

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**“ESTUDIO DE LA UTILIZACION DEL GAS  
NATURAL EN EL LABORATORIO DE MAQUINAS  
TERMICAS, FIM-UNI”**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**FRANCISCO EDILBERTO SINCHI YUPANQUI**

**PROMOCION 1982-II**

**LIMA-PERU**

**2006**

**DEDICATORIA: A mis padres,  
FRANCISCO y FILOMENA, con  
mucho cariño y agradecimiento.**

## **TABLA DE CONTENIDOS**

### **TÍTULO: “ESTUDIO DE LA UTILIZACIÓN DEL GAS NATURAL EN EL LABORATORIO DE MAQUINAS TÉRMICAS, FIM - UNI”**

<b>PROLOGO</b> .....	<b>1</b>
----------------------	----------

#### **CAPITULO 1**

<b>INTRODUCCION</b>	<b>5</b>
1.1 Antecedentes .....	5
1.2 Objetivos.....	8
1.2.1 Objetivo general .....	8
1.2.2 Objetivos específicos .....	8
1.3 Alcances .....	8
1.4 Descripción .....	9
1.4.1 Ubicación .....	11
1.4.2 Equipamiento .....	11

#### **CAPITULO 2**

<b>FUNDAMENTOS</b> .....	<b>14</b>
2.1 Consideraciones generales del Gas Natural.....	14
2.1.1 Termodinámica del Gas Natural.....	14

2.1.2	Cadena de valor del Gas Natural .....	17
2.2	Propiedades del Gas Natural .....	17
2.3	Aplicaciones energéticas del Gas Natural .....	21
2.3.1	Como sustituto de otros combustibles.....	22
2.3.1.1	En el sector Residencial Comercial.....	22
2.3.1.2	En el sector industrial .....	24
2.3.1.3	En el sector Transporte .....	26
2.3.2	En la generación eléctrica .....	26
2.3.2.1	Centrales convencionales .....	27
2.3.2.2	Centrales de ciclo combinado .....	28
2.3.2.3	Cogeneracion .....	29
2.3.3	Sistema de Refrigeración.....	29
2.3.3.1	Por Compresión .....	30
2.3.3.2	Por absorción .....	32
2.4	El laboratorio en la Ingeniería Mecánica .....	33
2.4.1	El hardware, software y las comunicaciones .....	33
2.4.2	La Simulación y la Experimentación real .....	34
2.5	La acreditación de las especialidades de Ingeniería Mecánica	37

### **CAPITULO 3**

	<b>REQUERIMIENTOS ENERGETICOS .....</b>	<b>41</b>
3.1	Instalaciones existentes en el Laboratorio .....	41
3.1.1	Equipamiento: Características y parámetros.....	41
3.1.2	Bancos de prueba.....	45

3.2 Requerimiento de Gas Natural.....	47
3.2.1 Alternativas tecnológicas en su aplicación .....	47
3.2.2 Calculo del consumo de Gas Natural .....	47

## **CAPITULO 4**

<b>INSTALACIONES INTERNAS DEL GAS NATURAL .....</b>	<b>51</b>
4.1 Características y parámetros del Punto de Entrega .....	51
4.2 Acometida y Estación ERM.....	52
4.2.1 El diseño básico de la ERM .....	54
4.2.2 Del diseño, ingeniería y construcción del accesorio de ingreso a la ERM .....	60
4.2.3 De la operación y mantenimiento de la acometida .....	61
4.3 Red interna de tuberías.....	62
4.4 Modificaciones a realizarse .....	71
4.5 Viabilidad técnica .....	72
4.6 Determinación de la opción tarifaria.....	74

## **CAPITULO 5**

### **CASO APLICATIVO: CALDERA AUTOMATICA**

<b>EXPERIMENTAL DE 30 BHP .....</b>	<b>76</b>
5.1 Bases técnicas y premisas de adquisición .....	76
5.1.1 Objetivo .....	76
5.1.2 Características generales .....	76
5.2 Equipamiento .....	77

5.1.1	Objetivo .....	76
5.1.2	Características generales .....	76
5.2	Equipamiento .....	77
5.2.1	Equipamiento Básico .....	77
5.2.2	Equipamiento adicional .....	80
5.3	Especificaciones técnicas.....	81
5.4	Pruebas de recepción.....	92
5.5	Cobertura académica .....	95
 <b>CAPITULO 6</b>		
	<b>COSTOS Y PRESUPUESTO .....</b>	<b>99</b>
6.1	Costos Unitario .....	99
6.2	Presupuesto .....	101
	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>105</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>108</b>
	<b>PLANOS</b>	
	<b>ANEXOS</b>	
	<b>Anexo 1: Perfil y Régimen de estudio a nivel de Antegrado.</b>	
	<b>Anexo 2: Perfil y Régimen de estudio a nivel de Postgrado.</b>	
	<b>Anexo 3: Listado de Máquina y Equipos Térmicos del Laboratorio N°5.</b>	
	<b>Anexo 4: Copias de documentos de CALIDDA, OSINERG.</b>	
	<b>Anexo 5: Procedimiento del dimensionamiento de tuberías.</b>	
	<b>Anexo 6: Equivalencias y ejemplos de consumo de G.N.</b>	
	<b>Levantamiento de Observaciones</b>	

## **PROLOGO**

Es de conocimiento que actualmente se tiene un gasoducto troncal que, tras recorrer Lima de sur a norte a través de 61 kilómetros, une el City Gate en Lurín (lugar en donde se recibe el gas proveniente de Camisea) con la Central Termoeléctrica de Ventanilla, en el Callao. De esta línea principal nace una red de ductos de distribución que dotarán a Lima y Callao de energía.

El gasoducto troncal y sus ramales primarios atraviesan catorce distritos de Lima y Callao: Lurín, Pachacamac, Villa El Salvador, Villa María del Triunfo, San Juan de Miraflores, Santiago de Surco, Santa Anita, El Agustino, San Juan de Lurigancho, Cercado de Lima, San Martín de Porres, Carmen de la Legua - Reynoso, el Cercado del Callao y Ventanilla.

De esta manera, el 13 de diciembre de 2004, se inicia la operación de Cálidda, marca comercial de la empresa Gas Natural de Lima y Callao (GNLC). Actualmente se viene implementando la comercialización del Gas Natural en industrias, comercios y residencias.

Dentro de este contexto, el estudio, parte de la necesidad de modernizar y adecuar el Laboratorio de Máquinas Térmicas de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional de Ingeniería, a nuevos retos de la coyuntura nacional, y que pueda responder en un futuro a un proceso de acreditación.

Es necesario por lo indicado, desarrollar el laboratorio mencionado en un contexto más amplio al actual, considerando que la ampliación de las redes de gas natural, en algún momento se harán extensibles por la Av. Tupac Amaru a toda la zona norte de nuestra capital.

Este trabajo, busca ser el punto de partida para la modernización de todo el Laboratorio de Máquinas Térmicas e Hidráulicas (Lab. N° 5), generando futuros temas de informes y tesis, teniendo presente que los laboratorios tienen un peso primordial para la acreditación de las especialidades de la Facultad de Ingeniería Mecánica.

Este informe cubre parte del Laboratorio N° 5, referidos a Máquinas y equipos térmicos, donde se propone utilizar como combustible el GAS NATURAL y el GLP, a fin de brindar soporte a actividades de investigación aplicada y de desarrollo tecnológico en las áreas de generación, ciclos de potencia, combustión del Gas Natural y GLP, usos del Gas Natural a los motores térmicos alternativos y los sistemas de refrigeración.



En este Laboratorio se dispone de bancos y equipos experimentales relacionados con temas afines a la aplicación energética del Gas Natural para realizar investigación, innovación tecnológica, pruebas de cumplimiento de normas técnicas, certificación de equipos entre otras mas. Los capítulos que se han desarrollado para cumplir con lo antes expresado comprende:

Capitulo 1: Introducción. Se presenta los antecedentes, objetivos, alcances y descripción del estudio.

Capitulo 2 : Fundamentos. Se menciona las definiciones y conceptos básicos del gas natural, aplicaciones energéticas, sobre el Laboratorio instruccional y su aporte en la acreditación de las especialidades en la Ingeniería Mecánica.

Capitulo 3 : Requerimientos Energéticos. En este capitulo se describe las instalaciones existentes y sus requerimientos de energía actuales, con posibilidades de sustitución de los combustibles, que actualmente se vienen utilizando, por el Gas Natural.

Capitulo 4 : Instalaciones Internas de Gas Natural. Aquí se trata de las Características y Parámetros bajo las cuales se realizara el abastecimiento de Gas Natural así como las modificaciones a realizarse en el Laboratorio. Se concluye con la determinación de la opción tarifaria mas conveniente.

Capitulo 5 : Caso Aplicativo de la Caldera Automática de 30 BHP, que trabaja con combustible GLP/Gas Natural. Se desarrolla un ejemplo del total de modificaciones a realizarse. Con este propósito se aborda los elementos principales a considerarse, como el quemador para GLP/GN, tren principal de gas, tren piloto de gas, control de flama, control de nivel de agua, control de presión, válvula de salida de vapor, válvula de seguridad, tablero de control para el sistema eléctrico, medidores de flujos.

Capitulo 6 : Costos y Presupuesto. Se contemplan el procedimiento de cálculo de los costos unitarios por partida, donde se considera los costos de materiales, mano de obra, equipos, herramientas y varios. Se hace mención a manera de ejemplo, parte de un Presupuesto del sistema de tuberías de gas natural, donde se consideran los ítems correspondientes, para considerar al final los gastos generales, dirección técnica y utilidad.

Agradezco al Ing. Walter Galarza, al Jefe del Laboratorio de Máquinas Térmicas e hidráulicas Ing. Jaime Ravello y a su personal técnico por su valioso apoyo y colaboración para la consecución de los objetivos del presente informe.

# **CAPÍTULO 1**

## **INTRODUCCIÓN**

### **1.1 ANTECEDENTES**

La Facultad de Ingeniería Mecánica y la Universidad Nacional de Ingeniería reflejan de alguna manera el estado del país. La importación de bienes de capital en forma de equipos, maquinaria diversa no deja en nuestro país sino una parte menor de su tecnología incorporada.

La falta de continuidad en la generación de tecnología propia en base a nuestras fuentes tecnológicas y a la que adquirimos del mercado mundial es el signo más característico del estado actual de la economía peruana.

La Universidad Nacional de Ingeniería y en particular la Facultad de Ingeniería Mecánica (FIM) puede contribuir significativamente a cerrar esa brecha, haciendo que la formación profesional de Ingenieros y Científicos incluya el estímulo de la vocación innovadora y productiva en un grado mayor y además estableciendo nexos estrechos con los sectores productivos, basados en la prestación de servicios analíticos, técnicos, de investigación y consultoría, orientados a crear una

sociedad con riqueza, justicia distributiva y libertad. Para tales fines la Universidad cuenta con sus recursos de personal calificado, información técnica, laboratorios y talleres.

La Facultad de Ingeniería Mecánica, se caracteriza por su nivel académico impartido en sus cuatro especialidades. Sus especialidades de Ingeniería son: Mecánica, Mecánica Eléctrica, Naval y Mecatrónica, además de la Sección de Postgrado y Segunda especialización.



**Fig. 1.1** Vista de la Facultad de Ingeniería Mecánica – UNI

Sus orígenes se remontan a la creación de la Sección de Ingeniería Industrial de la Escuela Nacional de Ingenieros en enero de 1901. La fecha considerada como origen de la facultad de Ingeniería Mecánica es el 12 de Junio de 1903 en que se aprueba el Reglamento para la nueva especialidad de Ingenieros Mecánico-Electricistas de la Escuela

Nacional de Ingenieros. Esta sección fue organizada en enero de 1911, siendo designada posteriormente como Especialidad de Ingenieros Mecánicos – Electricistas.

Por Ley N° 10555 en 1946 las Especialidades de la Escuela Nacional de Ingenieros pasan a ser Departamentos apareciendo el Departamento de Mecánica - Eléctrica, siendo su Jefe el Ing. Gerard E. Unger. Por ley N°. 12379 del 9 de julio de 1955 la Escuela Nacional de Ingenieros se convierte en Universidad Nacional de Ingeniería y de conformidad con la Ley N° 13417 los antiguos Departamentos se convierten en Facultades, apareciendo así la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, siendo su primer Decano el Ing. Roberto Heredia Zavala.

En 1984 de conformidad con lo dispuesto en el Art. 09 de la Ley Universitaria N°. 23733, se establece en las universidades el régimen académico por Facultades y de acuerdo con lo establecido en el Estatuto de la Universidad Nacional de Ingeniería, promulgado el 12 de Abril de 1984 por la Asamblea Estatutaria, el Programa Académico de Ingeniería Mecánica y Eléctrica da origen a la Facultad de Ingeniería Mecánica y a la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

La FIM inicia sus actividades con la instalación del Consejo de Facultad el 12 de julio de 1984 y la elección del Ing. Duncan Díaz como Decano.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo General**

El presente trabajo tiene como propósito realizar un estudio prospectivo sobre las aplicaciones energéticas del Gas Natural en el Laboratorio de Máquinas Térmicas con fines académicos de experimentación, de investigación y de servicio a terceros. Se presenta el caso aplicativo de la caldera automática experimental de 30 BHP a manera de ejemplo.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Analizar la viabilidad del suministro de Gas Natural por el concesionario CALIDDA, mostrando la acometida y la distribución de la canalización del Gas Natural en el Laboratorio N° 5.
- Evaluar las posibilidades de utilización del Gas Natural en el Laboratorio N° 5, especificando los equipos y procedimientos apropiados a implementar.

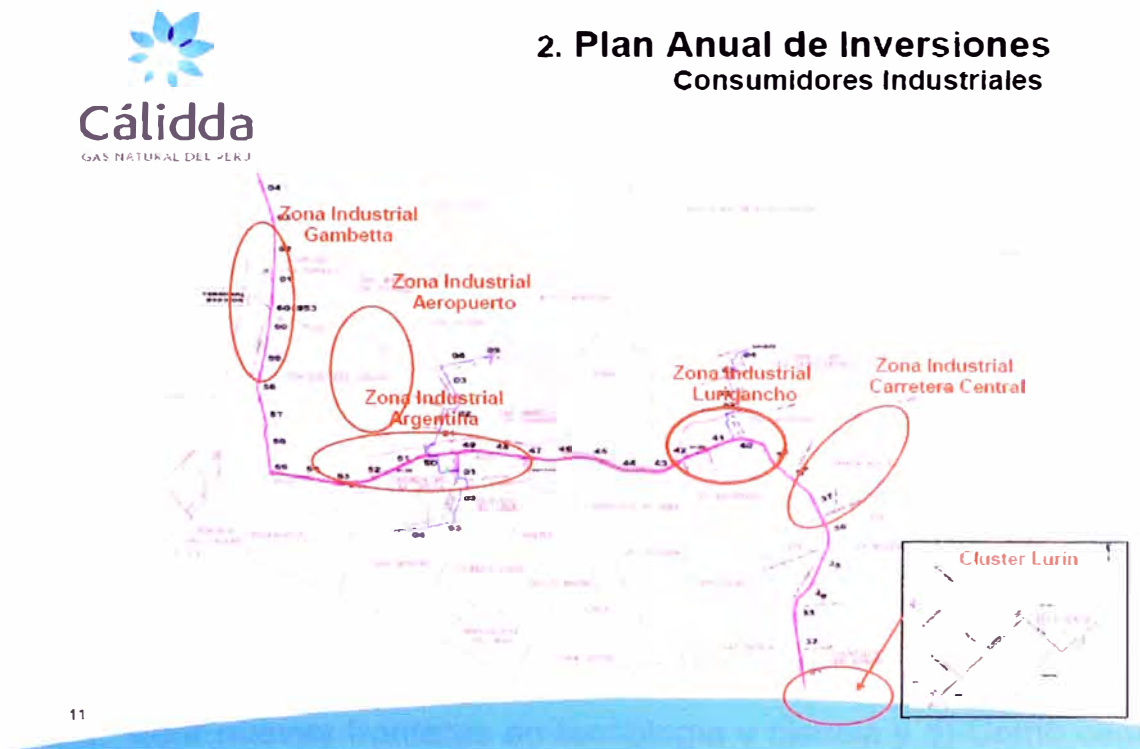
## **1.3 ALCANCES**

Se cubre los siguientes puntos:

- Presentación de diversos esquemas de módulos experimentales educativos para ser utilizado con Gas Natural a nivel antegrado y postgrado.
- Presentación de las principales modificaciones que hay que realizar en el Laboratorio para adaptarlo a las nuevas exigencias de entrenamiento computarizado.
- Mostrar las técnicas modernas de validación experimental y de simulación numérica, interactuando la modelación con la experimentación.
- Presentar la utilización de los sistemas de instrumentación y control con monitoreo y de adquisición de datos.
- Auspiciar al Laboratorio N° 5, como un ente certificador de la Universidad ante organismos privados y públicos, brindando diversos servicios a terceros.

#### **1.4 DESCRIPCIÓN**

La Concesionaria CALIDDA se encuentra en su etapa de expansión, cumpliendo con un plan de crecimiento de su red de distribución a nivel de Lima y el Callao. Este servicio público se realiza a través de una red subterránea que llega a cada consumidor, el gas se entrega en un punto de fachada de la propiedad, donde se coloca un gabinete, que incluye el sistema de regulación de presión, la válvula de servicio y el medidor.



Fuente.- Cálidda 2006

**Fig. 1.2** Plan de Expansión de Redes 2006 – 2007 CALIDDA

La concesión de gas natural por ductos otorga a la empresa concesionaria el derecho a una exclusividad en brindar el servicio en la zona asignada y por el tiempo determinado, para lo cual se requiere regular este monopolio. La regulación tiene por principio establecer tarifas justas y garantizar un servicio de acuerdo a la calidad mínima exigida en la legislación. El OSINERG participa en la regulación de las tarifas máximas de los servicios que configuran monopolios legales otorgados por la legislación y también en la supervisión y fiscalización de la prestación del servicio por parte de la concesionaria, incluida



entre ellas la solución de reclamos y conflictos entre los usuarios y las concesionarias.

#### **1.4.1 Ubicación**

El Laboratorio N° 5 se encuentra ubicada en el pabellón A1 de la Facultad, el equipamiento del Laboratorio de Maquinas térmicas, tienen un promedio de antigüedad de algo mas de 30 años, hace que esta pueda cumplir con menos eficiencia las siguientes funciones: 1) Como medio de formación académica de los futuros profesionales a través de las practicas de los cursos básicos y de especialidad 2) Como centros de investigación para abrir nuevas fronteras en tecnología y ciencia y 3) Como centros de prestación de servicios al aparato productivo nacional.

#### **1.4.2 Equipamiento**

Una porción significativa del equipamiento del Laboratorio N°5 se encuentra fuera de uso, habiendo vencido su promedio normal de vida útil, tal fue el caso de la caldera Promecan, fabricado el año 1967, en otros casos como la turbina Murray y la Maquina de vapor Troy, les falta un caldera que le suministre vapor para su operación, por citar algunos casos de equipos inoperativos. Además por cuestión de economía y menor contaminación, la utilización del Gas Natural se hace indispensable, para contribuir la transferencia de tecnología del Laboratorio al aparato productivo nacional.

**Cuadro 1.1 POBLACIÓN ESTUDIANTIL POR ESPECIALIDADES**

N° DE ALUMNOS	PERIODO ACADEMICO											
	96-I	96-II	97-I	97-II	98-I	98-II	99-I	99-II	2000-I	2000-II	2001-I	2001-II
<b>M3</b>	647	655	665	657	676	668	661	647	645	627	593	567
<b>M4</b>	391	386	419	387	416	399	412	426	440	433	416	410
<b>M5</b>	51	55	71	94	102	111	119	125	138	149	159	163
<b>M6</b>	39	59	92	112	142	159	178	200	230	247	249	251
<b>TOTAL</b>	<b>1128</b>	<b>1155</b>	<b>1247</b>	<b>1250</b>	<b>1336</b>	<b>1337</b>	<b>1370</b>	<b>1398</b>	<b>1453</b>	<b>1456</b>	<b>1417</b>	<b>1391</b>

N° DE ALUMNOS	PERIODO ACADEMICO									
	2002-I	2002-II	2003-I	2003-II	2004-I	2004-II	2005-I	2005-II	2006-I	2006-II
<b>M3</b>	554	547	536	526	510	15	492	474	461	431
<b>M4</b>	406	398	397	381	375	15	379	365	354	359
<b>M5</b>	174	170	177	166	176	19	195	191	181	182
<b>M6</b>	266	265	275	282	283	18	300	303	309	325
<b>TOTAL</b>	<b>1400</b>	<b>1380</b>	<b>1385</b>	<b>1355</b>	<b>1344</b>	<b>67</b>	<b>1366</b>	<b>1333</b>	<b>1305</b>	<b>1297</b>

M3 : Ingeniería Mecánica

M4 : Ingeniería Mecánica Eléctrica

M5 : Ingeniería Naval

M6 : Ingeniería Mecatrónica

El presente trabajo no es un simple estudio de modernización o actualización del Laboratorio de Maquinas Térmicas, sino que esta concebido de manera que permita esa transferencia de tecnología, así como de prestar servicios técnicos y de consultoría múltiples al aparato productivo y de potenciar la capacidad de formación profesional de la Facultad y de la UNI con especial énfasis en la investigación tecnológica.



**Fig. 1.3** Vista del Laboratorio de Máquinas Térmicas e Hidráulicas (Lab. N°5)

## **CAPITULO 2**

### **FUNDAMENTOS**

#### **2.1 CONSIDERACIONES GENERALES DEL GAS NATURAL**

Un gas natural es un fluido homogéneo de baja densidad y viscosidad, constituido por una mezcla de hidrocarburos gaseosos. Otros constituyentes que no son hidrocarburos, como el gas sulfúrico, gas carbónico y nitrógeno son considerados como impurezas. El Helio y el vapor de agua, se pueden encontrar también ocasionalmente.

##### **2.1.1 Termodinámica del Gas Natural**

En el caso del gas natural en redes de distribución, para poder utilizar la ecuación de estado, hay que tener en cuenta que éste se desvía del comportamiento de un gas ideal, por lo que se hace necesario introducir el concepto de factor de compresibilidad (Z), obteniéndose como resultado la siguiente ecuación.

$$p v = Z R T$$

donde:

$p$  : presión absoluta, en kPa

$T$  : temperatura absoluta, en K

$v$  : volumen específico, en  $m^3/kg$

$R$  : constante del gas, en  $kJ/kgK$

$Z$  : factor de compresibilidad del gas real.

Por ser un parámetro empírico que varía con la presión y la temperatura, el factor  $Z$  es obtenido a través de correlaciones empíricas. Esas correlaciones necesitan ser generalizadas para cubrir las aplicaciones con los diversos componentes.

Este factor se hace importante para una medición exacta de flujo de gas aunque muchas veces lleva a resultados equivocados debido a que no es fácil de entender y calcular a la vez que, exige conocimiento de la química. Puede representar hasta un 20% de corrección del volumen a altas presiones y varía mucho en función de su composición.

Para proceder al diseño de una instalación interna de gas deberán conocerse previamente las características del gas distribuido, que deberán ser facilitadas en todos los casos por la Empresa Concesionaria, en nuestro caso CALIDDA nombre comercial de la Empresa Gas Natural de Lima y Callao

Los componentes del gas natural se presentan en el Cuadro N° 2.1 y varían según el yacimiento y declinación del pozo:

Componente	%	Componente	%
Metano	95,0812	i-pentano	0,0152
Etano	2,1384	Benceno	0,0050
Propano	0,2886	Ciclohexano	0,0050
n-butano	0,0842	Nitrógeno	1,9396
i-butano	0,0326	CO2	0,3854
n-pentano	0,0124	Otros	0,0124

**Cuadro 2.1.** Componentes del gas natural (%)

Las propiedades del gas natural, según la composición indicada en el cuadro anterior, presenta valores usualmente de:

Combustible	Punto de Fusión °C	Punto de Ebullición °C	Peso Molecular Kg	Densidad kg/m <sup>3</sup>	Poder Calorífico kJ/m <sup>3</sup>
Metano	-182,5	-161,5	0,016	0,7175	37781
Etano	-183	-87	0,030	1,3551	66637
Etileno	-169,4	-103,8	0,028	1,26	-
Propano	-189,9	-42,1	0,044	2,0098	95651
n-butano	-138,3	-0,5	0,058	2,7068	126206
i-butano	-145	-10,2	0,058	2,7091	125415
n-pentano	-130	36	0,072	3,5066	159722
i-pentano	-	-	0,072	3,4354	157549
Benceno	5,5	80,1	0,078	890	-
Ciclohexano	6,55	80,74	0,084	-	-

**Cuadro 2.2.** Propiedades principales de los componentes del gas natural (15 °C y 1 atm.)

### 2.1.2 Cadena de valor del Gas Natural

El 20 de agosto del 2004 se inicio la operación comercial del gas natural de Camisea, gracias a que cada uno de los eslabones de la cadena del gas estuvieron operativos de acuerdo a lo previsto en su contrato.



Fig. 2.1 Cadena de Valor del Gas Natural

## 2.2 PROPIEDADES DEL GAS NATURAL

Las propiedades que deberá facilitar la Empresa Concesionaria serán las siguientes: Poder calorífico, densidad relativa, presión de garantía a la salida de la llave de acometida, diámetro nominal de la llave de acometida y características de la tubería de salida si ésta se ubica enterrada.

Los datos que facilite la Empresa concesionaria serán datos válidos para el cálculo de la instalación, pero no podrán utilizarse fuera de este contexto. Si la instalación interna se realizara en una zona en la que actualmente no existe gas natural, deberá tenerse en cuenta a la hora de diseñarla.

