensiones: 2 platinas de 395 mm de longitud y 19 mm ancho  
2 platinas de 235 mm de longitud y 19 mm ancho  
1 platina de 355 mm de longitud y 19 mm ancho  
14 platinas de 110 mm de longitud y 22 mm ancho  
Peso por caja 20kg/44lib, largo 350 mm de la soldadura

Herramientas: Esmeril, equipo de soldar por arco, careta o pantalla, guantes, piqueta cepillo de alambre de acero, escuadra, regla graduada, martillo, corta fríos, Esmeril.

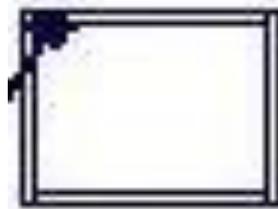
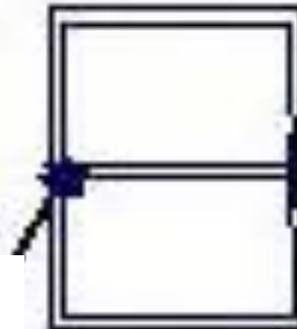
Operación: En primer lugar vamos a armar el escudo, para ello con la ayuda del esmeril antes, ya hemos cortado las platinas en las dimensiones anteriores.

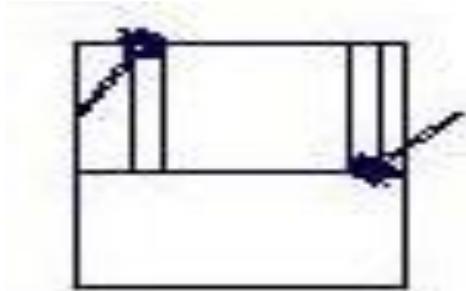
1. Colocar las 2 platinas de 395 mm y 235 mm formando un rectángulo con las mismas dimensiones.
- 2.- De esta manera coincidirán paralelamente los extremos de las platinas.
- 3.-. En esta posición quedaran unida la una sobre la otra y procedemos a soldar a tope horizontal siguiendo los mismos pasos antes descritos sobre este tipo de soldado.

- 4.- Colocamos la platina de 355 mm justo en el centro del rectángulo ya armado y soldado. Luego la soldamos a tope horizontal cuando paralela y unida entre si con el rectángulo.
- 5.- En este paso nos encontramos con 2 rectángulos pequeños dentro del rectángulo mayor de 110mm x 330 mm y soldamos a tope horizontal las 14 platinas, 7 en un rectángulo y 7 en el otro, siguiendo los pasos anteriores, dejando una separación de 25mm entre las platinas y desde el extremo interno del rectángulo.



Formación de rectángulo

Soldado a tope  
(rectángulo)Soldado platina central  
(2 rectángulos)



Soldado a tope de 14 platinas para el escudo

**OPERACION:**

Doblado de 2 planchas a 90° con sus respectivas dimensiones, para el hogar de la caldera.

**Material:** Plancha de acero negro de 3mm de espesor útil en el mercado para carrocerías, carpintería metálica, recipientes sometidos o no a presión, etc.

Al ser un caldero experimental y al no estar sometido a grandes presiones y según las especificaciones técnicas este material cuenta con las garantías suficientes para la construcción del caldero, además de ser un producto disponible en nuestro medio. Ver capítulo (3).

**Dimensiones:** 260 mm de longitud, 750 mm ancho.

Hacer una línea con la punta de trazar a 157.5 mm de los extremos de la plancha. Este trazo señala la parte de la curva

**Herramientas:** Dobladora hidráulica, yunque, tenazas, martillo de forjador, regla graduada, punta de trazar, escuadra, cizalla hidráulica.

**Operación:** En primer lugar cortamos las planchas con la ayuda de una cizalla hidráulica en las dimensiones antes señaladas y luego (3)

1.- Colocar la plancha sobre la dobladora hidráulica de forma que parte trazada coincida con la parte a doblar y realizar el doblado.

(3)

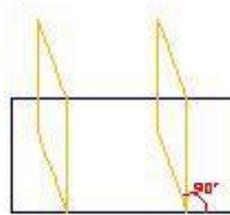
2.- Colocar la plancha sobre el yunque de forma que la parte doblada coincida con la arista del yunque el brazo más corto es el que debe estar pegada al costado del yunque y golpear con el martillo

hasta dejarla a escuadra. No obstante la parte interior de la curva debe quedar ligeramente redondeada.

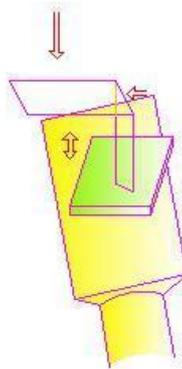
- 3.- Dar alternativamente golpes en la parte superior y en la parte de atrás procurando que los brazos queden lo más aproximado posible al ángulo recto.
- 4.- Sujetar la pieza de manera que el golpeo se realice hacia el golpeador. Comprobar el escuadrado con una escuadra. Si es necesario repetir hasta que el resultado sea satisfactorio



Trazado a 157.5 mm



Doblado a 90° (hidráulicamente)



**OPERACION:** Soldadura a tope horizontal de 2 planchas, para el hogar de la caldera.

Enderezado a 90°

**Material:** Acero negro de 3mm de espesor.

Electrodo básico de baja aleación.- Electrodo con revestimiento de bajo,

Con polvo de hierro. Especialmente aplicado a calderas de alta presión, tanques, soldadura de tubería de vapor.

Este material lo hemos elegido por sus excelentes cualidades mecánicas  $55-57 \text{ kg/mm}^2$  de resistencia a la tracción, al hallarse fácilmente en el mercado y cuenta con las garantías suficientes.

Dimensiones: 260mm longitud de las planchas 3m m de espesor

Peso por caja 20kg/44lib, largo 350 mm de la soldadura

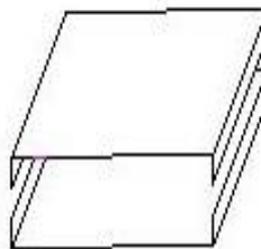
Herramientas: Equipo de soldar por arco, careta o pantalla, guantes, piqueta, cepillo de alambre de acero escuadra, regla graduada, martillo, cortafíos.

Operación: 1.- Colocar las dos piezas de acero unida la una sobre la otra, dejando una separación entre ellas de 15mm

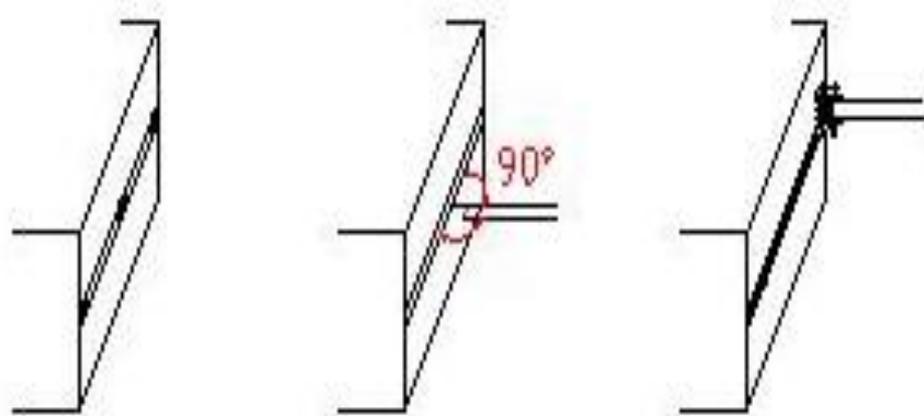
2. las piezas se unen dando unos puntos de soldadura, empleamos un electrodo E 7018 de  $1/8$  y un amperaje de 100 –140 A.

Damos 3 puntos de soldadura, la longitud de cada uno de estos puntos debe ser de unos 0.5 mm.

3.- Quitar la escoria. Para soldar la costura usar un electrodo E 7018 de  $1/8$  y un amperaje de 100 – 140 A. Ajustar el amperaje a el electrodo se mantiene en ángulo recto con respecto a la pieza. Ceban el arco a unos 15 mm del extremo. A continuación retroceder al extremo y luego continuar en la dirección de la soldadura. Terminar la costura. Quitar las escorias sin dejar ningún residuo.



Separación 1.5 cm



Puntos de soldadura

Soldado

**OPERACION:**

- doblado de 2 planchas a 90 grados
- soldadura a tope horizontal & vertical para construir el calentador.
- soldadura en ángulo exterior, para unir el calentador y tapa de la caldera.

**Material:**

Plancha de acero negro de 3mm de espesor útil en el mercado para carrocerías, carpintería metálica, recipientes sometidos o no a presión, etc.

Al ser un caldero experimental y al no estar sometido a grandes presiones y según las especificaciones técnicas este material cuenta con las garantías suficientes para la construcción del caldero, además de ser un producto disponible en nuestro medio.

**Dimensiones:**

2 planchas de 350 mm de longitud, 255 mm ancho

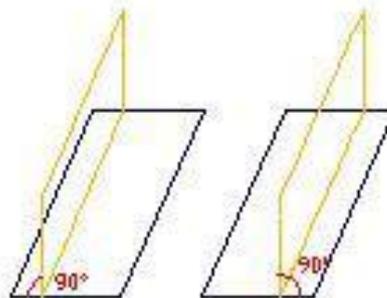
Hacer una línea con la punta de trazar a 400 mm en un solo extremo de las planchas para el doblado. Este trazo señala la parte de la curva

**Herramientas:**

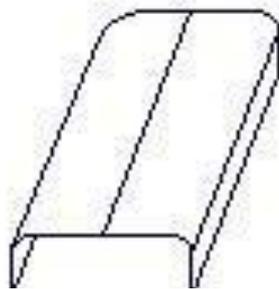
Dobladora hidráulica, yunque, tenazas, martillo de forjador, regla graduada, punta de trazar, escuadra, cizalla hidráulica.

## Operación:

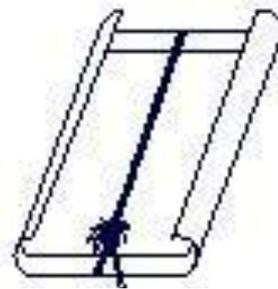
- 1.- Repetimos el mismo procedimiento que se realiza en el del ángulo recto.
- 2.- En este procedimiento solo se realiza en un solo extremo de la plancha el doblado, se pretende unir las piezas formando una C (ver dibujo), para ello el lado izquierdo se doblara en una plancha y el derecho en la otra plancha.
- 3.- Procedemos a unir las piezas con la soldadura a tope desde la cara inversa de las planchas. (ver dibujo).
- 4.- Con la ayuda de la punta de trazar y un compás marcamos una circunferencia de 8.5 de diámetro lo más centrado posible en la cara en donde se realizo la soldadura y procedemos a cortar siguiendo el trazo con la ayuda de la taladro eléctrico. (ver dibujo).



Doblado a 90°. En un solo extremo de las Planchas



Formando una C.



Soldadura a tope

Operación: Soldadura a tope horizontal & vertical para construir el calentador

Dimensiones: 2 Planchas de 255 mm de longitud y 40 mm de ancho

- 1.- Con las planchas de 255 mm de longitud y 40 mm de ancho las usaremos de tapas en los 2 costados abiertos de las planchas dobladas a 90° grados para realizar la construcción de la chimenea.
- 2.- Para ello colocamos los extremos unidos de las planchas (ver dibujo), para soldar a tope.
- 3.- Unimos las dos planchas por medio de puntos de suelda.

Electrodo: E 7018 de 1/8

Amperaje: 100 - 140 A.

- 4.- Seguir los pasos antes descritos en la soldadura a tope.



Soldadura a tope (2 tapas)



Operación: Soldadura en ángulo exterior, para unir el calentador y la tapa de la caldera.

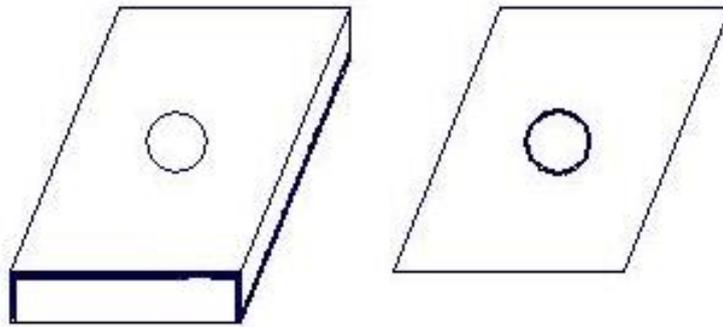
Dimensiones: Plancha de 435 mm de longitud y 315 mm de ancho

1. Utilizando la punta de trazar marcamos una circunferencia de 8,5 de diámetro en la plancha de 427 mm y realizamos el corte de manera que coincida con la circunferencia en el ejercicio anterior. (ver dibujo).
2. Ahora unimos las 2 planchas de 250mm de longitud y la plancha de 427 mm por medio de puntos de suelda y procedemos a soldar a ángulo exterior.

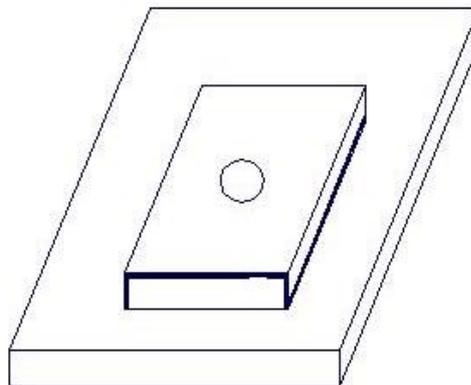
Electrodo: E 7018 de 1/8

Amperaje: 100 – 140 A.

3. La costura se realiza en dos hiladas, la posición del electrodo es la que se muestra (ver dibujo): unos 70 grados en la dirección de la soldadura.
4. Para la primera capa la posición es la que se muestra y para la segunda también observamos en el dibujo. El número de capas depende del espesor de la plancha. El espesor de la soldadura no debe exceder de 0,6 veces el espesor de la plancha. Las capas de relleno deben efectuarse de abajo hacia arriba.
5. Ahora sobre la tapa del caldero a 12 mm del extremo marcamos una línea y utilizando el taladro y una broca de 5mm de diámetro realizamos 14 huecos sobre la línea con una separación entre ellos de 80 mm, para utilizarlos en unir la tapa al marco de esta con pernos de 5mm y así cerrar el caldero. Ver (anexos).



Soldadura a tope (2 tapas)



Soldadura a ángulo exterior.

Tapa & Recuperador.

#### OPERACION:

- Soldadura en ángulo exterior, del escudo y n tubos de la caldera para el cuerpo de la caldera.
- Soldadura en ángulo exterior del escudo de la caldera y cuerpo de la caldera.
- Soldadura en ángulo exterior del cuerpo y el hogar de la caldera.



Operación 1:

Soldadura en ángulo exterior, del escudo y n tubos de la caldera para el cuerpo de la caldera.

1.1.- Los materiales, dimensiones y herramientas, son los mismos que utilizamos en la construcción de estas partes de la caldera, mediante un punto de suelda unimos al escudo un tubo de la caldera.

1.2.- A partir de este instante utilizamos el mismo método de ángulo utilizado en el ejercicio anterior

Operación 2:

Soldadura en ángulo exterior del cuerpo de la caldera.

2.1.- Realizamos el mismo procedimiento anterior, pero esta vez entre el escudo y el cuerpo de la caldera (ver dibujo)

Operación 3: Soldadura en ángulo exterior interno del cuerpo y el hogar de la caldera.

3.1.-Hasta este punto encontramos armado y soldado el cuerpo de la caldera (ver dibujo). A continuamos para el ejercicio 3, vamos a utilizar platinas de Acero, soldados a tope horizontal y formando 2 piezas rectangulares (ver dibujo).

3.2.-Las dimensiones son: 435 mm largo, 315 mm Ancho y 19mm de espesor.

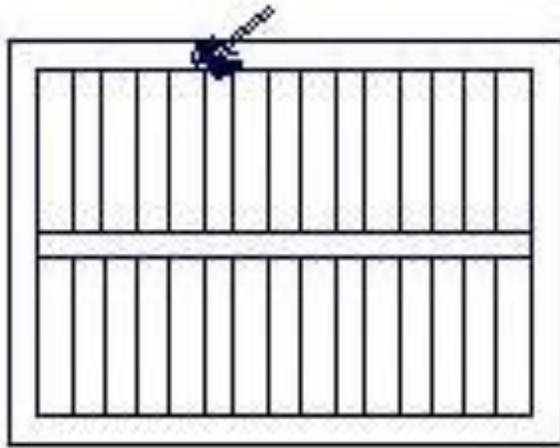
3.3.- Las 2 platinas la soldamos en ángulo exterior, con el extremo externo del cuerpo soldado al escudo en la parte superior la primera y la segunda en la inferior. (ver dibujo).

3.4.- La parte superior nos servirá posteriormente para soldarla al marco de la tapa del caldero. Y la parte inferior a continuación la utilizaremos para nuestro siguiente paso.

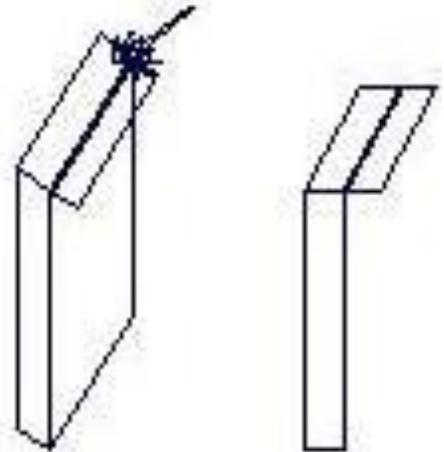
3.5.- En el extremo inferior del cuerpo encontramos la platina tal como nos muestra la figura, soldada a esta. Y la soldamos al hogar de la caldera en ángulo exterior interno.

3.6.- Para soldar en ángulo exterior interno, trazamos a partir del extremo superior del hogar que ira soldado a la platina (ver dibujo) una línea de 20mm y sobre esta realizamos la soldadura,

la razón por la cual se deja una parte de la plancha del hogar arriba es para realizar el cobertor y los remaches no queden expuestos al fuego, además la fibra de vidrio de acuerdo al diseño se realizara en el espacio entre la platina y el hogar esto lo veremos mas adelante.