El gas natural por ser un gas es de mejor y más fácil combustión requiriendo un exceso de aire bajo y alcanzando mayor eficiencia. La regulación del flujo es más fácil. Al presentar un ratio elevado hidrógeno/carbón la quema es limpia de manera que no se ensucian los quemadores de calderos y hornos (menos mantenimiento, más vida útil). Los gases de combustión pueden servir en aplicaciones de “calentamiento directo” porque son limpios. Se puede recuperar energía de los gases de combustión (cogeneración). Tienen una baja generación de CO, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>.

El Gas Natural no requiere de almacenamiento (ahorro de espacio) y está disponible “just in time” sin limitaciones (no hay cambios de balones). Un punto importante es que se paga después del consumido (beneficio financiero). El Gas Natural llega por ductos bajo tierra y no requiere de manipulaciones adicionales para su transporte. Resulta en su utilización más económico que otros combustibles que usamos en el laboratorio. El Gas Natural es más liviano que el aire presentando en términos relativos:

Densidad Gas Natural : 0.62

Densidad GLP : 1.8

El Limite Inferior de Explosión del Gas Natural es relativamente alto:

LIE / LSE Gás Natural : 5 a 15 %

LIE / LSE GLP : 2 a 10 %



En el cuadro que sigue se presenta la composición del gas natural de Camisea encontrado en día de la puesta en marcha en el City Gate de Lurin.

Componentes	Fracción Molar
N <sub>2</sub>	0.00744255
CO <sub>2</sub>	0.00236697
H <sub>2</sub> O	0.00000000
C <sub>1</sub>	0.87297111
C <sub>2</sub>	0.09906723
C <sub>3</sub>	0.01609385
iC <sub>4</sub>	0.00083043
nC <sub>4</sub>	0.00107157
iC <sub>5</sub>	0.00009604
C <sub>6</sub>	0.00002862
Total	1.00000000

**Cuadro 2.3.** Composición del gas natural en el City Gate (15°C y 1 atm)  
Prueba de puesta en marcha (agosto del 2004)

Cada 6 meses se confirmará. En condiciones estándares (101.325 kPa y 15°C)  
Remisión Protocolo de pruebas y comentarios

Peso Molecular		17.7
Gravedad Específica		0.61
Factor Z	a: 15.6 °C y 101.325 kPa	0.9971
	a: 15.6 °C y 10,000 kPa	0.7644
	a: 15.6 °C y 15,000 kPa	0.7262
Viscosidad	a: 15.6 °C y 101.325 kPa	0.0109
Calor Específico, kJ/kg °C	a: 15.6 °C y 101.325 kPa	0.9971
Poder Calorífico máx, MJ/m <sup>3</sup>		39.93
Poder Calorífico mín, MJ/m <sup>3</sup>		36.04
Indice Wobbe, (HHV)/(GG) <sup>0.5</sup>		46 a 56
Punto de Rocio para hidrocarburos, de 1.0 a 35 MPa, Temp.Máx. °C		-10

**Cuadro 2.4.** Propiedades del gas natural (15 °C y 1 atm.)

Azufre total	15 mg/m <sup>3</sup>
H <sub>2</sub> S	3 mg/m <sup>3</sup>
CO <sub>2</sub>	2% en volumen.
Inertes totales	4% en volumen
Agua libre	0
Vapor de agua	65 mg/m <sup>3</sup>
Punto de rocío de hidrocarburos	- 4°C a 5500 kPa

**Cuadro 2.5.** Contaminantes en el gas natural (15 °C y 1 atm.)  
El Gas Natural suministrado no deberá exceder estos límites de contaminantes:

### VOLUMEN

**Unidades SI:** el metro cúbico (m<sup>3</sup>)  
**Unidades imperiales:** el pie cúbico (c f)  
**Conversión:** 1 m<sup>3</sup> = 35.315 c f  
1 c f = 0.028 m<sup>3</sup>

**Condiciones Estándar**  
**Presión:** 1,013.25 mbar – 1 atm  
**Temperatura:** 15 °C – 288.15 °K

**Condiciones Normales**  
**Presión:** 1,013.25 mbar – 1 atm  
**Temperatura:** 0 °C – 273.15 °K

### PRESIÓN

**Unidades SI:** el Pascal (Pa)  
**Unidades imperiales:** el psi  
**Conversión:** 1 bar = 100,000 Pa  
1 bar = 14.504 psi

### ENERGÍA

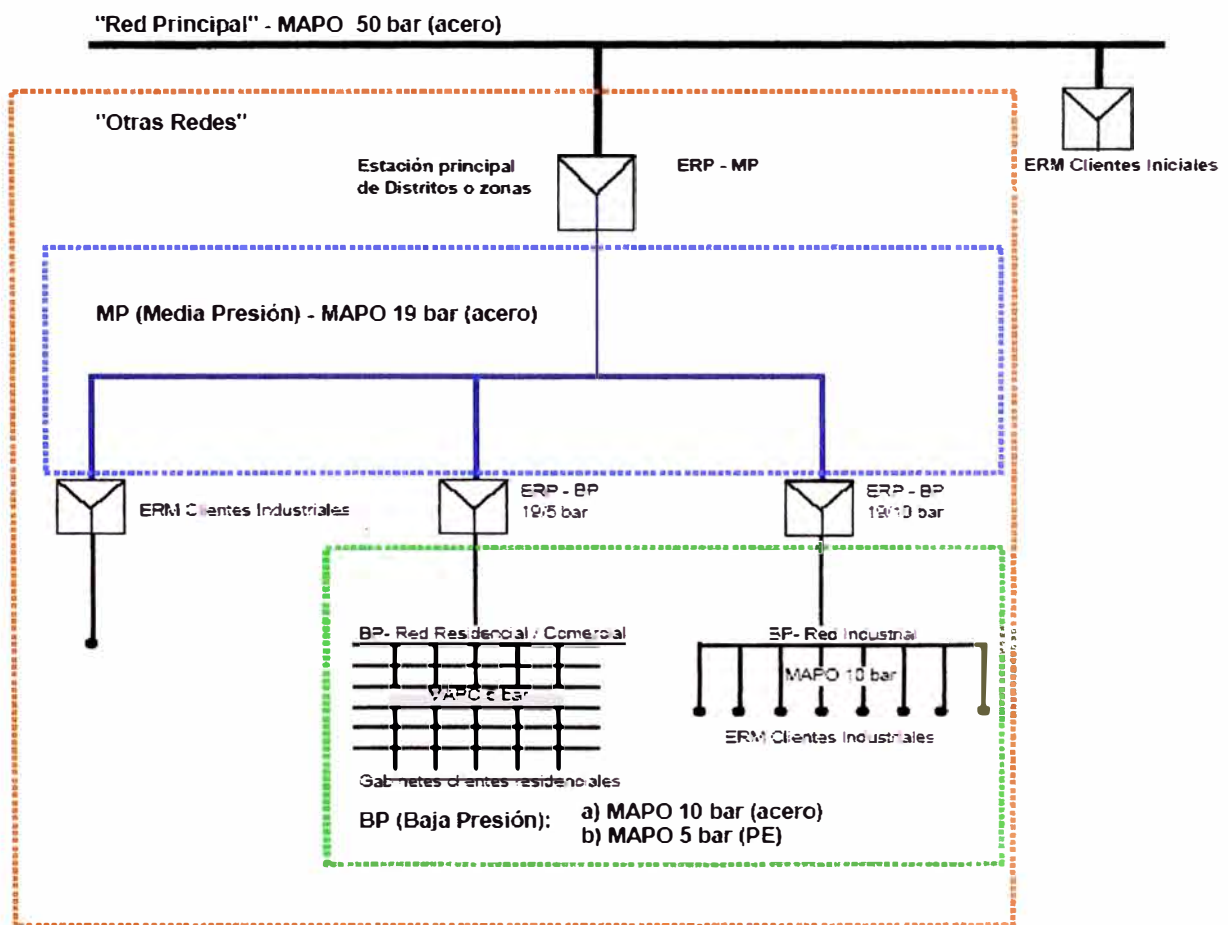
**Unidades SI:** el Joule (J, MJ, GJ)  
**Unidades imperiales:** el BTU (MMBTU)  
**Conversión:** 1 J = 0.001 BTU  
1 MMBTU=1,055MJ

**Cuadro 2.6.** Sistema de Unidades utilizados en el Gas Natural

## 2.3 APLICACIONES ENERGÉTICAS DEL GAS NATURAL

En este punto se desarrolla las aplicaciones energéticas del gas natural y sus posibilidades de desarrollo en el Laboratorio de Maquinas Térmicas. Muchas de estas aplicaciones presentan una ventaja

económica inherente a la utilización de una forma de energía de bajo costo. Las instalaciones existentes permiten en la mayoría de casos realizar un trabajo experimental eficiente. El marco general de distribución por nivel de presión se presenta en la figura que sigue.



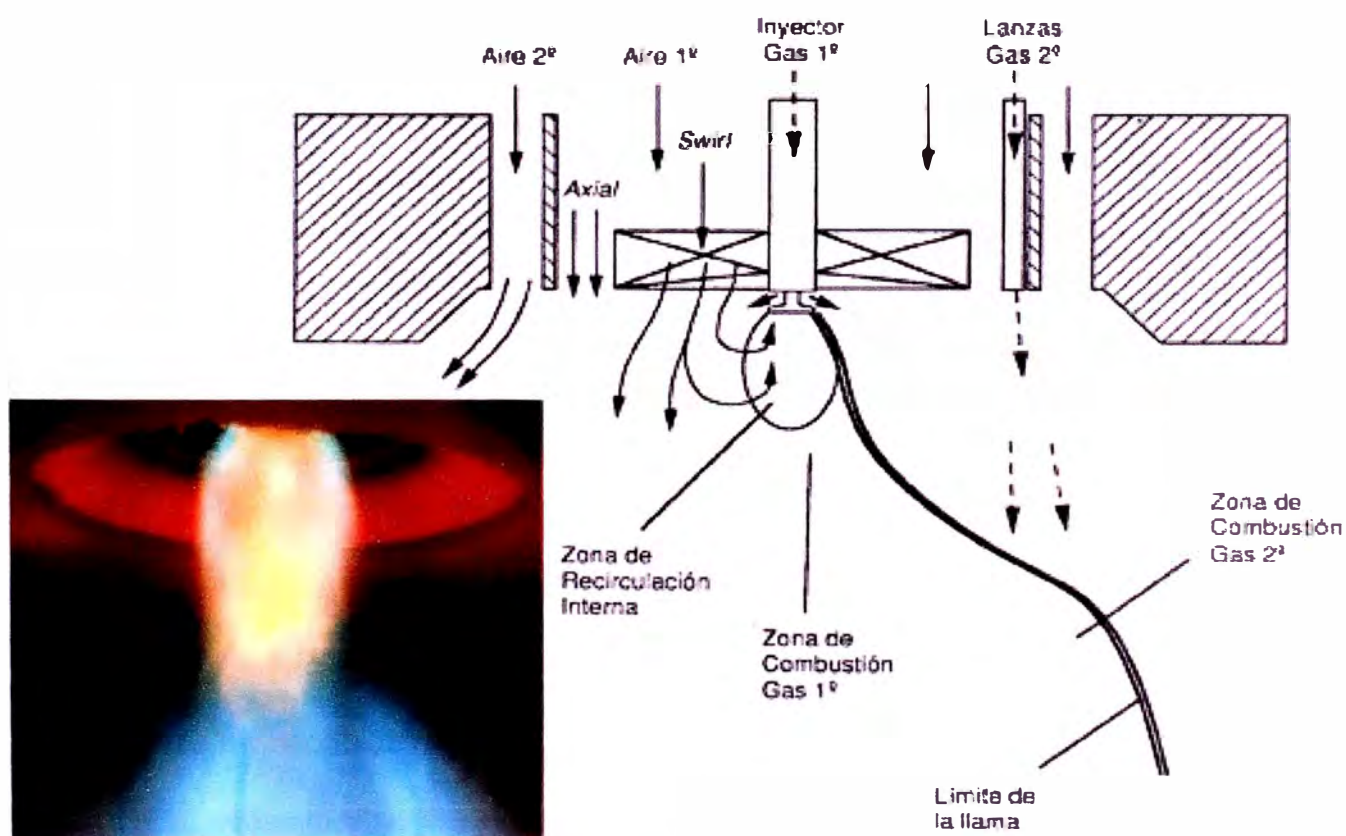
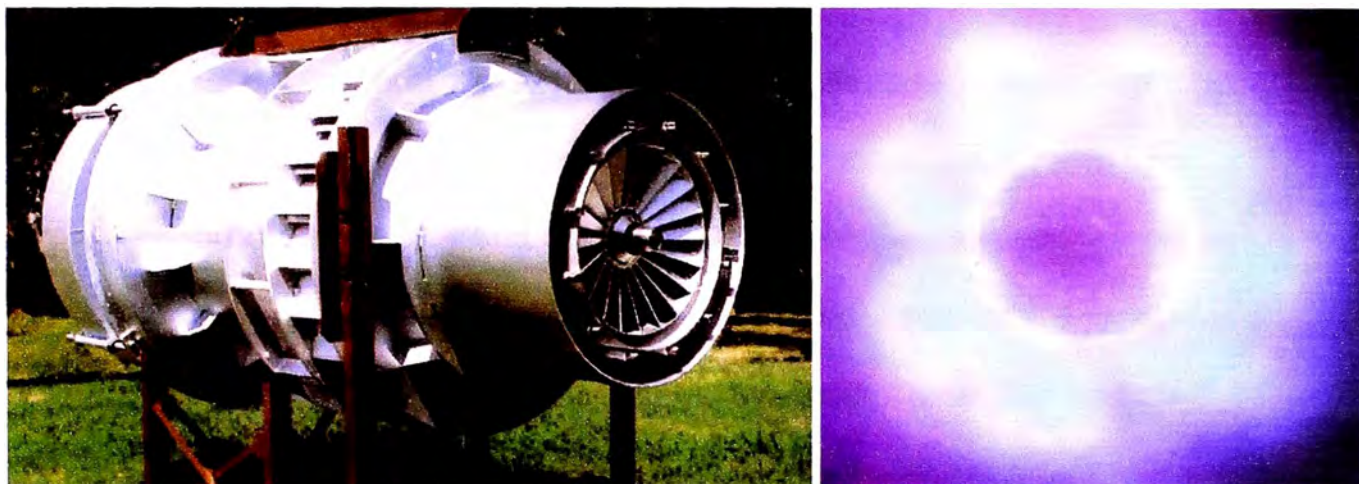
**Fig. 2.3** Red de Gas natural en Lima – Callao: Marco Conceptual por Nivel de Presión.

## **2.3.1 Como sustituto de otros combustibles**

### **2.3.1.1 En el sector Residencial Comercial**

Tanto en el hogar como en los locales comerciales, el gas natural puede utilizarse para cocinar, obtener agua caliente, secar y en la calefacción de ambientes.

Para suministrar gas natural a las viviendas y locales comerciales, en forma similar al agua potable, se debe instalar una tubería que conecte la red de distribución ubicada en la calle o avenida a través de una caja registradora donde se verifica el consumo de los usuarios. El éxito de la distribución residencial exige que se acoja el servicio en forma rápida y masiva. La velocidad a la que efectivamente se vendan las redes no se garantiza simplemente con medidas gubernamentales que faciliten el nuevo servicio al público. La mayor responsabilidad compete a las empresas distribuidoras, que deben reducir sus costos y dar el mayor rendimiento en las obras, garantizando simultáneamente un sistema seguro y eficiente.



El equipo TENOX es un quemador de bajo  $\text{NO}_x$  diseñado para la combustión de gas natural y Fuel Oil es por ejemplo un caso.

Este quemador es el resultado de un extenso programa experimental en laboratorio, complementado con una campaña de pruebas para la puesta a punto y demostración de un prototipo con gas natural.

**Fig. 2.4** Quemador Tenox

### **2.3.1.2 En el sector Industrial**

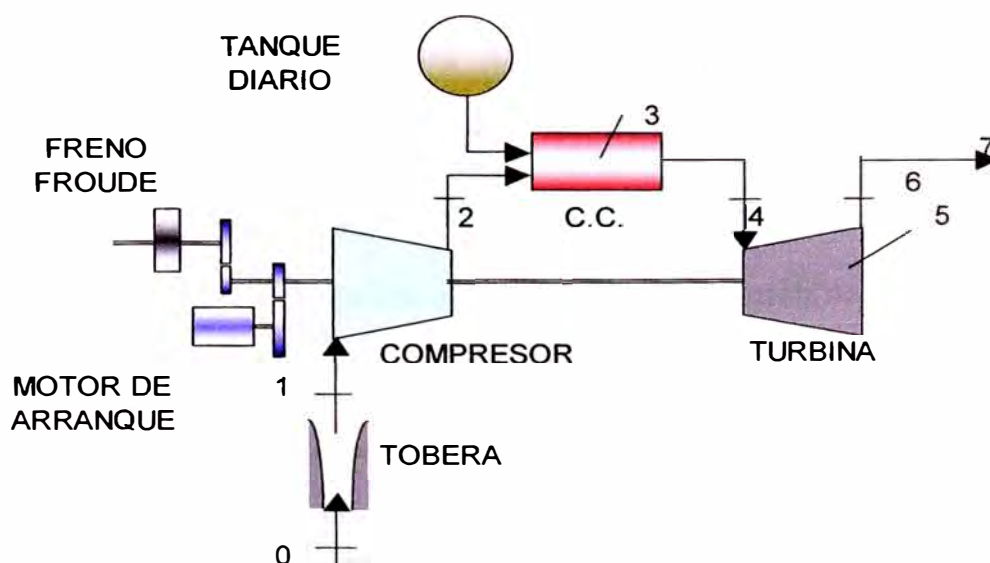
El gas natural es el mejor combustible que pueden usar las industrias que utilizan hornos y calderos en sus procesos productivos. Por sus características reemplaza ventajosamente a otros combustibles. Al tratarse de un combustible gaseoso, permite una gran flexibilidad de utilización, una fácil mezcla de combustible y comburente gracias a la circunstancia de encontrarse ambos en fase única, una adecuada configuración de la llama, la posibilidad de utilizar quemadores de mayor rendimiento, una precisión de regulación en los quemadores y una gran facilidad de automatización en los procesos en los que interviene.

El GN es un combustible libre de impurezas, lo que permite un calentamiento directo en los productos, reduce considerablemente la contaminación atmosférica, proporciona más duración a los refractarios y a los recuperadores de calor y mejora el ambiente de trabajo.

La simple sustitución de un combustible sólido o líquido por el gas conlleva importantes ventajas, como por ejemplo el menor exceso de aire en la combustión, la mayor capacidad de ajuste de temperatura y la mejora en la regulación del sistema que se

traduce en ahorros de energía muy considerable en relación con el resto de combustibles sólidos y líquidos.

La ausencia de impurezas, junto con la flexibilidad de uso, convierten al gas natural en el combustible ideal para los calentamientos directos. En este caso, las ventajas frente a los calentamientos realizados a través de fluidos intermedios son un mayor rendimiento del sistema de combustión al producirse la transferencia directa del calor. De esta forma se evitan las pérdidas térmicas del fluido intermedio. Se mejora la productividad por el hecho de poder regular la transferencia de calor a un nivel de temperatura mucho más elevado; la mayor homogeneidad de la transferencia de calor a los materiales a tratar; el mejor control de las temperaturas de fabricación en los diferentes puntos de proceso, y la mayor facilidad de adaptación a los cambios de producción.



**Fig. 2.5** Esquema de Principio de la Turbina Rove



### **2.3.1.3 En el sector Transporte**

Al transporte se le considera responsable del 22% de las emisiones CO<sub>2</sub> derivadas del consumo de combustibles fósiles. Este sector contribuye en un 50% a la acidificación y entre el 60 y el 90% a la formación de nieblas en las zonas urbanas.

La procuración sobre la disponibilidad de recursos energéticos ha conducido a un abanico de programas de desarrollo y demostración utilizando nuevas fuentes de energía para el transporte. Aunque una gran parte de este esfuerzo se ha centrado en los vehículos eléctricos, se puede afirmar que los progresos alcanzados con el gas natural han sobrepasado en mucho a los de las otras fuentes.

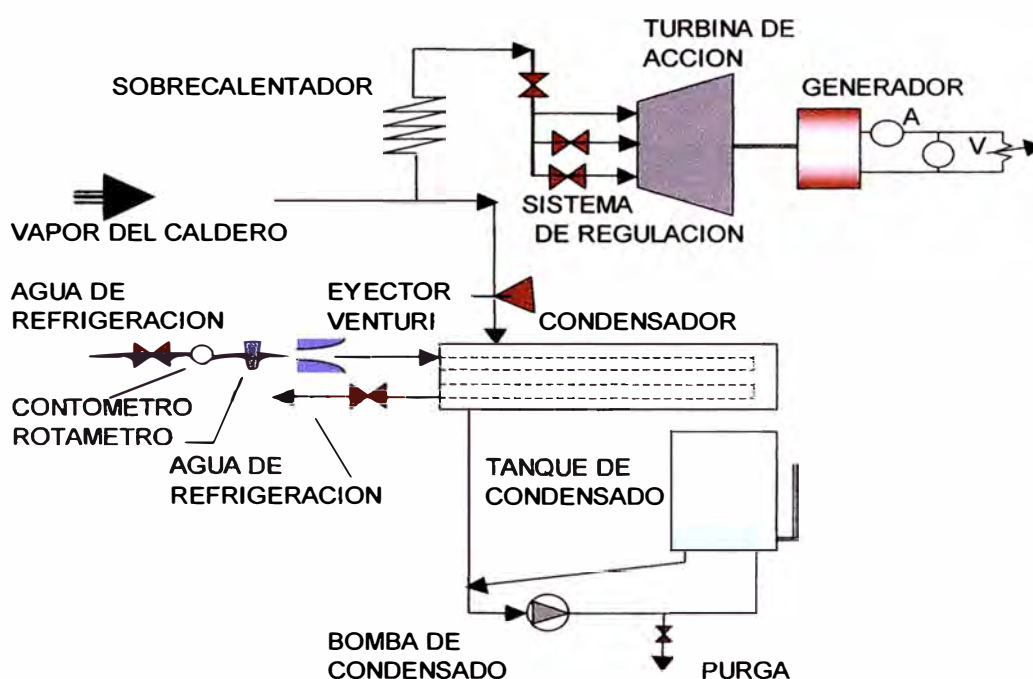
### **2.3.2 En la generación eléctrica**

La generación de energía eléctrica por sistemas convencionales tiene rendimientos del 35-40% con hasta un 65% de la energía primaria consumida desperdiciada como calor residual.

El gas natural se ha constituido en un combustible atractivo para la generación de electricidad con alto rendimiento en toda una serie de aplicaciones. El gas natural, utilizado para la generación de energía eléctrica ofrece las mejores oportunidades en términos de economía, aumento de rendimiento y reducción del



impacto ambiental. El uso de turbinas de gas para mejorar centrales existentes y en nuevas centrales de ciclo combinado permite alcanzar ahorros de energía de entre el 15 y el 50%. La investigación y desarrollo de nuevas tecnologías esta abriendo continuamente nuevas fronteras con rendimientos todavía mayores y por consiguiente menos contaminación.



**Fig 2.6** Esquema de Principio de la Turbina Coppel

### 2.3.2.1 Centrales convencionales

En ellas el gas se usa como combustible de cámara para la generación de vapor de agua. La central está formada por el conjunto generador de vapor-turbina-alternador. En otros casos, en centrales convencionales de carbón o diesel se usa gas natural a través de quemadores mixtos o en diferentes

quemadores en el mismo hogar de la caldera a fin de reducir las emisiones de  $\text{SO}_2$  y  $\text{NO}_x$  que se originarían por el uso exclusivo de los combustibles antes citados. Mediante el uso del gas natural se puede crear una combustión por etapas en zonas con atmósferas pobres en oxígeno. La combustión se completa en el tramo final del hogar con la aportación del aire y gas necesario. Con este sistema se consiguen notables reducciones en los niveles de emisión de  $\text{SO}_2$  y  $\text{NO}_x$ .

#### **2.3.2.2 Centrales de ciclo combinado**

Se basa en la producción de energía eléctrica a través de ciclos diferentes, una turbina de gas y otra turbina de vapor. El calor no utilizado por uno de los ciclos se emplea como fuente de calor del otro. De esta forma los gases calientes de escape del ciclo de turbinas de gas entregan la energía necesaria para el funcionamiento del ciclo de vapor acoplado. Esta configuración permite un muy eficiente empleo del gas natural.

Entre sus características principales se puede mencionar:

- Presentan un rendimiento muy elevado (48% pudiendo alcanzar hasta el 52%) mayor que el de cualquier otro tipo de central termoeléctrica. Su naturaleza modular les permite una buena adaptación a regímenes de trabajo a carga

parcial, por lo que siempre pueden trabajar en zonas de óptimo rendimiento.

- Las inversiones por potencia unitaria son menores que otras tecnologías
- El impacto medioambiental derivado de sus emisiones y residuos es mucho menor que el del resto de tecnologías comparables que se usan para la generación de electricidad a partir de combustible fósiles.

### **2.3.2.3 Cogeneración**

La cogeneración consiste en la generación simultánea de electricidad y calor para su aprovechamiento inmediato y se puede efectuar mediante turbinas o motores de gas. Las plantas de cogeneración producen electricidad y calor para aplicaciones descentralizadas y donde se requieran. Estas plantas tienen una óptima eficiencia en las transformaciones energéticas y con mínimas contaminaciones ambientales.

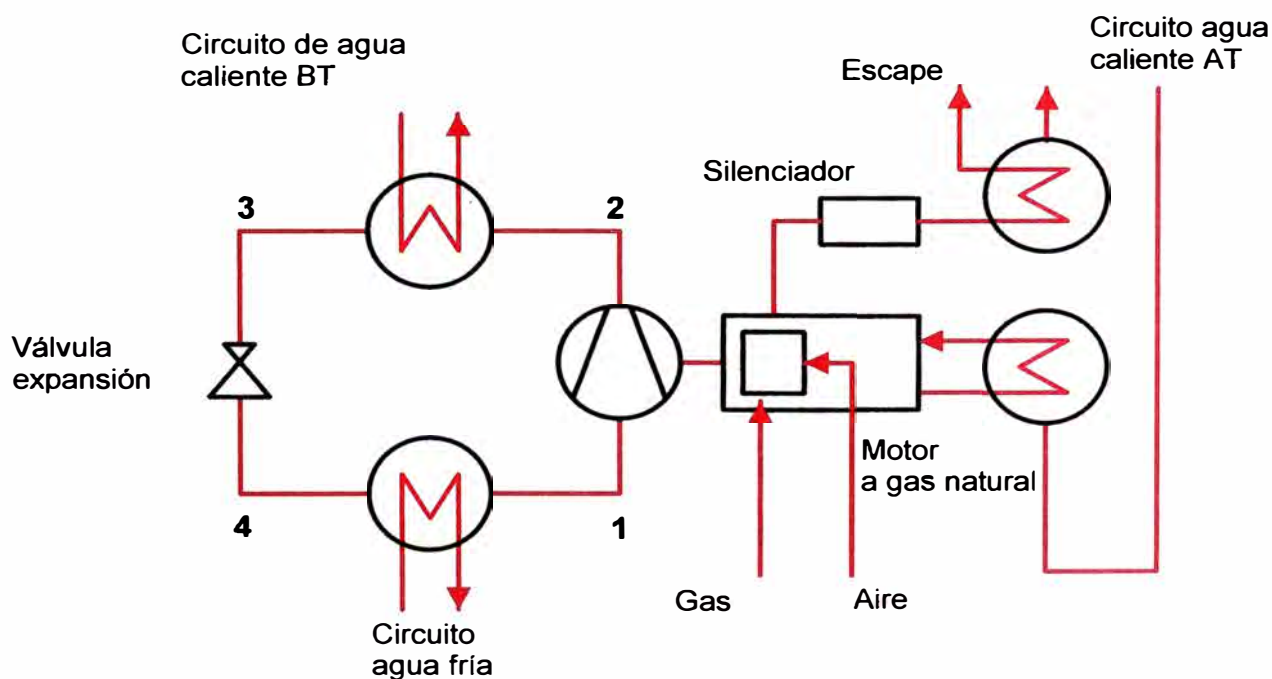
### **2.3.3 Sistema de Refrigeración**

En los últimos años, el uso de tecnologías de producción de frío a gas natural se ha visto potenciado por el creciente interés general en incrementar la eficiencia energética y maximizar la utilización de los recursos naturales.

Los motores a gas natural para la producción de frío están ganando mercado en el sector servicios (donde se incluyen hoteles, edificios de oficinas y pequeños comercios), hospitales, campus universitarios y complejos industriales.

### 2.3.3.1 Por Compresión

La generación de frío por compresión de un fluido frigorífico en estado de vapor sigue un ciclo termodinámico definido por la secuencia representada en la figura



**Fig. 2.7** Sistema de refrigeración por compresión

1-2: Comenzando a la entrada del compresor, el refrigerante se halla a baja presión y baja temperatura. El compresor eleva la presión del refrigerante mediante compresión adiabática y en

consecuencia la temperatura de saturación del mismo hasta la presión de condensación.

2-3: El refrigerante entra en el condensador donde pasa de vapor a líquido puesto que la temperatura de saturación es mayor que la del ambiente. El calor resultante de la reacción es transferido directamente a una fuente de aire o indirectamente a una fuente de agua que, a su vez, lo transferirá al aire a través de una torre refrigerante.

3-4: El refrigerante se expande a una presión menor reduciendo su temperatura de saturación y evaporando a una temperatura menor que el agua enfriada que entra al evaporador.

4-1: Evaporación del refrigerante que se encuentra a la temperatura correspondiente a la presión que tenía a la salida de la válvula de expansión. Al evaporar, el refrigerante toma el calor que necesita para la reacción del recinto que se quiere mantener más frío, obteniéndose así el efecto frigorífico y volviendo a empezar el ciclo a la entrada del compresor.

### 2.3.3.2 Por absorción

En este caso la producción de frío también se obtiene mediante la evaporación de un fluido. No obstante, mientras que en el proceso de frío por compresión se realizaba una compresión mecánica del vapor del refrigerante aspirado del evaporador, en el de absorción se produce una compresión térmica, en el que primero se absorbe y disuelve mediante un líquido apropiado como medio de absorción.

Este sistema se basa en la afinidad fisicoquímica entre parejas de compuestos como el agua y el amoníaco, o el bromuro de litio y el agua.

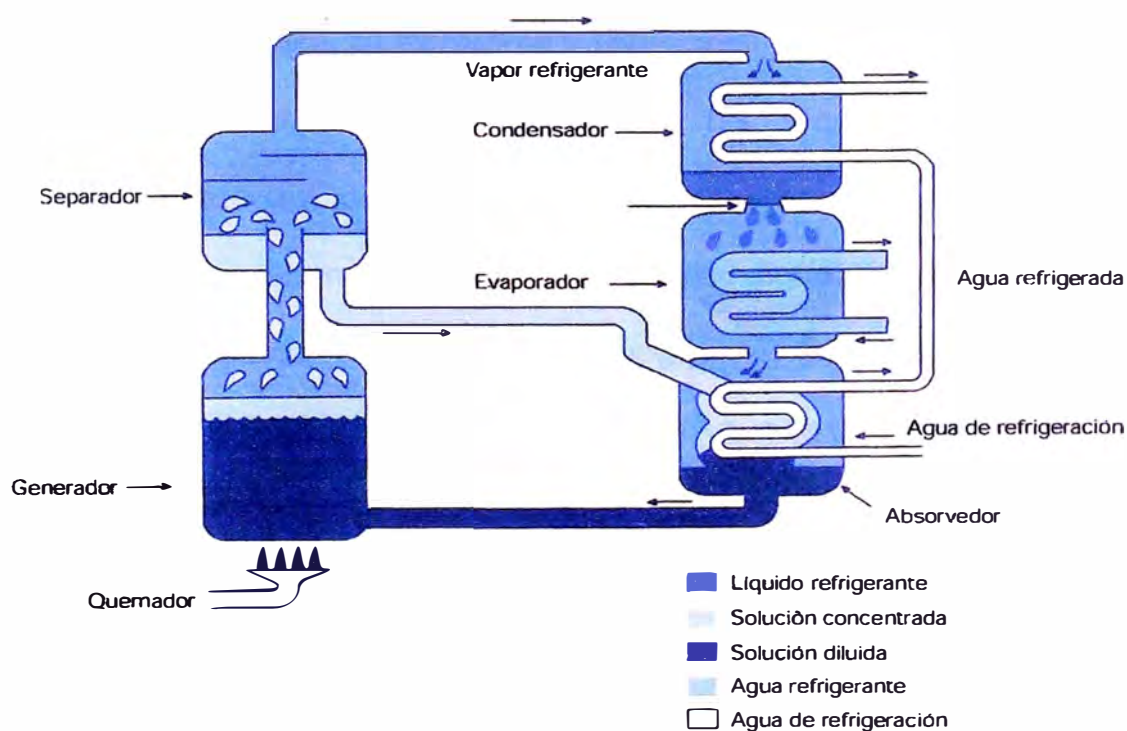


Fig. 2.8 Sistema de refrigeración por absorción

## **2.4 EL LABORATORIO EN LA INGENIERÍA MECÁNICA**

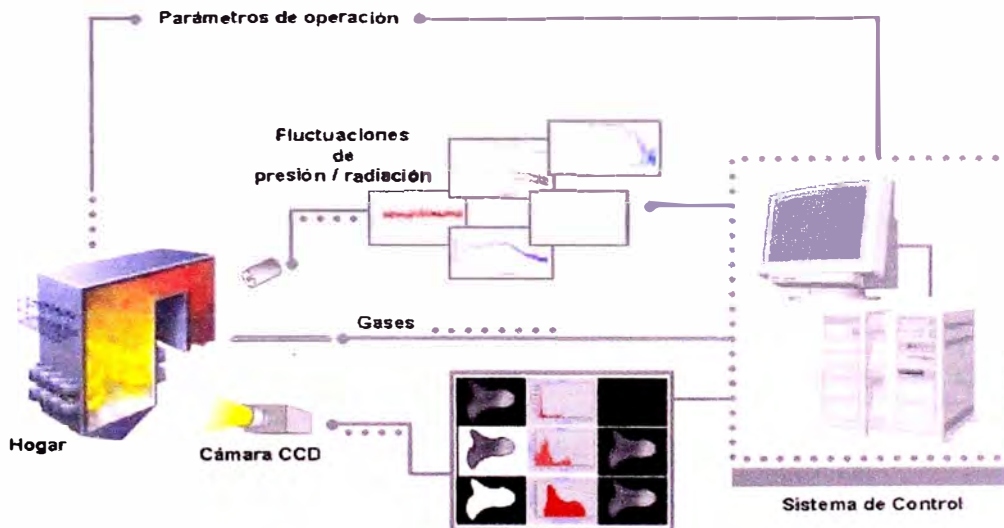
La ingeniería es una profesión práctica, afecto a un servicio activo que modifica los tres recursos fundamentales que la humanidad tiene disponible para la creación de toda tecnología: Energía, materiales e información. También es importante distinguir tres tipos básicos de Laboratorio de Ingeniería: El de desarrollo tecnológico, de investigación y el Instruccional. En estos últimos años la naturaleza de estos laboratorios están cambiando, hay la necesidad de objetivos de aprendizaje coherente para los laboratorios y como esta necesidad ha limitado la efectividad de los laboratorios y obstaculizado la investigación.

### **2.4.1 El hardware, el software y las comunicaciones.**

La instrucción del laboratorio ha sido potenciado por la introducción de dos fenómenos que hace dos décadas no se tenía presente: La computadora digital y los sistemas de aprendizaje a distancia, particularmente sobre el Internet. La computadora digital ha abierto nuevas posibilidades en el laboratorio, se hace mención la simulación, la adquisición de datos, el control remoto de instrumentos, y el análisis con la presentación rápida del reporte técnico.

## 2.4.2 La simulación y la experimentación real

La simulación reproduce el comportamiento de un sistema (ejemplo un fenómeno físico) de acuerdo a un modelo establecido, algunas de las simulaciones están basados en modelos simplificados que fallan cuando se analizan circuitos o estructuras complejas. Entendiendo las limitaciones comparadas a los procesos reales es un factor clave en su uso.



**Fig. 2.9** Sistema Modular de adquisición de datos con consola de control computarizado. Sistema SCADA

En estos días programas software están disponible para emular correctamente muchos proceso técnicos y físicos, estos programas software juegan un importante rol en la educación de la ingeniería.

Dos software significativos desarrollados usado para simular procesos de ingeniería han tenido un efecto revolucionario en



educación de ingeniería: Modelamiento con elemento finito (FEM en Ingles) y el programa de simulación (SPICE). El software fue resultado de una herramienta de análisis estructural desarrollado en los años de 1940 para ayudar a diseñar mejor los aeroplanos. SPICE fue resultado del esfuerzo de Ron Rohrer y su estudiante, Larry Nagel, en la Universidad de California, Berkley para desarrollar un programa de simulación de circuito para su trabajo en optimización.

En algún sentido, SPICE y FEM se han convertido en laboratorios virtuales. Estudiantes puede diseñar un circuito o una estructura mecánica y luego reasignarlo al SPICE o FEM para determinar sus características de diseño “experimentalmente” a través de la utilización de la simulación digital. Estos programas sin embargo tienen limitaciones. Los dispositivos y materiales reales tienen dificultades para modelarlos adecuadamente. Desde que la simulación es solamente tan bueno como el modelo utilizado.

## SECUENCIA EN EL USO DE UN PROGRAMA DE PROPOSITO GENERAL

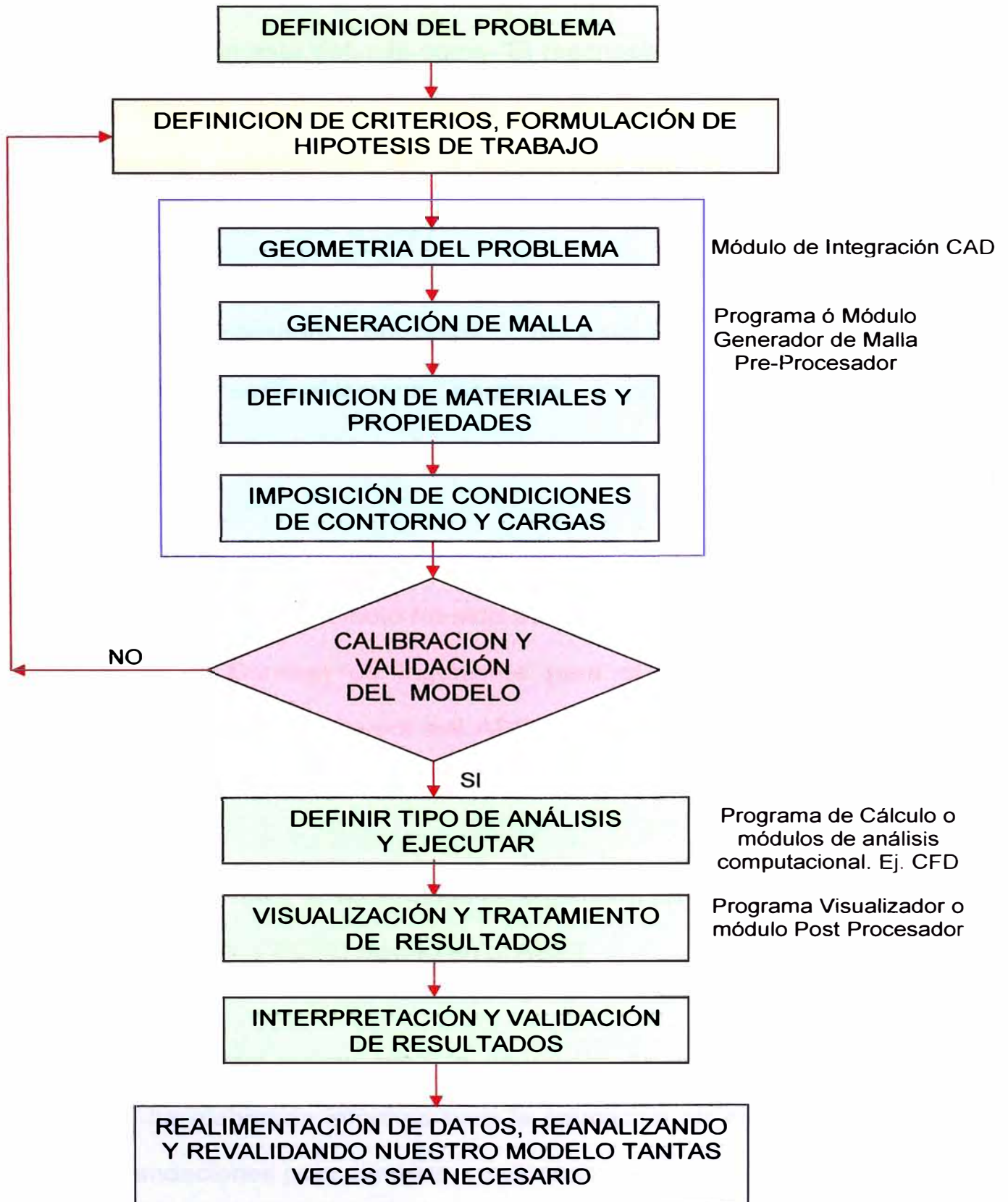


Fig. 2.10 Diagrama de flujo de un programa de uso general

## **2.5 LA ACREDITACIÓN DE LAS ESPECIALIDADES DE INGENIERÍA MECÁNICA.**

La acreditación esta definida como “El reconocimiento a la satisfacción de un conjunto de criterios (normas y estándares) mínimos de calidad previamente establecidos; de tal manera que ello permita un eficiente Proceso de Enseñanza Aprendizaje, así como la formación de profesionales de alta calidad”. Es el resultado de una evaluación realizada aplicando principios, parámetros, metodologías e instrumentos verificablemente objetivos, y por ende, externo a la Facultad y la universidad evaluada.

El proceso de acreditación ha tenido un impacto en los laboratorios de Ingeniería, aunque el efecto ha sido frecuentemente indirecto. En 1932 se formo el Consejo de Ingenieros para el Desarrollo Profesional (ECPD en ingles), precursor del ABET (denominada la plataforma de acreditación para ingeniería y tecnología).

Alrededor de 1980, la sociedades de ingeniería pasaron por una mayor reorganización, y ECPD devino en el ABET.

La sociedad americana para la educación en ingeniería (ASEE en ingles) ha elaborado informes para la educación en ingeniería y hace recomendaciones para cambios y mejoras.

En el ámbito institucional académico universitario la acreditación debe considerarse en dos niveles:

A nivel de sus componentes (Alumnos, profesores, administradores, técnicos, graduados y titulados, carreras, facultades, Institutos, investigaciones, servicios, publicaciones, proyección social, extensión universitaria, etc.

A nivel Institucional, el nivel de componente debe, a su vez, considerarse desde el punto de vista de su aptitud explícita e implícita para responder a requerimientos de la calidad y a los requerimientos de la sociedad, así como en función a su aporte como infraestructura del todo Institucional.

Las carreras de Ingeniería deben demostrar que los estudiantes logran los siguientes resultados al momento de egresar:

- a) Aplicar conocimientos relacionados a las matemáticas, ciencias e Ingeniería.
- b) Diseñar y conducir experimentos, así como el analizar e interpretar datos.**
- c) Diseñar sistemas, componentes o procesos que satisfagan necesidades detectadas.
- d) Trabajar en equipos multidisciplinarios.
- e) Identificar, formular y resolver problemas de Ingeniería.
- f) Comprender su responsabilidad profesional y ética.
- g) Comunicarse efectivamente.

- h) Comprender el impacto de la Ingeniería en la solución de problemas globales y sociales, gracias al haber contado con una educación general.
- i) Reconocer la necesidad y comprometerse con el aprendizaje a lo largo de toda la vida.
- j) Conocer temas de actualidad.
- k) Usar técnicas, estrategias y herramientas de la ingeniería moderna necesarias para la práctica de la misma.

La UNI tiene cerca de 43 Laboratorios y la Facultad de Ingeniería Mecánica cuenta con 4 Laboratorios: Lab. Procesos de Manufactura, **Lab. Máquinas Térmicas é Hidráulica (Lab. N°5)**, Lab. de Mecátronica y Lab. de Automatización. Los laboratorios deben cumplir un rol de apoyo a la enseñanza, investigación y prestación de servicios.

## LA FORMACIÓN EN INGENIERÍA



**Fig. 2.11** Esquema de la formación en ingeniería

## CAPITULO 3

### REQUERIMIENTOS ENERGETICOS

#### 3.1 INSTALACIONES EXISTENTES EN EL LABORATORIO

En la actualidad en las instalaciones existentes con su equipamiento, es abastecido por combustibles como el GLP, el Diesel 2 y el Kerosene.

##### 3.1.1 Equipamiento: Características y parámetros

#### TURBINA A GAS ROVER



**Fig. 3.1** Turbina a gas Rover

El equipo Turbina a gas consta de un compresor centrifugo, montado en un mismo eje con la turbina de tipo axial simple de impulsión con las siguientes características:

Potencia	: 60 BHP
Velocidad angular	:46,000 RPM
Consumo de D1	: 0.75 Lts/min.
Freno Hidráulico	: Froude
Potencia Máximo Freno	:150 BHP
Velocidades	: 4,000 y 7500 RPM

## EQUIPO ESTADO REACTOR RAMJET

Este equipo cumple el ciclo Brayton abierto, es la concepción más simple de propulsión de aeronaves, con numero de Mach menor a 1.

Combustible : GLP  
Consumo : 10 Galones/h.



**Fig. 3.2** Equipo estado reactor Ramjet

## CAMARA DE COMBUSTIÓN HILTON

El rango de uso de la unidad de instrucción HILTON es extenso, cámara de combustión a presión constante, utiliza como combustible GLP, Kerosene o una mezcla de ambos. Caracteriza la combustión de combustibles líquidos y gaseosos, así como la comparación entre ellos.





**Fig. 3.3** Cámara de combustión Hilton

Combustible	: Gas Propano/Keroséne
Flujo de Aire	: 0-158.75 kg/h.
Pot. Del Ventilador	: 5HP

Las partes constitutivas de la unidad son:

Quemador.- Shieldron N°3, patente británica, preparado para operar con combustibles líquidos y gaseosos. Tiene un diseño especial para mantener la relación Aire-Combustible.

Cámara de Combustión.- Constituido por Cámara refractaria, Cámara de combustión, chimenea, siete visores, orificio para el tubo muestreador y la bujía de ignición.

Además constituido por ventilador centrifugo, sistemas de combustible, de aire, de agua y panel de control.

### **CALDERA PIROTUBULAR DE 30 BHP INTESA**

Las características y parámetros de esta caldera se mencionan en el capítulo 5, como caso aplicativo.

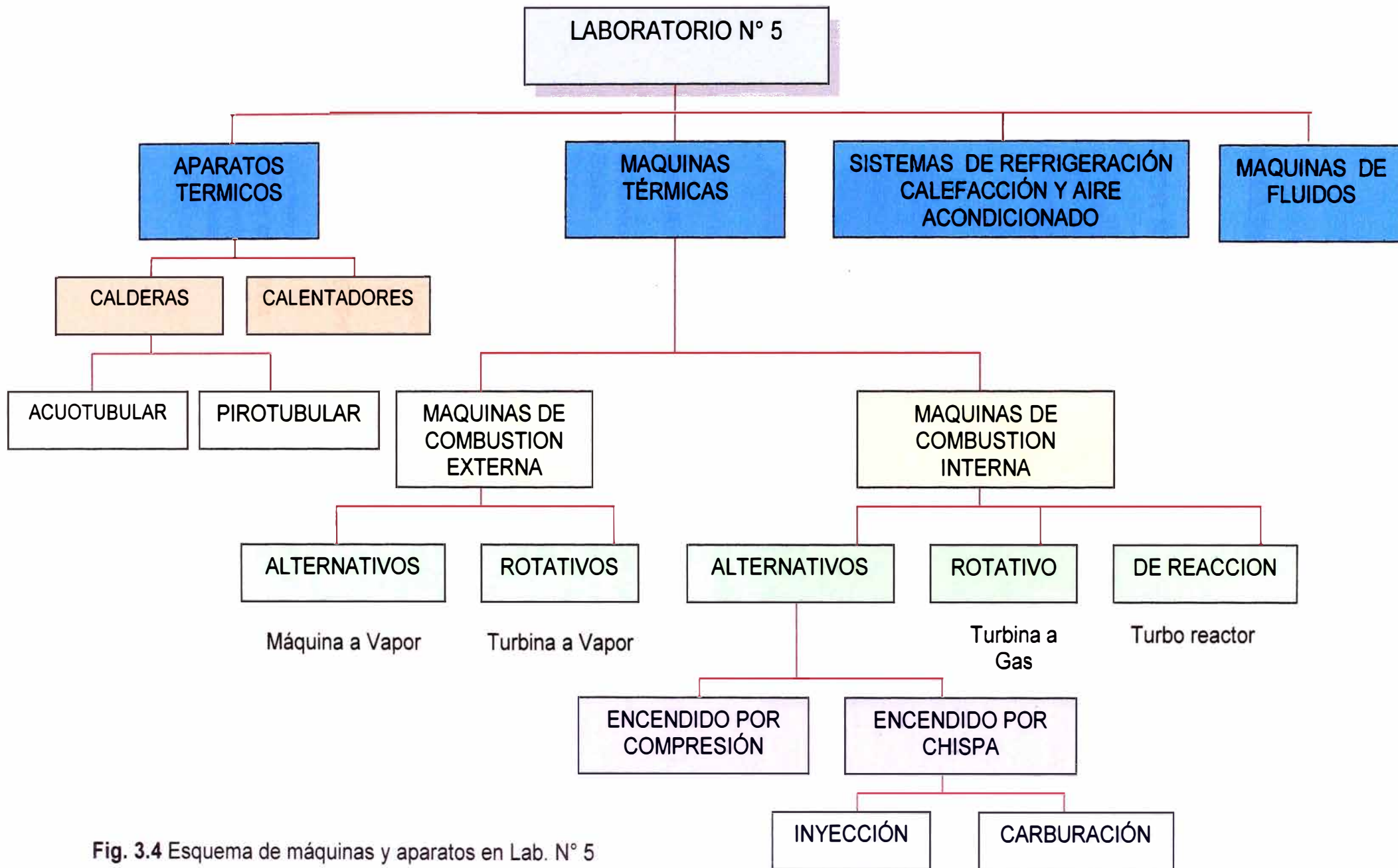


Fig. 3.4 Esquema de máquinas y aparatos en Lab. N° 5

### 3.1.2 Bancos de prueba

#### SALA DE MOTORES

#### MOTOR ROUSTON



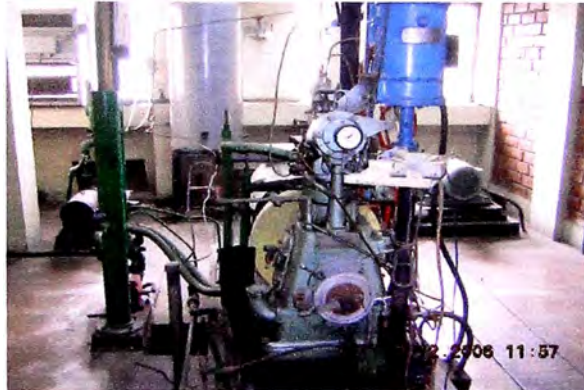
**Fig. 3.5** Motor Rouston

Marca	: Ruston and Hornsby Ltd. Lincoln England
Modelo	: 1 ZHR (5 5/8 x 10 1/2")
Serie	: 434989
Potencia	: 11BHP a 475 RPM
Presión de Compresión	: 500 PSI
Presión de Combustible	: 680 PSI
Temperatura del agua de refrigeración	: 60 °C (máx. recomendada)
Combustible	: Petróleo Diesel N° 2
Presión de Inyección	: 1600 PSI

#### MOTOR CATERPILLAR

Modelo	: 311
N° de cilindros	: 4
Diámetro	: 4"
Carrera	: 5"
RPM	: 1800(con carga), 1995 (sin carga)
Potencia	: 54.5 HP

## MOTOR RICARDO



**Fig. 3.6** Motor Ricardo

Serie	: 105/69
N° Cilindros	: 1
RPM	: 3000
Diámetro	: 76.2 mm
Carrera	: 111 mm
Capacidad	: 507 cm <sup>3</sup> .
<u>Relación de Compresión</u>	
Encendido por chispa	: 4.5/20:1
Encendido por compresión:	22.1:1
Potencia máxima	: 15 kW

## GENERADOR

Serie	: 4387411
Tipo	: Dynamon
Potencia	: 22 kW
Corriente	: 55 Amp.