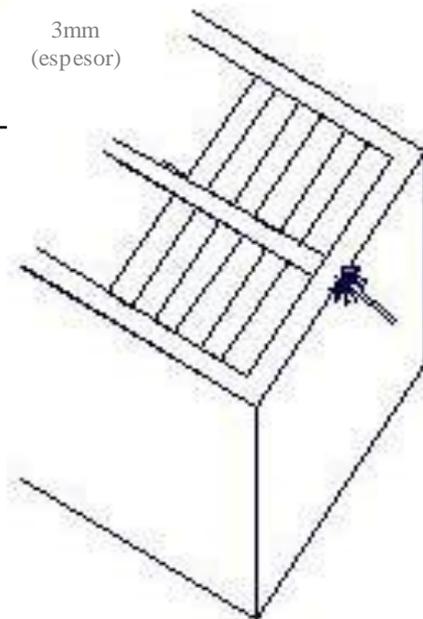
Soldado Escudo y (n) tubos Caldera



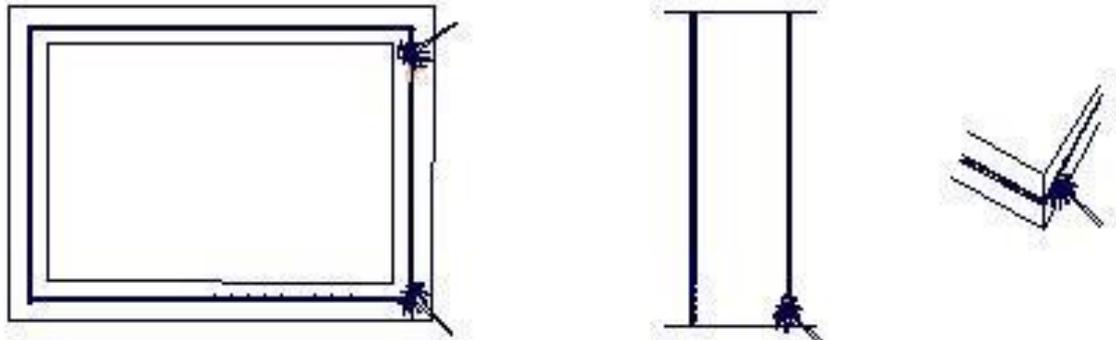
Sol. Ángulo (Escudo &amp; tubos)



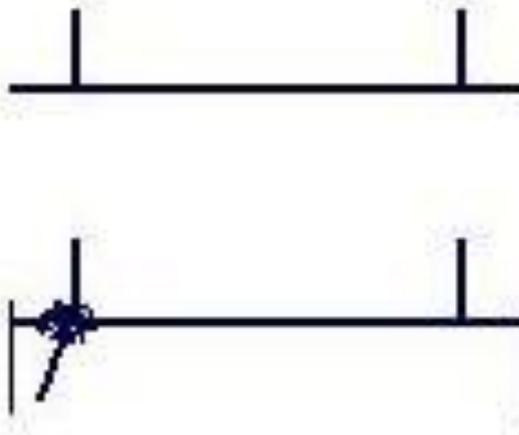
Sol. Ángulo (para el cuerpo de la caldera)



Sol. Ángulo (Escudo &amp; Planchas) = Cuerpo de la Caldera



Soldamos platinas al cuerpo de la caldera



Soldado ángulo interno (cuerpo y hogar)

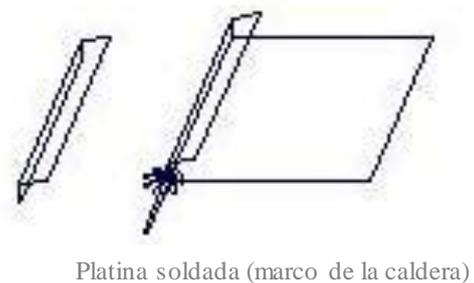
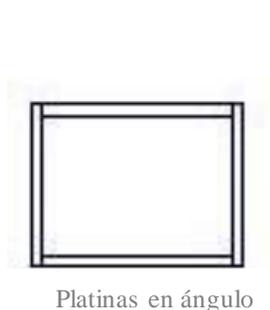
OPERACION 2: Platina soldada a ángulo exterior interno para el marco de la tapa del caldero

Materiales: 2 platinas en ángulo de  $\frac{3}{4}$  -  $\frac{1}{8}$  (25mm y 19mm) de 430mm de long.  
2 platinas en ángulo de  $\frac{3}{4}$  -  $\frac{1}{8}$  (25mm y 19 mm) de 310mm de long.

Herramientas: Equipo para soldadura de arco.  
Equipo para hacer huecos.

Operación:

- 1.- En la platina soldada en la parte superior del cuerpo como nos muestra el ejercicio anterior, procedemos a soldar en ángulo exterior cada platina en ángulo.
- 2.- Para ello las platinas irán unidas con cada una formando un marco de acuerdo a sus dimensiones tal como nos muestra la figura.
- 3.- Ahora procedemos a soldar en ángulo exterior interno siguiendo el procedimiento anterior.
- 4.- En la parte inferior de esta platina en ángulo irán los remaches del cobertor que realizaremos mas adelante, y sobre la parte superior con el equipo para hacer huecos realizamos 14 huecos de 5mm de diámetro y separados a 80mm, para unirlos sobre la tapa del caldero con tornillo de 5mm. Ver (anexos).



## Operaciones y Soldaduras varias

Operación 1: Uniones soldadas para la chimenea de la caldera.

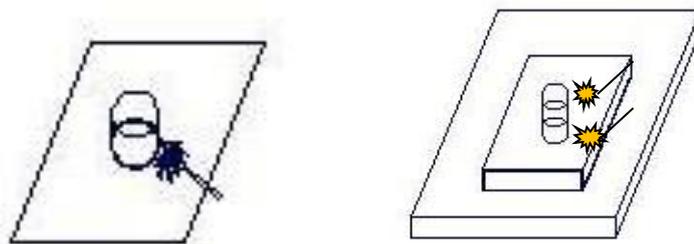
Materiales: Tubo de acero  
Tapa de la caldera

Dimensiones: Espesor 2mm  
Longitud 14 h

Herramientas: Equipo de soldadura por arco  
Piqueta  
Cepillo de Alambre de Acero  
Cortafríos  
Martillo

Operación:

- 1.- Unir la tapa de la caldera con el tubo de acero de manera que coincidan en los 2 orificios (Ver dibujo).
- 2.- Procedemos a soldar en ángulo exterior en el primer orificio de la tapa de la caldera sobre la plancha de 350 mm x 225mm (ver dibujo).
- 3.- Luego realizamos la soldadura en ángulo interno siguiendo los mismos procedimientos anteriores en el 2 orificio de la tapa de caldera sobre la plancha de 435 mm x 315 mm (ver dibujo ).



Soldadura a ángulo exterior del tubo de acero y tapa del caldero para la chimenea

Operación 3.1: Doblado de 2 planchas a 90 grados

Soldadura en ángulo exterior para construir la cámara de agua, para el control de nivel.



Soldaduras varias para unir la cámara de agua, para el control de nivel de Agua.

Material: Platina de Acero  
Electrodo Rutilico.

Herramientas: Equipo de soldar por arco. Cepillo de alambre de Acero  
Careta o pantalla Regla Graduada  
Guantes Escuadra  
Piqueta Martillo  
Torno Cortafríos  
Punta de Trazar

Se emplean los siguientes electrodos  
E7018 de 1/8 A 100 - 140 A.

Dimensiones: 1 plancha de 320 mm de longitud.  
Hacer 2 líneas con la punta de trazar a 9 mm de los extremos.

Operación 1.- Repetir el procedimiento a ángulo recto.

Operación 3.2.- Soldadura en ángulo y a tope para construir la cámara de agua

Dimensiones.- 1 Plancha de 135mm de longitud y 8,5 mm de Ancho y 5mm espesor.  
1 Plancha de 132mm de longitud y 8.2 mm de ancho y 3mm espesor.  
1 Platina de 132 mm de longitud y 25 mm de ancho y 3mm espesor.

Operación 2.1.- Con la ayuda de estas 2 planchas las usaremos de tapas en los 2 costados abiertos de las planchas dobladas a 90 grados en C.

Operación 2.2.- Para ello colocamos los extremos unidos de las planchas (ver dibujo),  
Para soldar a ángulo exterior y a tope horizontal y vertical.

Operación 2-3.- Unimos las dos planchas por medio de 2 puntos de suelda.

Electrodo E 7018

Amperaje 100 – 140 A.

Y continuamos con los procedimientos anteriores.

Operación 2.4.- Nuestro siguiente paso, ahora será soldar la platina a un extremo de la cámara tal como se ve en la figura. Y realizamos un corte circunferencial de 6.2mm.

Operación 3.3.- Soldaduras varias para unir el medidor de agua y el caldero

Dimensiones: 2 platinas de 22,5 cm de longitud, 2.5 mm de ancho.

2 platinas de 18,5 cm de longitud, 2.5 mm de ancho.

2 platinas de 2.5cm de longitud 2 cm de a

1 “ “ 2 2.5

1 2 2

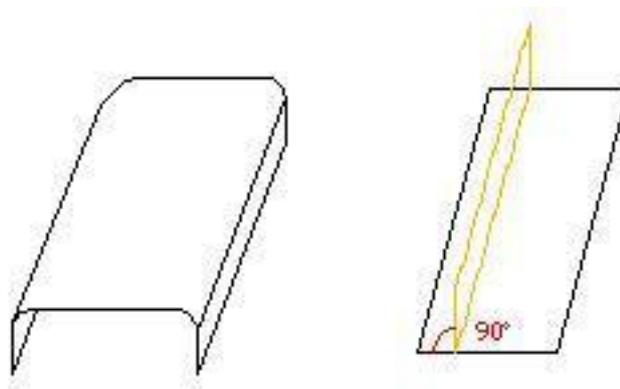
Operación.- Antes de soldar la cámara de agua al caldero realizamos 2 corte circunferenciales de más o menos 20 mm de diámetro al caldero tal como lo muestra la figura arriba y debajo de los extremos de la cámara de agua y procedemos a soldar en ángulo exterior por los contornos tal como lo muestra la figura, a 2mm del extremo superior frontal del cuerpo de la caldera y a 2mm después del extremo.

Operación.- Nuestra siguiente operación será soldar a ángulo y a tope las 2 platinas de 225 mm, que más adelante nos servirán para cubrir el caldero con el remachado y la chapa galvanizada.

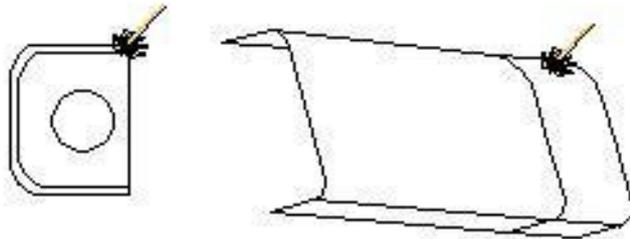
Operación.- Soldadura a tope y ángulo exterior entre las s platina de 185mm el marco del caldero y la cámara de agua.

Operación.- Soldadura a tope y ángulo de las platinas de 25mm de longitud.

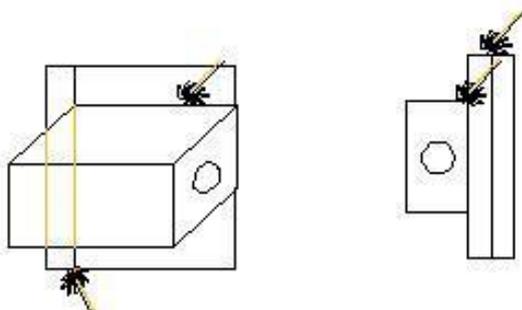
Operación.- Soldadura en ángulo y a tope de las platinas de 20X 25 mm 20 X 20m m



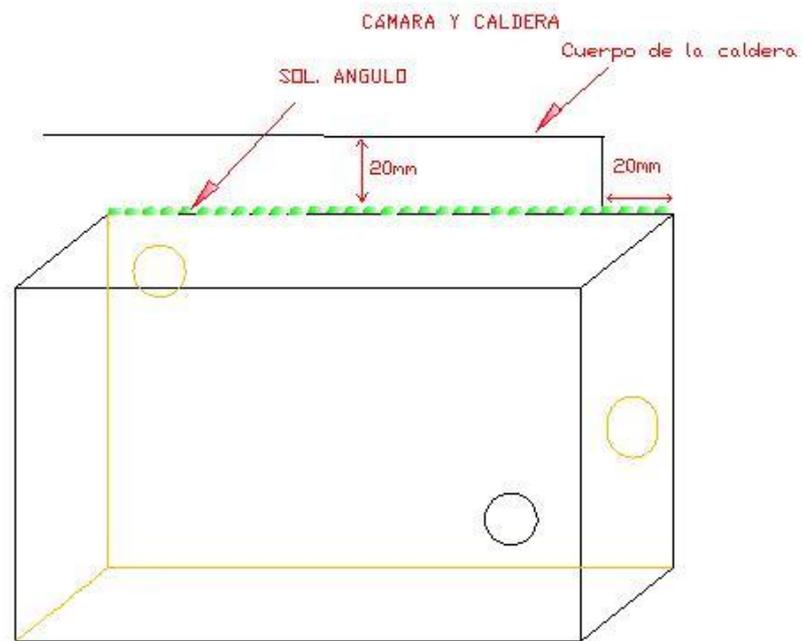
Soldado en ángulo (cámara de agua)



Soldado a tope (cámara de agua)



Soldaduras varias



Corte circunferencial para las entradas de agua

Operación 4.1.- Soldadura en T para el mango del caldero

Material: Platina de Acero

Electrodo básico de baja aleación

Dimensiones: 2 platinas de 5mm de espesor, 90 m de longitud, 17mm ancho.

Acero. Diámetro 20mm. Longitud 90 mm.

Herramientas: Equipo de soldar por arco Regla graduada

Careta o pantalla Escuadra

Guantes Martillo

Piqueta Cortafríos

Cepillo de alambre de acero

Se emplean los siguientes electrodos

E 70 18 de 1/8 A 100– 140

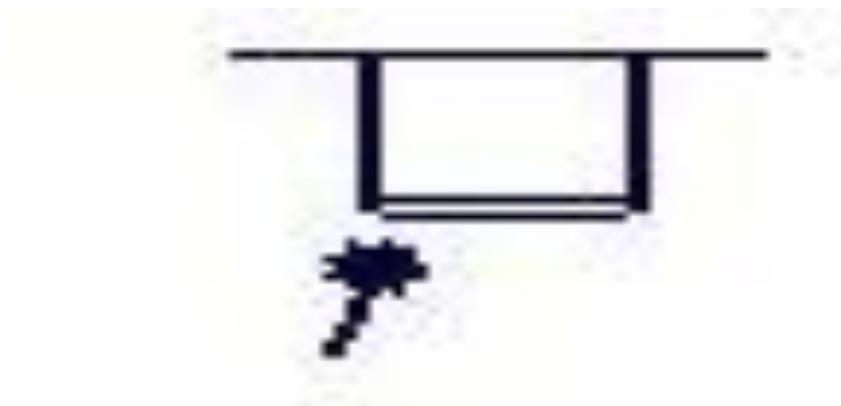
- Operación:
- 1.- Colocar las platinas tal como se muestra Angulo  $a = 90$  grados lo realizamos con ayuda de la escuadra (ver dibujo).
  - 2.- Soldar la costura con un electrodo E 7018  
Posición del electrodo 70 a 80 grados en la dirección de la soldadura
  - 3.- Soldar una costura similar en el otro lado de la plancha.  
Quitar las escorias y salpicaduras. Limpiar con un cepillo de alambre.
  - 4.- Colocar el tubo entre las platinas y soldamos a ángulo exterior, no sin antes con la ayuda del torno, disminuir en el extremo final el diámetro del tubo a 10mm, para una mejor estética y operación de la soldadura



Platinas a 90°



Soldaduras en T



Soldadura en ángulo exterior

Operación 5.1.- Soldadura a Angulo Exterior, para Soporte ( Ruedas) de la Caldera.

Materiales: Platina de Acero

Electrodo básico de baja aleación

Dimensiones: Equipo de soldar por arco.

Cepillo de alambre de Acero

Careta o pantalla

Regla Graduada



Guantes

Escuadra

Piqueta

Martillo

Torno

Cortafíos

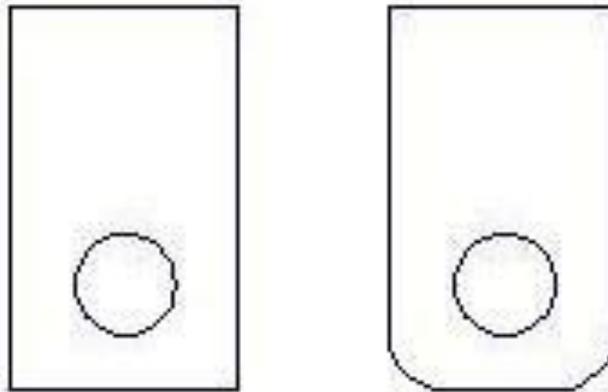
Punta de Trazar

Se emplean los siguientes electrodos

E7018 de 1/8 A 100 - 140 A.

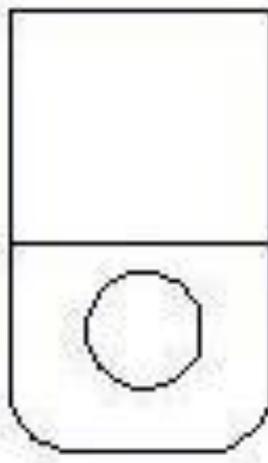
Operación:

- 1.- En el extremo final de la platina a mm, utilizando la broca realizamos una circunferencia de mm de diámetro.
- 2.- En uno de los extremos de la platina a 5mm con la ayuda del torno bordeamos la platina en forma circunferencial como se muestra la figura.
- 3.- A 45mm de longitud del extremo final, trazamos una línea y colocamos a la platina en la parte interna inferior del hogar de la caldera, en la línea de trazado con el contorno del hogar.
- 4.- Ahora procedemos a soldar a ángulo exterior. El mismo procedimiento lo repetimos con las demás platinas en el resto del lado del hogar.
- 5.- Para las ruedas del caldero hemos adquirido llantas de goma que se ajustan al soporte y que se distribuyen en el mercado local.

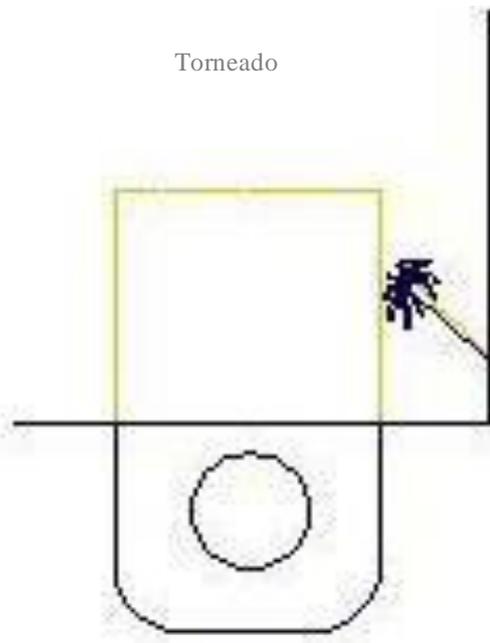


Circunferencia

Torneado



Trazado a 45mm



Soldadura a ángulo exterior en el interior del hogar con el soporte de las ruedas

Operación 6.1 Cortado y remache de una plancha galvanizada para el recubrimiento de la caldera.

Materiales. Plancha galvanizada de excelentes cualidades para evitar la corrosión. Además es económica y decorativa, no necesita pintura.

1.- Chapa galvanizada 0,8 mm de espesor  
410 mm x 450 mm

2.- Remaches de cabeza redonda. Diámetro = 2mm

Herramientas: Regla graduada Mazo de madera o plástico  
Punta de trazar Martillo de remachar  
Lápiz Broca de 2,5 mm  
Escuadra Herramientas de remachado.  
Cizalla de mano Usar siempre gafas

Operación 6.1.- Empezaremos el trabajo trazado y cortando la chapa galvanizada de 0,8m.

$X = 410 \text{ mm}$

$Xx = 450 \text{ mm}$

Quitar las rebanadas con la lima.

6.2.- Doblar en ángulo recto un extremo de la plancha, para ello con la ayuda de un lápiz trazaremos, una línea a 240 mm del extremo atravesando la plancha y se formaran 2 cuadros, el otro tendrá 210mm de longitud, para posteriormente doblarlo.

6.3.- Realizamos un corte el primero en la parte superior del cuadro de 240 mm a 55mm del extremo superior derecho: Dimensiones 17 mm x 15 mm, como se muestra la figura.

6.4.- El segundo corte en el centro de la plancha a 120 mm del extremo inferior dimensiones 15 mm x 20 mm.

6.5.- Remachado en la plancha de Acero.

Marcamos los agujeros para los remaches (3) en la parte inferior.

Puntear ligeramente con el granete estos 3 puntos.

Taladrar los 3 agujeros, para taladrar, colocar la chapa galvanizada sobre

Una pieza de madera.

Cortar la plancha de acero por la línea del centro. Ver figura, quitar las rebanadas, incluidas los de los agujeros.

Introducir el remache en el agujero del centro. Utilizar una contraestampa de remachar.

Apretar las chapas una contra otra utilizando la herramienta cazaremaches

En la figura se muestra una herramienta combinada para ser usada como cazaremaches y como buterola.

Remachar la cabeza utilizando la buterola.

Comprobar que la plancha y la chapa galvanizada estén alineadas, usando una regla de apoyo o una regla biselada.

Taladrar los agujeros de los lados, traspasando ambas chapas.

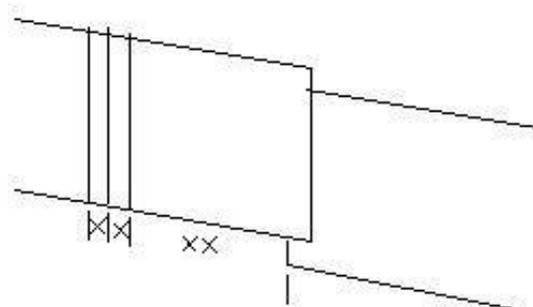
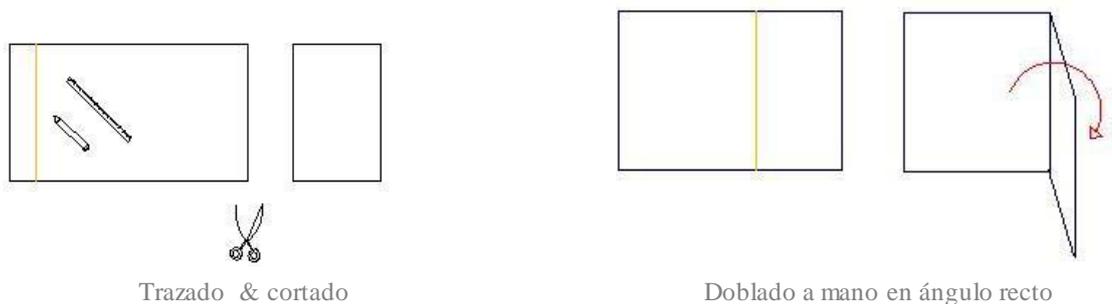
Acabar de efectuar la unión remachada.

#### 6.6.-Remache entre planchas galvanizadas

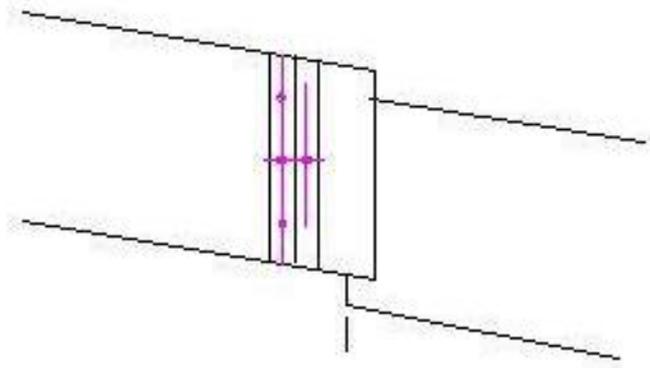
Marcar los agujeros para los remaches (cinco total)

Seguimos el mismo procedimiento, pero con la diferencia como lo muestra la figura de los ejercicios con la chapa galvanizada debajo de la otra para efectuar la unión.

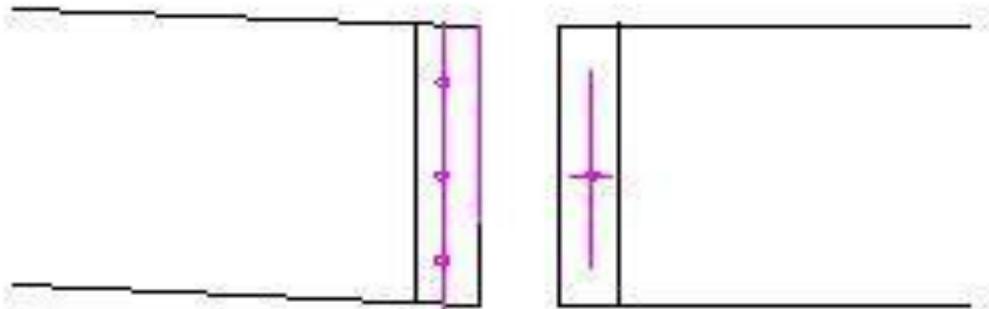
6.7.- El resto de remaches y dimensiones aparecen en el plano industrial y efectuamos las mismas operaciones con los demás planchas en los distintos lados del caldero.



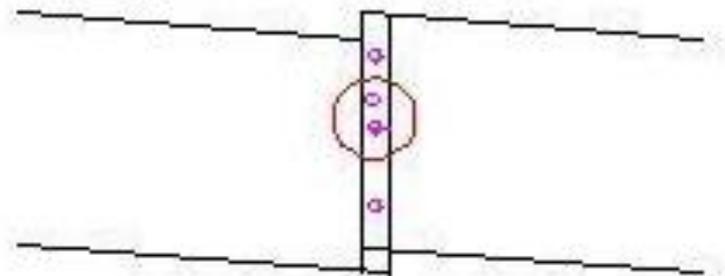
Marcamos los agujeros (Dimensiones para el Remachado)



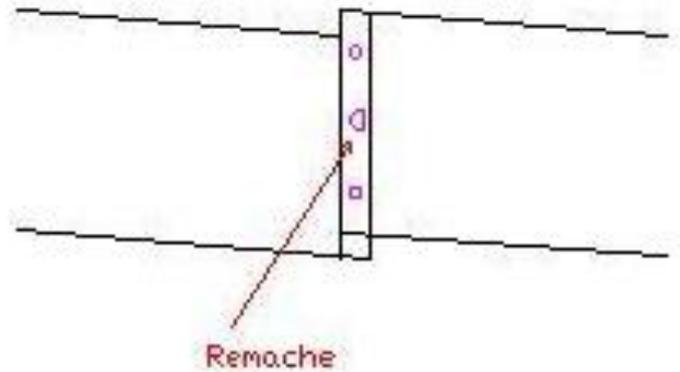
Puntear ligeramente el granete



Cortar la Chapa (centro)



Introducir Remache



Remachado utilizando equipo

### Accesorios

Dentro de los distintos accesorios que utilizamos en nuestro proyecto están las uniones disponibles en el mercado ( ferreterías populares, etc. ) nosotros hemos utilizado unión NPT 1/2 , a los cuales los hemos cortado en la mitad y soldado a ángulo exterior.

A estas están instaladas unas llaves de mantenimiento para poder cambiar el empaque y a estos el visor que nos muestra el nivel de agua, hecho con un material resistente a presión y temperaturas altas conocidas como Pírex.

Para el desfogue del agua que nos servirá para controlar así como comprobar si contamos con agua en el caldero utilizamos una llave de esfera o globo de ¼ el desfogue. PN 25 PB 10 o close/open.

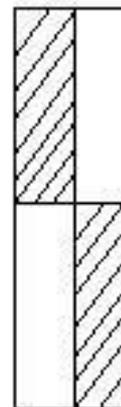
Para la salida del vapor utilizamos accesorios que se utilizan en el traslado del agua, construimos una flauta que consiste en tubos de agua cerrados a los lados y con pequeños orificios para la salida del vapor, instaladas con la ayuda de accesorios como t, uniones soldadas a ángulo exterior, reductor de caudal y demás accesorios de tubería, un manómetro. (10 – 60 ) PSI.

## Difusores

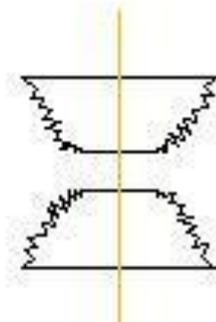
Fabricados de plancha galvanizada, y están colocados dentro de los tubos de fuego, diseñados y construidos en forma espiral y como su nombre lo indica tienen la función de expandir y difundir el fuego por todos los contornos de los tubos de fuego para el mejor aprovechamiento de energía (calor).



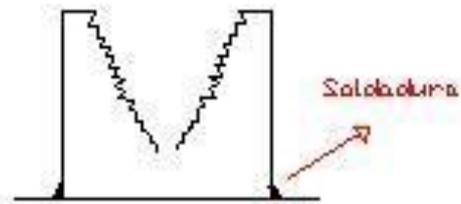
DIFUSORES



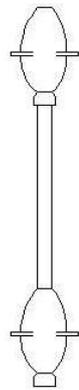
DIFUSORES



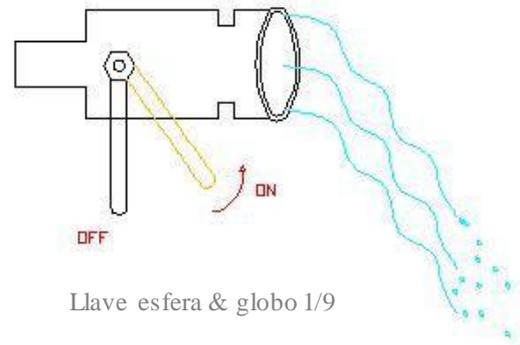
Unión NPT 1/2



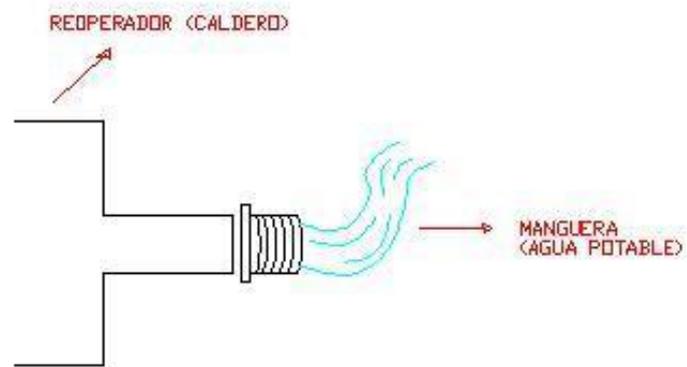
Soldado a ángulo exterior uninones

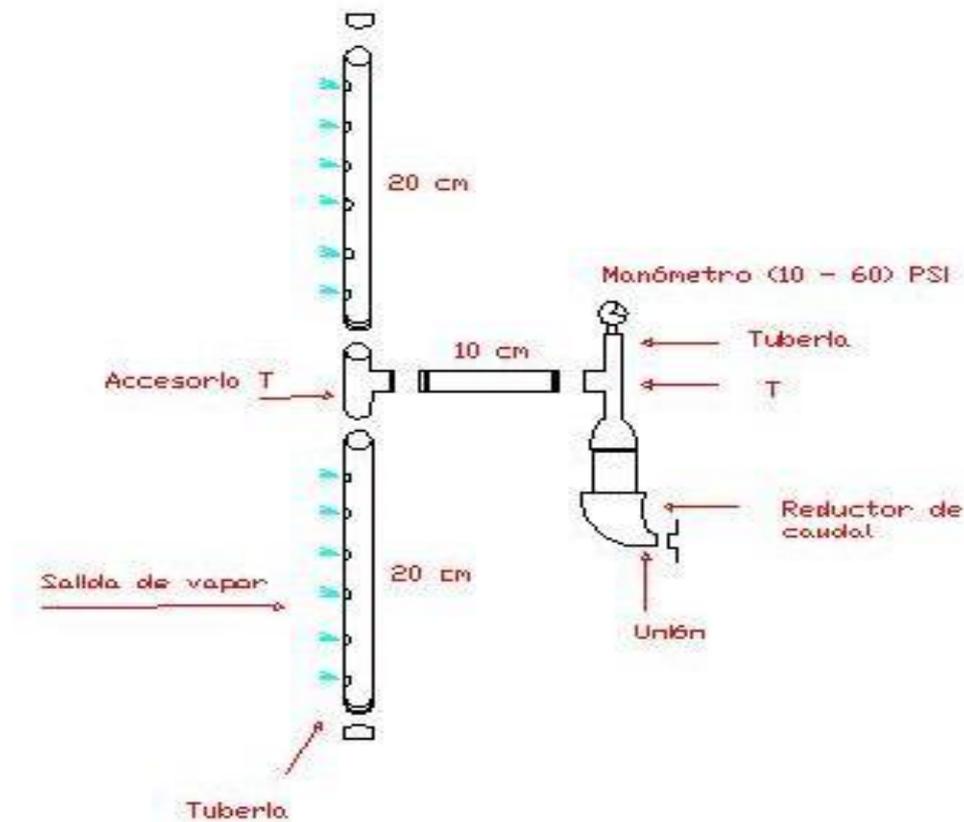


Visor



Llave esfera & globo 1/9





Salida de vapor

### Accesorios en el Recuperador

El recuperador de agua está diseñado y construido para aprovechar el calor de la chimenea para precalentar el agua, para evitar choques térmicos por ingreso de agua fría y además contribuimos por supuesto a ahorro de combustible.

Para la entrada del agua al recuperador utilizamos un acople  $\frac{1}{4}$  que consiste en una cañería  $\frac{5}{16}$  y NPT  $\frac{1}{4}$ , este dispositivo de 30cm de longitud facilita la distribución del agua dentro del recuperado.

### Funcionamiento y selección de la cámara de agua (tipo Mc Donal )

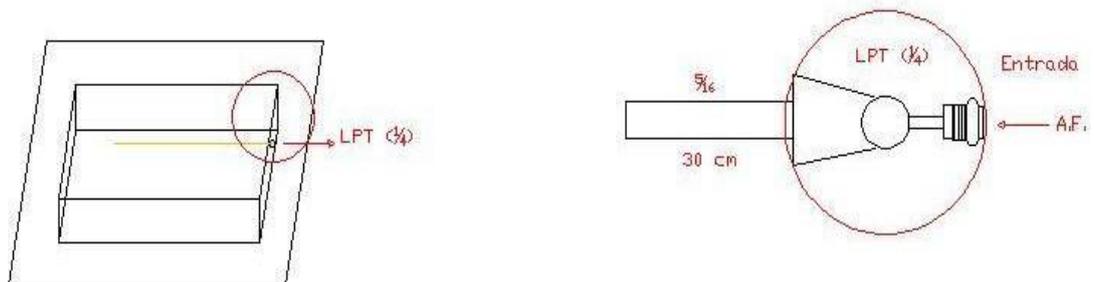
Hemos partido de un control de nivel conocido como Mac Donal como nos muestra la figura. La característica de nuestro proyecto lo observamos en la figura continua.

En este encontramos que la cámara de agua esta soldada directamente a la caldera con 2 orificios el primero en la parte inferior de un extremo de la cámara y el segundo en la parte superior del otro extremo, esto con el objetivo de evitar la turbulencia en el proceso de transmisión de agua.

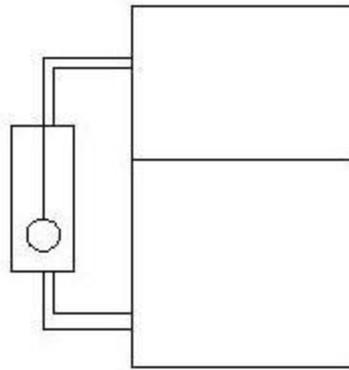
El recuperador que transmite agua caliente a la caldera está unido a la cámara por medio de una tubería de aluminio pequeña, diseñada y construida por los autores y un empaque de caucho en el cual encontramos una boya y el dispositivo igual al que se utiliza en los tanques sanitarios.

#### Diagrama del control de nivel

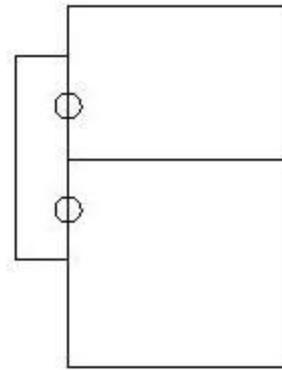
Esta se conecta en serie con el switch de encendido y apagado, cuando el nivel de agua desciende según lo programado se desconecta (NA) y se apaga el quemador.



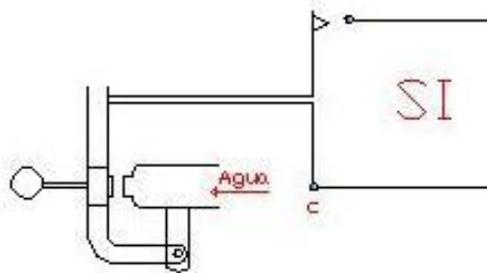
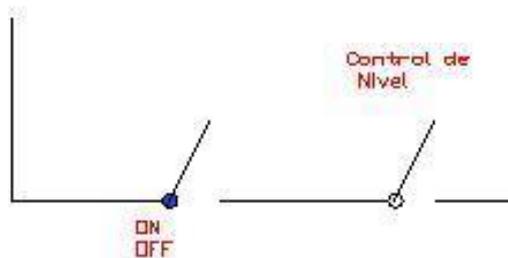
Acople 1/4



Cámara de agua (Tipo Mc Donald)



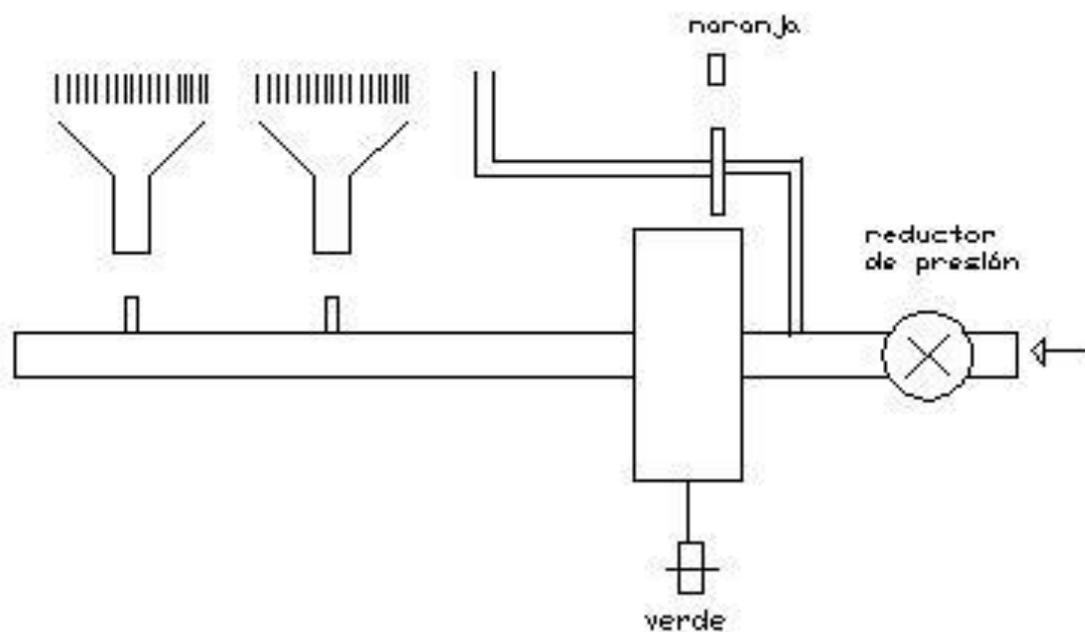
(Ver en Diagrama Encendido Quemador)

**EN SERIE****SELECCION Y DIAGRAMA DEL QUEMADOR**

Por conveniencia, hemos seleccionado dos quemadores tipo calefón que se los encuentra disponibles en el mercado y luego de soldarlos mediante codos e uniones se los adapto al caldero.