## MOTOR CUMMINS

Marca	: Cummins Engine Company Inc. Columbus Indiana USA
SBM N°	: 42679
Modelo	: JT-6-8
Eng. N°	: 274578
Cilindros	: 6
BHP	: 165
RPM	: 2500

## MOTOR PETER



**Fig. 3.7** Motor Peter

Tipo	: PH1W
N°	: 9946
BHP	: 8.2
RPM	: 2000

## 3.2 REQUERIMIENTO DE GAS NATURAL

### 3.2.1 Alternativas tecnológicas en su aplicación

En el futuro con el suministro de Gas Natural, como alternativas tecnológicas se puede mencionar los siguientes: Banco de quemadores, banco de prueba de motores dedicados a Gas natural, hornos, calentadores y sistema de refrigeración a gas natural, pruebas de propiedades de combustibles gaseosos.

### 3.2.2 Cálculo del consumo de Gas Natural

Se ha estimado en base al consumo que pudiera tener un equivalente a la turbina Rover, a la cámara de combustión Hilton,

al estatoreactor Ramjet, futuro consumo de hornos de tratamiento térmico, motores de combustión interna de la sala de motores, futuro consumo de una caldera acuotubular futuro consumo de un aparato ó banco de prueba (pudiera ser de quemadores u otro), una caldera pirotubular de 30 BHP y un futuro consumo de un calentador de agua. Se ha considerado el caso más conservador, como alternativa de consumo, de dos alternativas A y B como se muestra en los respectivos diagramas isométricos.



**CUADRO 3.1 CONSUMOS**

ITEM	CANT	EQUIPO	CONSUMO m <sup>3</sup> /hr		QUEMADORES		TEMP. °C	OBSERV.
			Unitario	Total	Cant.	P <sub>trab</sub>		
1	1	Turbina a Gas Rover	53.2	53.2				
2	1	Cámara Combustión Hilton	9.35	9.35				
3	1	Estado Reactor RamJet	23	23				
4	2	Hornos de Tratamiento Térmico	5	10				
5	2	Sala de Motores Combustión Interna	20	40				
6	1	Caldera Acuotubular	106	106				
7	1	Aparato /Banco de Prueba	35	35				
8	1	Caldera Piro tubular	71	71				
9	2	Calentador de agua	0.2	0.4				

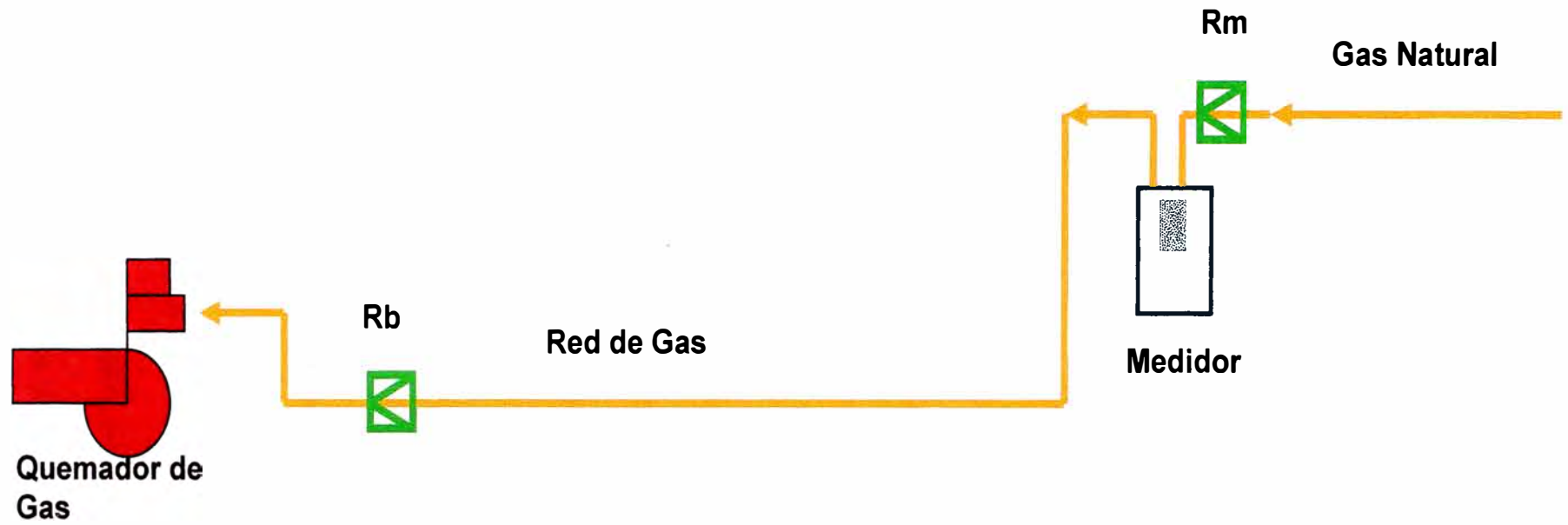


Fig. 3.8 Instalación Típica de Gas Natural



## CAPITULO IV

### INSTALACIONES INTERNAS DE GAS NATURAL

#### 4.1 CARACTERÍSTICAS Y PARÁMETROS DEL PUNTO DE ENTREGA

Toda solicitud para un nuevo suministro de gas natural debe estar dirigida al concesionario y para su admisión debe contener como mínimo la siguiente información:

- 1) Nombre o Razón Social del propietario, acreditando su representante legal en el caso de persona jurídica, dirección a donde se dirigirá la comunicación y adicionalmente números telefónicos o correos electrónicos, si los tuviere.
- 2) Dirección o ubicación geográfica del punto de suministro a atender.
- 3) Identificación de las cargas a conectar, indicando relación y categorías de los potenciales consumidores y usos que se le dará al Gas Natural.
- 4) Consumo estimado mensual de Gas Natural (en m<sup>3</sup> estándar), por punto de suministro.
- 5) Presión requerida por punto de suministro.
- 6) Fecha solicitada de entrada en servicio.
- 7) Dos (2) copias del plano de ubicación en escala 1/5000 ó 1/10000, indicando el número de puntos de suministro y lotes totales a servir en cada etapa de construcción; ubicación de los principales

consumidores comerciales e industriales; e indicación de las vías de acceso al área a servir o referencias físicas que permitan su fácil ubicación con respecto a las instalaciones existentes.

- 8) Copia del documento que acredite la propiedad del predio. En caso de predios alquilados, presentar adicionalmente la autorización escrita del propietario para solicitar el servicio ante el concesionario.

#### **4.2 ACOMETIDA Y ESTACIÓN ERM**

El Reglamento de Distribución de Gas Natural por Red de Ductos (D.S. 042-99-EM) establece con respecto a las acometidas lo siguiente: “Instalaciones que permiten el suministro de gas natural desde las redes de distribución hasta las instalaciones internas. La Acometida tiene como componentes: El medidor, los equipos de regulación, la caja de protección, accesorios y las válvulas de protección.”

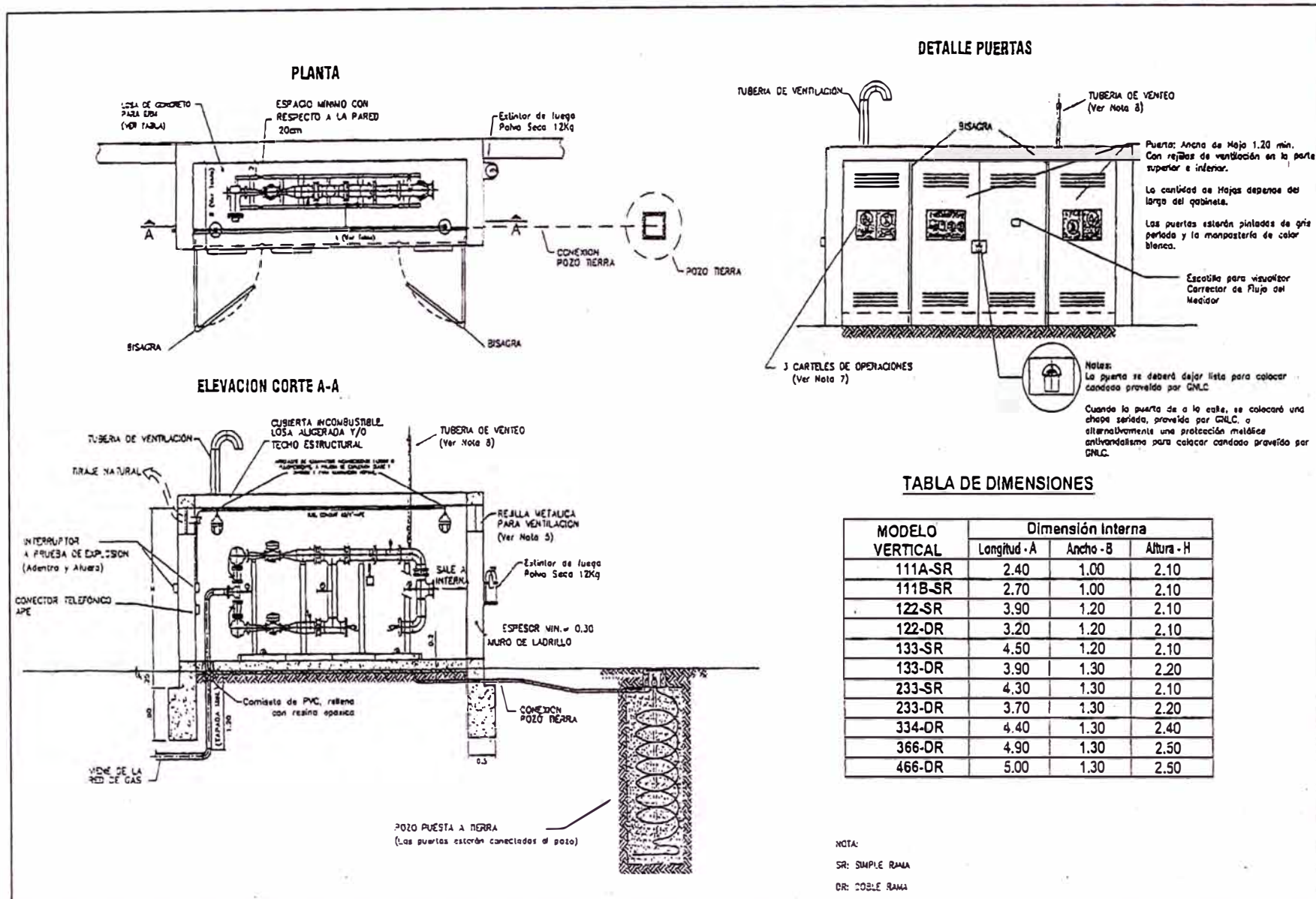


Fig. 4.1 Plano Tipo de Instalación y Montaje de ERM

En concordancia con lo determinado por el artículo 71 del Reglamento de Distribución, CALIDDA tiene el derecho de exigir el cumplimiento de las especificaciones de diseño, materiales, equipos y construcción de la Acometida, con el fin de poder verificar las condiciones de calidad y seguridad de dichos equipos antes de proceder a su instalación, habilitación con gas natural y conexión al Sistema de Distribución, y posteriormente a efectuar su operación y mantenimiento.

#### **4.2.1 El diseño básico de la ERM**

El cliente deberá haber recibido una respuesta formal y positiva por parte de CALIDDA a su solicitud de Factibilidad de Suministro, para poder iniciar el proceso de diseño de la ERM que formará parte de su Acometida.

En esta respuesta CALIDDA indicará las condiciones de diseño que el cliente deberá considerar para la elaboración de la ingeniería y para la construcción de la ERM, así como las características generales de la estación.

La estación de regulación y medición tiene por objeto asegurar una presión de salida (presión regulada) de valor constante, independientemente de las variaciones de presiones de suministro fijadas por CALIDDA y de la fluctuación de caudal

requerida por la instalación interna, dentro de los rangos previstos de consumo.

Asimismo, en función de las características del suministro y de las condiciones particulares requeridas por la instalación se preverán elementos que garanticen la separación de sólidos, que eviten los riesgos de formación de hidratos y que asegure en todo momento que la sobrepresión que alcance en la instalación interna, por fallas en el sistema de regulación, no supere los valores para los cuales ha sido diseñada la misma.

En la respuesta a la solicitud de Factibilidad de Suministro el cliente encontrará los siguientes valores, necesarios para el diseño y construcción de la ERM:

- a. Presión de diseño: La ERM deberá ser diseñada considerando la máxima presión de suministro de la red de gas natural a la cual será conectada

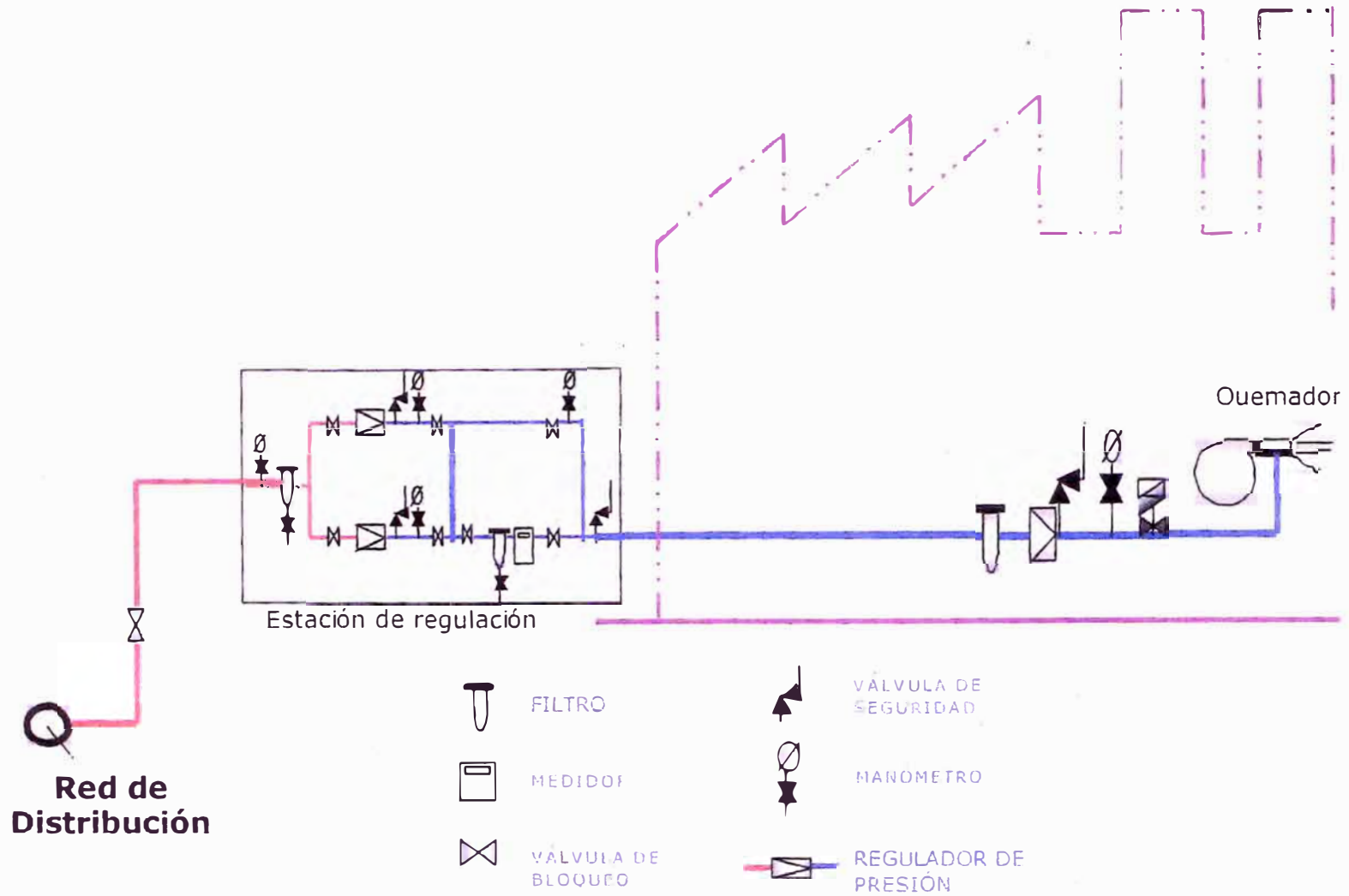
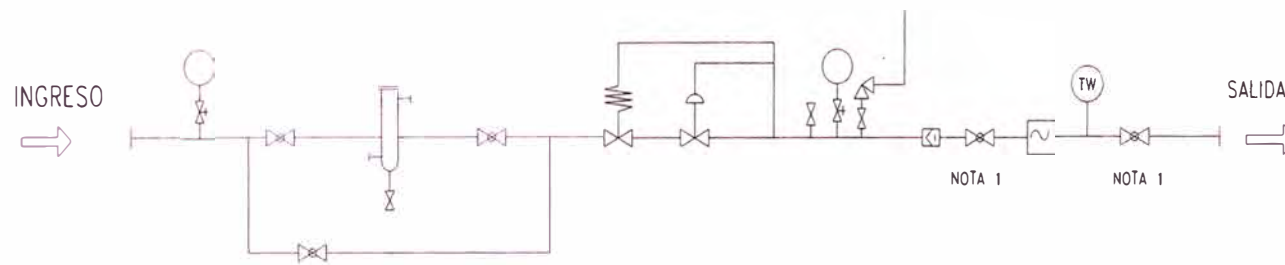


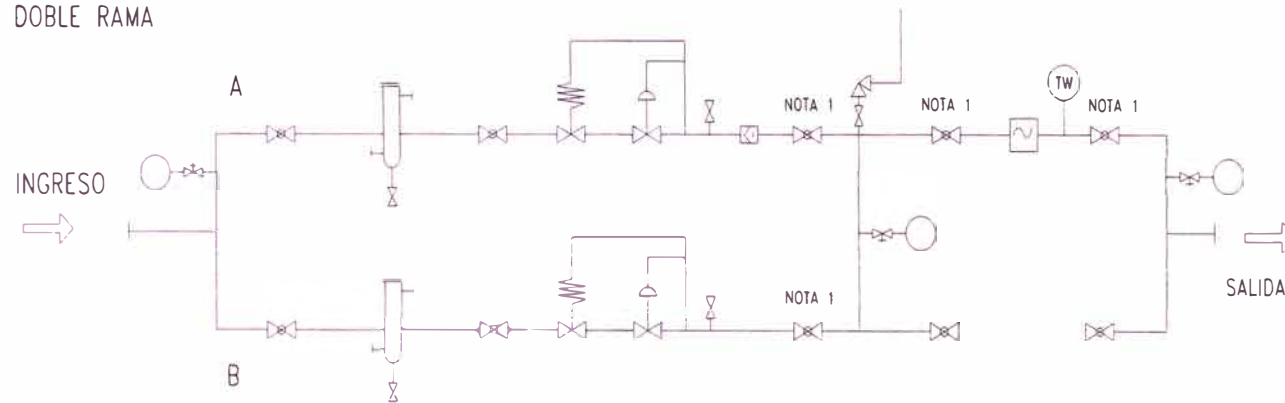
Fig. 4.2 Procedimiento para adaptar equipos al uso de Gas Natural

## ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN (ERM)

SIMPLE RAMA



DOBLE RAMA



SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
	MANÓMETRO Y VALVULA DE BLOQUEO Y PURGA
	VALVULA ESFERICA
	VALVULA MARIPOSA
	MEDIDOR DE FLUJO CON CORRECTOR DE CAUDAL
	FILTRO COALESCENTE
	VALVULA ESFERICA PARA PURGA
	VALVULA DE SEGURIDAD POR ALIVIO
	REGULADOR CON BLOQUEO INCORPORADO
	CUPLA CON TERMOPOZO DE ACERO INOXIDABLE
	FILTRO DE SUCCION CÓNICO

NOTA 1:  
LAS VÁLVULAS AGUAS ABAJO DE LA REGULACIÓN  
PODRÁN SER DEL TIPO MARIPOSA

**Fig. 4.3** Estación de Regulación y Medición (ERM). Esquema P&D

- b. Caudal: La capacidad de la ERM deberá ser diseñada tomando en cuenta, de acuerdo a las buenas prácticas internacionales, las previsiones de mínimo y máximo consumo pico horario futuro que podrá tener el cliente. Así mismo, la ERM deberá operar de forma adecuada en el rango de caudal comprendido entre el caudal mínimo horario y el caudal máximo horario.
- c. Presión mínima de suministro de la red: Para el diseño de la ERM se deberá tener en cuenta la condición de máximo caudal y presión mínima de entrada. Por lo tanto, la capacidad máxima de la ERM deberá ser calculada bajo estas condiciones de mínima presión de suministro.
- d. Presión regulada: La ERM deberá ser diseñada para suministrar una presión a la salida acorde con la presión de medición fijada por CALIDDA y con la presión de diseño de la instalación interna. Esta presión regulada no podrá superar las presiones máximas estipuladas en las normas nacionales vigentes (4 bar para uso industrial, 340 mbar para uso residencial y comercial). Adicionalmente, la presión regulada de la ERM deberá ser inferior o igual al 50% de la presión mínima de la red, salvo casos excepcionales acordados entre el cliente y el concesionario.

El cliente podrá optar por la selección o diseño de una ERM de una sola rama de regulación o de doble rama de regulación. Las



configuraciones y niveles mínimos de seguridad que deberá respetar para el diseño, se encuentra detallada en el Diagrama de procesos e instrumentación.

El procedimiento para el diseño, construcción e instalación de una Acometida se complementa con el documento GD/STA/001 "Specifications PRS&MRS", el cual detalla las especificaciones técnicas básicas con las que deberá cumplir la ERM. Estas especificaciones podrán ser solicitadas directamente en forma impresa al departamento de Estudios y proyectos de CÁLIDDA.

- 1) A fin de dejar claramente establecidos ciertos requerimientos incluidos en la especificación mencionada, se indica lo siguiente: La presión mínima de entrada Ha considerar para el diseño es la indicada por CALIDDA en la respuesta a la solicitud de Factibilidad de Suministro.
- 2) La elección de una o dos ramas de regulación queda a elección del cliente.
- 3) El recinto es obligatorio.
- 4) El tipo de medidor y corrector a instalar es el indicado por CALIDDA en la respuesta a la solicitud de Factibilidad de Suministro.
- 5) Las configuraciones y niveles mínimos de seguridad se encuentran en el anexo.

Adicionalmente se indica lo siguiente:

- 1) Las juntas dieléctricas serán de material sin asbesto, no admitiéndose juntas de micarta. Se admiten juntas del tipo garlock de fibra non asbesto.
- 2) Los manómetros deben conectarse a la tubería a través de válvulas de bloqueo y purga.
- 3) El filtro debe contar con válvula de purga.
- 4) En los ramales de regulación se deben instalar válvulas de ½" para simular flujo durante el seteo de los reguladores.
- 5) El espesor final de pintura será de 200 micrones y se utilizará el color amarillo para las tuberías y válvulas, blanco para los filtro y verdes para los soportes.
- 6) Deberá contar con un soporte para la instalación del corrector

#### **4.2.2 Del diseño, Ingeniería y Construcción del Accesorio de Ingreso a la ERM.**

A elección del cliente el Accesorio de Ingreso a la ERM (AIE) podrá ser instalado por CALIDDA o por un instalador seleccionado por el cliente.

Este instalador seleccionado por el cliente deberá ser un instalador registrado de gas natural de categoría IG-3, que se encuentre registrado en el registro de instaladores de Gas natural a cargo de OSINERG ( o en el registro provisorio hasta que este se encuentre vigente), quien será responsable del diseño y construcción del AIE.

En este caso, y antes de iniciar los trabajos, el cliente deberá solicitar al concesionario las especificaciones para el diseño, ingeniería y construcción del AIE que el instalador deberá cumplir. El diseño y la ingeniería de detalle deberá estar aprobado por CALIDDA antes de comenzar su ejecución.

El empalme a la tubería de conexión (cortes y soldadura/fusión), será realizada por personal de CALIDDA, teniendo el instalador que realizar todos los trabajos civiles necesarios para ejecutar y concluir con dicho empalme.

#### **4.2.3 De la operación y mantenimiento de la Acometida**

A partir de la habilitación del suministro de gas natural, el concesionario iniciará su programa de mantenimiento preventivo.

En el caso que la ERM sea suministrada por el cliente, este deberá entregar a CALIDDA repuestos completos para la operación y mantenimiento de la ERM para los siguientes 3 años.

Para el caso de las ERM que son suministradas por el concesionario, CALIDDA cuenta con un stock completo de repuestos, pues se trabaja con modelos estandarizados.