Su selección se debe por su independencia son autónomos, no necesitan ser de alimentación externa, cuentan con todas las normas de seguridad y su capacidad es de 42000 BTU.

Para el quemador hemos utilizado planchas galvanizadas, unidas al hogar y quemador, instaladas por medio de pernos, para sostener y dar el funcionamiento adecuado al quemador.

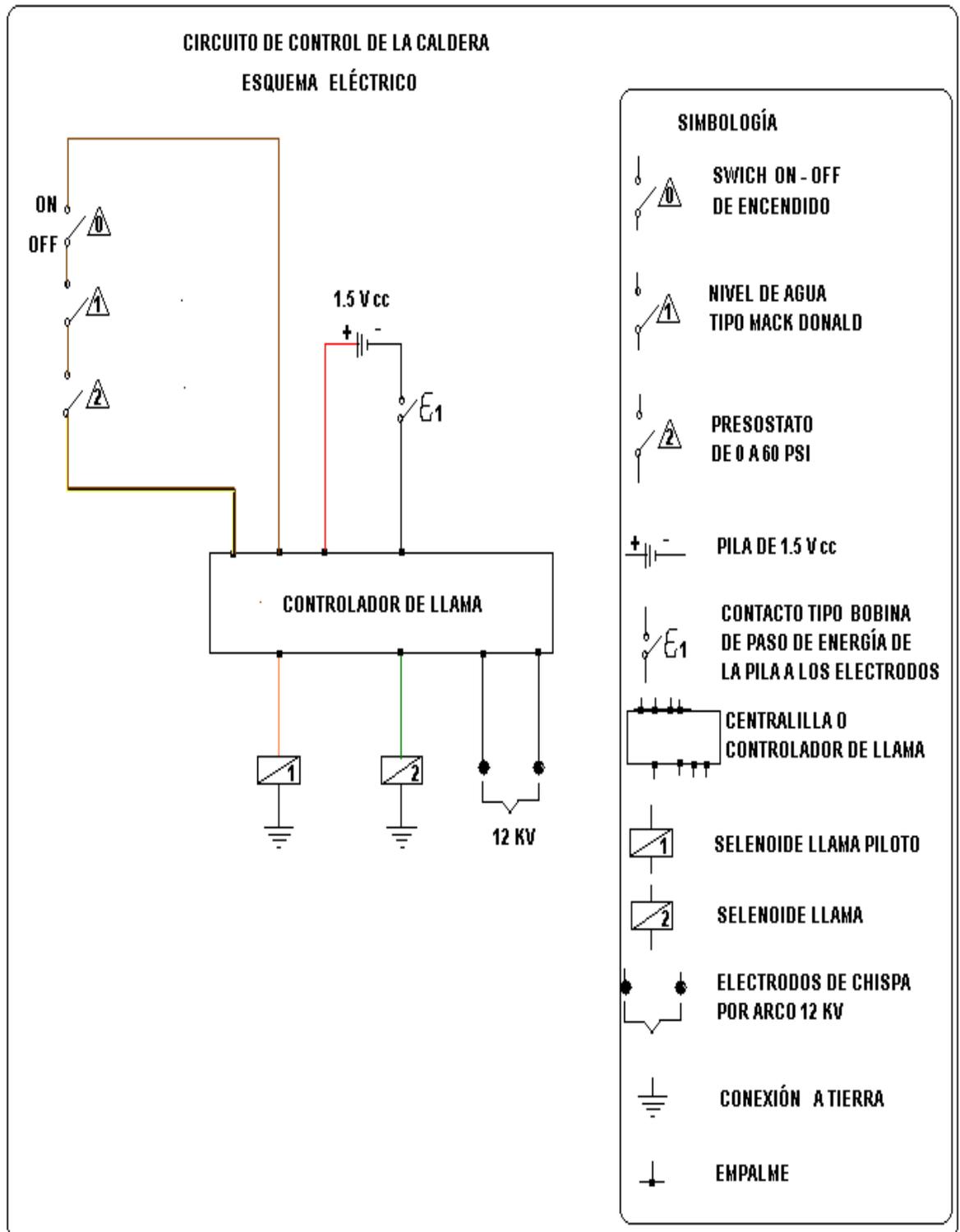


## DIAGRAMA DEL ENCENDIDO

Al cerrarse el Sn (agua), queda habilitado el paso eléctrico de seguridad, cuando se cierra el S1 que se el mando general, comienza el mando de encendido.

Primero se genera la chispa en el electrodo de encendido y simultáneamente se acciona el piloto (válvula selenoide) o electro válvula que abra el paso de gas al quemador piloto una vez que hay presencia de llama el sensor detecta la presencia de llama y acciona la Selenoide principal del quemador, el cual se enciende. Si esta llama permanece, después de unos segundos se interrumpe la chispa y el quemador principal queda funcionando permanentemente. De lo contrario se reinicia nuevamente la secuencia de encendido.

**DIAGRAMA:**



## RESULTADOS

### CAPITULO III

#### Resultados de la investigación

##### 3.1.- CUADRO DE EXPERIMENTACION

Introducción.-

En este Capítulo se realizara y verificara el resultado del proyecto de tesis. Diseño y Construcción de un sistema de vapor para baño turco y para baño sauna en la Universidad Nacional de Loja. En donde esperamos seguramente los cálculos de la investigación se relacionan con esta experimentación.

Para ello proponemos un cuadro de experimentación que se compone:

- Tabla de datos
- Resultados

Dentro de la tabla de datos encontramos:

- Día de la investigación
- Hora
- Temperatura
- Procedimiento
- Observaciones

Dentro de los resultados

- Capacidad k kilogramos/ min
- Capacidad de gas GPI
- Relación Matemática
- Conclusión

### 3.1.1 TABLA DE DATOS

Procedimiento:

DIA	HORA	TEMPERATURA °C	kg/min.
<b>Lunes, 9 de junio de 2008</b>	11:30	24°C	2,5
	11:35		2,25
	11:40		2,1
	11:45		2
	11:50		2,3
<b>25 min</b>			n total= <b>11,15</b>

Para empezar a realizar los resultados de la investigación vamos a necesitar de instrumentos adecuados, que establezcan los parámetros necesitados:

El caudal másico del combustible lo vamos a determinar gracias a un contador electrónico digital llamado GPI (Great Plains Industries Inc) de utilización manual proporcionada por una empresa local de gas en la ciudad como es LOJAGAS.

El caudal másico de vapor producido lo hemos determinado por un sistema de medidor de caudal de flujo sencillo, elaborado por los investigadores que consiste en una bomba de agua con la tubería adecuada a un recipiente graduado.

- 1.- Antes de poner en marcha los equipos revisamos que ningún instrumento este mal instalado o mal ajustado o también que encontremos basura (escoria) en las tuberías.
- 2.- Ajustamos los instrumentos de medición GPI y bomba con un recipiente graduado y empezamos hacer funcionar nuestro caldero.
- 3.- Revisamos en el recipiente graduado el consumo de agua  $54 \text{ kg}/\text{min}$  durante los siguientes 5 min, durante 25 min y procedemos a registrar dicha lectura en la



tabla correspondiente. Así mismo revisamos el consumo Kg/min de vapor producido y procedemos a registrar dicha lectura en la tabla correspondiente.

**Observaciones.-** El medidor volumétrico nos detallo la cantidad exacta que iba consumiendo, pero pudimos notar una pequeña variación del rendimiento a mayor temperatura, menos consumo y cuando la temperatura desciende consume más y desciende en el medidor volumétrico la cantidad de agua.

También experimentamos a diferentes presiones cambiando las restricciones (orificio salida de vapor) a menor diámetro vapor más seco.

**Resultados.-**

Medidor de caudal de flujo = 11,15 kg/min

Contador de gas GPI = 0,65 kg/h

Haciendo una relación:

0,65Kg/min	25 min	11,15 kg/min	25 min
X	60 min	X	60 min

$X = 1,56 \text{ kg/h.}$

$X = 26,76 \text{ kg/h.}$

**Conclusión.-** Lo calculado, se correlaciona con lo experimentado aproximadamente

### TABLA DE DATOS

DIA	HORA	TEMPERATURA °C	kg/min.
Martes, 10 de junio de 2008	12:30	22°C	2,3
	12:35		2,2
	12:40		2,1
	12:45		2,2
	12:50		2
	<b>25 min</b>		<b>n total = 10,8</b>



### **Procedimiento:**

Para empezar a realizar los resultados de la investigación vamos a necesitar de instrumentos adecuados, que establezcan los parámetros necesitados:

El caudal másico del combustible lo vamos a determinar gracias a un contador electrónico

Digital llamado GPI ( Great Plains Industries Inc ) de utilización manual proporcionado por una empresa local de gas en la ciudad como es LOJAGAS.

El caudal másico de vapor producido lo hemos determinado por un sistema de medidor de caudal de flujo sencillo, elaborado por los investigadores que consiste en una bomba de agua con la tubería adecuada a un recipiente graduado.

- 1.- Antes de poner en marcha los equipos revisamos que ningún instrumento este mal instalado o mal ajustado o también que encontremos basura (escoria) en las tuberías.
- 2.- Ajustamos los instrumentos de medición GPI y bomba con un recipiente graduado y empezamos hacer funcionar nuestro caldero.
- 3.- Revisamos en el recipiente graduado el consumo de agua kilogramos/min durante los siguientes 5 min, durante 25 min y procedemos a registrar dicha lectura en la tabla correspondiente. Así mismo revisamos el consumo Kg/min de vapor producido y procedemos a registrar dicha lectura en la tabla correspondiente.

**Observaciones.-** El medidor volumétrico nos detallo la cantidad exacta que iba consumiendo, pero pudimos notar una pequeña variación del rendimiento a mayor temperatura, menos consumo y cuando la temperatura desciende consume más y desciende en el medidor volumétrico la cantidad de agua.

También experimentamos a diferentes presiones cambiando las restricciones (orificio salida de vapor) a menor diámetro vapor más seco.

**Resultados.-**

Medidor de caudal de flujo = 10,8 kg/min

Contador de gas GPI = 0,60 kg/min

Haciendo una relación:

0,60 Kg/min	25 min	10,8 kg/min	25 min
X	60 min	X	60 min

$$X = 1,44 \text{ kg/h.}$$

$$X = 25,92 \text{ kg/h}$$

**TABLA DE DATOS**

DIA	HORA	TEMPERATURA °C	kg/min.
<b>Miércoles, 11 de junio de 2008</b>	11:30	19°C	2,2
	11:35		2
	11:40		1,9
	11:45		1,8
	11:50		2,1
<b>25 min</b>			<b>n total= 10</b>

Conclusión.- Lo calculado, se correlaciona con lo experimentado aproximadamente

**Procedimiento:**

Para empezar a realizar los resultados de la investigación vamos a necesitar de instrumentos adecuados, que establezcan los parámetros necesitados:

El caudal másico del combustible lo vamos a determinar gracias a un contador electrónico digital llamado GPI (Great Plains Industries Inc) de utilización manual proporcionada por una empresa local de gas en la ciudad como es LOJAGAS.



El caudal másico de vapor producido lo hemos determinado por un sistema de medidor de caudal de flujo sencillo, elaborado por los investigadores que consiste en una bomba de agua con la tubería adecuada a un recipiente graduado.

- 1.- Antes de poner en marcha los equipos revisamos que ningún instrumento este mal instalado o mal ajustado o también que encontremos basura (escoria) en las tuberías.
- 2.- Ajustamos los instrumentos de medición GPI y bomba con un recipiente graduado y empezamos hacer funcionar nuestro caldero.
- 3.- Revisamos en el recipiente graduado el consumo de agua kilogramos/min durante los siguientes 5 min, durante 25 min y procedemos a registrar dicha lectura en la tabla correspondiente. Así mismo revisamos el consumo Kg/min de vapor producido y procedemos a registrar dicha lectura en la tabla correspondiente.

**Observaciones.-** El medidor volumétrico nos detallo la cantidad exacta que iba consumiendo, pero pudimos notar una pequeña variación del rendimiento a mayor temperatura, menos consumo y cuando la temperatura desciende consume más y desciende en el medidor volumétrico la cantidad de agua.

También experimentamos a diferentes presiones cambiando las restricciones (orificio salida de vapor) a menor diámetro vapor más seco

Resultados.-

Medidor de caudal de flujo = 10 lit/min

Contador de gas GPI = 0,57 kg/h

Haciendo una relación:

0,57 Kg/min	25 min	10 kg/min	25 min
X	60 min	X	60 min

X = 1,36 kg/h.

X = 24 kg/min

**Conclusión.-** Lo calculado, se correlaciona con lo experimentado aproximadamente



## TABLA DE DATOS

DIA	HORA	TEMPERATURA °C	kg/min.
Jueves, 12 de junio de 2008	9:00	21°C	2,2
	9:05		2,3
	9:10		2
	9:15		1,9
	9:20		2
	<b>25 min</b>		<b>n total = 10,4</b>

**Procedimiento:**

Para empezar a realizar los resultados de la investigación vamos a necesitar de instrumentos adecuados, que establezcan los parámetros necesitados:

El caudal másico del combustible lo vamos a determinar gracias a un contador electrónico

Digital llamado GPI (Great Plains Industries Inc) de utilización manual proporcionado por una empresa local de gas en la ciudad como es LOJAGAS.

El caudal másico de vapor producido lo hemos determinado por un sistema de medidor de caudal de flujo sencillo, elaborado por los investigadores que consiste en una bomba de agua con la tubería adecuada a un recipiente graduado.

- 1.- Antes de poner en marcha los equipos revisamos que ningún instrumento este mal instalado o mal ajustado o también que encontremos basura (escoria) en las tuberías.
- 2.- Ajustamos los instrumentos de medición GPI y bomba con un recipiente graduado y empezamos hacer funcionar nuestro caldero.
- 3.- Revisamos en el recipiente graduado el consumo de agua kilogramos/min durante los siguientes 5 min, durante 25 min y procedemos a registrar dicha lectura en la



tabla correspondiente. Así mismo revisamos el consumo Kg/min de vapor producido y procedemos a registrar dicha lectura en la tabla correspondiente.

**Observaciones.-** El medidor volumétrico nos detallo la cantidad exacta que iba consumiendo, pero pudimos notar una pequeña variación del rendimiento a mayor temperatura, menos consumo y cuando la temperatura desciende consume más y desciende en el medidor volumétrico la cantidad de agua.

También experimentamos a diferentes presiones cambiando las restricciones (orificio salida de vapor) a menor diámetro vapor más seco.

### Resultados.-

Medidor de caudal de flujo = 10,4 kg/min

Contador de gas GPI = 0,59 kg/min

Haciendo una relación:

0,59 Kg/min	25 min	10,4 kg/min	25 min
X	60 min	X	60 min

$$X = 1,41 \text{ kg/h.}$$

$$X = 24,96 \text{ kg/h}$$

**Conclusión.-** Lo calculado, se correlaciona con lo experimentado aproximadamente

**TABLA DE DATOS**

DIA	HORA	TEMPERATURA °C	kg/min.
Viernes, 13 de junio de 2008	18:30	21°C	2,2
	18:35		2,1
	18:40		2
	18:45		2,1
	18:50		2
	<b>25 min</b>		<b>n total = 10,4</b>

### Procedimiento:

Para empezar a realizar los resultados de la investigación vamos a necesitar de instrumentos adecuados, que establezcan los parámetros necesitados:

El caudal másico del combustible lo vamos a determinar gracias a un contador electrónico digital llamado GPI (Great Plains Industries Inc) de utilización manual proporcionado por una empresa local de gas en la ciudad como es LOJAGAS.

El caudal másico de vapor producido lo hemos determinado por un sistema de medidor de caudal de flujo sencillo, elaborado por los investigadores que consiste en una bomba de agua con la tubería adecuada a un recipiente graduado.

- 1.- Antes de poner en marcha los equipos revisamos que ningún instrumento este mal instalado o mal ajustado o también que encontremos basura (escoria) en las tuberías.
- 2.- Ajustamos los instrumentos de medición GPI y bomba con un recipiente graduado y empezamos hacer funcionar nuestro caldero.
- 3.- Revisamos en el recipiente graduado el consumo de agua kilogramos/min durante los siguientes 5 min, durante 25 min y procedemos a registrar dicha lectura en la tabla correspondiente. Así mismo revisamos el consumo Kg/min de vapor producido y procedemos a registrar dicha lectura en la tabla correspondiente.

**Observaciones.-** El medidor volumétrico nos detallo la cantidad exacta que iba consumiendo, pero pudimos notar una pequeña variación del rendimiento a mayor temperatura, menos consumo y cuando la temperatura desciende consume más y desciende en el medidor volumétrico la cantidad de agua.

También experimentamos a diferentes presiones cambiando las restricciones (orificio salida de vapor) a menor diámetro vapor más seco.

**Resultados.-**

Medidor de caudal de flujo = 10.4 kg/min

Contador de gas GPI = 0,59 kg/min

Haciendo una relación:

0,59 Kg/h	25 min	10,4 kg/min	25 min
X	60 min	X	60 min
X = 1,41 kg/h.		X = 24,96 kg/h	

Lo calculado, se correlaciona con lo experimentado aproximadamente

**3.2. CALCULO DE LA EFICENCIA DE LA CALDERA**

Este tipo de eficiencia significa la eficiencia térmica total o sea la eficiencia combustible a vapor, es decir en otras palabras la relación entre el calor aprovechado por el agua y vapor con respecto al calor suministrado por el combustible a la caldera por unidad de tiempo.

$$n = \frac{\text{calor.aprovechado}}{\text{calor.consumido}}$$
$$n = \frac{m.L(\text{vapor})}{m_{\text{gas}}.P(\text{gas})}$$

Donde :      mv = Caudal másico de vapor producido por hora

                 L = Calor latente del vapor

                 Mg = Caudal másico del combustible quemado por hora

                 P = Poder calorífico del combustible



Para determinar la eficiencia total de la caldera, hemos dispuesto de instrumentos adecuados, por lo tanto los parámetros mencionados serían establecidos como sigue:

El caudal másico de vapor producido por hora lo determinamos por un medidor de caudal (flujo).

El calor latente del vapor lo obtuvimos mediante las tablas que se encuentran en los libros de consulta.

El caudal másico del combustible lo determinamos a través de un contador de combustible.