### 4.3 RED INTERNA DE TUBERÍAS

Para calcular la pérdida de carga en un tramo de instalación se utiliza la fórmula de Renouard cuadrática para presiones en el rango de 0 kPa a 400 kPa:

Válido para  $\frac{Q}{D} < 150$

$$P_A^2 - P_B^2 = 48600 \times SL \times \frac{Q^{1.82}}{D^{4.82}}$$

Donde:

- $P_A$  y  $P_B$  : Presión absoluta en ambos extremos del tramo, en Kg/cm<sup>2</sup>
- S : Densidad relativa del gas.
- L : Longitud del tramo en Km, incluyendo la longitud equivalente de los accesorios que la componen.
- Q : Caudal en m<sup>3</sup>/h (condiciones estándar)
- D : Diámetro en mm.

Se ha de tener en cuenta además que la fórmula será válida siempre que la velocidad de circulación del gas deberá ser siempre inferior a 30 m/s, para evitar vibraciones y ruidos excesivos en el sistema de tuberías.

Para el cálculo de velocidad de circulación del fluido se utilizará la siguiente fórmula:

$$V = \frac{365.35 Q}{D^2 P}$$

Donde:

- Q : Caudal en m<sup>3</sup>/h (condiciones estándar)
- P : Presión de cálculo en kg/cm<sup>2</sup> absoluta
- D : Diámetro interior de la tubería en mm.
- V : Velocidad lineal en m/s.

Para el cálculo de instalaciones, pérdidas de cargas admitidas y diámetros mínimos (Ver Anexo 5)

### **Pérdida de carga admitida**

La pérdida de carga en una instalación receptora es la máxima disminución de presión que puede producir la circulación del gas que alimenta a los aparatos instalados, y su valor deberá distribuirse entre los diferentes tramos de la instalación.

La pérdida de carga admitida en una instalación, variará en función de la presión de garantía de que se disponga en la salida de la llave de acometida, ya que en la llave de conexión de aparato siempre debe disponerse de una presión mínima requerida para el correcto funcionamiento de los aparatos a gas.

## Proceso de Cálculo

Referente a datos básicos para el cálculo de instalaciones, pérdidas de carga admitidas y diámetros mínimos, se seguirán los pasos que se indican a continuación para realizar el dimensionado de una instalación receptora:

1. Conocer las características del gas que se suministrará a la instalación receptora, así como su presión de distribución. Estos datos deben solicitarse a la Empresa Suministradora.
2. Realizar el trazado de la instalación receptora según las características de la edificación, determinando la longitud de cada tramo de instalación y seleccionar la arteria principal.
3. Elegir el material con el que se construirá la instalación receptora. Para los tramos de instalación receptora a partir del armario de regulación se podrá utilizar cobre, acero o acero inoxidable. Para los tramos de instalación receptora anteriores al armario de regulación se podrá utilizar acero, cobre o polietileno, recomendándose éste último si se trata de un tramo enterrando o empotrado con vaina.
4. Determinar los caudales nominales de cada aparato instalado o previsto en cada instalación.
5. Determinar el caudal máximo de simultaneidad de cada vivienda del edificio. De ser inferior al correspondiente Grado 1 de gasificación o alguna vivienda no se conecta a la instalación común, se le asignará como mínimo el caudal de simultaneidad correspondiente a dicho Grado 1 de gasificación.

6. Determinar el caudal máximo de simultaneidad de la acometida interior, si existe, y de la instalación común, considerando los caudales máximos de simultaneidad de todas las viviendas, estén conectadas a la instalación común o no.
7. Determinar la longitud equivalente de cada tramo de instalación receptora.
8. Conocer la distribución de la pérdida de carga y el diámetro mínimo en cada tramo de la instalación receptora.

En aquellos casos en los que se haya asignado una pérdida de carga a una parte de la instalación que contenga más de un tramo, se procederá a determinar la pérdida de carga de cada tramo utilizando el concepto de pérdida de carga por metro lineal según la siguiente expresión:

$$\Delta P_i = \Delta P_{TOTAL} \times \frac{L_i}{L_{TOTAL}} \qquad L_{TOTAL} = \sum L_i$$

Siendo  $i$  el número de tramos.

9. Iniciar el proceso de cálculo determinando el diámetro teórico mínimo del primer tramo, utilizando para ello la fórmula de Renouard, en la que  $L_E$  es la longitud equivalente del tramo estudiado,  $\Delta P$  la pérdida de carga determinada en el paso 8,  $Q$  el caudal máximo de simultaneidad que circulará por el tramo en condiciones de referencia y  $d_r$  la densidad relativa del gas respecto del aire.

10. Elegir el diámetro comercial del tubo igual o superior respecto al teórico obtenido mediante el cálculo anterior, teniendo en cuenta los criterios de diámetros mínimos determinados en el paso 8.
11. Determinar la pérdida de carga real del tramo mediante la fórmula de Renouard, tomando ahora como diámetro el correspondiente al interior del tubo comercial elegido en el paso 10, la longitud equivalente del tramo, el caudal de circulación del mismo y la densidad relativa del gas.
12. Determinar la nueva pérdida de carga a utilizar en el tramo siguiente (i+1) utilizando para ello la siguiente fórmula.

$$\Delta P_{i+1} = \left( \Delta P_{TOTAL} - \sum \Delta P_i^{(*)} \right) \times \frac{L_{i+1}}{L_{TOTAL} - \sum L_i}$$

(\*) Debe utilizarse la pérdida de carga real calculada en el punto 11.

13. Repetir el proceso descrito entre los puntos 9 al 12 hasta llegar al tramo final de la arteria principal.
14. Seleccionar una arteria secundaria y adoptar como pérdida de carga máxima la correspondiente al nudo donde enlaza con la arteria principal.
15. Repetir el proceso descrito en los puntos 9 al 12



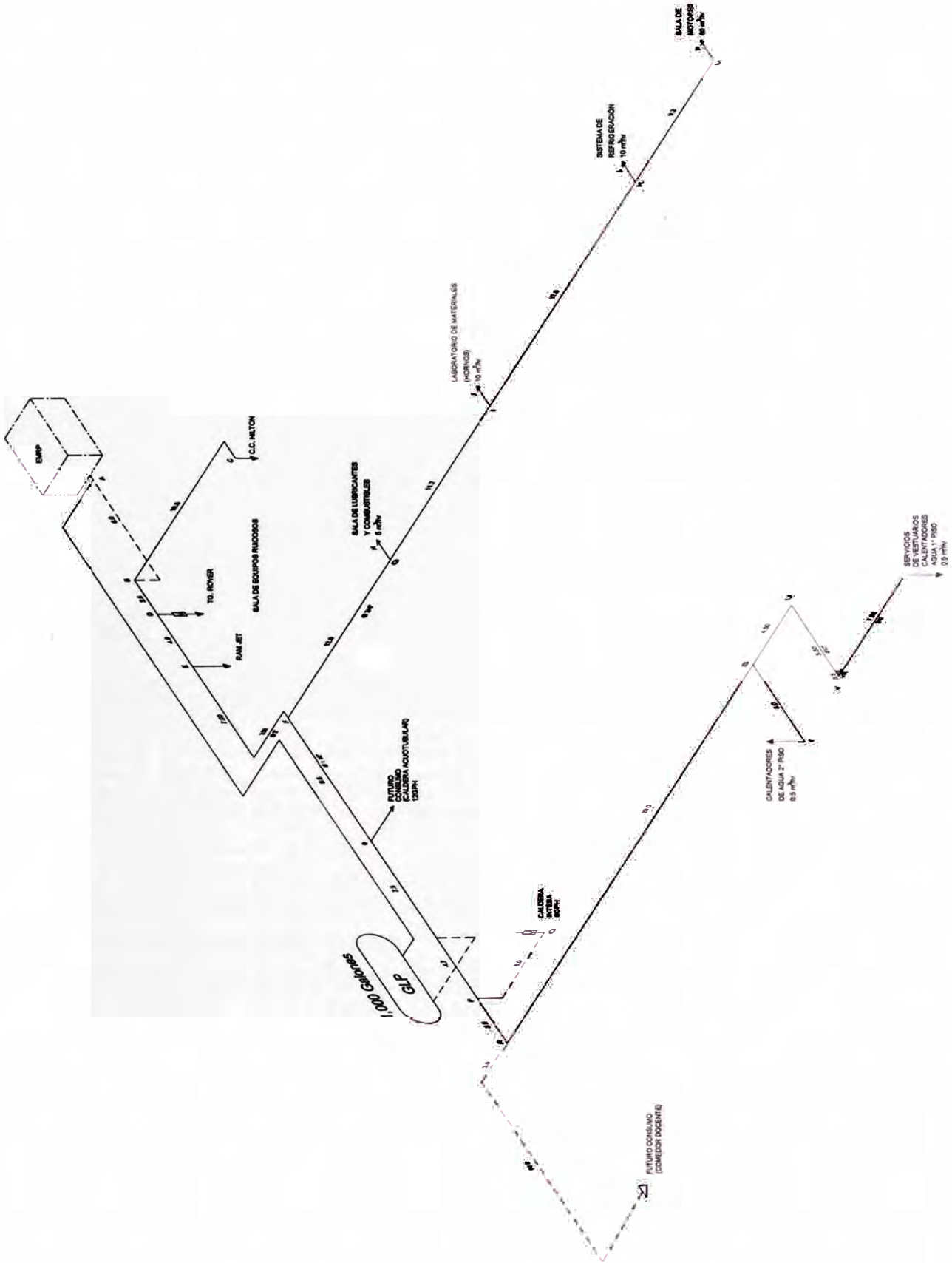


Fig. 4.4 Alternativa A

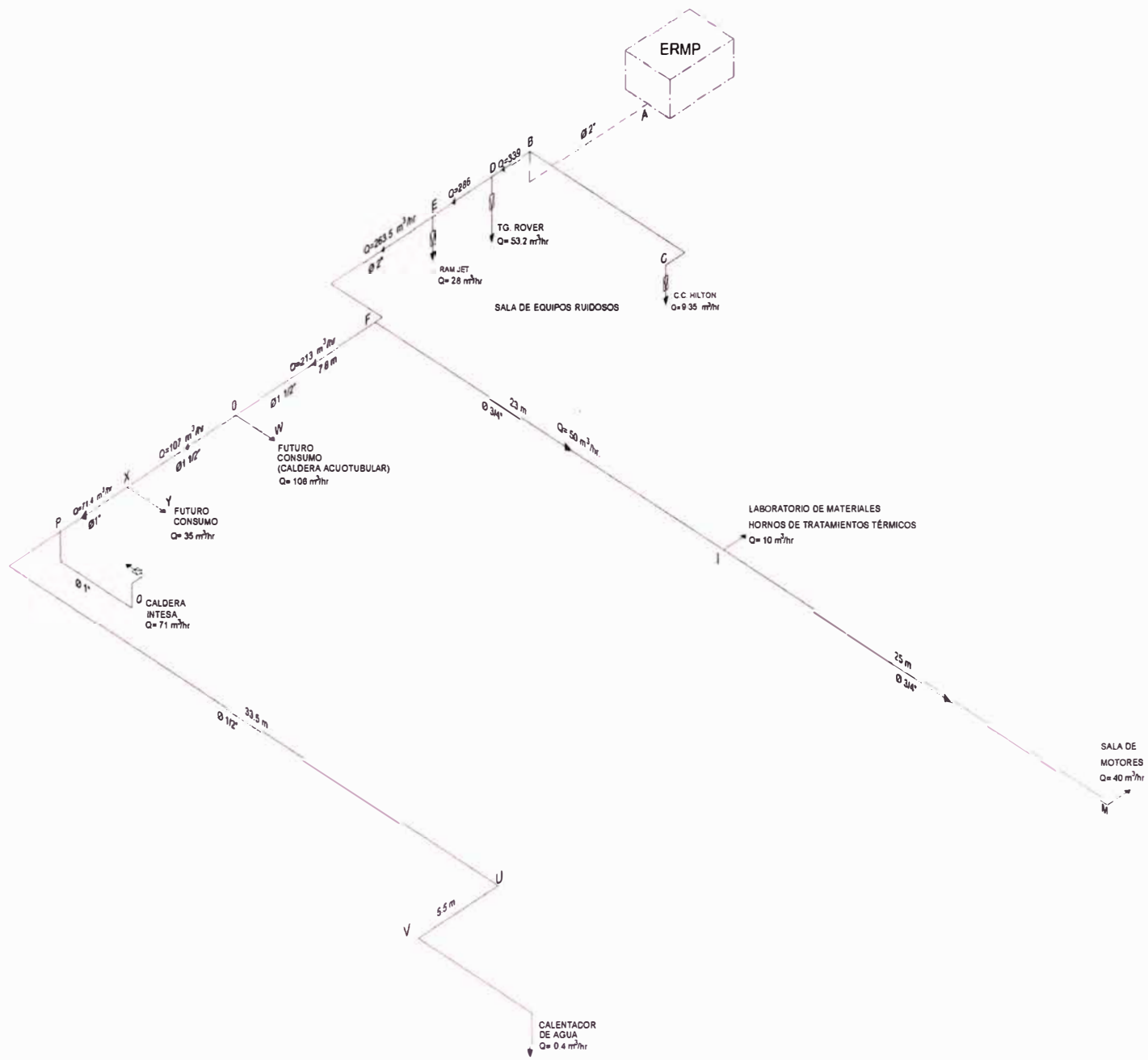


Fig. 4.5 Alternativa B

Una vez que se han determinado los diámetros comerciales de todos los tramos de la instalación receptora, se realiza un cuadro resumen del diseño de la instalación receptora por tramos, en los que se incluirá, como mínimo lo siguiente:

Longitud real del tramo

Material de la conducción del tramo

Diámetro comercial del tramo

Pérdida de carga real del tramo

Caudal máximo del tramo

Presión inicial y final del tramo.

Velocidad del gas en el tramo.

**CUADRO 4.1 PLANILLA DE CÁLCULO DE TUBERÍAS DE GAS NATURAL**

TRAMO	CAUDAL m <sup>3</sup> /hr	LONGITUD (m)		PRESIONES (barg)		P <sub>1</sub> -P <sub>2</sub> (barg)	DIAMETRO (mm)		VELOC. m/s	OBSERV.	TIPO DE UNIÓN
		REAL	CALC.	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>		CALC.	ADOP.			
ERMP(A) - B	349.12	11.5	22.84	1.00	0.96	0.04	50.51	52.5 (2")	23.61	Tub. Acero SCH40	Soldadura
B - C	9.35	10.9	14.74	0.96	0.95	0.01	8.33	15.8 (1/2")	7.02	Tub. Acero SCH40	Soldadura
B - D	339.77	2.6	5.11	0.96	0.95	0.01	50.20	52.5 (2")	23.10	Tub. Acero SCH40	Soldadura
D - E	286.57	3.5	5.18	0.95	0.94	0.01	46.22	52.5 (2")	19.58	Tub. Acero SCH40	Soldadura
E - F	263.18	10.5	13.49	0.94	0.93	0.01	44.41	52.5 (2")	18.08	Tub. Acero SCH40	Soldadura
F - I	50	23	24.32	0.93	0.83	0.10	19.41	20.93 (3/4")	22.79	Tub. Acero SCH40	Soldadura
I - M	40	25	28.74	0.83	0.74	0.09	17.82	20.93 (3/4")	19.17	Tub. Acero SCH40	Soldadura
F - O	213	7.8	9.11	0.93	0.91	0.02	40.07	40.89 (1 1/2")	24.39	Tub. Acero SCH40	Soldadura
O - X	107	3.6	4.91	0.91	0.91	0.00	28.51	40.89 (1 1/2")	12.22	Tub. Acero SCH40	Soldadura
X - P	71	5	5.75	1.00	0.90	0.01	23.30	26.64 (1")	19.33	Tub. Acero SCH40	Soldadura
P - V	0.4	48.8	52.17	1.00	0.90	0.00	1.73	15.8 (1/2")	0.31	Tub. Acero SCH40	Soldadura

#### 4.4 MODIFICACIONES A REALIZARSE

### SISTEMA DE RESPALDO CON GLP EN UNA INSTALACION CON GAS NATURAL

En el supuesto caso que consideremos un sistema back up, sabemos que el GLP tiene mas poder calorífico que el gas natural, eso quiere decir que si nosotros ingresamos el GLP por el mismo sistema del gas natural sin haberlo preparado para ello, encontraremos que al momento de llegar al punto de combustión va a humear considerablemente malogrando los equipos y el producto en proceso. Para solucionar este inconveniente, debemos reducir ese exceso de calorías del GLP mediante una mezcla con el aire; obteniendo un flujo de gas para la combustión esencialmente con idénticas características del gas natural o compatible con ella.

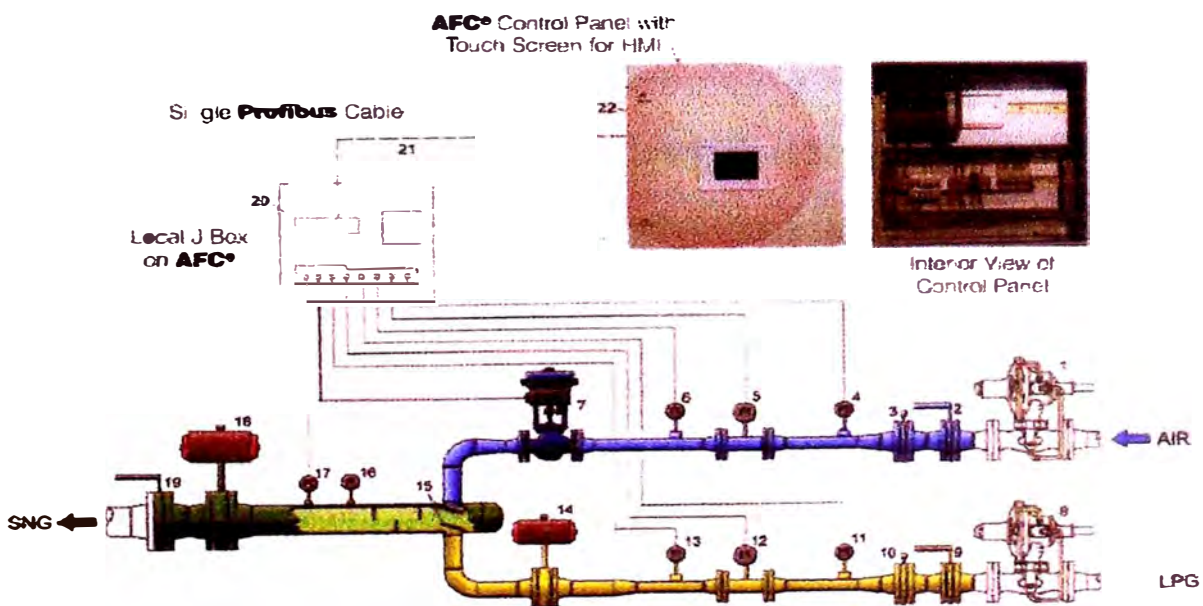


Fig. 4.6 Diagrama de un sistema automático de mezclado GLP/aire

## **INTERFASE DE ADQUISICIÓN DE DATOS**

La adquisición de datos por Microcomputadora usando Microcontroladores hay de varias formas, pero en nuestro caso se quiere que la red tenga aproximadamente 300 metros de longitud y que sea un sistema de medición que tenga mas de dos nodos, en el cual la Microcomputadora tenga la labor de supervisión y los demás Microcontroladores envíen información a la red bajo un protocolo de comunicación que es la norma Serial RS-485, se usara a fin de realizar mediciones en una caldera. La velocidad máxima de transmisión 10 Mbit por segundo, se deben elaborar los programas, tanto para la Microcomputadora como para los Microcontroladores.

### **4.5 VIABILIDAD TÉCNICA**

En general, los criterios que se aplican para determinar si este suministro es técnica y económicamente viable, guardan relación con los criterios del OSINERG para las tarifas vigentes, particularmente la proyección de demanda, se complementa con la capacidad y número de clientes mínimos a atender por Calidda. Lo señalado lleva la necesidad de realizar un análisis de la viabilidad económica.

El CAPÍTULO SEXTO, Metodología para definir la Viabilidad Técnica y Económica de Nuevos Suministros, Resolución OSINERG N° 263-2005-OS/CD, Proyectos No Considerados Obras de Magnitud, Artículo

19°. Define la Metodología a seguir para el caso de solicitudes de Interesados de Bajo Consumo como el de FIM – UNI.

Por otra lado, la red principal mas cercana a la UNI se encuentra a poco mas de 500 m lo que hace inviable que lo conecten en el corto plazo. Por esta razón en el estudio se considera que las instalaciones se realizaran una vez que la línea secundaria pase por la Av. Túpac Amaru.

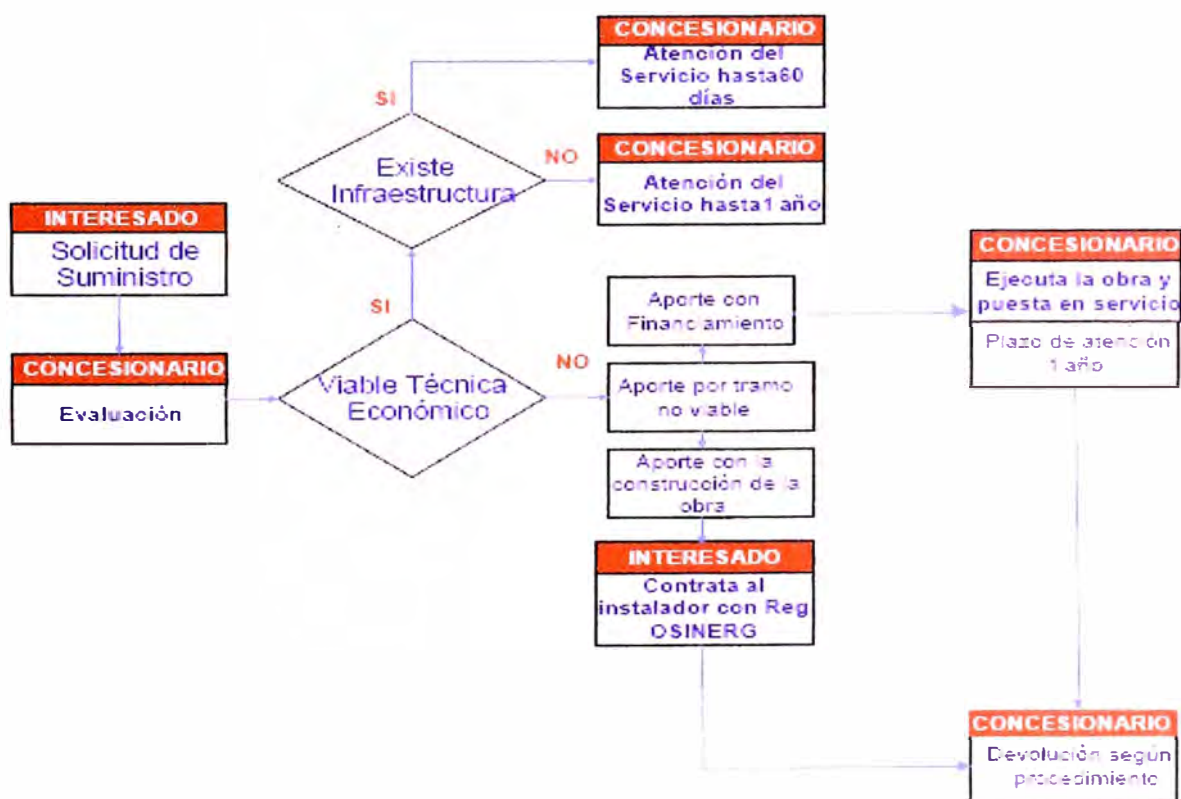


Fig. 4.7 Procedimiento de Viabilidad Técnica – Económica

#### 4.6 DETERMINACIÓN DE LA OPCIÓN TARIFARÍA

El OSINERG en su Resolución 097-2004-OS/CD establece cuatro categorías tarifarias en función del volumen de gas natural consumido como se muestra en el cuadro a continuación:

Categoría de Consumidor	Consumo de Gas Natural (m <sup>3</sup> /mes)
A	Hasta 300
B	De 301 hasta 17 500
C	De 17 501 hasta 300 000
D	Más de 300 000

**Cuadro ° 4.2.\_OSINERG: Categoría de Consumidor**

Es importante tener presente que la legislación no segmenta a los consumidores por tipo de actividad económica, sino sólo por los efectos que su consumo podría tener dentro de la red de distribución.

Se aprecia que a mayor consumo el costo unitario es menor debido al menor pago de las redes de distribución del área de Lima y Callao. Como se indicara previamente, en adición a los cargos señalados, la FIM – UNI debe realizar el pago por Acometida, cuyo tope máximo para la concesión de Lima y Callao, está regulado en las resoluciones OSINERG 097-2004-OS/CD para las categorías A y B, y OSINERG 240-2006-OS/CD para las categorías C y D.



Las inversiones que se deben realizar en la infraestructura del Laboratorio (instalaciones internas) así como en los equipos (conversión), para poder hacer uso del gas natural, deben también ser asumidos por la FIM - UNI.

Descripción	Abrev.	Unidades	Categoría de Consumidor			
			A	B	C	D
Consumo estimado		m <sup>3</sup> /mes	28	450	125 000	600 000
Precio del Gas Natural	<b>PGN</b>	US\$/ Millón BTU	2,22	2,22	2,22	2,22
Tarifa Red Principal	<b>TRP</b>	US\$/ Millón BTU	1,20	1,20	1,20	1,20
Tarifa Otras Redes	<b>TDOR</b>	US\$/ Millón BTU	4,13	2,11	0,65	0,40
<b>Sub Total</b>		<b>US\$/ Millón BTU</b>	<b>7,55</b>	<b>5,53</b>	<b>4,07</b>	<b>3,82</b>
IGV (19%)		US\$/ Millón BTU	1,44	1,05	0,77	0,72
<b>TOTAL</b>		<b>US\$/ Millón BTU</b>	<b>8,99</b>	<b>6,58</b>	<b>4,85</b>	<b>4,54</b>
<b>TOTAL</b>		<b>US\$/ Gigajoule</b>	<b>8,52</b>	<b>6,23</b>	<b>4,59</b>	<b>4,30</b>

**Cuadro 4.3. OSINERG: Cuadro tarifario por Categorías**

**CAPITULO V**  
**CASO APLICATIVO: CALDERA AUTOMATICA**  
**EXPERIMENTAL DE 30 BHP**

**5.1 BASES TÉCNICAS Y PREMISAS PARA SU ADQUISICIÓN**

**5.1.1 Objetivo**

La Compra de una Caldera de Vapor de 30 HP de potencia nominal, para el Laboratorio de Máquinas Térmicas e Hidráulicas, para reforzar la acción educativa y de investigación de los cursos de Laboratorio de Ingeniería Mecánica, Termofluidos , Máquinas Térmicas y afines.

**5.1.2 Características Generales**

La caldera o generador de vapor INTESA está diseñada y fabricada con las particularidades que exigen los trabajos de ensayo en la preparación de los alumnos, así como en los proyectos de investigación.

Dentro de las características, los auxiliares de la caldera estarán los aparatos e instrumentos de medición de flujos, temperaturas, presiones, gases de escape y otros que permitan establecer

balances térmicos y másicos, así como análisis y ensayos de la especialidad.

La caldera es de construcción estándar bajo normas ASME,ASTM o equivalentes.

## **5.2 EQUIPAMIENTO**

### **5.2.1 Equipamiento Básico**

**1. Los controles y equipos** suministrados incorporarán como mínimo:

Programador de arranque

Control de nivel de agua

Parada de quemador por nivel de agua y por alta/baja presión de vapor.

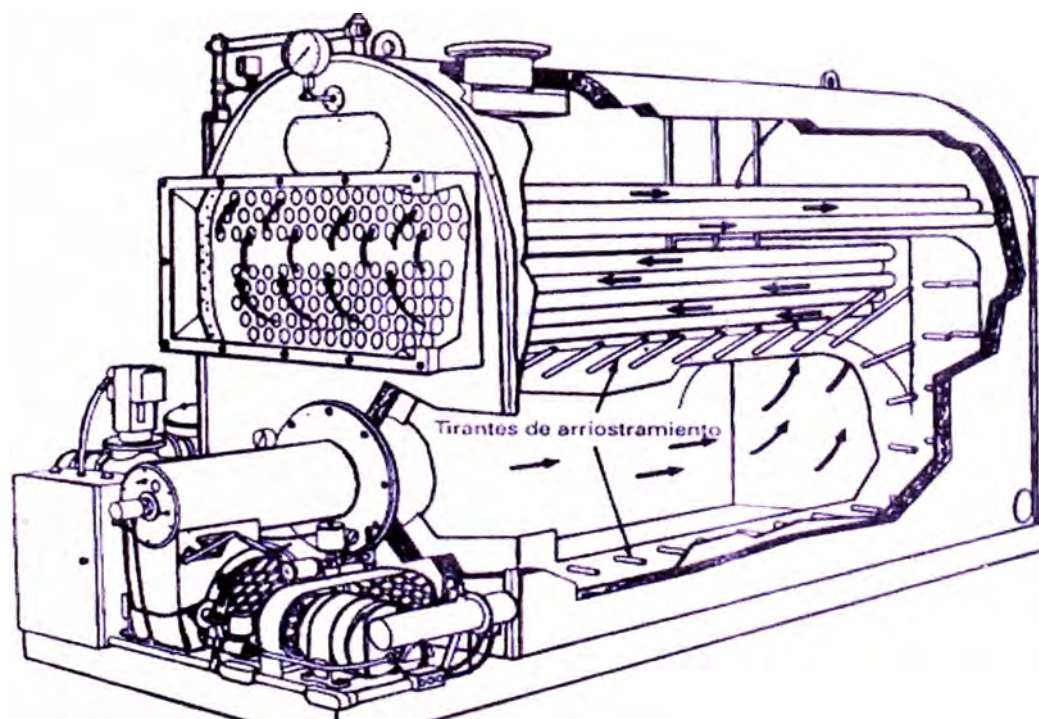
Indicadores de luz y sonido. Alarmas por nivel de agua y combustible.

Válvula de seguridad de vapor.

Manómetro para la presión de salida de la caldera (bar/PSI).

Termómetros para la temperatura de ingreso de agua a la Caldera (°C).

Termómetros para la temperatura de salida de vapor de la Caldera (°C).



**Fig. 5.1 CALDERA PTH-30-3-GLP/GN**

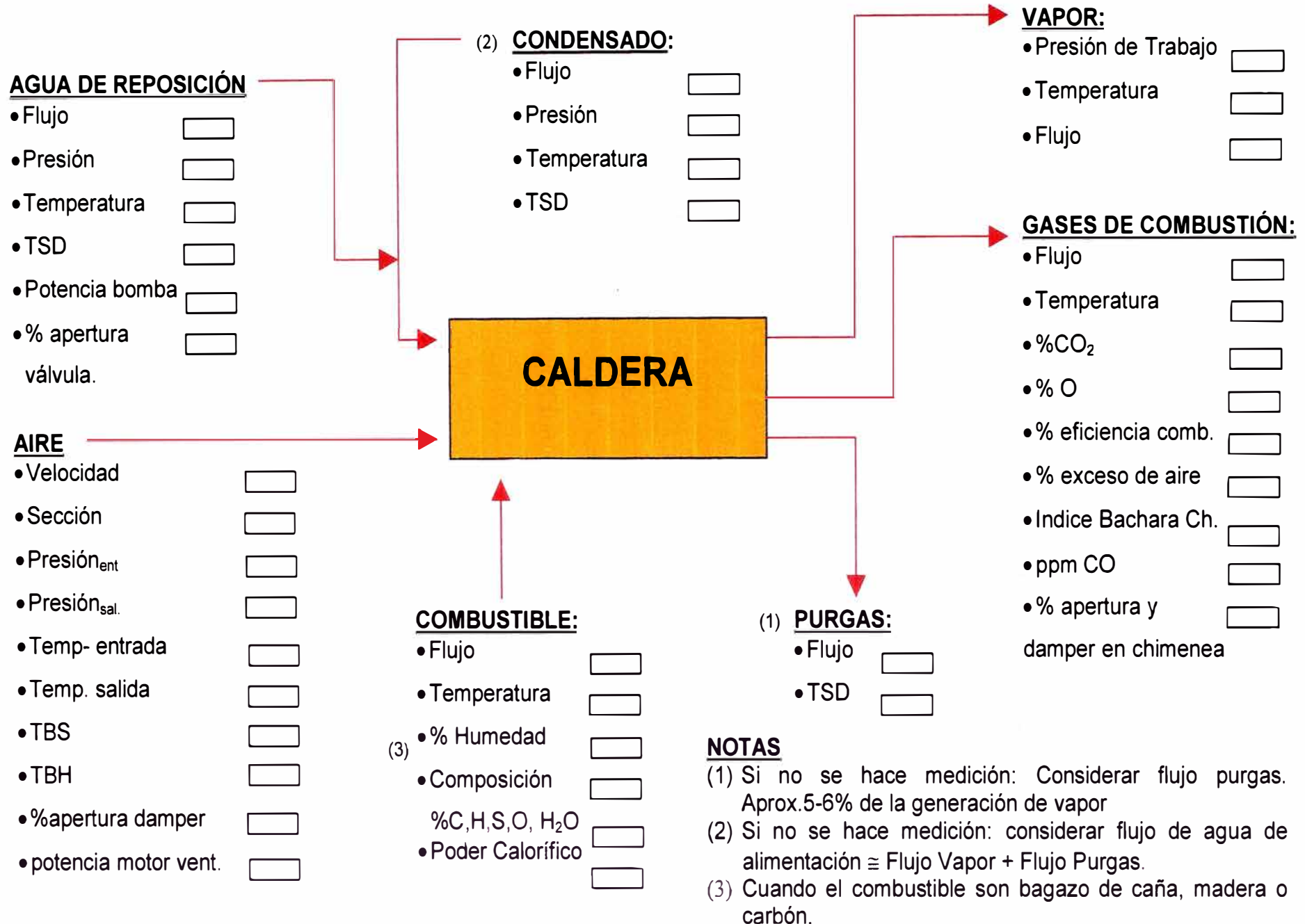


Fig 5.2 Mediciones Térmicas en una Caldera

## **2. Las válvulas**

Las válvulas de seguridad, de descarga de vapor, de purga rápida y lenta, así como las de entrada de agua a la caldera serán de diseño y material según normas A.S.T.M. o su equivalente.

Las válvulas de alimentación con GLP y gas natural, también serán seleccionadas de acuerdo a Norma ASTM.

## **3. El quemador**

El quemador será para quemar gas natural y GLP.

El encendido será con piloto para encender gas natural y GLP.

La caldera estará equipada con filtro, regulador de presión, válvulas de seguridad, manómetros, válvula solenoide.

### **5.2.2 Equipamiento adicional**

1. Comprende la instrumentación para el monitoreo de la operación de la caldera cada instrumento deberá contar con un display para lectura local y una señal Standard de salida; según las siguientes alternativas:

a) 4 – 20 mA DC.

b) Protocolo digital de comunicación estándar, por ejemplo: Profibus, Profibus A, Devicenet, Interbus, Hart Modbus y otros.

En ambos casos, para su envío a un PLC o computadora.

A continuación se detallan los instrumentos:

- Medidor de presión de salida de vapor en bar o PSI.
- Medidor de flujo másico, instantáneo y total de vapor en Kg/h.
- Medidor de flujo instantáneo y total para gas natural y GLP en m<sup>3</sup>/h.
- Medidor de flujo másico de gases de combustión en m<sup>3</sup>/h.
- Medidor de temperatura de gases de escape (°C).
- Medidor de temperatura del agua de ingreso a la caldera (°C).
- Medidor de temperatura de vapor a la salida del caldero (°C).

### 5.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

La caldera instalado en el Laboratorio de Maquinas Térmicas de la FIM-UNI presenta los siguientes datos técnicos:

#### CALDERA



Fig. 5.3 Caldera INTESA PTH-30-3-GLP/GN



Marca	: INTESA
Modelo	: PTH-30-3-GLP/GN
Potencia Nominal	: 30 BHP
Capacidad Calorífica	: 1004 MBTU/h
Superficie Calorífica	: 155 pie <sup>2</sup>
Capacidad Producción Vapor	: 1035 lb vapor /h
Presión de Diseño	: 150 psi
Presión Prueba Hidrostática	: 250 psi
Presión de Trabajo	: 5-150 psi
Combustible a usar	: GLP/GAS NATURAL
Consumo de Combustible Máximo	: 9 GPH

## QUEMADOR



**Fig. 5.4** Quemador Power Flame

### Datos Generales

Marca	: POWER FLAME
Modelo	: J30A-12
Combustible	: GLP/GAS
N° de serie	: 020354003

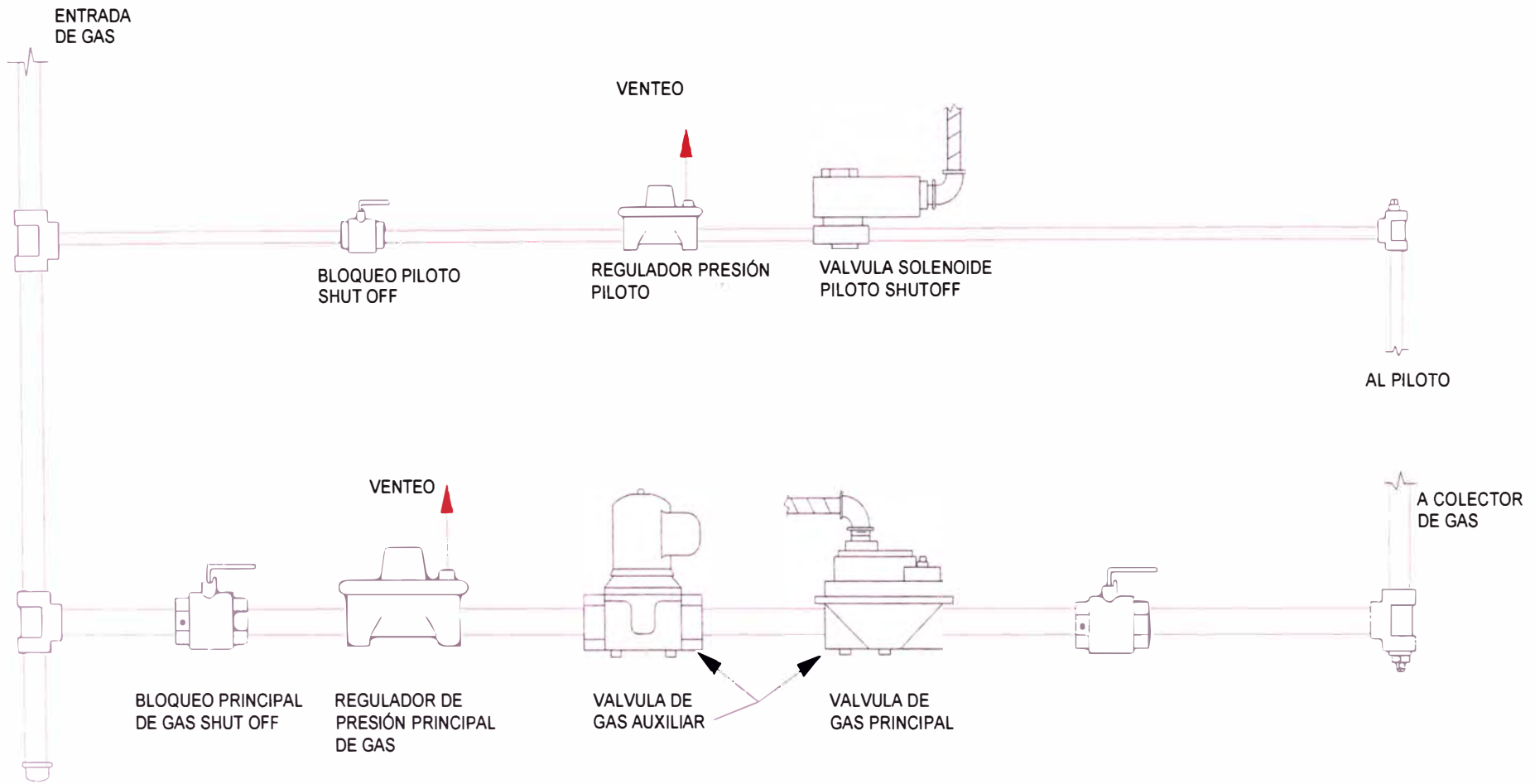
### Motor

Marca	: MARATON ELECTRIC
Modelo	: 9QN56C34D1196E
Serie	: 054120
RPM	: 3450-2850
Datos	: 110/220 V; 60 Hz, 3.6 Amp.
Potencia	: 1/3 HP

### Programador (Control)

Marca	: HONEYWELL
Modelo	: RM7895A
Serie	: 1014
Datos	: 120 VAC/60 Hz.





**Fig. 5.5** Tren de Línea de gas y gas piloto

**Transformador de Ignición:**

Marca : ALLANSON  
 Serie : 0103  
 Modelo : 1092 PF  
 Voltaje Primario : 120 V  
 Voltaje Secundario : 6 000 V

**Válvula Solenoide**

Marca : ALCON  
 Modelo : U28-45-21-18  
 Presión : 10 Psi  
 País : Italia  
 Datos : 110/120V. 50/60Hz. 12Watt

**Sensor de Flama**

Marca : HONEY WELL  
 Tipo : Ultra Violeta Sensor  
 Modelo : C7027A 1023

**Presostato de Aire**

Marca : P.F.  
 Modelo : AP4078  
 Serie : E733  
 Características : 278/300 VA, 15Amp. 60 Hz

**TREN DE GAS****Fig. 5.6** Tren de gas**Válvula Principal:**

Válvula Bola 1 ¼" Ø COMBU 600CWP

**Válvula Solenoide (Principal)**

Marca : HONEYWELL  
 Modelo : V4943  
 Serie : A1029

Presión Máxima : ½ Psi  
 Conexión : 1 ¼"  
 Datos : 120 VAC/60 Hz. 0.05A

#### Válvula Solenoide de Gas

Marca : ASCO  
 Modelo : K3A772T  
 Serie : T810355  
 Máx. Gas : 1 -1/2 PSI  
 Conexión : 1 ¼"  
 Datos : 110/120V, 50/60Hz., 252A

#### Regulador de Gas

Marca : MAXITROL  
 Modelo : RV81  
 Serie : T810355  
 Conex. : 1 ¼"

#### Válvula Cierre Lento

Válvula Bola 1 ¼" φ COMBU 600CWP

#### LINEA DE GAS PILOTO

Válvula Bola : 1/4" Ø COMBU 600CWP

#### Regulador de Gas

Marca : MAXITROL  
 Modelo : RV20  
 Serie : 0260 36  
 Conexión : 1/4"

#### ELECTROBOMBA DE AGUA



Fig. 5.7 Electrobomba de agua

#### Bomba

Marca : BURKS PUMPS  
 Modelo : 7CT7M-FE  
 Serie : 01206527  
 Succión : 1" Ø

Descarga	: 1" Ø
<b>Motor</b>	
Marca	: FRANKLIN ELECTRIC
Modelo	: 1103155400
N° Serie	: 9898CT
Potencia	: 3/4 HP
Velocidad	: 3450 RPM
Frecuencia	: 60 Hz
Peso	: 20 Kg

### INGRESO DE AGUA

1 Válvula Bola 1" Ø, 600WOG APOLLO CONBRACO  
 1 Válvula Check Swing 1" Ø,  
 United Brass Randleman 200WSP 400WOG  
 1 Termómetro CIMPA 0-150 °C Dial, Ø2 ½" , Conexión 1/4"

### CONTROL NIVEL DE AGUA



**Fig. 5.8** Control de Nivel de agua

Marca	: Mc DONNELL & MILLER
Modelo	: 150S
Presión	: 150 psi
Conexiones	: 1" Ø

### Juego de Nivel

Marca	: CONBRACO
Modelo	: 20-205-00
Grifos	: 2 grifos de 1/2"
Tubería	: 1 Tubo Pirex DURAN Línea Roja Medida 5/8" Ø x 10" longitud.

### Purgas:

Purga de Controles:

1 Válvula Bola 1/2" Ø, APOLLO CONBRACO 600 WOG

Purga de Control de Nivel:

1 Válvula Bola 1" Ø, APOLLO CONBRACO 600 WOG

Purga de Superficie:

1 Válvula Bola 1" Ø, APOLLO CONBRACO 600 WOG

Purga de Fondo:

2 Válvulas Bola 1 ½" Ø, APOLLO CONBRACO 600 WOG

1 Válvula Purga Tipo "Y" 1 ½" Ø

UNITED BRASS WORKS 200WSP 400 WOG

#### **Control de Presión:**

1 Presostato HONEYWELL10-150PSI L-404-A 1396 (Límite de Presión)

1 Presostato HONEYWELL10-150PSI L-404-A 1162 (Sobre Presión)

1 Manómetro 0-250 PSI 4" Dial. Conexión: ½" CIMPA Beyca

1 Válvula Bola ¼" Ø APOLLO CONBRACO 600WOG

#### **SALIDA DE VAPOR**

**Accesorio** : Válvula Globo

Tipo : PN-32

Conexión : 1 ½"

Marca : CRANE

**Termómetro** : CIMPA

Rango : 0 – 300 °C

Dial : 2 ½" Ø

Conexión : 1/4"

#### **VÁLVULA DE SEGURIDAD**

Marca : CONBRACO

Conexión : 1"

Presión : 125 psi

Capacidad : 1404 lb/h

#### **CONTROL AUXILIAR NIVEL DE AGUA**

1 Bujía WARRICK

1 Varilla de Acero Inoxidable de 1/4" Ø x 34 cm.

#### **Mirilla Posterior:**

Dimensión : 1 ½" x ¼" Esp.

#### **Tubos de Caldero**

Dimensiones:	Material:	Cantidad:
2" Ø x 58 ½"	ASTM A 192	47
2 ½" Ø x 58 ½"	ASTM A 192	2

#### **Empaquetadura de Registro de Mano:**

Marca : TOPOG-E

Dimensiones : 3 ½" x 4 ½" x ½"

Cantidad : 3

**Empaquetadura de Registro de Hombre:**

Marca	: TOPOG-E
Dimensiones	: 11"x15"x1 ¼"
Cantidad	: 1

**Termómetro Chimenea**

Marca	: CIMPA
Dial	: 4" Ø
Conexión	: 1/2"
Rango	: 0 -150 °C

**EQUIPAMIENTO ADICIONAL INCLUIDO****Medidor de flujo masico instantáneo para vapor****Vortex Steam Flow Meters**

- Aplicación : Vapor Saturado
- Rango de Flujo Máximo : 7,500 Kg/hr
- Temperatura de Operación : -28°C hasta 182 °C
- Presión de Operación : -5 a 125 PSI
- Exactitud : 1%
- Suministro eléctrico de ingreso : De 15 a 24 VDC
- Construcción : Acero Inoxidable 316
- Protocolo de Digital de Comunicación : HART
- Señal de 02 vías : De 4 a 20 mA
- Diámetro : 1 ½"
- Monitoreo : Mediante SMART Display
- Procedencia : USA

**Medidor de flujo instantáneo para Gas Natural /GLP****Vortex Gas Flow Meters**

- Aplicación : Gas Natural /GLP
- Rango de Flujo Máximo : 600 CFM
- Temperatura de Operación : -28°C hasta 188 °C
- Presión de Operación : -5 a 250 PSI
- Exactitud : 1%
- Suministro eléctrico de ingreso : De 15 a 24 VDC
- Construcción : Acero Inoxidable 316
- Protocolo de Digital de

- Comunicación : HART
- Señal de 02 vías : De 4 a 20 mA
- Diámetro : 1 ½"
- Monitoreo : Mediante SMART Display
- Procedencia : USA

### Medidor de Velocidad de gases de combustión de inserción

#### Vortex Stack Gas Flow Meters

- Aplicación : Gas/Aire
- Rango de Velocidad Máximo : 43 MPS
- Temperatura de Operación : -28°C hasta 250 °C
- Presión de Operación : -5 a 250 PSI
- Exactitud : 1%
- Suministro eléctrico de ingreso : De 15 a 24 VDC
- Construcción : Acero Inoxidable 316
- Protocolo de Digital de Comunicación : HART
- Señal de 02 vías : De 4 a 20 mA
- Diámetro : 1 ½"
- Monitoreo : Mediante SMART Display
- Procedencia : USA

### TABLERO ELÉCTRICO DE CALDERA

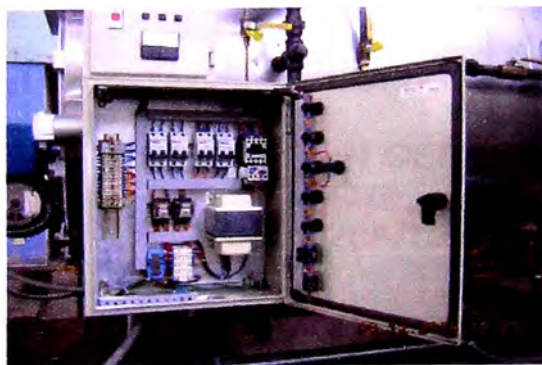


Fig. 5.9 Tablero eléctrico de la Caldera

#### Tablero Metálico

- Marca y Modelo : ATLANTIC55 legrand IPP55-9NFC20010
- Dimensiones : 500 x 400 x 200mm

**Ventilador de Quemador**

Llave Termomagnética

Marca : MERLIN GERIN

Modelo : C60a-C20

Características : 400V/20A/1Ø

**Bomba de agua**

Llave Termomagnética

Marca : MERLIN GERIN

Modelo : C60a-C20

Características : 400V/20A/1Ø

Contactor

Marca : CHINT

Modelo : NC1-1210

Características : 220V/10A/1Ø

Relay

Marca : CHINT

Modelo : NR2-25

Características : Rango 4-6A

**Mando**

Llave Termomagnética

Marca : MERLIN GERIN

Modelo : C60a-C20

Características : 400V/20A/1Ø

**Alimentación del Transformador Mando**

Llave Termomagnética

Marca : MERLIN GERIN

Modelo : C60a-C20

Características : 400V/20A/1Ø

**Relay Warrick**

Marca : GEMS SENSOR INC

Modelo : WARRICK CONTROLS 1G2DO

Características : 220V/60Hz/8A

**Sobre Presión**

Relay Encapsulado

Marca : STRONGER

Modelo : MK 2P-I

Características : 250VAC-10A (8P)



**Muy Bajo Nivel Agua**

Relay Encapsulado

Marca : STRONGER  
 Modelo : MK 2P-I  
 Características : 250VAC-10A (8P)

**Transformador**

Marca : AUDAX  
 Código : R.I. 7404  
 Cantidad : 1  
 Características : 350VA ~60 Ent.220V-Sal.110V

**Alarma (Timbre)**

Marca : ROUND BELL  
 Modelo : UC4-100mm  
 Cantidad : 1 Unid.  
 Características : AC220V/60Hz

**Lámparas**

Marca : STRONGER  
 Modelo : AD22-22DS  
 Cantidad : 6 Unid.  
 Características : AC220V/20mA

**Llaves Selectoras**

Marca : CHNZE  
 Modelo : ZB2-BE101  
 Cantidad : 2 Unid.  
 Características : 400V/10A/60Hz (3P-2P)

**Planta de tratamiento de agua**

Tiene las siguientes características:

**Galones de agua entre regeneración:** 1700 galones (mínimo)

**Intercambio Iónico:** 100000 granos / galón.

**Flujo máximo de agua:** 12 GPM.

**Presión de diseño:** 150 psi.

**Material de intercambio:** 4 pies cúbicos de resina catiónica.

**Reactor** equipado con válvula multipaso (válvula Multiport), para control automático de los proceso y **tanque de salmuera**, construidos de acuerdo a norma ASME de material y dimensiones apropiados.