El poder calorífico del combustible lo determinamos por la refinería que produce el combustible en nuestra ciudad LOJAGAS.

$$n = \frac{\text{calor.aprovechado}}{\text{calor.consumido}}$$
$$n = \frac{m.L(\text{vapor})}{m_{\text{gas}}.P(\text{gas})}$$

$$\text{Caloraprovechado} = 26.60 \text{ kg/h} * 540 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} = 14364 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} * \frac{1 \text{Btu}}{0.252 \text{Kcal}} = 57000 \text{Btu/h}$$

$$\text{Caloraprovechado} = 57000 \text{Btu/h}$$

$$\text{Calorconsumido} = m_{\text{gas}} * P_c$$

$$P_{c_{\text{gas}}} = 11840 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg}} * \frac{1 \text{Btu}}{0.252 \text{Kcal}} * \frac{\text{kg}}{2.2 \text{lib.}} = 21370 \text{Btu/lib}$$

$$\text{Calorconsumido} = 1.515 \frac{\text{kg}}{\text{h}} * \frac{2.2 \text{lib}}{1 \text{kg}} = 3.333 \text{lib/h} * 21370 = 71162 \text{Btu/h}$$

$$n = \frac{57000 \text{Btu/h}}{71162 \text{Btu/h}}$$

$$n = 0.8 * 100$$

$$n = 80\%$$

En general las calderas piro-tubulares son diseñadas para operar con una eficiencia del 80%.

### 3.3.- VALORACION ECONOMICA

Es uno de los factores que justifica la inversión realizada, el mismo que esta a cargo de los autores de la investigación, para ello hemos analizado los diferentes parámetros que se detallan a continuación.

#### PRESUPUESTO

▪ Materiales para construir el caldero	\$ 500,00
▪ Manómetro	\$ 30,00
▪ Termómetro	\$ 26,00
▪ Tanque de gas	\$ 84,00
▪ Presostato	\$ 200,00
▪ Accesorios	\$ 293,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1133,00</b>
▪ Materiales de escritorio	\$ 250,00
▪ Varios	\$ 400,00
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>\$ 2616,00</b>

### 3.4.- IMPACTO SOCIAL Y AMBIENTAL

Otros de los factores que justifica la realización de un proyecto, son los beneficios sociales y ambientales que éste trae consigo.

El sistema de vapor a gas para baño turco y para baño sauna incentiva al aprendizaje y la innovación del desarrollo tecnológico de nuestra carrera que servirá de motivación



para los futuros profesionales y docentes enriqueciendo de esta manera el círculo social de nuestra carrera.

Además no podemos subestimar los beneficios que este proyecto trae para la salud ya que desde la antigüedad los baños turcos y saunas se convirtieron en un hábito higiénico muy importante y su uso se extiende desde fuentes de aguas medicinales, complejos turísticos, elementos de prevención contra las enfermedades contagiosas, salud mental, etc. Donde se comparte con otras familias y se socializa con las personas en general.

La contaminación atmosférica resultante de las emanaciones de energías fósiles como el carbón y el petróleo entre otros elementos que sufre nuestro planeta hacen necesarios los estudios de impacto ambiental, e inclusive se han creados instituciones, fundaciones, carreras profesionales, etc. Relacionados con la ecología que es el tema actual del momento. Para ello los principales parámetros que se toman en cuenta generalmente son los siguientes:

- El Ruido
- El Suelo
- La Vegetación
- El aire

Este presente trabajo no presenta un estudio de impacto ambiental ya que hemos despreciado el efecto del ruido, el suelo y vegetación puesto que son totalmente nulos en nuestro proyecto, y mas bien nos hemos concentrado ahora en explicar el efecto que presenta en el aire, que justamente se relaciona con nuestro proyecto y comprende la combustión de las sustancias combustibles que se desprende en emisiones de óxido de nitrógeno (NOX) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) despedidos por la salida de humos o chimenea y que en nuestro presente trabajo son rangos relativamente bajos a las normativas sin efectos contaminantes en el medio ambiente.



## DISCUSION

- 1.- El Caldero piro tubular rectangular que es la parte importante del sistema de vapor de la manera diseñada y construida presenta una eficiencia aceptable ( 80 % ), ya que al realizar las pruebas de funcionamiento garantizamos sus resultados, así en la práctica y en función de sus capacidades lo calculado se correlaciona con lo experimental.
- 2.- El sistema de vapor a gas para Baño turco y para Baño Sauna, presenta novedades como la selección de tubería rectangular a diferencia de los calderos tradicionalmente fabricados con tubos cilíndricos, que a nuestra opinión nos ayudara al aprovechamiento de la energía que se produce dentro de los tubos rectangulares al contar con una reducida distancia en el interior de los tubos donde circula el calor evitando así los llamados puntos calientes.
- 3.-El presente proyecto (generador de vapor) con tubos rectangular presenta facilidades en la construcción del mismo y mas investigación en la parte relacionada al diseño, puesto que la bibliografía y los elementos de consulta que generalmente se encuentran disponibles están relacionados al diseño tubular cilíndrico.
- 4.-El Cálculo y la selección de los distintos materiales que conforma el sistema de vapor, hacen que este proyecto sea ejecutable puesto que sus elementos son existentes en nuestro medio y reúnen las normas y estándares que se necesitan para realizar el presente trabajo de investigación.
- 5.-De acuerdo a lo calculado el sistema de vapor para baño turco y para baño sauna es funcional al cuarto, y como punto final el diseño y construcción por sus características puede ser utilizable en distintos usos industriales ya que como se puede ver su capacidad de producción de vapor es muy aprovechable.



## CONCLUSIONES

- El diseño y la adecuada selección de los distintos elementos permitió la construcción del sistema de vapor para baño turco y para baño sauna en la UNL, con materiales existentes en nuestro medio pudiendo concluir que los resultados obtenidos son aceptables, ya que nos acercamos a los estándares de los fabricantes y además el diseño didáctico nos permite analizar las transformaciones de energía.
- De acuerdo a las pruebas de funcionamiento se determinó que la eficiencia del caldero construido es de un 80%.



## RECOMENDACIONES

- Se recomienda la inclusión de un tanque reservorio que nos permita tener un flujo constante de agua y por ende obtener el funcionamiento óptimo del sistema, además se puede incluir un presostato para que la presión de trabajo sea controlada más eficientemente.
- Realizar el mantenimiento de los tubos y la cámara de agua para que la eficiencia no se altere.

## BIBLIOGRAFIA

### LIBROS

- Books, Cleaver. Sistemas de Generación de Vapor. Wisconsin.
- “Calderos”. Universidad Tecnológica Metropolitana. Facultad de Ingeniería de Ejecución Industrial. Chile - Santiago
- Danwsky, Horst. Manual Práctico de Tecnología mecánica 2da Edición
- Dibujo Industrial. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Departamento de Ingeniería Mecánica. Guayaquil – Ecuador. 1981.
- (1) Harper, W. P ., and Brown, D.R., “ Mathematical Equations for Heat Conduction in the Fins of Air-Cooled Engines” NACA Report 158, (1992).
- (2) Kern, Donal Q., and Kraus, A.D., Extended Surface Heat Transfer, Mc ....Hill Book Company, New York (1972).
- Lawrence, Anthony. Manual de calderas. Volumen 1 y 2.
- MONTAÑO, Thuesman. “Contenidos de refrigeración y Aire Acondicionado”
- Practicas de Taller Mecánico 1 y 2. Métodos Gráficos de aprendizaje “FASE a FASE”.
- VARGAS, Zúñiga A. 2 1984. Guayaquil – Ecuador. “Calderas Industriales y Marinas”.

### CATALOGOS

- “Catálogo de Electrodo y Gases para Corte y Soldadura AGA”.

### SITIOS WEB

- www.Centro Web. La mayor información en línea sobre Baños y Termas.
- www.Dipacmanta.com ( Texto Digital ).
- Microsoft @ Encarta 2004. “Biblioteca de Consulta Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.



## ANEXOS

# ANEXOS

<b>GROSS RATINGS CAPACITY</b>											
SERIES		542									
		25 HP	245 KW	30 HP	294 KW	40 HP	392 KW	50 HP	490 KW	60 HP	588 KW
Approx. Boiler HP (KW)		25	245	30	294	40	392	50	490	60	588
Steam Lbs. per Hr. (KG/hr)		862	392	1035	470	1380	627	1725	784	2070	941
E.D.R. Sq. Ft. (Sq. Met.) Gross Steam		3485	323.8	4188	389.1	5583	518.7	6979	648.3	8375	778
Gross Water		5580	518.4	6700	622.4	8933	829.9	11167	1037.4	13400	1244.9
M.C.A. Net Load Rating Steam Sq.Ft.		2790	259.2	3348	311	4463	414.6	5579	518.3	6695	622
M.B.T.U. (1000 KCAL), Input per Hr.		1046	263.5	1255	316.2	1674	421.8	2092	527.1	2511	632.7
M.B.T.U. (1000 KCAL), Output per Hr.		837	210.9	1004	253.0	1339	337.4	1674	421.8	2008	506.0
Heating Surface Square Feet (Sq. Met.)	Water Side	136	12.63	163	15.14	218	20.25	274	25.45	328	30.47
	Fire Side	125	11.61	150	13.94	200	18.58	250	23.23	300	27.87
Min. Safety Valve Cap Lbs./Hr. (Kg/Hr.)	SPL, SPH	1000	454	1200	545	1600	727	2000	909	2400	1091
Min. Relief Valve Cap (MBH)	SPW	1000	454	1200	545	1600	727	2000	909	2400	1091
Dry Weight* Lbs. (KG)	SPL	2255	1025	2530	1150	3525	1602	4050	1841	N.A.	N.A.
	SPW										
	SPH	2400	1091	2755	1252	3935	1788	4640	2114	5350	2432
Wet Weight* Lbs. (KG)	SPL	3545	1611	4105	1866	5670	2577	6765	3075	N.A.	N.A.
	SPW	3870	1759	4380	1991	6045	2748	7240	3291	N.A.	N.A.
	SPH	3755	1707	4405	2002	6175	2807	7480	3400	8780	3991
Water Capacity Gallons – Liters	SPL	163	617	198	749	270	1022	342	1294	413	1563
	SPH										
	SPW	195	738	223	844	303	1147	385	1457	N.A.	N.A.

Steam ratings are from water at 212°F. to steam at 212°F. Standard pressures steam 15 PSI (SPL) and 150 PSI (SPH), Water 30 PSI (SPW)  
 Steam ratings are from water 100°C. to steam at 100°C. Standard pressures steam 1.06 Kg/cm<sup>2</sup> and 10.65 Kg/cm<sup>2</sup>, Water 2, 12 Kg/cm<sup>2</sup>  
 \*Weights for Standard Light Oil Units

SERIES		542										
		25 HP	245 KW	30 HP	294 KW	40 HP	392 KW	50 HP	490 KW	60 HP	588 KW	
Input 1000 BTU Gas CFH (CMH)		1048	29.68	1250	35.4	1675	47.44	2095	59.33	2520	71.37	
Input 150 MBTU, Hvy. Oil GPH (LPH)		—	—	—	—	11.0	42.63	14.0	52.99	16.0	60.56	
Input 140 MBTU, Lt. Oil GPH (LPH)		7.5	28.39	9.0	34.07	12.0	45.4	15.0	56.78	17.0	64.35	
Oil Pump	Lt. Oil	← Power Takeoff From Forced Draft Blower Motor										
Motor Size (HP)	Hvy. Oil	—	—	—	—	1/4	.186	1/4	.186	1/4	.186	
Oil Pump	Lt. Oil	20	75.7	20	75.7	20	75.7	20	75.7	55	208.2	
Capacity (GPH)	Hvy. Oil	—	—	—	—	100	378.5	100	378.5	100	378.5	
Forced Draft Blower Motor HP		1/3 / NA	.249 / NA	1/3 / NA	.249 / NA	1/1	.746/.746	1/1½	.746/1.12	2/1½	1.49/1.12	
Lt. Oil/Hvy Oil (KW)												
Forced Draft Blower (RPM)		3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	
Forced Draft Blower CFM (CMM)		315	8.92	315	8.92	450	12.74	500	14.16	600	16.99	
Compressor Motor Size (HP) (KW)	Hvy. Oil Only	—	—	—	—	1	.746	1	.746	1	.746	
St'd. Control Circuit Voltage		115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	
St'd. Blower Motor Characteristics		1/115/60	1/115/60	1/115/60	1/115/60	3/230/60	3/230/60	3/230/60	3/230/60	3/230/60	3/230/60	
St'd. Comp. Motor Characteristics		—	—	—	—	3/230/60	3/230/60	3/230/60	3/230/60	3/230/60	3/230/60	
St'd. Oil Pump Motor Characteristics (Lt. Oil)		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
St'd. Oil Pump Motor Characteristics (Hvy. Oil)		—	—	—	—	3/230/60	3/230/60	3/230/60	3/230/60	3/230/60	3/230/60	
Elec. Heater Size (KW)	# 6 Oil	SPW	—	—	—	—	3	3	3	3	N.A.	N.A.
		SPL & SPH	—	—	—	—	2	2	2	2	2	2
		SPH & SPL & SPW	—	—	—	—	1	1	2	2	2	2
Type Ignition	Lt. Oil	Elec.	Elec.	Elec.	Elec.	Elec.	Elec.	Elec.	Elec.	Elec.	Elec.	
	Other Fuels	Gas/ Elec.	Gas/ Elec.	Gas/ Elec.	Gas/ Elec.	Gas/ Elec.	Gas/ Elec.	Gas/ Elec.	Gas/ Elec.	Gas/ Elec.	Gas/ Elec.	

LBS – KG (kilograms)      M.B.T.U. – KCAL (kilocalories)      NA – Not Available  
 HP – KW (kilowatts)      CFH – CMH (cubic meters/hr)  
 LBS/hr – KG/hr      GPH – LPH (liters/hr)  
 Sq. Ft. – Sq. Met. (square meters)      CFM – CMM (cubic meters/min)  
 Cu. Ft. – Cu. Met. (cubic meters)      PSI – KG/2 (kilograms/cm<sup>2</sup>)

## CONVERSION DE UNIDADES

### AREA

$$1 \text{ pie}^2 = 0.0929 \text{ m}^2 = 9.29 \text{ dm}^2$$

$$1 \text{ plg}^2 = 6.452 \text{ cm}^2$$

### VOLUMEN

$$1 \text{ pie}^3 = 0.02832 \text{ m}^3 = 28.32 \text{ dm}^3$$

$$1 \text{ plg}^3 = 16.39 \text{ cm}^3$$

### PRESION

$$1 \text{ Atmosfera} = 29.92 \text{ plg. de mercurio a } 0^\circ\text{C}$$

$$" = 760 \text{ mm. de mercurio a } 0^\circ\text{C}$$

$$" = 1.033 \text{ Kg./cm}^2$$

$$" = 14.696 \text{ lbs./plg.}^2$$

$$1 \text{ Bar} = 1.02 \text{ Kg./cm}^2$$

$$" = 750.1 \text{ mm. de mercurio a } 0^\circ\text{C}$$

$$" = 14.514 \text{ lbs/plg.}^2$$

### ENERGIA CALORIFICA Y POTENCIA

$$1 \text{ BTU} = 0.2520 \text{ Kcal.} = 778.3 \text{ lbs.-pie}$$

$$" = 1076 \text{ Kg-m}$$

$$1 \text{ Kcal} = 3.968 \text{ BTU}$$

$$1 \text{ HP} = 550 \text{ pie} - \text{ lbf/seg.} = 76.042 \text{ Kg. m/seg.}$$

$$1 \text{ HP} = 2545 \text{ BTU/h} = 632 \text{ Kcal/h} = 0.746 \text{ Kw}$$

$$1 \text{ Kw} = 1.34 \text{ HP} = 1000 \text{ Joule/seg.}$$

$$1 \text{ Kw horas} = 3.413 \text{ BTU}$$

$$" = 860 \text{ Kcal}$$

$$" = 2.655 \times 10^6 \text{ pies lbs.}$$

$$1 \text{ Kw/litro} = 9.666 \times 10^4 \text{ BTU/plg}^3 \text{ hora}$$

$$1 \text{ lbs/HP hora} = 0.447 \text{ Kg/HP hora (métrico)}$$

$$1 \text{ Megawatt días} = 8.19 \times 10^7 \text{ BTU}$$

$$" = 3.21 \times 10^4 \text{ HP horas}$$

$$1 \text{ pie libra} = 0.1383 \text{ Kg} - \text{ m.}$$

$$" = 3.24 \times 10^{-4} \text{ Kcal.}$$

$$1 \text{ pie lbs/min.} = 3.07 \times 10^{-5} \text{ HP (métrico)}$$

1 C.C. = 9.809 kW  
 1 C.C. (Caballo Caldera) = 34.5 lbs de vapor por hora (desde y a 212 °F)  
 1 C.C. " = 33 472 BTU/hora  
 1 C.C. " = 139.5 pie<sup>2</sup> E.D.R. (Vapor)  
 1 pie<sup>2</sup> E.D.R. (Vapor) = 240 BTU/hora  
 1 pie<sup>2</sup> E.D.R. (Agua caliente) = 150 BTU/hora  
 1 lbs. Vapor (desde y a 212 °F) = 970 BTU/hora  
 1 Therm = 100.000 BTU/hora

DENSIDAD

1 lbs/pie<sup>3</sup> = 16.02 Kg/m<sup>3</sup>  
 1 pie<sup>3</sup>/lbs = 0.0624 m<sup>3</sup>/hora

CAPACIDAD VOLUMETRICA

1 galón imperial = 277.42 plg<sup>3</sup> = 4.546 lts.  
 1 barril = 42 galones U.S. = 34.9726 galones Imperiales  
 1 galón U.S. = 3.785 dm<sup>3</sup> = 3.785 litros

VELOCIDAD

1 pie/seg. = 0.3048 m/seg = 30.48 cm/seg.  
 1 pie/min = 0.508 m/seg

PESO

1 lbs. = 16 onzas = 0.454 Kg.  
 1 ton. métrica = 1000 Kg  
 1 ton. larga = 1016.18 Kg. = 2.240 lbs  
 1 ton. corta = 907.18 Kg. = 2000 lbs = 0.907.2 ton (met.)

VOLUMEN ESPECIFICO

1 pie<sup>3</sup>/lbs = 0.0624 m<sup>3</sup>/Kg.

CAUDAL MASICO

1 lbs./seg. = 0.4536 Kg/seg.  
 1 Kg/h. = 2.2 lb/h.

Conductibilidades térmicas de los materiales de construcción  
y de aislamiento (continuación)

$k = \text{BTU}/(\text{hora}) (\text{pie}^2) (^{\circ}\text{F}/\text{pie})$ ;  $k_1 = \text{kcal}/(\text{hora}) (\text{m}^2) (^{\circ}\text{C}/\text{m})$

Material	Densidad aparente, $\rho$ , a la temperatura ambiente		$t$		$k$	$k_1$
	lib./pie <sup>3</sup>	kg/dm <sup>3</sup>	<sup>o</sup> F	<sup>o</sup> C		
Tabla de pared:						
Tipo aislante .....	14,8	0,237	70	21	0,028	0,0415
Tabla de pasta endurecida ...	43	0,688	86	30	0,04	0,0597
Tierra diatomacea, en polvo ...	18	0,288	100	38	0,039	0,0582
	18	0,288	500	260	0,051	0,0762
	18	0,288	1000	538	0,063	0,102
Vidrio:						
Tipo borosilicato .....	139	2,224	...	...	0,63	0,942
De ventanas .....	...	...	...	...	0,3	0,45
					a 0,61	a 0,91
Sosa .....	...	...	...	...	0,3	0,45
					a 0,44	a 0,65
Vidrio « Aerogel », opaco .....	8,5	0,136	248	120	0,013	0,0194
			554	290	0,026	0,0387
Vidrio aislante:						
Placa reticular .....	9	0,144	75	24	0,035	0,0522
Lana de vidrio .....	3	0,048	100	38	0,0225	0,0331
	3	0,048	300	149	0,0342	0,0511
	5	0,144	100	38	0,0188	0,0280
	9	0,144	500	260	0,0375	0,0562
Viruta de aserradora.....	...	...	...	...	0,033	0,049
					a 0,05	a 0,075
Yeso:						
Mortero .....	...	...	...	...	0,27	0,404
Celular .....	8	0,128	...	...	0,029	0,0432
	30	0,480	...	...	0,083	0,124
En polvo .....	20-34	0,416	...	...	0,043	0,0645
		a 0,544			a 0,05	a 0,07

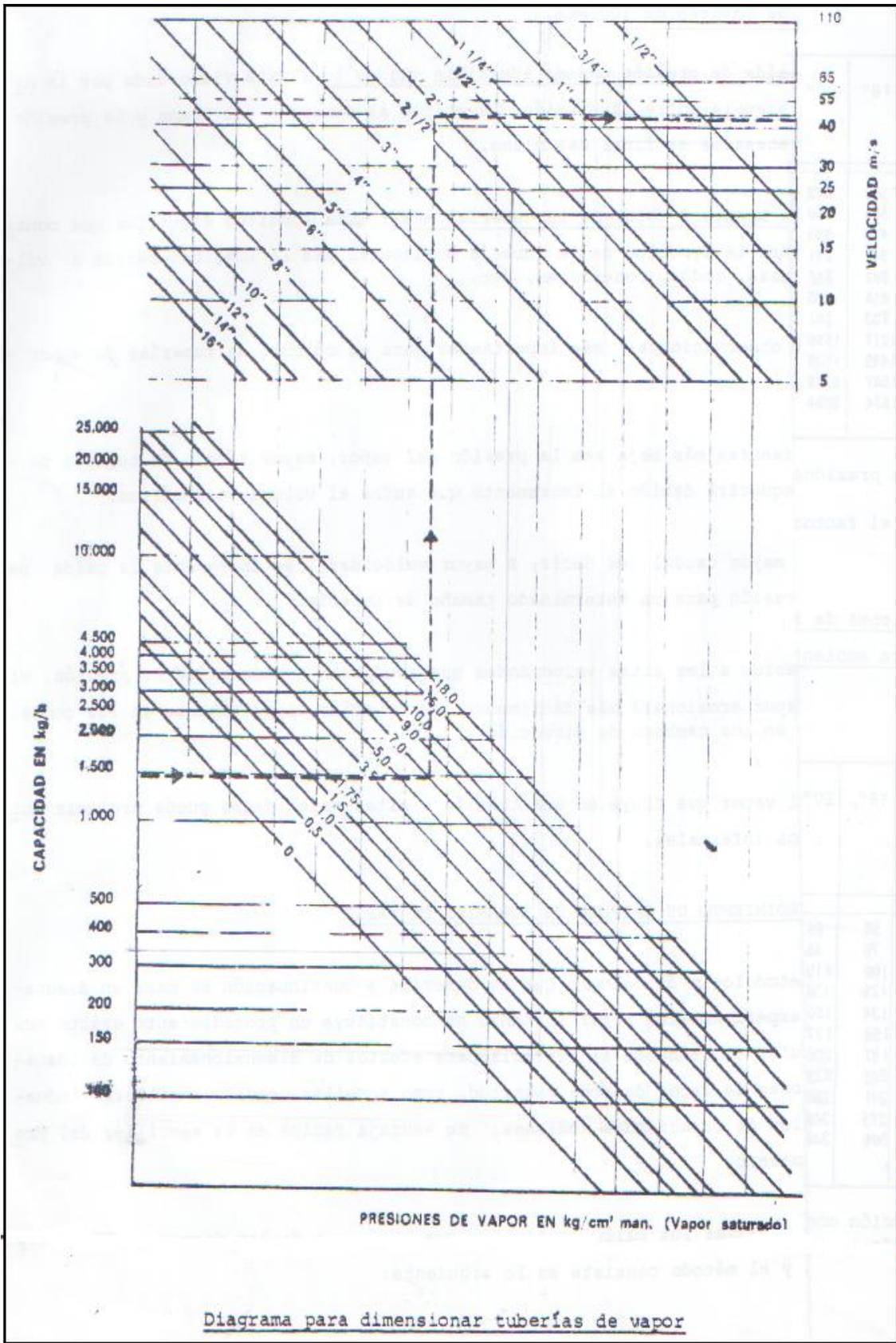


Diagrama para dimensionar tuberías de vapor

# Friction Loss for Water — Sched 40 Steel Pipe

U.S. Gallons per Minute	¼ in. (0.269" I.D.)			¾ in. (0.364" I.D.)			1 in. (0.493" I.D.)			1½ in. (0.622" I.D.)			U.S. Gallons per Minute	
	V (Ft./Sec.)	V <sup>2</sup> /2g	h <sub>f</sub> (Ft./100 Ft.)	V	V <sup>2</sup> /2g	h <sub>f</sub>	V	V <sup>2</sup> /2g	h <sub>f</sub>	V	V <sup>2</sup> /2g	h <sub>f</sub>		
0.2	1.13	0.020	2.72										0.2	
0.4	2.26	0.079	16.2	1.23	0.024	3.7							0.4	
0.6	3.39	0.176	33.8	1.85	0.053	7.6	1.01	0.016	1.74				0.6	
0.8	4.52	0.317	57.4	2.47	0.095	12.7	1.34	0.028	2.89				0.8	
1.0	5.65	0.495	87.0	3.09	0.148	19.1	1.68	0.044	4.30	1.06	0.017	1.86	1.0	
1.5	8.48	1.12	186	4.62	0.332	40.1	2.52	0.099	8.93	1.58	0.039	2.85	1.5	
2.0	11.3	1.98	324	6.17	0.591	69.0	3.36	0.176	15.0	2.11	0.069	4.78	2.0	
2.5				7.71	0.923	105	4.20	0.274	22.6	2.64	0.108	7.16	2.5	
3.0				9.25	1.33	148	5.04	0.395	31.8	3.17	0.156	10.0	3.0	
3.5				10.79	1.81	200	5.88	0.538	42.6	3.70	0.212	13.3	3.5	
4.0				12.33	2.36	259	6.72	0.702	54.9	4.22	0.277	17.1	4.0	
4.5				13.87	2.99	326	7.56	0.889	68.4	4.75	0.351	21.3	4.5	
5				15.42	3.69	398	8.40	1.10	83.5	5.28	0.433	25.8	5	
6														6
7							10.1	1.56	118	6.34	0.624	36.5	6	
8							11.8	2.15	158	7.39	0.849	48.7	7	
9							13.4	2.81	205	8.45	1.11	62.7	8	
10							15.1	3.56	259	9.50	1.40	78.3	9	
12							16.8	4.39	316	10.6	1.73	95.9	10	
14										12.7	2.49	136	12	
										14.8	3.40	183	14	

U.S. Gallons per Minute	¾ in. (0.824" I.D.)			1 in. (1.049" I.D.)			1½ in. (1.308" I.D.)			2 in. (1.610" I.D.)			U.S. Gallons per Minute
	V	V <sup>2</sup> /2g	h <sub>f</sub>	V	V <sup>2</sup> /2g	h <sub>f</sub>	V	V <sup>2</sup> /2g	h <sub>f</sub>	V	V <sup>2</sup> /2g	h <sub>f</sub>	
4	2.41	0.090	4.21	1.48	0.034	1.29							4
5	3.01	0.141	6.32	1.86	0.053	1.93							5
6	3.61	0.203	8.67	2.23	0.077	2.68	1.29	0.026	0.70				6
7	4.21	0.276	11.8	2.60	0.105	3.56	1.50	0.035	0.93				7
8	4.81	0.360	15.0	2.97	0.137	4.54	1.72	0.046	1.18	1.26	0.025	0.56	8
9	5.42	0.456	18.8	3.34	0.173	5.65	1.93	0.058	1.46	1.42	0.031	0.69	9
10	6.02	0.563	23.0	3.71	0.214	6.88	2.15	0.071	1.77	1.58	0.039	0.83	10
12	7.22	0.810	32.6	4.45	0.308	9.52	2.57	0.103	2.48	1.89	0.056	1.16	12
14	8.42	1.10	43.5	5.20	0.420	12.6	3.00	0.140	3.28	2.21	0.076	1.53	14
16	9.63	1.44	56.3	5.94	0.548	16.5	3.43	0.183	4.20	2.52	0.099	1.96	16
18	10.8	1.82	70.3	6.68	0.694	20.8	3.86	0.232	5.22	2.84	0.125	2.42	18
20	12.0	2.25	86.1	7.42	0.857	25.1	4.29	0.286	6.34	3.15	0.154	2.94	20
25	15.1	3.54	134	9.29	1.34	37.4	5.37	0.448	9.66	3.94	0.241	4.50	25
30	18.1	5.06	187	11.1	1.93	54.6	6.44	0.644	13.6	4.73	0.347	6.26	30
35				13.0	2.62	73.3	7.52	0.879	18.5	5.52	0.473	8.38	35
40				14.8	3.43	95.0	8.58	1.14	23.5	6.30	0.618	10.8	40
45				16.7	4.33	119	9.66	1.45	29.5	7.10	0.783	13.5	45
50				18.6	5.35	145	10.7	1.79	36.0	7.88	0.965	16.4	50
60				22.3	7.71	209	12.9	2.57	51.0	9.46	1.39	23.2	60
70				26.0	10.5	283	15.0	3.50	68.8	11.0	1.89	31.3	70
80							17.2	4.58	89.2	12.6	2.47	40.5	80
90							19.3	5.79	112	14.2	3.13	51.0	90
100							21.5	7.15	138	15.8	3.86	62.2	100
120							25.7	10.3	197	18.9	5.56	88.3	120
140										22.1	7.56	119	140

CAUDAL VOLUMETRICO

1 pie<sup>3</sup>/seg. = 0.02832 m<sup>3</sup>/seg. = 28.32 lts./seg.  
 1 galón U.S./min. = 3.7854 lts./min

FUERZA

1 Kgf o Kp = 9.807 Newtons (Kg. m/seg<sup>2</sup>)  
 1 lbf o = 4.448 Newtons (Kg. m/seg<sup>2</sup>)

Producción de vapor en Kg/CC-h (Kg por caballo caldera-hora)

Temperatura del agua de alimentación en °C (°F)	Producción de vapor en Kg/CC-h (Kg/Pv.h) AL NIVEL DEL MAR																		
	8.00 (16)	8.14 (15)	8.29 (16)	8.44 (15)	8.59 (16)	8.74 (16)	8.89 (16)	9.04 (16)	9.19 (16)	9.34 (16)	9.49 (16)	9.64 (16)	9.79 (16)	9.94 (16)	10.09 (16)	10.24 (16)	10.39 (16)	10.54 (16)	
1.11 (50)	13.15	13.15	13.06	13.07	13.91	13.88	13.84	13.79	13.75	13.70	13.66	13.64	13.61	13.58	13.54	13.51	13.48	13.44	13.41
4.41 (40)	13.29	13.25	13.20	13.15	13.11	13.07	13.03	12.99	12.94	12.90	12.86	12.83	12.79	12.75	12.71	12.67	12.64	12.60	12.57
10.0 (50)	13.43	13.38	13.32	13.27	13.23	13.19	13.14	13.10	13.06	13.02	12.97	12.93	12.89	12.85	12.81	12.77	12.73	12.69	12.65
15.5 (60)	13.57	13.51	13.44	13.38	13.34	13.29	13.24	13.20	13.16	13.12	13.07	13.03	12.99	12.95	12.91	12.87	12.83	12.79	12.75
21.1 (70)	13.69	13.61	13.54	13.47	13.41	13.36	13.31	13.26	13.22	13.17	13.13	13.09	13.05	13.01	12.97	12.93	12.89	12.85	12.81
26.4 (80)	13.79	13.70	13.61	13.54	13.47	13.41	13.36	13.31	13.26	13.22	13.17	13.13	13.09	13.05	13.01	12.97	12.93	12.89	12.85
32.2 (90)	13.88	13.78	13.70	13.61	13.54	13.47	13.41	13.36	13.31	13.26	13.22	13.17	13.13	13.09	13.05	13.01	12.97	12.93	12.89
37.8 (100)	14.01	13.91	13.81	13.71	13.64	13.57	13.51	13.46	13.41	13.36	13.32	13.27	13.23	13.19	13.15	13.11	13.07	13.03	12.99
43.2 (110)	14.15	14.03	13.92	13.82	13.74	13.67	13.61	13.56	13.51	13.46	13.42	13.37	13.33	13.29	13.25	13.21	13.17	13.13	13.09
48.9 (120)	14.29	14.16	14.04	13.94	13.85	13.77	13.70	13.64	13.59	13.54	13.49	13.45	13.41	13.37	13.33	13.29	13.25	13.21	13.17
54.4 (130)	14.42	14.28	14.15	14.04	13.95	13.87	13.80	13.74	13.69	13.64	13.59	13.55	13.51	13.47	13.43	13.39	13.35	13.31	13.27
60.6 (140)	14.56	14.41	14.27	14.15	14.05	13.97	13.90	13.84	13.79	13.74	13.69	13.65	13.61	13.57	13.53	13.49	13.45	13.41	13.37
67.0 (150)	14.70	14.54	14.39	14.26	14.15	14.07	14.00	13.94	13.89	13.84	13.79	13.75	13.71	13.67	13.63	13.59	13.55	13.51	13.47
73.7 (160)	14.83	14.66	14.50	14.37	14.25	14.16	14.09	14.03	13.98	13.93	13.88	13.84	13.80	13.76	13.72	13.68	13.64	13.60	13.56
80.7 (170)	14.97	14.79	14.61	14.47	14.34	14.24	14.17	14.11	14.06	14.01	13.96	13.92	13.88	13.84	13.80	13.76	13.72	13.68	13.64
88.2 (180)	15.10	14.91	14.71	14.57	14.43	14.33	14.26	14.20	14.15	14.10	14.05	14.01	13.97	13.93	13.89	13.85	13.81	13.77	13.73
95.5 (190)	15.23	15.03	14.82	14.67	14.52	14.41	14.34	14.28	14.23	14.18	14.13	14.09	14.05	14.01	13.97	13.93	13.89	13.85	13.81
103.0 (200)	15.37	15.15	14.93	14.77	14.61	14.49	14.41	14.35	14.30	14.25	14.20	14.16	14.12	14.08	14.04	14.00	13.96	13.92	13.88
108.8 (210)	15.50	15.27	15.04	14.87	14.70	14.57	14.48	14.42	14.37	14.32	14.27	14.23	14.19	14.15	14.11	14.07	14.03	14.00	13.96

## Factor de Evaporación

Temperatura del agua de alimentación		Presión Kg/cm. <sup>2</sup> Lbs/pulg. <sup>2</sup>														
		0.35	0.70	1.41	3.52	4.92	6.33	7.03	7.73	9.14	10.5	12.0	13.4	14.1	15.8	17.6
°C	°F	5	10	20	50	70	90	100	110	130	150	170	190	200	225	250
0.0	32	1.19	1.19	1.20	1.214	1.219	1.223	1.225	1.226	1.229	1.231	1.233	1.235	1.236	1.237	1.239
4.4	40	1.18	1.18	1.19	1.206	1.211	1.215	1.217	1.218	1.221	1.223	1.225	1.227	1.227	1.229	1.231
10.0	50	1.17	1.17	1.18	1.196	1.201	1.205	1.206	1.208	1.211	1.213	1.215	1.216	1.217	1.219	1.220
15.6	60	1.16	1.16	1.17	1.185	1.190	1.194	1.196	1.198	1.200	1.202	1.204	1.206	1.207	1.209	1.210
21.1	70	1.15	1.15	1.16	1.175	1.180	1.184	1.186	1.187	1.190	1.192	1.194	1.196	1.196	1.198	1.200
26.7	80	1.14	1.14	1.15	1.162	1.170	1.174	1.176	1.177	1.180	1.182	1.184	1.185	1.186	1.188	1.189
32.2	90	1.13	1.13	1.14	1.154	1.160	1.164	1.165	1.167	1.170	1.172	1.173	1.175	1.176	1.178	1.179
37.8	100	1.12	1.12	1.13	1.144	1.149	1.153	1.155	1.156	1.159	1.161	1.163	1.165	1.166	1.167	1.169
43	110	1.11	1.11	1.12	1.134	1.139	1.143	1.145	1.146	1.149	1.151	1.153	1.155	1.155	1.157	1.159
49	120	1.10	1.10	1.11	1.124	1.129	1.133	1.134	1.136	1.139	1.141	1.143	1.144	1.145	1.147	1.148
54	130	1.09	1.09	1.10	1.113	1.118	1.123	1.124	1.126	1.128	1.130	1.132	1.134	1.135	1.137	1.138
60	140	1.08	1.08	1.09	1.101	1.108	1.112	1.114	1.115	1.118	1.120	1.122	1.124	1.125	1.126	1.128
66	150	1.07	1.08	1.08	1.093	1.098	1.102	1.104	1.105	1.108	1.110	1.112	1.114	1.114	1.116	1.118
71	160	1.06	1.07	1.07	1.082	1.088	1.092	1.093	1.095	1.097	1.100	1.102	1.103	1.104	1.106	1.107
77	170	1.05	1.05	1.06	1.072	1.077	1.081	1.083	1.084	1.087	1.089	1.091	1.093	1.094	1.095	1.097
82	180	1.04	1.04	1.05	1.062	1.067	1.071	1.073	1.074	1.077	1.079	1.081	1.083	1.083	1.085	1.087
88	190	1.03	1.03	1.04	1.052	1.057	1.061	1.062	1.064	1.066	1.069	1.071	1.072	1.073	1.075	1.076
93	200	1.02	1.02	1.03	1.041	1.047	1.050	1.052	1.053	1.056	1.058	1.060	1.062	1.063	1.064	1.066
99	210	1.01	1.01	1.02	1.031	1.036	1.040	1.042	1.043	1.046	1.048	1.050	1.052	1.052	1.054	1.056

Equivalencias de Presiones

Bars	$\frac{\text{Kg}}{\text{Cm}^2}$	$\frac{\text{Lbs}}{\text{Pulg}^2}$	Atmósferas	Columnas de mercurio a la temperatura de 0°C y $\rho = 980.665 \text{ cm}$ por $\text{seg}^2$ .		Columnas de agua a la temperatura de 15°C, y $\rho = 980.665 \text{ cm}$ . por $\text{seg}^2$ .		
				Metros	Pulgadas	Metros	Pulgadas	Pies
1	1.0197	14.50	0.9869	0.7501	29.53	10.21	401.8	33.49
0.9807	1	14.22	0.9678	0.7356	28.96	10.01	394.1	32.84
0.06895	0.07031	1	0.06805	0.05171	2.036	0.7037	27.70	3.309
1.0133	1.0332	14.70	1	0.76	29.92	10.34	407.1	33.93
1.3332	1.3595	19.34	1.316	1	39.37	13.61	535.7	44.64
0.03386	0.03453	0.4912	0.03342	0.02540	1	0.3456	13.61	1.134
0.09798	0.09991	1.421	0.09670	0.07349	2.893	1	39.37	3.281
0.002489	0.002538	0.03609	0.002456	0.001867	0.07349	0.02540	1	0.08333
0.02986	0.03043	0.4331	0.02947	0.02240	0.8819	0.3048	12	1