#### 5.4 PRUEBAS DE RECEPCIÓN

Para la recepción de la caldera INTESA se tuvo que levantar una protocolo de prueba el que se detalla a continuación.

Cliente	: Universidad Nacional de Ingeniería
Caldera	: 30 BHP
Modelo	: PTH 30
N° de serie	: 011680306
Tipo	: Pirocubular Horizontal
Presión de diseño	: 150
Presión de trabajo	: 0 – 100 psi
N° de pasos	: 3
Combustible	: Gas Licuado de Petróleo

##### a.- Prueba de Combustión

<b>GAS LICUADO DE PETRÓLEO</b>	Recomendado
• Volumen Tanque de Almacenamiento	: 85% (vol. mín 30%)
• Presión Regulador de Alta	: 20 – 30 psi
• Presión Regulador de Baja	: 35 mbar
• Presión de trabajo	: 35 mbar
• Quemador Power Flame	
Número de serie: 020354003	
Modelo J30 A – 12	

##### **ANÁLISIS DE COMBUSTIÓN**

Combustible : GLP

Fecha de Calibración: 5 de Julio del 2006 (en planta Intesa)

Parámetros	Planta Intesa	UNI	Recomendado
O <sub>2</sub> (%)	4.2%		< 4.6%
CO (ppm)	8 ppm		< 100 ppm
CO <sub>2</sub> (%)	11.2%		>10.2%
Exceso de aire (%)	18%		10-20%
Temp. Chimenea (°C)	150 °C		220 – 250 °C
Eficiencia (%)	92%		> 90%
Presión de GLP	35 mbar		35 mbar

## b.- Pruebas de Funcionamiento del Caldero

### BOMBA DE ALIMENTACIÓN DE AGUA AL CALDERO

Marca : Burks Pump  
 Modelo : 7CT7M

	Conforme	No Conforme
• Arranque de bomba (nivel inferior)	( X )	( )
• Parada de la bomba (nivel superior)	( X )	( )
• Presión de la bomba de alimentación de agua (PSI)	> 150 PSI	
• Altura del Nivel de agua (succión)		

### CONTROL DE NIVEL DE AGUA

	Conforme	No Conforme
• Pruebas de funcionamiento del control principal (columna de nivel de agua)	( X )	( )
• Pruebas de funcionamiento del control auxiliar (relay warrick)	( X )	( )
• Pruebas de alarma por bajo nivel	( X )	( )

### CONTROL DE PRESIÓN DE VAPOR

	Conforme	No Conforme
• Pruebas de funcionamiento del control por límite de presión.	( X )	( )
• Presión de interrupción de la caldera 60 PSI	( X )	( )
• Presión de reposición del encendido 50 PSI	( X )	( )

## PRUEBA DE LA VÁLVULA DE SEGURIDAD DE VAPOR

• Presión de apertura Válvula 125 PSI		
--	--	--

## VÁLVULAS DE PURGA

	Conforme	No Conforme
• Pruebas de funcionamiento de la válvula de purga rápida de fondos	( X )	( )
• Pruebas de funcionamiento de la válvula de purga de superficie.	( X )	( )
• Pruebas de funcionamiento de la válvula de purga de Columna.	( X )	( )

### c.- Prueba de la Planta de Tratamiento de Agua de Caldero

- Modelo : CF-4
- Marca del Cabezal : Álamo Water

#### Prueba

- Presión de agua de alimentación :----- psi
- Presión de agua blanda (salida) :----- psi
- Cantidad de resina : 7 pie cúbico
- Dureza del agua de Red de ingreso :
- Dureza del agua, Salida ablandador(0-5ppm) :
- Tratamiento de Agua:

	Conforme	No Conforme
1. Proceso de Lavado	( X )	( )
2. Proceso de regeneración	( X )	( )
3. Proceso de enjuague	( X )	( )
4. Proceso de servicio	( X )	( )

- Volumen de agua tratada por ciclo de regeneración: ----- Gln
- Utilizar 7 kg de Sal por cada pie cúbico de resina: ----28 kg. Sal-----

#### d. Prueba de Funcionamiento Medidores de Flujo

	Conforme	No Conforme
• Funcionamiento medidor de flujo masivo instantáneo y total de vapor.	( X )	( )
• Funcionamiento medidor de flujo instantáneo y total para Gas Natural/GLP	( )	( )
• Funcionamiento medidor de flujo masivo de gases de combustión.	( )	( )

### 5.5 COBERTURA ACADÉMICA

La caldera de 30 BHP brindara soporte académico en los siguientes cursos:

**Curso de Laboratorio de Ing. Mecánica I, MN-412.-** En las experiencias de estudio de vapor, se mide indirectamente la calidad de una muestra de vapor húmedo abastecido por la caldera, mediante el calorímetro universal.

**Curso de Laboratorio de Ing. Mecánica II, MN-463.-** En las experiencias de Generador de Vapor, se realiza el Balance Térmico y la performance de la caldera.

**Curso de Laboratorio de Ing. Mecánica III, MN-464.-** En las experiencias de la Turbina de Vapor, se suministra flujo de vapor para alimentar la unidad experimental Westinghouse que tiene como elemento motriz la turbina de vapor Coppus.

**Curso de Laboratorio de Termofluidos, MN-410.-** En las experiencias del Generador de Vapor, se realiza el balance térmico y la performance de la caldera.

Asimismo tal como se muestra en el diagrama de bloques y en el dibujo isométrico del sistema de generación de vapor, se suministrara vapor a la tobera convergente divergente Sisson, también al equipo de convección Scott. También suministrara vapor a futuros proyectos de investigación, como es el caso del proyecto de secador de madera que se esta ejecutando en la Facultad. Se recomienda para hacerlo más versátil el sistema de generación de vapor, en el futuro la utilización de un colector (manifold) que podría interactuar con una caldera acuotubular (futuro consumo), completándose una batería de dos calderas.

SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR CON MANIFOLD  
LABORATORIO N° 5

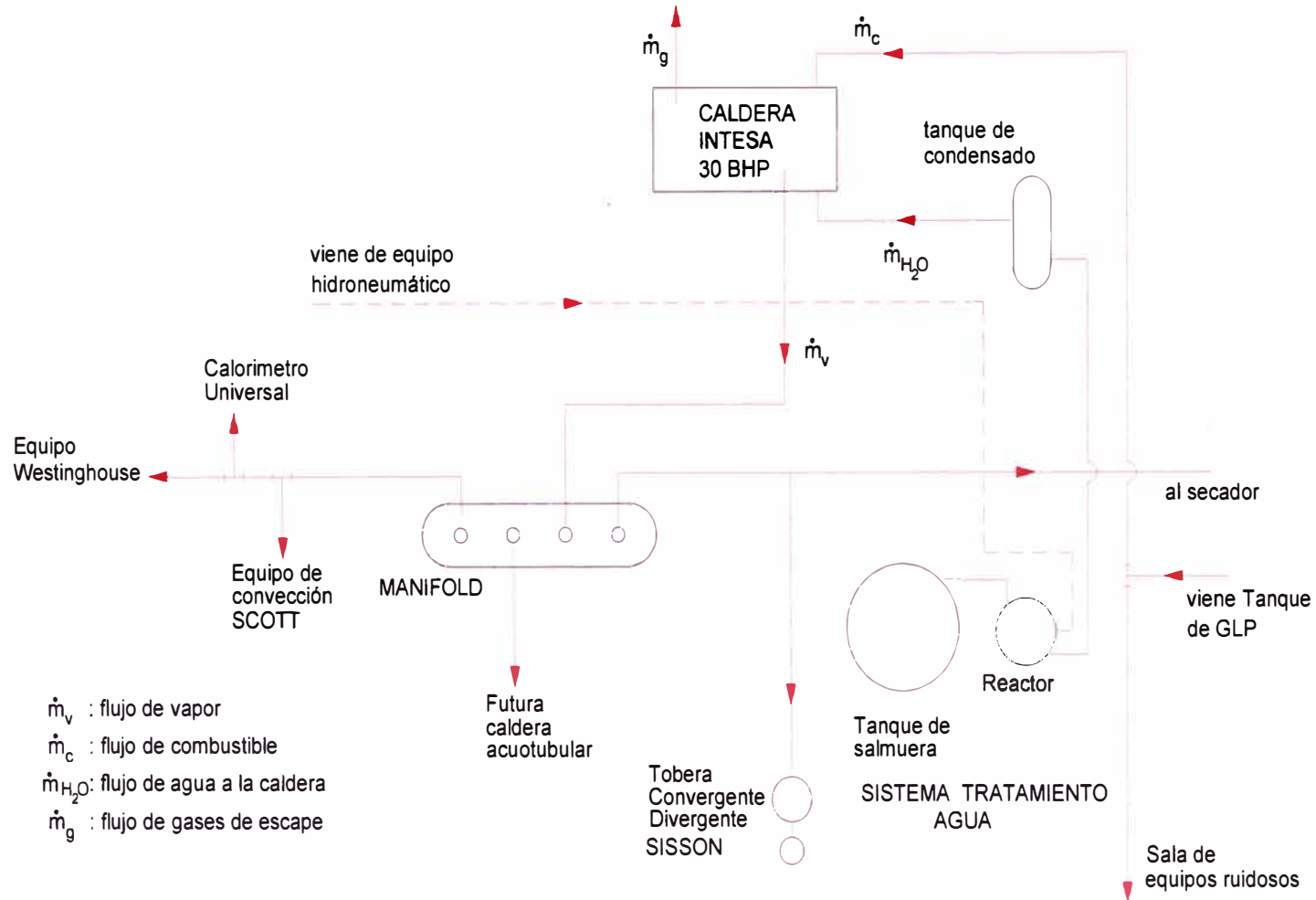
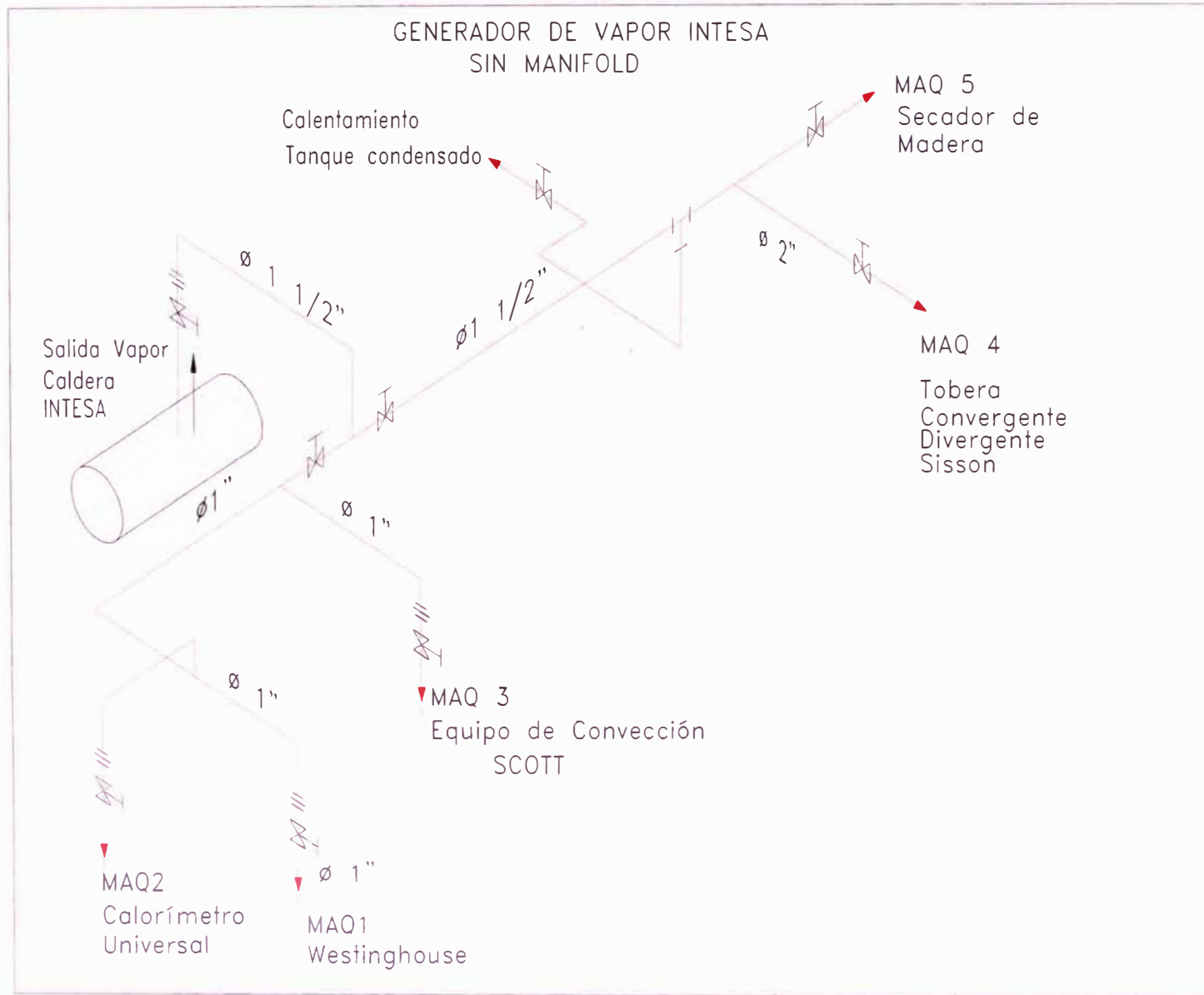


Fig. 5.10 Diagrama del sistema de generación



**Fig. 5.11** Isométrico de Generador de vapor INTESA



## **CAPITULO 6**

### **COSTOS Y PRESUPUESTO**

En este capítulo se detallará los metrados, costos unitarios y totales de los distintos recursos materiales y humanos a emplear en las obras del sistema de tuberías de gas, separándolos en los rubros de:

- a) Sistemas de tuberías
- b) Estación de Regulación y Medición (ERM)

En cada uno de tales rubros deberá separarse por partidas lo referente a materiales y la mano de obra; para los materiales se deberá consignar separadamente, cuando corresponda, el valor en almacén y el transporte al lugar en que serán instalados; para la mano de obra, se deberá separar, cuando corresponda, el valor neto del recargo por ejecutar las labores en un lugar distante del respectivo centro de operaciones. Cuando el presupuesto contuviese muchos elementos, se consignará un resumen por rubros y partidas.

#### **6.1 COSTOS UNITARIO**

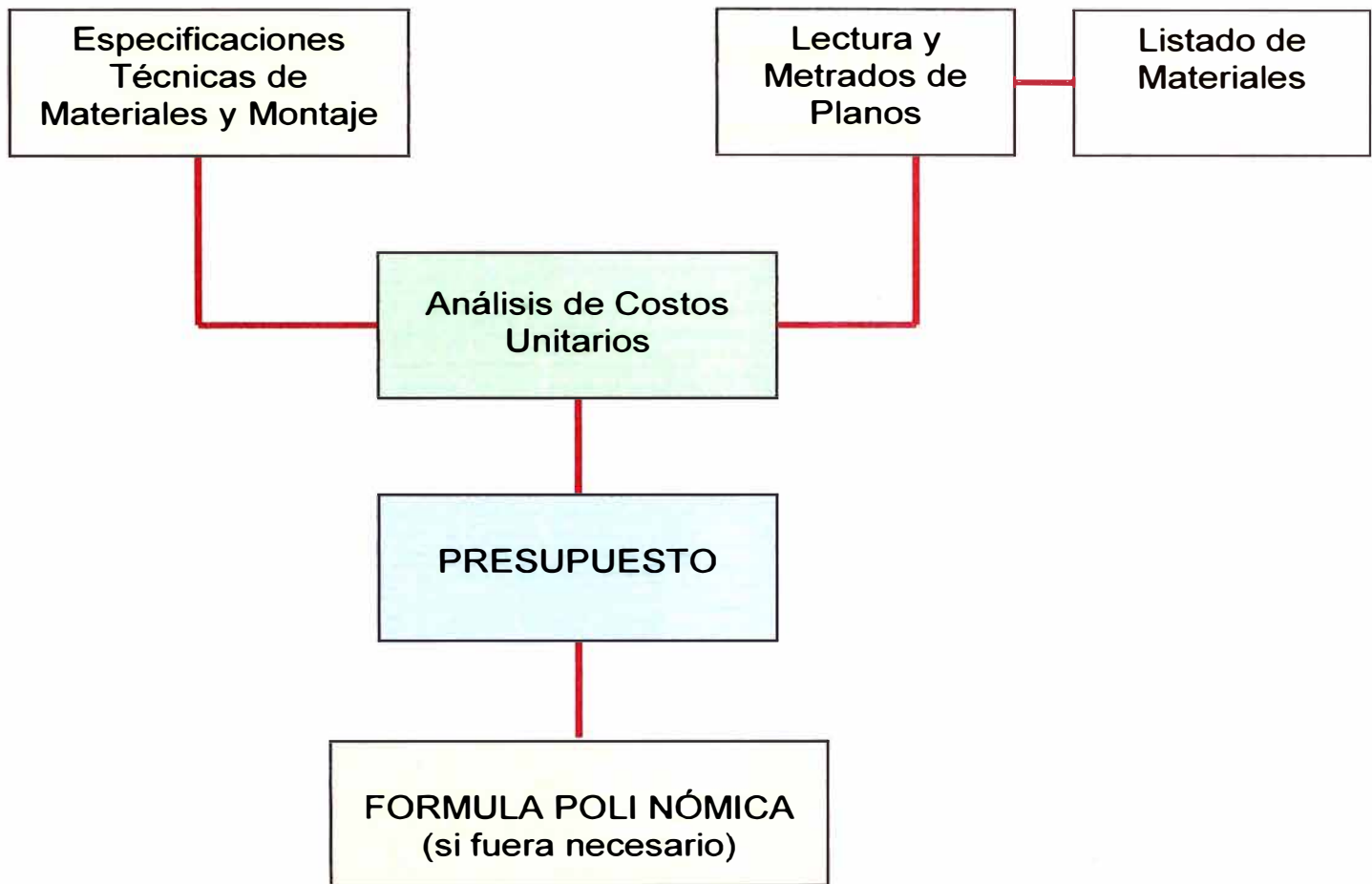
Este análisis consigna elementos que intervienen en la ejecución de la obra, tales como los materiales, la mano de obra, máquinas, equipos, herramientas y varios, analizados por rubros y partidas, se entiende por

varios cuando se incluye gastos por fletes e intereses bancarios y otros que no correspondan a ninguno de los anteriores elementos.

**MATERIALES.-** Se calculará los costos de materiales básicos que intervienen en la partida, en nuestro caso las tuberías con su especificación técnica correspondiente, válvulas, filtros, accesorios, etc. También se deben considerar los costos de materiales consumibles, tales como soldadura, esmeril, etc.

**MANO DE OBRA.-** Se considera los jornales del maestro de obra, operarios, oficiales y peones, según la cantidad de días que trabajara cada uno, incluyendo los gastos de seguro social, vacaciones y otros beneficios adicionales que la ley establece para el trabajador. Se recomienda utilizar rendimientos establecidos por instituciones como CAPECO, para obtener una aproximación a los costos de mano de obra en forma rápida.

**MAQUINA, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS.-** Se calculará los costos por desgaste y mantenimientos de la máquina, equipos y herramientas que se utilice.



**Fig. 6.1** Diagrama de Flujo para la elaboración de un Presupuesto

## 6.2 PRESUPUESTO

Con los resultados de los análisis de costos unitarios por partida, se consolidara en un formato donde se sumaran todos los costos de las diferentes partidas, se incluirá los gastos generales y utilidad. En los gastos generales se incluye los gastos por alquiler de la oficina, gastos de luz, agua, teléfono y arbitrios.

## PRECIOS UNITARIOS (US\$/ml)

### Tuberías y Accesorios

ITEM	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES TECNICAS	PRECIO UNITARIO US\$
1	Tubería s/costura Ø 6" Sch 40 Acero al Carbono	API 5L o ASTM A53 grB, ASTM a106	41.8
2	Tubería s/costura Ø 4" Sch 40 Acero al Carbono	API 5L o ASTM A53 grB, ASTM a106	24.75
3	Tubería s/costura Ø 3" Sch 40 Acero al Carbono	API 5L o ASTM A53 grB, ASTM a106	17.6
4	Tubería s/costura Ø 2" Sch 40 Acero al Carbono	API 5L o ASTM A53 grB, ASTM a106	7.3
5	Tubería s/costura Ø 1.1/2" Sch 40 Acero al Carbono	API 5L o ASTM A53 grB, ASTM a106	6.47
6	Tubería s/costura Ø 1" Sch 40 Acero al Carbono	API 5L o ASTM A53 grB, ASTM a106	4.13
7	Codo 90° R.L. Ø 6" Sch 40 Acero al Carbono, extremo soldable	ASME B16.9, ASTM A-234 Gr.WPB	14.9
8	Codo 90° R.L. Ø 4" Sch 40 Acero al Carbono, extremo soldable	ASME B16.9, ASTM A-234 Gr.WPB	5.3
9	Codo 90° R.L. Ø 3" Sch 40 Acero al Carbono, extremo soldable	ASME B16.9, ASTM A-234 Gr.WPB	3.1
10	Codo 90° R.L. Ø 2" Sch 40 Acero al Carbono, extremo soldable	ASME B16.9, ASTM A-234 Gr.WPB	1.35
11	Codo 90° R.L. Ø 1" Sch 40 Acero al Carbono, extremo soldable	ASME B16.9, ASTM A-234 Gr.WPB	0.8
12	Codo 45° R.L. Ø 6" Sch 40 Acero al Carbono, extremo soldable	ASME B16.9, ASTM A-234 Gr.WPB	13.2
13	Codo 45° R.L. Ø 4" Sch 40 Acero al Carbono, extremo soldable	ASME B16.9, ASTM A-234 Gr.WPB	3.4
14	Codo 45° R.L. Ø 3" Sch 40 Acero al Carbono, extremo soldable	ASME B16.9, ASTM A-234 Gr.WPB	2.8
15	Codo 45° R.L. Ø 2" Sch 40 Acero al Carbono, extremo soldable	ASME B16.9, ASTM A-234 Gr.WPB	1.16
16	Codo 45° R.L. Ø 1" Sch 40 Acero al Carbono, extremo soldable	ASME B16.9, ASTM A-234 Gr.WPB	0.48
17	Te Normal Ø 6" Sch 40 Acero al Carbono, extremo soldable	ASME B16.9, ASTM A-234 Gr.WPB	35.9
18	Te Normal Ø 4" Sch 40 Acero al Carbono, extremo soldable	ASME B16.9, ASTM A-234 Gr.WPB	
19	Te Normal Ø 3" Sch 40 Acero al Carbono, extremo soldable	ASME B16.9, ASTM A-234 Gr.WPB	8.6
20	Te Normal Ø 2" Sch 40 Acero al Carbono, extremo soldable	ASME B16.9, ASTM A-234 Gr.WPB	
21	Te Normal Ø 1" Sch 40 Acero al Carbono, extremo soldable	ASME B16.9, ASTM A-234 Gr.WPB	
22	Brida W.N.R.F. Ø 6" Sch 40 S-150, Acero al Carbono	ANSI/ASME B16.5 ASTM A 105, MSS SP-25	21.4
23	Brida W.N.R.F. Ø 4" Sch 40 S-150, Acero al Carbono	ANSI/ASME B16.5 ASTM A 105, MSS SP-25	11.8
24	Brida W.N.R.F. Ø 3" Sch 40 S-150, Acero al Carbono	ANSI/ASME B16.5 ASTM A 105, MSS SP-25	8.2
25	Brida W.N.R.F. Ø 2" Sch 40 S-150, Acero al Carbono	ANSI/ASME B16.5 ASTM A 105, MSS SP-25	4.99
26	Brida Ciega Ø 6" Sch 40 S-150, Acero al Carbono	ANSI/ASME B16.5 ASTM A 105, MSS SP-25	
27	Brida Ciega Ø 4" Sch 40 S-150, Acero al Carbono	ANSI/ASME B16.5 ASTM A 105, MSS SP-25	15.8
28	Brida Ciega Ø 3" Sch 40 S-150, Acero al Carbono	ANSI/ASME B16.5 ASTM A 105, MSS SP-25	10.7
29	Brida Ciega Ø 2" Sch 40 S-150, Acero al Carbono	ANSI/ASME B16.5 ASTM A 105, MSS SP-25	4.2
30	Tapón Roscado Ø 1" NPT S-150	ANSI B 16.11, ASTM A 105	
31	Reducción de 6"x4" Sch40 Acero al Carbono, extremo soldable	ASME B16.9, ASTM A-234 Gr.WPB	
32	Reducción de 6"x3" Sch40 Acero al Carbono, extremo soldable	ASME B16.9, ASTM A-234 Gr.WPB	
33	Reducción de 4"x3" Sch40 Acero al Carbono, extremo soldable	ASME B16.9, ASTM A-234 Gr.WPB	3.9
34	Reducción de 4"x2" Sch40 Acero al Carbono, extremo soldable	ASME B16.9, ASTM A-234 Gr.WPB	4.5
35	Reducción de 2"x1" Sch40 Acero al Carbono, extremo soldable	ASME B16.9, ASTM A-234 Gr.WPB	

**Cuadro 6.1** Cuadro de Precios Unitarios de tuberías y accesorios

### HOJA DE ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO

|PARTIDA: Tubería sin costura Ø 2" Sch 40  
 Acero al carbono, incluye accesorios  
 CUADRILLA: 1 operario, 1 oficial

MATERIALES	Unid.	Cant.	P.U.	COSTOS		
				Parcial	Total	
Tubería Ø 2"	ml	1	10	10		
Accesorios de tubería (codos, uniones, soldadura)	Global	1	2.5	2.5		
Total Materiales						12.5

MANO DE OBRA	Unid.	Cant.	P.U.	COSTOS		
				Parcial	Total	
Capataz	H-H	0.05	11.25	0.56		
Operario Tubero	H-H	0.5	9.37	4.69		
Oficial soldador	H-H	0.5	8.125	4.06		
Total Mano de Obra						9.31

EQUIPO-HERRAM-VARIOS	Unid.	Cant.	P.U.	COSTOS		
				Parcial	Total	
Depresión y Herramientas	Estim.	1	2	2.00		
						2

Total Costo Directo S/. 23.81 US\$≈7.39

### METRADO Y PRESUPUESTO

Proyecto: Instalaciones internas de gas natural (Lab. N° 5)

Partida : Tuberías sin costura Acero al Carbono Sch 40

Item	Descripción	Medrado		Costo	
		Unidad	Cantidad	Unitario	Total
1.1	Tubería s/costura Ø 2" Sch 40 Acero al Carbono	ml	28.1	24.8	696.88
1.2	Tubería s/costura Ø 1.1/2" Sch 40 Acero al Carbono	ml	11.4	22	250.80
1.3	Tubería s/costura Ø 1" Sch 40 Acero al Carbono	ml	5	14	70.00
1.4	Tubería s/costura Ø 3/4" Sch 40 Acero al Carbono	ml	48	12	576.00
1.5	Tubería s/costura Ø 1/2" Sch 40 Acero al Carbono	ml	59.7	10.5	626.85
<b>Subtotal</b>				<b>S/. 2,220.53</b>	
Gastos generales, dirección técnica, utilidad (20%)					444.106
<b>TOTAL</b>				<b>S/. 2,664.64</b>	

## CONCLUSIONES

1. El desarrollo del mercado de Gas Natural dependerá en gran medida de las tecnologías de uso final, o sea las condiciones de los procesos de combustión propios de los dispositivos de consumo:

- Cilindros de motores ciclo Otto y Diesel
- Combustores de las turbinas de gas
- Quemadores de las calderas y hornos.