Conversión de Presiones

Lbs. Pulg. <sup>2</sup>	Kg. Cm. <sup>2</sup>													
14.2	1	0.07	811	57	4.01	2350	165	11.6	6330	445	31.3	10310	725	51.0
28.4	2	0.14	825	58	4.08	2420	170	12.0	6400	450	31.6	10380	730	51.3
42.7	3	0.21	839	59	4.15	2490	175	12.3	6470	455	32.0	10450	735	51.7
56.9	4	0.28	853	60	4.22	2560	180	12.7	6540	460	32.3	10530	740	52.0
71.1	5	0.35	868	61	4.29	2630	185	13.0	6610	465	32.7	10600	745	52.4
85.3	6	0.42	882	62	4.36	2700	190	13.4	6680	470	33.0	10670	750	52.7
99.6	7	0.49	896	63	4.43	2770	195	13.7	6760	475	33.4	10740	755	53.1
114	8	0.56	910	64	4.50	2840	200	14.1	6830	480	33.7	10810	760	53.4
128	9	0.63	924	65	4.57	2920	205	14.4	6900	485	34.1	10880	765	53.8
142	10	0.70	939	66	4.64	2990	210	14.8	6970	490	34.5	10950	770	54.1
156	11	0.77	953	67	4.71	3060	215	15.1	7040	495	34.8	11020	775	54.5
171	12	0.84	967	68	4.78	3130	220	15.5	7110	500	35.2	11090	780	54.8
185	13	0.91	981	69	4.85	3200	225	15.8	7180	505	35.5	11170	785	55.2
199	14	0.98	996	70	4.92	3270	230	16.2	7250	510	35.9	11240	790	55.5
213	15	1.05	1010	71	4.99	3340	235	16.5	7320	515	36.2	11310	795	55.9
228	16	1.12	1020	72	5.06	3410	240	16.9	7400	520	36.6	11380	800	56.2
242	17	1.20	1040	73	5.13	3480	245	17.2	7470	525	36.9	11450	805	56.6
256	18	1.27	1050	74	5.20	3560	250	17.6	7540	530	37.3	11520	810	57.0
270	19	1.34	1070	75	5.27	3630	255	17.9	7610	535	37.6	11590	815	57.3
284	20	1.41	1080	76	5.34	3700	260	18.3	7680	540	38.0	11660	820	57.7
299	21	1.48	1100	77	5.41	3770	265	18.6	7750	545	38.3	11730	825	58.0
313	22	1.55	1110	78	5.48	3840	270	19.0	7820	550	38.7	11810	830	58.4
327	23	1.62	1120	79	5.55	3910	275	19.3	7890	555	39.0	11880	835	58.7
341	24	1.69	1140	80	5.62	3980	280	19.7	7960	560	39.4	11950	840	59.1
356	25	1.76	1150	81	5.70	4050	285	20.0	8040	565	39.7	12020	845	59.4
370	26	1.83	1170	82	5.77	4120	290	20.4	8110	570	40.1	12090	850	59.8
384	27	1.90	1180	83	5.84	4200	295	20.7	8180	575	40.4	12160	855	60.1
398	28	1.97	1190	84	5.91	4270	300	21.1	8250	580	40.8	12230	860	60.5
412	29	2.04	1210	85	5.98	4340	305	21.4	8320	585	41.1	12300	865	60.8
427	30	2.11	1220	86	6.05	4410	310	21.8	8390	590	41.5	12370	870	61.2
441	31	2.18	1240	87	6.12	4480	315	22.1	8460	595	41.8	12450	875	61.5
455	32	2.25	1250	88	6.19	4540	320	22.5	8530	600	42.2	12520	880	61.9
469	33	2.32	1270	89	6.26	4620	325	22.9	8600	605	42.5	12590	885	62.2
484	34	2.39	1280	90	6.33	4690	330	23.2	8680	610	42.9	12660	890	62.6
498	35	2.46	1290	91	6.40	4760	335	23.6	8750	615	43.2	12730	895	62.9
512	36	2.53	1310	92	6.47	4840	340	23.9	8820	620	43.6	12800	900	63.3
526	37	2.60	1320	93	6.54	4910	345	24.3	8890	625	43.9	12870	905	63.6
540	38	2.67	1340	94	6.61	4980	350	24.6	8960	630	44.3	12940	910	64.0
555	39	2.74	1350	95	6.68	5050	355	25.0	9030	635	44.6	13010	915	64.3
569	40	2.81	1370	96	6.75	5120	360	25.3	9100	640	45.0	13090	920	64.7
583	41	2.88	1380	97	6.82	5190	365	25.7	9170	645	45.3	13160	925	65.0
597	42	2.95	1390	98	6.89	5260	370	26.0	9240	650	45.7	13230	930	65.4
612	43	3.02	1410	99	6.96	5330	375	26.4	9320	655	46.1	13300	935	65.7
626	44	3.09	1420	100	7.03	5400	380	26.7	9390	660	46.4	13370	940	66.1
640	45	3.16	1490	105	7.38	5480	385	27.1	9460	665	46.8	13440	945	66.4
654	46	3.23	1560	110	7.73	5550	390	27.4	9530	670	47.1	13510	950	66.8
668	47	3.30	1640	115	8.09	5620	395	27.8	9600	675	47.5	13580	955	67.1
683	48	3.37	1710	120	8.44	5690	400	28.1	9670	680	47.8	13650	960	67.5
697	49	3.45	1780	125	8.79	5760	405	28.5	9740	685	48.2	13730	965	67.8
711	50	3.52	1850	130	9.14	5830	410	28.8	9810	690	48.5	13800	970	68.2
725	51	3.59	1920	135	9.49	5900	415	29.2	9880	695	48.9	13870	975	68.6
740	52	3.66	1990	140	9.84	5970	420	29.5	9960	700	49.2	13940	980	68.9
754	53	3.73	2060	145	10.2	6040	425	29.9	10030	705	49.6	14010	985	69.3
768	54	3.80	2130	150	10.5	6120	430	30.2	10100	710	49.9	14080	990	69.6
782	55	3.87	2200	155	10.9	6190	435	30.6	10170	715	50.3	14150	995	70.0
796	56	3.94	2280	160	11.2	6260	440	30.9	10240	720	50.6	14220	1000	70.3

Entrando en la columna central con la presión conocida (Kg/cm<sup>2</sup> o Lbs/pulg<sup>2</sup>) léase la que se desea obtener en la correspondiente columna lateral: Ejemplo; 100 Kg/cm<sup>2</sup>, (columna central) son equivalentes a 1420 Lbs/pulg<sup>2</sup>. O bien 100 Lbs/pulg<sup>2</sup> (columna central) son equivalentes a 7.03 Kg/cm<sup>2</sup>.

### Conversión de Temperatura

°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F				
-273	-459.4	-17.2	1	33.8	16.1	61	141.8	149	300	572	482	900	1652
-268	-450	-16.7	2	35.6	16.7	62	143.6	154	310	590	488	910	1670
-262	-440	-16.1	3	37.4	17.2	63	145.4	160	320	608	493	920	1688
-257	-430	-15.6	4	39.2	17.8	64	147.2	166	330	626	499	930	1706
-251	-420	-15.0	5	41.0	18.3	65	149.0	171	340	644	504	940	1724
-246	-410	-14.4	6	42.8	18.9	66	150.8	177	350	662	510	950	1742
-240	-400	-13.9	7	44.6	19.4	67	152.6	182	360	680	516	960	1760
-234	-390	-13.3	8	46.4	20.0	68	154.4	188	370	698	521	970	1778
-229	-380	-12.8	9	48.2	20.6	69	156.2	193	380	716	527	980	1796
-223	-370	-12.2	10	50.0	21.1	70	158.0	199	390	734	532	990	1814
-218	-360	-11.7	11	51.8	21.7	71	159.8	204	400	752	538	1000	1832
-212	-350	-11.1	12	53.6	22.2	72	161.6	210	410	770	549	1020	1868
-207	-340	-10.6	13	55.4	22.8	73	163.4	216	420	788	560	1040	1904
-201	-330	-10.0	14	57.2	23.3	74	165.2	221	430	806	571	1060	1940
-196	-320	-9.4	15	59.0	23.9	75	167.0	227	440	824	582	1080	1976
-190	-310	-8.9	16	60.8	24.4	76	168.8	232	450	842	593	1100	2012
-184	-300	-8.3	17	62.6	25.0	77	170.6	238	460	860	604	1120	2048
-179	-290	-7.8	18	64.4	25.6	78	172.4	243	470	878	616	1140	2084
-173	-280	-7.2	19	66.2	26.1	79	174.2	249	480	896	627	1160	2120
-169	-273	-6.7	20	68.0	26.7	80	176.0	254	490	914	638	1180	2156
-168	-270	-6.1	21	69.8	27.2	81	177.8	260	500	932	649	1200	2192
-162	-260	-5.6	22	71.6	27.8	82	179.6	266	510	950	660	1220	2228
-157	-250	-5.0	23	73.4	28.3	83	181.4	271	520	968	671	1240	2264
-151	-240	-4.4	24	75.2	28.9	84	183.2	277	530	986	682	1260	2300
-146	-230	-3.9	25	77.0	29.4	85	185.0	282	540	1004	693	1280	2336
-140	-220	-3.3	26	78.8	30.0	86	186.8	288	550	1022	704	1300	2372
-134	-210	-2.8	27	80.6	30.6	87	188.6	293	560	1040	732	1350	2462
-129	-200	-2.2	28	82.4	31.1	88	190.4	299	570	1058	760	1400	2552
-123	-190	-1.7	29	84.2	31.7	89	192.2	304	580	1076	788	1450	2642
-118	-180	-1.1	30	86.0	32.2	90	194.0	310	590	1094	816	1500	2732
-112	-170	-0.6	31	87.8	32.8	91	195.8	316	600	1112	843	1550	2822
-107	-160	0.0	32	89.6	33.3	92	197.6	321	610	1130	871	1600	2912
-101	-150	0.6	33	91.4	33.9	93	199.4	327	620	1148	899	1650	3002
-96	-140	1.1	34	93.2	34.4	94	201.2	332	630	1166	927	1700	3092
-90	-130	1.7	35	95.0	35.0	95	203.0	338	640	1184	954	1750	3182
-84	-120	2.2	36	96.8	35.6	96	204.8	343	650	1202	982	1800	3272
-79	-110	2.7	37	98.6	36.1	97	206.6	347	660	1220	1010	1850	3362
-73	-100	3.3	38	100.4	36.7	98	208.4	354	670	1238	1038	1900	3452
-68	-90	3.9	39	102.2	37.2	99	210.2	360	680	1256	1066	1950	3542
-62	-80	4.4	40	104.0	37.8	100	212.0	366	690	1274	1093	2000	3632
-57	-70	5.0	41	105.8	43	110	230	371	700	1292	1121	2050	3722
-51	-60	5.6	42	107.6	49	120	248	377	710	1310	1149	2100	3812
-46	-50	6.1	43	109.4	54	130	266	382	720	1328	1177	2150	3902
-40	-40	6.7	44	111.2	60	140	284	388	730	1346	1204	2200	3992
-34	-30	7.2	45	113.0	66	150	302	393	740	1364	1232	2250	4082
-29	-20	7.8	46	114.8	71	160	320	399	750	1382	1260	2300	4172
-23	-10	8.3	47	116.6	77	170	338	404	760	1400	1288	2350	4262
-17.8	0	8.9	48	118.4	82	180	356	410	770	1418	1316	2400	4352
		9.4	49	120.2	88	190	374	416	780	1436	1343	2450	4442
		10.0	50	122.0	93	200	392	421	790	1454	1371	2500	4532
		10.6	51	123.8	99	210	410	427	800	1472	1399	2550	4622
		11.1	52	125.6	100	212	413.6	432	810	1490	1427	2600	4712
		11.7	53	127.4	104	220	428	438	820	1508	1454	2650	4802
		12.2	54	129.2	110	230	446	443	830	1526	1482	2700	4892
		12.8	55	131.0	116	240	464	449	840	1544	1510	2750	4982
		13.3	56	132.8	121	250	482	454	850	1562	1538	2800	5072
		13.9	57	134.6	127	260	500	460	860	1580	1566	2850	5162
		14.4	58	136.4	132	270	518	466	870	1598	1593	2900	5252
		15.0	59	138.2	138	280	536	471	880	1616	1621	2950	5342
		15.6	60	140.0	143	290	554	477	890	1634	1649	3000	5432

Entrando en la columna central con la temperatura conocida (°F. o °C) léase la que se desea obtener, en la correspondiente columna lateral. Ejemplo 26°C (columna central) son equivalentes a 78.8°F o bien 26°F (columna central) son equivalentes a -3.3°C.

Propiedades Termodinámicas del vapor de Agua

SISTEMA INTERNACIONAL

Presión	Temperatura	Volumen específico del agua	Volumen específico vapor seco y saturado	Entalpía líquida saturada	Entalpía vapor seco saturado	Calor de evaporación
Bar	°C	$\frac{m^3}{kg}$	$\frac{m^3}{kg}$	$\frac{kJ}{kg}$	$\frac{kJ}{kg}$	$\frac{kJ}{kg}$
0.10	45.833	0.0010102	14.67	191.83	2584.6	2392.9
0.20	60.046	0.0010672	7.650	251.45	2609.9	2358.4
0.30	69.124	0.0010723	5.229	289.30	2625.4	2336.1
0.40	75.886	0.0010265	3.993	317.65	2636.9	2319.2
0.50	81.345	0.0010301	3.240	340.56	2646.0	2305.4
0.60	85.954	0.0010333	2.732	359.93	2653.6	2293.6
0.70	89.959	0.0010361	2.365	376.77	2660.1	2283.3
0.80	93.512	0.0010387	2.087	391.72	2665.8	2274.0
0.90	96.713	0.0010412	1.859	405.21	2670.9	2265.6
1.0	99.632	0.0010434	1.694	417.51	2675.4	2257.9
1.2	104.81	0.0010476	1.428	439.36	2683.4	2244.1
1.4	109.32	0.0010513	1.236	458.42	2690.3	2231.5
1.6	113.32	0.0010547	1.091	475.38	2696.2	2220.9
1.8	116.93	0.0010579	0.9772	490.70	2701.5	2210.8
2.0	120.23	0.0010608	0.8854	504.70	2706.3	2201.6
2.5	127.43	0.0010675	0.7184	535.34	2716.4	2181.0
3.0	133.54	0.0010735	0.6056	561.43	2724.7	2163.2
3.5	138.87	0.0010789	0.5240	584.27	2731.6	2147.4
4.0	143.62	0.0010839	0.4622	604.67	2737.6	2133.0
4.5	147.92	0.0010885	0.4138	623.16	2742.9	2119.7
5.0	151.84	0.0010928	0.3747	640.12	2747.5	2107.4
5.6	156.16	0.0010977	0.3367	658.81	2752.5	2093.7
6.0	158.84	0.0011009	0.3155	670.42	2755.5	2085.0
6.6	162.60	0.0011053	0.2883	686.78	2759.5	2072.7
7.0	164.96	0.0011082	0.2727	697.06	2762.0	2064.9
7.6	168.30	0.0011123	0.2522	711.68	2765.4	2053.7
8.0	170.41	0.0011150	0.2403	720.94	2767.5	2046.5
8.6	173.44	0.0011188	0.2243	734.19	2770.4	2036.2
9.0	175.36	0.0011213	0.2148	742.64	2772.1	2029.5
9.6	178.12	0.0011250	0.2020	754.81	2774.6	2018.8
10.0	179.88	0.0011274	0.1943	762.61	2776.2	2013.6
10.5	182.02	0.0011303	0.1855	772.09	2778.0	2005.9
11.0	184.07	0.0011331	0.1774	781.13	2779.7	1998.5
11.5	186.05	0.0011359	0.1700	789.92	2781.3	1991.3
12.0	187.96	0.0011386	0.1632	798.43	2782.7	1984.3
12.5	189.81	0.0011412	0.1569	806.69	2784.1	1977.4
13.0	191.61	0.0011438	0.1511	814.70	2785.4	1970.7
13.5	193.35	0.0011464	0.1457	822.49	2786.6	1964.2
14.0	195.04	0.0011489	0.1407	830.08	2787.8	1957.7
14.5	196.69	0.0011514	0.1360	837.46	2788.9	1951.4
15.0	198.29	0.0011539	0.1317	844.67	2789.9	1945.2
15.5	199.85	0.0011563	0.1275	851.69	2790.8	1939.2
16.0	201.37	0.0011586	0.1237	858.56	2791.7	1933.2
16.5	202.86	0.0011610	0.1201	865.27	2792.4	1927.5
17.0	204.31	0.0011633	0.1166	871.84	2793.4	1921.5
17.5	205.72	0.0011656	0.1134	878.28	2794.1	1915.9
18.0	207.11	0.0011678	0.1103	884.58	2794.8	1910.3
18.5	208.47	0.0011701	0.1074	890.75	2795.5	1904.7
19.0	209.80	0.0011723	0.1047	896.81	2796.1	1899.3
19.5	211.10	0.0011744	0.1020	902.75	2796.7	1893.9
20.0	212.37	0.0011766	0.09954	908.59	2797.2	1888.6
20.5	213.63	0.0011787	0.09716	914.32	2797.7	1883.4
21.0	214.85	0.0011809	0.09489	919.96	2798.2	1878.2
21.5	216.06	0.0011830	0.09272	925.50	2798.6	1873.1
22.0	217.24	0.0011850	0.09065	930.95	2799.1	1868.1
22.5	218.41	0.0011871	0.08867	936.32	2799.4	1863.1
23.0	219.55	0.0011892	0.08677	941.60	2799.8	1858.2
23.5	220.68	0.0011912	0.08495	946.80	2800.1	1853.3
24.0	221.78	0.0011932	0.08320	951.93	2800.4	1848.5
24.5	222.87	0.0011952	0.08152	956.98	2800.7	1843.7
25.0	223.94	0.0011972	0.07991	961.96	2800.9	1839.0
30	233.84	0.0012163	0.06663	1008.4	2802.3	1793.9
35	242.54	0.0012345	0.05703	1049.8	2802.0	1752.2
40	250.33	0.0012521	0.04975	1087.4	2800.3	1712.9
45	257.41	0.0012691	0.04404	1122.1	2797.7	1675.6
50	263.91	0.0012858	0.03943	1154.5	2794.2	1639.7
55	269.93	0.0013023	0.03563	1184.9	2789.9	1605.8
60	275.55	0.0013187	0.03264	1213.7	2785.0	1573.3
65	280.82	0.0013350	0.02972	1241.1	2779.5	1542.4
70	285.79	0.0013513	0.02737	1267.4	2773.5	1513.6
75	290.50	0.0013677	0.02533	1292.7	2766.9	1486.4
80	294.97	0.0013842	0.02353	1317.1	2759.9	1461.2
85	299.23	0.0014009	0.02193	1340.7	2752.5	1437.7
90	303.31	0.0014179	0.02050	1363.7	2744.6	1415.9
95	307.21	0.0014352	0.01929	1386.1	2736.6	1395.2
100	310.96	0.0014526	0.01826	1408.0	2727.7	1375.7
150	342.13	0.0016579	0.01034	1611.0	2615.0	1004.0
200	365.70	0.0020370	0.005877	1826.5	2418.4	591.9

Propiedades Termodinámicas del vapor de agua

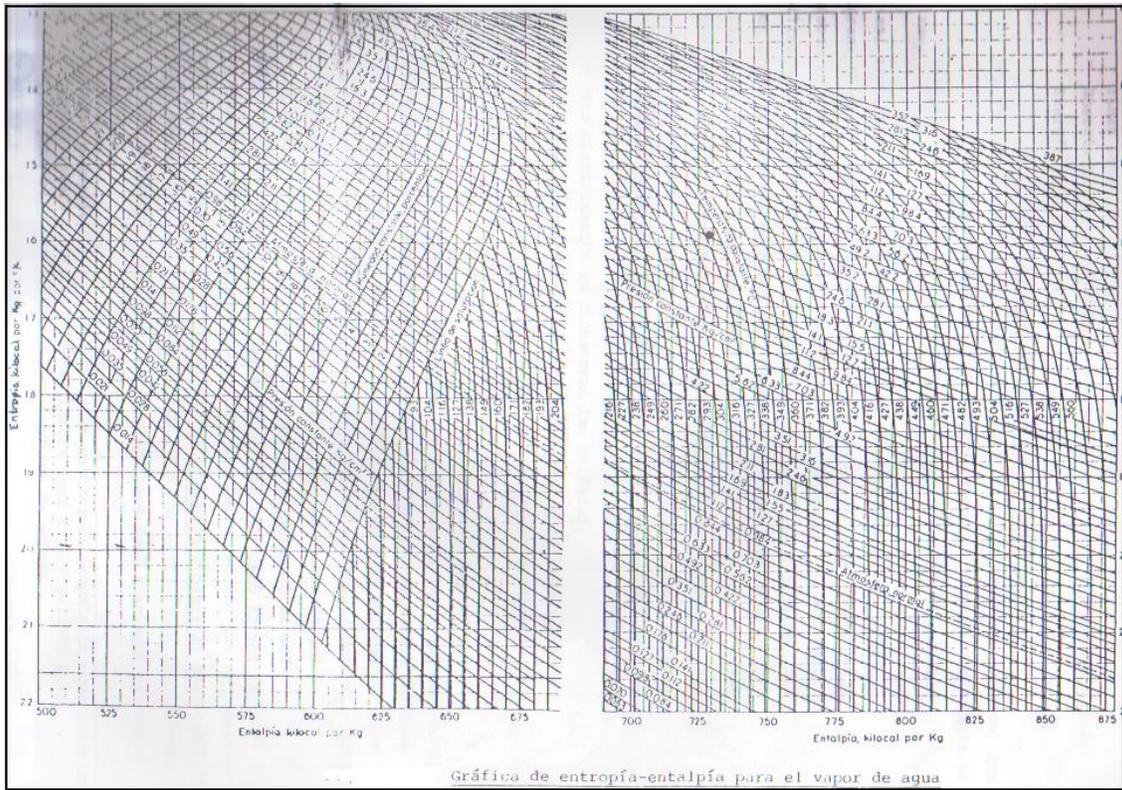
Sistema Métrico

Presión	Temperatura	Volumen específico del agua	Volumen específico vapor seco y saturado	Entalpía líquida saturada	Entalpía vapor seco saturado	Calor de evaporación
$\frac{\text{Kg.}}{\text{cm}^2}$	$^{\circ}\text{C}$	$\frac{\text{m}^3}{\text{Kg.}}$	$\frac{\text{m}^3}{\text{Kg.}}$	$\frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}$	$\frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}$	$\frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}$
0.10	45.45	0.0010101	14.95	45.45	617.0	571.6
0.20	59.67	0.0010169	7.789	59.65	623.1	563.4
0.30	68.68	0.0010220	5.324	68.66	626.8	558.1
0.40	75.42	0.0010261	4.066	75.41	629.5	554.1
0.50	80.00	0.0010296	3.299	80.85	631.6	550.7
0.60	85.45	0.0010327	2.782	85.47	633.5	548.0
0.70	89.45	0.0010355	2.408	89.49	635.1	545.6
0.80	92.99	0.0010381	2.125	93.05	636.4	543.3
0.90	96.18	0.0010405	1.903	96.26	637.4	541.3
1.0	99.09	0.0010428	1.725	99.19	638.8	539.6
1.2	104.25	0.0010468	1.455	104.38	640.7	536.3
1.4	108.74	0.0010505	1.259	108.92	642.3	533.4
1.6	112.73	0.0010538	1.111	112.95	643.8	530.8
1.8	116.33	0.0010570	0.9954	116.60	645.1	528.5
2.0	119.62	0.0010600	0.9018	119.94	646.3	526.4
2.5	125.79	0.0010666	0.7318	127.2	648.7	521.5
3.0	132.88	0.0010726	0.6169	133.4	650.7	517.3
3.5	138.19	0.0010779	0.5338	138.9	652.4	513.5
4.0	142.92	0.0010829	0.4709	143.7	654.9	510.2
4.5	147.20	0.0010875	0.4215	148.1	655.2	507.1
5.0	151.11	0.0010918	0.3817	152.1	656.3	504.2
5.6	155.41	0.0010967	0.3231	156.6	657.5	500.9
6.0	158.08	0.0010998	0.3214	159.3	658.3	498.9
6.5	161.82	0.0011043	0.2938	163.2	659.3	496.1
7.0	164.17	0.0011071	0.2778	165.7	659.9	494.2
7.6	167.51	0.0011113	0.2570	169.2	660.7	491.5
8.0	169.61	0.0011139	0.2448	171.4	661.2	489.8
8.6	172.61	0.0011177	0.2286	174.5	661.9	487.4
9.0	174.53	0.0011202	0.2189	176.5	662.3	485.8
9.6	177.28	0.0011238	0.2058	179.4	662.9	483.5
10.0	179.04	0.0011262	0.1980	181.3	663.3	482.1
10.5	181.16	0.0011291	0.1890	183.5	663.7	480.2
11.0	183.20	0.0011319	0.1808	185.7	664.1	478.4
11.5	185.17	0.0011346	0.1733	187.7	664.5	476.8
12.0	187.08	0.0011373	0.1663	189.8	664.9	475.1
12.5	188.92	0.0011399	0.1599	191.7	665.3	473.6
13.0	190.71	0.0011426	0.1540	193.6	665.6	472.0
13.5	192.45	0.0011451	0.1485	195.5	665.9	470.4
14.0	194.13	0.0011476	0.1434	197.3	666.2	468.9
14.5	195.77	0.0011501	0.1387	199.1	666.4	467.4
15.0	197.36	0.0011525	0.1342	200.7	666.7	465.9
15.5	198.91	0.0011548	0.1300	202.4	666.9	464.5
16.0	200.43	0.0011572	0.1261	204.0	667.1	463.1
16.4	201.91	0.0011595	0.1224	205.6	667.3	461.7
17.0	203.35	0.0011618	0.1189	207.2	667.5	460.3
17.5	204.76	0.0011640	0.1156	208.7	667.7	459.0
18.0	206.14	0.0011662	0.1125	210.2	667.8	457.6
18.5	207.49	0.0011684	0.1095	211.7	668.0	456.3
19.0	208.81	0.0011706	0.1067	213.1	668.2	455.1
19.5	210.11	0.0011728	0.1040	214.5	668.4	453.8
20.0	211.38	0.0011749	0.1015	215.9	668.5	452.6
20.5	212.63	0.0011771	0.09907	217.3	668.6	451.5
21.0	213.85	0.0011792	0.09676	218.6	668.7	450.1
21.5	215.05	0.0011813	0.09456	220.0	668.8	448.8
22.0	216.23	0.0011833	0.09245	221.3	668.9	447.7
22.5	217.39	0.0011854	0.09042	222.5	668.9	446.4
23.0	218.53	0.0011874	0.08849	223.8	669.0	445.2
23.5	219.65	0.0011894	0.08663	225.0	669.1	444.1
24.0	220.75	0.0011914	0.08486	226.2	669.2	443.0
24.5	221.83	0.0011933	0.08316	227.4	669.2	441.8
25.0	222.90	0.0011953	0.08150	228.6	669.3	440.7
30.0	232.76	0.0012142	0.06797	239.6	669.6	430.0
35.0	241.42	0.0012371	0.05819	249.5	669.5	420.0
40.0	249.18	0.0012493	0.05077	258.4	669.0	410.6
45.0	256.23	0.0012661	0.04495	266.6	668.4	401.8
50.0	262.70	0.0012825	0.04026	274.3	667.3	393.2
55.0	268.69	0.0012986	0.03639	281.5	666.6	385.1
60.0	274.29	0.0013147	0.03313	288.3	665.4	377.1
65.0	279.54	0.0013306	0.03036	294.8	664.0	369.2
70.0	284.48	0.0013466	0.02798	301.0	662.4	361.6
75.0	289.17	0.0013626	0.02589	307.0	661.0	354.0
80.0	293.62	0.0013787	0.02405	312.8	659.3	346.5
85.0	297.86	0.0013950	0.02243	318.4	657.4	339.2
90.0	301.92	0.0014115	0.02096	323.8	655.7	331.9
95.0	305.80	0.0014282	0.01963	329.1	653.8	324.7
100	309.53	0.0014453	0.01846	334.2	654.7	317.5
150	340.56	0.001644	0.01066	381.9	625.6	243.7
200	364.08	0.001987	0.00618	431.3	581.4	150.1

Propiedades Termodinámicas del vapor de Agua

Sistema Inglés

Presión	Temperatura	Volumen específico del agua	Volumen específico vapor saturado	Entalpía líquida saturada	Entalpía vapor saturado	Calor de evaporación
lbu Pulg	°F	Pies <sup>3</sup> Lb	Pies <sup>3</sup> Lb	Btu Lb	Btu Lb	Btu Lb
0.20	53.14	0.01603	1526.0	21.21	1085.0	1063.8
0.30	64.47	0.01605	1039.5	32.52	1090.0	1057.4
0.40	72.84	0.01606	791.9	40.89	1093.6	1052.7
0.50	79.58	0.01608	641.4	47.60	1096.4	1048.8
0.60	85.21	0.01609	540.0	53.21	1098.9	1045.7
0.70	90.06	0.01610	466.5	58.07	1101.0	1042.9
0.80	94.38	0.01611	411.7	62.34	1102.8	1040.4
0.90	98.24	0.01613	368.4	66.21	1104.5	1038.3
1.0	101.74	0.01614	333.6	69.70	1106.0	1036.3
1.2	107.92	0.01616	280.9	75.87	1108.6	1032.7
1.4	113.26	0.01618	243.0	81.20	1110.8	1029.6
1.6	117.99	0.01620	214.3	85.91	1112.8	1026.9
1.8	122.23	0.01621	191.8	90.14	1114.6	1024.5
2.0	126.08	0.01623	173.73	93.99	1116.2	1022.2
2.6	135.84	0.01627	145.78	103.83	1120.3	1016.5
3.0	141.48	0.01630	118.71	109.37	1122.6	1013.2
3.5	147.57	0.01633	102.72	115.46	1125.1	1009.6
4.0	152.97	0.01636	90.63	120.86	1127.3	1006.4
4.5	157.83	0.01638	81.16	125.71	1129.3	1003.6
5.0	162.34	0.01640	73.52	130.13	1131.1	1001.0
5.5	166.30	0.01643	67.24	134.19	1132.7	998.5
6.0	170.06	0.01645	61.98	137.96	1134.2	996.2
6.5	173.56	0.01647	57.50	141.47	1135.6	994.1
7.0	176.85	0.01649	53.64	144.76	1136.9	992.1
7.5	179.94	0.01651	50.29	147.86	1138.1	990.2
8.0	182.86	0.01653	47.34	150.79	1139.3	988.5
8.5	185.64	0.01654	44.73	153.57	1140.4	986.8
9.0	188.28	0.01656	42.40	156.22	1141.4	985.2
9.5	190.80	0.01658	40.31	158.75	1142.3	983.6
10	193.21	0.01659	38.42	161.17	1143.3	982.1
11	197.73	0.01662	35.14	165.73	1145.0	979.3
12	201.86	0.01665	32.40	169.96	1146.6	976.6
13	205.88	0.01667	30.06	173.91	1148.1	974.2
14	209.56	0.01670	28.04	177.61	1149.5	971.9
14.696	212.00	0.01672	26.80	180.07	1150.4	970.3
15	213.03	0.01672	26.29	181.11	1150.8	969.7
16	216.32	0.01674	24.75	184.42	1152.0	967.6
17	219.44	0.01677	23.39	187.56	1153.1	965.5
18	222.41	0.01679	22.17	190.56	1154.2	963.6
19	225.24	0.01681	21.08	193.42	1155.3	961.9
20	227.96	0.01683	20.09	196.16	1156.3	960.1
25	240.07	0.01692	16.305	208.42	1160.6	952.1
30	250.33	0.01701	13.746	218.82	1164.1	945.3
35	258.28	0.01708	11.894	227.91	1167.1	939.2
40	267.25	0.01715	10.498	236.03	1169.7	933.7
45	274.44	0.01721	9.401	243.36	1172.0	928.6
50	281.01	0.01727	8.515	250.09	1174.1	924.0
55	287.07	0.01732	7.787	256.30	1175.9	919.6
60	292.71	0.01738	7.175	262.09	1177.6	915.5
65	297.97	0.01743	6.653	267.50	1179.1	911.6
70	302.92	0.01749	6.206	272.61	1180.6	907.9
75	307.60	0.01753	5.816	277.43	1181.9	904.5
80	312.09	0.01757	5.472	282.02	1183.1	901.1
85	316.25	0.01761	5.168	286.39	1184.2	897.8
90	320.27	0.01766	4.896	290.56	1185.3	894.7
95	324.12	0.01770	4.652	294.56	1186.2	891.7
100	327.81	0.01774	4.432	298.40	1187.2	888.8
150	358.42	0.01809	3.015	330.51	1194.1	863.6
200	381.79	0.01839	2.288	355.36	1196.4	845.0
250	400.95	0.01865	1.8458	376.00	1201.1	825.1
300	417.33	0.01890	1.5453	393.84	1202.8	809.0
350	431.72	0.01913	1.3260	409.69	1203.9	794.2
400	444.59	0.0193	1.1613	424.0	1204.5	780.5
450	456.28	0.0195	1.0220	437.2	1204.6	767.4
500	467.01	0.0197	0.9278	449.4	1204.4	755.0
560	478.85	0.0200	0.8265	463.0	1203.8	740.8
600	486.21	0.0201	0.7698	471.6	1203.2	731.6
660	496.58	0.0204	0.6971	483.8	1202.1	718.3
700	508.10	0.0205	0.6554	491.3	1201.2	709.7
760	512.36	0.0207	0.6007	502.6	1199.7	697.1
800	518.23	0.0209	0.5687	509.7	1198.6	688.9
860	526.63	0.0211	0.5260	520.0	1196.8	676.8
900	531.98	0.0212	0.5006	526.6	1195.4	668.8
1000	544.61	0.0216	0.4456	542.4	1191.8	649.4
1500	596.23	0.0235	0.2765	611.6	1167.9	556.3
2000	635.82	0.0257	0.1878	671.7	1135.1	463.4
2500	668.13	0.0287	0.1307	730.6	1091.1	360.5
3000	695.36	0.0346	0.0858	802.3	1020.3	217.8



Gráfica de entropía-entalpía para el vapor de agua

## Factor de Evaporación

Temperatura del agua de alimentación		Presión Kg/cm. <sup>2</sup> Lbs/pulg. <sup>2</sup>															
		0.35	0.70	1.41	3.52	4.92	6.33	7.03	7.73	9.14	10.5	12.0	13.4	14.1	15.8	17.6	
°C	°F	5	10	20	50	70	90	100	110	130	150	170	190	200	225	250	
0.0	32	1.19	1.19	1.20	1.214	1.219	1.223	1.225	1.226	1.229	1.231	1.233	1.235	1.236	1.237	1.239	
4.4	40	1.18	1.18	1.19	1.206	1.211	1.215	1.217	1.218	1.221	1.223	1.225	1.227	1.227	1.229	1.231	
10.0	50	1.17	1.17	1.18	1.196	1.201	1.205	1.206	1.208	1.211	1.213	1.215	1.216	1.217	1.219	1.220	
15.6	60	1.16	1.16	1.17	1.185	1.190	1.194	1.196	1.198	1.200	1.202	1.204	1.206	1.207	1.209	1.210	
21.1	70	1.15	1.15	1.16	1.175	1.180	1.184	1.186	1.187	1.190	1.192	1.194	1.196	1.196	1.198	1.200	
26.7	80	1.14	1.14	1.15	1.162	1.170	1.174	1.176	1.177	1.180	1.182	1.184	1.185	1.186	1.188	1.189	
32.2	90	1.13	1.13	1.14	1.154	1.160	1.164	1.165	1.167	1.170	1.172	1.173	1.175	1.176	1.178	1.179	
37.8	100	1.12	1.12	1.13	1.144	1.149	1.153	1.155	1.156	1.159	1.161	1.163	1.165	1.166	1.167	1.169	
43	110	1.11	1.11	1.12	1.134	1.139	1.143	1.145	1.146	1.149	1.151	1.153	1.155	1.155	1.157	1.159	
49	120	1.10	1.10	1.11	1.124	1.129	1.133	1.134	1.136	1.139	1.141	1.143	1.144	1.145	1.147	1.148	
54	130	1.09	1.09	1.10	1.113	1.118	1.123	1.124	1.126	1.128	1.130	1.132	1.134	1.135	1.137	1.138	
60	140	1.08	1.08	1.09	1.109	1.108	1.112	1.114	1.115	1.118	1.120	1.122	1.124	1.125	1.126	1.128	
66	150	1.07	1.08	1.08	1.093	1.098	1.102	1.104	1.105	1.108	1.110	1.112	1.114	1.114	1.116	1.118	
71	160	1.06	1.07	1.07	1.082	1.088	1.092	1.093	1.095	1.097	1.100	1.102	1.103	1.104	1.106	1.107	
77	170	1.05	1.05	1.06	1.072	1.077	1.081	1.083	1.084	1.087	1.089	1.091	1.093	1.094	1.095	1.097	
82	180	1.04	1.04	1.05	1.062	1.067	1.071	1.073	1.074	1.077	1.079	1.081	1.083	1.083	1.085	1.087	
88	190	1.03	1.03	1.04	1.052	1.057	1.061	1.062	1.064	1.066	1.069	1.071	1.072	1.073	1.075	1.076	
93	200	1.02	1.02	1.03	1.041	1.047	1.050	1.052	1.053	1.056	1.058	1.060	1.062	1.063	1.064	1.066	
99	210	1.01	1.01	1.02	1.031	1.036	1.040	1.042	1.043	1.046	1.048	1.050	1.052	1.052	1.054	1.056	

## PRUEBAS DE SOLDADURA

American Welding Society

Espesor de la placa más gruesa

Dimensionamiento mínimo de la soldadura

hasta 1/2in

3/16in

desde 1/2in hasta 3/4in

1/4in

desde 3/4in hasta 1 1/4in

5/16in

desde 1 1/4 in hasta 2in

3/8in

desde 2in hasta 6in

1/2in

más de 6in

5/8in