Todos estos elementos se encuentran en los bancos de prueba del Lab 5 para experimentación de allí la importancia en contar con el gas natural.

2. La combustión del Gas Natural reduce los costos operativos de una aplicación energética en razón que ya no es necesario incurrir en los siguientes rubros:

- Calentamiento del combustible en tanques
- Calor para precalentamiento
- Vapor de atomización y deshollinado
- Energía eléctrica para las bombas de transferencia y alimentación a los hornos y/o calderas.

De idéntica manera contamos con equipamiento experimental en estos rubros.

3. Al importarse conceptos y soluciones provenientes del mundo desarrollado, sin considerar las particularidades de nuestro país como, los aspectos técnicos de las instalaciones (mantenimiento, estado técnico, años de explotación, años de fabricación de maquinas y equipos, entre otros), así como las potencialidades de nuestros especialistas (calificación, disciplina tecnológica, cultura laboral, nivel de herramientas y equipos, etc), genera un riesgo de índole económico en el país, carentes de recursos monetarios.
4. El control de diversos parámetros de operación en la industria nacional, se logrará con equipos similares a escala reducida o simuladores que se instalaran en el laboratorio de maquinas térmicas de la UNI.
5. Bajo una perspectiva de investigación y desarrollo tecnológico las tendencias en la ingeniería energética se pueden agrupar en: Sistemas de generación, equipos e instrumentación, sistemas inteligentes y de control, sistemas de comunicaciones.
6. Con el Gas Natural los rendimientos son superiores a los de los otros combustibles por el hecho de una regulación más fina y posibilidades de recuperación del calor sobre los humos más elevados, pudiendo pasar el



10% permitido gracias a la limpieza de los productos de combustión.  
Estos hace necesario que se corrobore experimentalmente.

7. Como un resumen de beneficios se puede mencionar: Menor consumo de agua tratada, menor consumo eléctrico, mayor eficiencia, menor empleo de vapor para servicios, menor costo de mantenimiento.
  
8. Nuestro país en este mundo globalizado requiere ser mas competitivo como país, a mayor competitividad se requiere mayor eficiencia energética, eso significa menor consumo de energía primaria para obtener mayores productos y mejor servicio prestado.

## BIBLIOGRAFIA

- INDECOPI *Normas Técnica Peruana*, Comisión de Reglamentos Técnicos,.  
NTP 111.010-2003. Gas Natural seco. Sistema de tuberías para Instalaciones internas industriales.  
NTP 111.011-2003. Gas Natural seco. Sistema de tuberías para instalaciones internas residenciales y comerciales.
- Ley N°27133. Ley de promoción del desarrollo de la industria del Gas.
- NFPA 54/ANSI Z223.1. National Fuel Gas Code, 1996 Edition.
- Reglamento de distribución de Gas Natural por red de ductos (D.S. 042-99-EM)

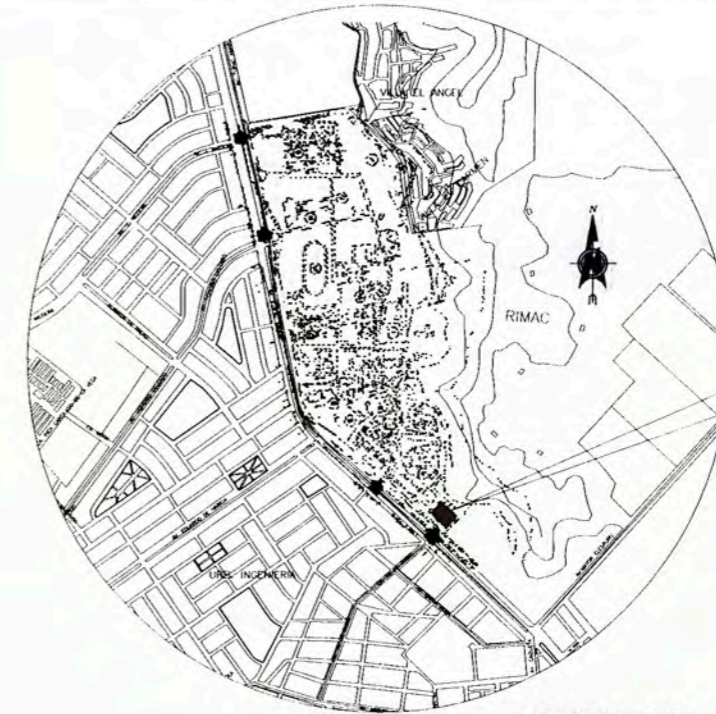
## **PLANOS**

**PLANO 1: UBICACIÓN DE LABORATORIO MAQUINAS TÉRMICAS E  
HIDRAULICAS**

**PLANO 2: DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS**

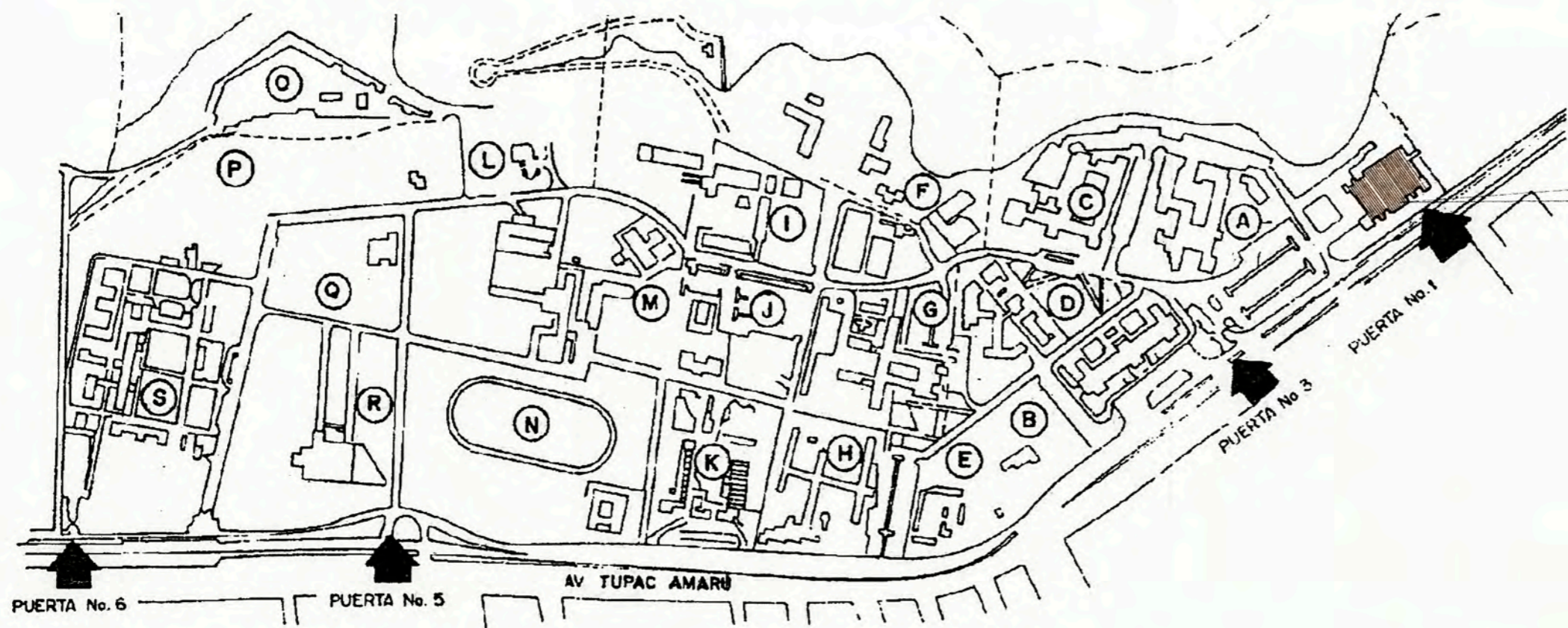
**PLANO 3: ISOMETRICO RECORRIDO DE TUBERIAS DE GAS  
NATURAL**





FIM - UNI  
LABORATORIO N°5

ESCALA: S/E  
PLANO DE UBICACIÓN



FIM - UNI  
LABORATORIO N°5



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**

PLANO:  
UBICACIÓN DE LABORATORIO MAQUINAS TÉRMICAS  
E HIDRAULICAS

LAMINA:  
**U-1**

REVISADO: Ing° F. SINCHI	DIBUJO: FESY	ESCALA: 1:5000	FECHA: NOV - 2006
-----------------------------	-----------------	-------------------	----------------------






ZONA DE ESTACIONAMIENTO

LEYENDA

- : EDIFICIO
- : LINEA DE GAS

TANQUES GEMELOS DE COMBUSTIBLE  
L = 4.88, D = 1.18

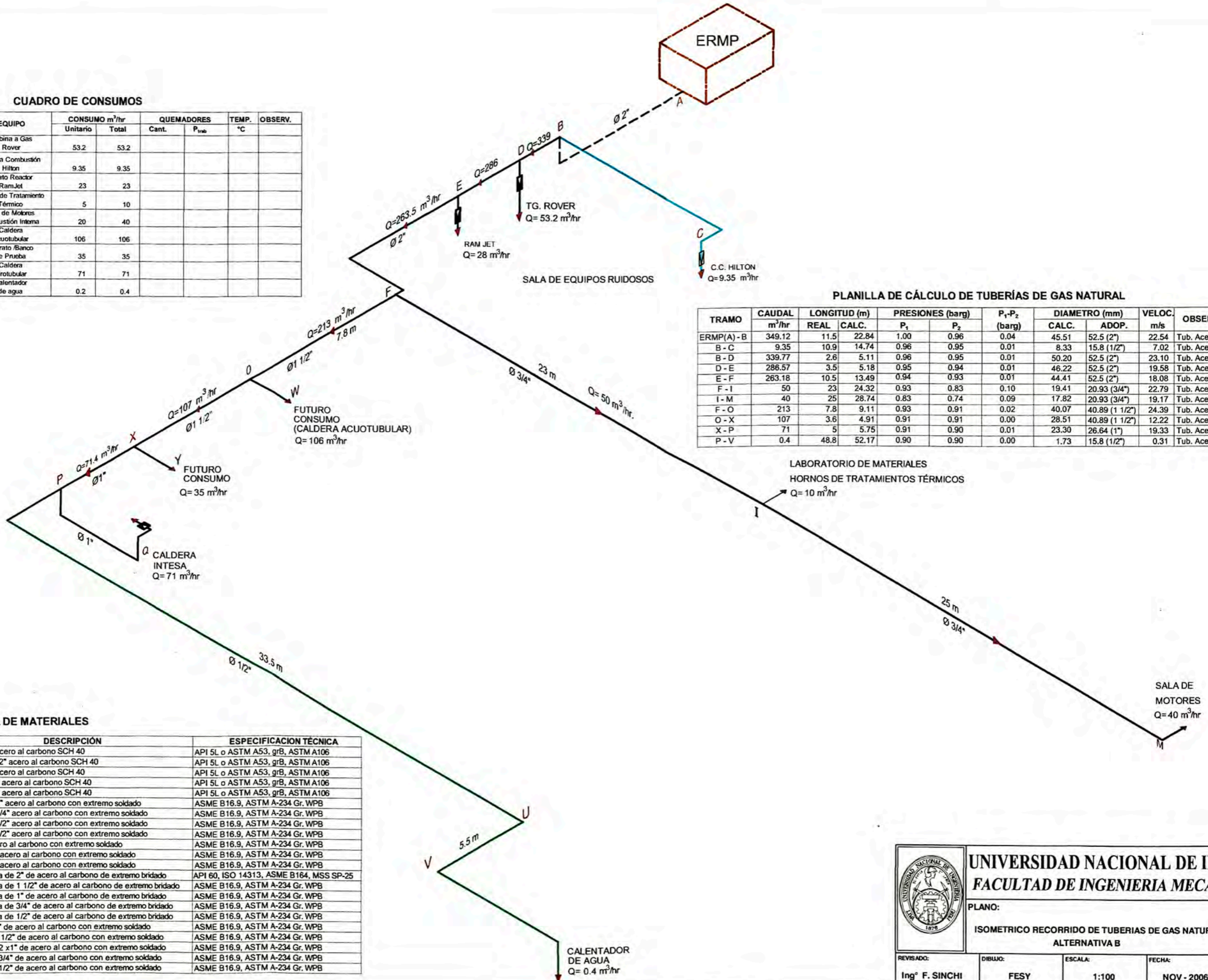
TANQUE DE GAS  
L = 3.1, D = 0.97

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b> <b>FACULTAD DE ING. MECANICA Y ELECTRICA</b>			
PLANO: <b>DISTRIBUCION DE EQUIPOS ALTERNATIVA "A"</b>		LAMINA: <b>A-1</b>	
REVISADO: Ing <sup>o</sup>	DIBUJO: FESY	ESCALA: 1:100	FECHA: FEB - 2002



CUADRO DE CONSUMOS

ITEM	CANT	EQUIPO	CONSUMO m <sup>3</sup> /hr		QUEMADORES		TEMP. °C	OBSERV.
			Unitario	Total	Cant.	P <sub>inib</sub>		
1	1	Turbina a Gas Rover	53.2	53.2				
2	1	Cámara Combustión Hilton	9.35	9.35				
3	1	Estado Reactor RamJet	23	23				
4	2	Homos de Tratamiento Térmico	5	10				
5	2	Sala de Motores Combustión Interna	20	40				
6	1	Caldera Acuotubular	106	106				
7	1	Aparato/Banco de Prueba	35	35				
8	1	Caldera Piro tubular	71	71				
9	2	Calentador de agua	0.2	0.4				



PLANILLA DE CÁLCULO DE TUBERÍAS DE GAS NATURAL

TRAMO	CAUDAL m <sup>3</sup> /hr	LONGITUD (m)		PRESIONES (barg)		P <sub>1</sub> -P <sub>2</sub> (barg)	DIAMETRO (mm)		VELOC. m/s	OBSERV.	TIPO DE UNIÓN
		REAL	CALC.	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>		CALC.	ADOP.			
ERMP(A) - B	349.12	11.5	22.84	1.00	0.96	0.04	45.51	52.5 (2")	22.54	Tub. Acero SCH40	Soldadura
B - C	9.35	10.9	14.74	0.96	0.95	0.01	8.33	15.8 (1/2")	7.02	Tub. Acero SCH40	Soldadura
B - D	339.77	2.6	5.11	0.96	0.95	0.01	50.20	52.5 (2")	23.10	Tub. Acero SCH40	Soldadura
D - E	288.57	3.5	5.18	0.95	0.94	0.01	46.22	52.5 (2")	19.58	Tub. Acero SCH40	Soldadura
E - F	263.18	10.5	13.49	0.94	0.93	0.01	44.41	52.5 (2")	18.08	Tub. Acero SCH40	Soldadura
F - I	50	23	24.32	0.93	0.83	0.10	19.41	20.93 (3/4")	22.79	Tub. Acero SCH40	Soldadura
I - M	40	25	28.74	0.83	0.74	0.09	17.82	20.93 (3/4")	19.17	Tub. Acero SCH40	Soldadura
F - O	213	7.8	9.11	0.93	0.91	0.02	40.07	40.89 (1 1/2")	24.39	Tub. Acero SCH40	Soldadura
O - X	107	3.6	4.91	0.91	0.91	0.00	28.51	40.89 (1 1/2")	12.22	Tub. Acero SCH40	Soldadura
X - P	71	5	5.75	0.91	0.90	0.01	23.30	26.64 (1")	19.33	Tub. Acero SCH40	Soldadura
P - V	0.4	48.8	52.17	0.90	0.90	0.00	1.73	15.8 (1/2")	0.31	Tub. Acero SCH40	Soldadura

LISTA DE MATERIALES

ITEM	CANT.	UNID	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACION TÉCNICA
01	26.4	ml	Tubería Ø 2" acero al carbono SCH 40	API 5L o ASTM A53, grB, ASTM A106
02	22.2	ml	Tubería Ø 1 1/2" acero al carbono SCH 40	API 5L o ASTM A53, grB, ASTM A106
03	4.9	ml	Tubería Ø 1" acero al carbono SCH 40	API 5L o ASTM A53, grB, ASTM A106
04	48	ml	Tubería Ø 3/4" acero al carbono SCH 40	API 5L o ASTM A53, grB, ASTM A106
05	51.26	ml	Tubería Ø 1/2" acero al carbono SCH 40	API 5L o ASTM A53, grB, ASTM A106
06	6	Pz	Codos 90° Ø 2" acero al carbono con extremo soldado	ASME B16.9, ASTM A-234 Gr. WPB
07	1	Pz	Codos 90° Ø 3/4" acero al carbono con extremo soldado	ASME B16.9, ASTM A-234 Gr. WPB
08	5	Pz	Codos 90° Ø 1/2" acero al carbono con extremo soldado	ASME B16.9, ASTM A-234 Gr. WPB
09	1	Pz	Codos 45° Ø 1/2" acero al carbono con extremo soldado	ASME B16.9, ASTM A-234 Gr. WPB
10	5	Pz	Te 2x2" de acero al carbono con extremo soldado	ASME B16.9, ASTM A-234 Gr. WPB
11	2	Pz	Te 1/2x1/2" de acero al carbono con extremo soldado	ASME B16.9, ASTM A-234 Gr. WPB
12	1	Pz	Te 3/4x3/4" de acero al carbono con extremo soldado	ASME B16.9, ASTM A-234 Gr. WPB
13	3	Pz	Válvula esférica de 2" de acero al carbono de extremo bridado	API 60, ISO 14313, ASME B164, MSS SP-25
14	2	Pz	Válvula esférica de 1 1/2" de acero al carbono de extremo bridado	ASME B16.9, ASTM A-234 Gr. WPB
15	1	Pz	Válvula esférica de 1" de acero al carbono de extremo bridado	ASME B16.9, ASTM A-234 Gr. WPB
16	2	Pz	Válvula esférica de 3/4" de acero al carbono de extremo bridado	ASME B16.9, ASTM A-234 Gr. WPB
17	2	Pz	Válvula esférica de 1/2" de acero al carbono de extremo bridado	ASME B16.9, ASTM A-234 Gr. WPB
18	2	Pz	Reducción 2x1" de acero al carbono con extremo soldado	ASME B16.9, ASTM A-234 Gr. WPB
19	1	Pz	Reducción 2x1 1/2" de acero al carbono con extremo soldado	ASME B16.9, ASTM A-234 Gr. WPB
20	1	Pz	Reducción 1 1/2 x 1" de acero al carbono con extremo soldado	ASME B16.9, ASTM A-234 Gr. WPB
21	1	Pz	Reducción 1 x 3/4" de acero al carbono con extremo soldado	ASME B16.9, ASTM A-234 Gr. WPB
22	2	Pz	Reducción 1 x 1/2" de acero al carbono con extremo soldado	ASME B16.9, ASTM A-234 Gr. WPB



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

PLANO:  
ISOMETRICO RECORRIDO DE TUBERIAS DE GAS NATURAL  
ALTERNATIVA B

LAMINA:

I-1

REVISADO: Ing° F. SINCHI  
DIBUJO: FESY  
ESCALA: 1:100  
FECHA: NOV - 2006

## **ANEXOS**

### **ANEXO 1: PERFIL Y REGIMEN DE ESTUDIO A NIVEL DE ANTEGRADO**

La Facultad de Ingeniería Mecánica en su programa de antegrado ofrece las especialidades de Ingeniería Mecánica, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Ingeniería Naval e Ingeniería Mecatrónica.

#### **Ingeniería Mecánica ( M3 )**

Duración de estudios : 5 años

Grado Académico : Bachiller en Ciencias con Mención en Ingeniería Mecánica.

Título Profesional : Ingeniero Mecánico.

El Ingeniero Mecánico es aquel profesional que haciendo uso de las ciencias básicas, de las Ciencias de Ingeniería y de las técnicas modernas de computación, las aplica con criterio técnico - económico y social, en el desarrollo de los diversos proyectos, tanto industriales como los de interés nacional , en diseño, fabricación y selección: así como en, instalación, operación, servicio y mantenimiento de los diferentes equipos, maquinarias e instrumentos empleado en la utilización de la energía en transporte, procesos industriales, minería, etc.

## **Ingeniería Mecánica - Eléctrica ( M4 )**

Duración de estudios : 5 años.

Grado Académico Bachiller en Ciencias con Mención en Ingeniería Mecánica - Eléctrica.

Título Profesional : Ingeniero Mecánico – Electricista.

El Ingeniero Mecánico - Electricista realiza actividades similares a la del Ingeniero Mecánico pero esta especialmente orientado a cubrir necesidades de planeamiento, supervisión y control en el campo tanto de la Ingeniería Mecánica como de la Ingeniería Eléctrica en plantas e instalaciones industriales donde no se cuenta con la presencia de especialistas en los campos antes citados. La Ingeniería Mecánica - Eléctrica ha cumplido y viene cumpliendo un rol importante en un país en desarrollo como es el Perú.

## **Ingeniería Naval ( M5 )**

Duración de estudios : 5 años.

Grado Académico Bachiller en Ciencias con Mención en Ingeniería Naval.

Título Profesional : Ingeniero Naval.



La Ingeniería Naval incluye todas las artes y ciencia aplicadas en el campo de la arquitectura y construcción Naval, equipamiento y mantenimiento de barcos de uso civil. El Ingeniero Naval es el profesional con preparación en Ciencias Básicas, Ciencias de los Materiales, Ciencias de la Ingeniería y Oceanografía, para su aplicación ingenieril en naves e instalaciones costeras y de uso acuático, sistemas de Potencia, sistemas de soporte a la vida en el mar y de los diversos vehículos y estructuras a ser usados en mares, ríos y lagos.

### **Ingeniería Mecatrónica ( M6 )**

Duración de estudios : 5 años.

Grado Académico : Bachiller en ciencias con Mención de Ingeniería Mecatrónica.

Título profesional : Ingeniero Mecatrónico.

La Ingeniería Mecatrónica, especialidad de reciente creación en la UNI, responde a la necesidad de formar un profesional que pueda desempeñarse en las actividades que interaccionan la mecánica con la electrónica en un ambiente computarizado a fin de lograr la optimización de los procesos productivos a través de la automatización industrial y el diseño de maquinaria automática.

El desarrollo de la fabricación automática permitirá que nuestro país consiga mercados importantes en el mundo para lo cual se requiere la formación de

profesionales con amplios conocimientos de mecánica, electromecánica, electrónica, neumática, hidráulica, electroneumática, oleodinámica, control automático, robótica e informática industrial, todo lo cual forma parte del plan curricular de esta rama de la ingeniería.

## **ANEXO 2: PERFIL Y REGIMEN DE ESTUDIO A NIVEL DE POSTGRADO**

### **Energética**

La Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional de Ingeniería, FIM-UNI, ofrece estudios de Postgrado conducentes a la obtención del Grado Académico de Magíster en Ciencias con Mención en Energética.

Duración de estudios : 2 años

Grado Académico : Magíster en Ciencias con Mención en Energética

Se busca formar profesionales con especialización en Energética cuyo perfil profesional permita:

- Elevar los conocimientos técnicos - científicos de Ingenieros, Bachilleres en Ingeniería, Licenciados, Docentes Universitarios de universidades y otras entidades superiores nacionales y extranjeras, en el campo de la energética (negocio de la energía, optimización y ahorro de energía en los diferentes sectores de oferta y consumo, manejo estratégico de las energías renovables y planificación energética).
- Entrenar y especializar en investigación y desarrollo energético del país, orientado a presentar soluciones de carácter técnico-científico, considerando el ámbito económico, social y la protección del medio ambiente.
- Evaluar proyectos referidos a la explotación, tratamiento, transporte y distribución del Gas Natural.

## **Motores de Combustión Interna**

La Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional de Ingeniería ofrece estudios de postgrado conducentes a la obtención del grado de Magíster en Ciencias con mención en Ingeniería Mecánica en la Especialidad de Motores de Combustión Interna.

Duración de estudios : 2 años

Grado Académico : Magíster en Ciencias con Mención en Motores  
de Combustión Interna

Se busca formar profesionales con un alto grado de especialización en Motores de Combustión Interna cuyo perfil profesional le permita:

- Planificar ejecutar y dirigir los procesos tecnológicos relacionados con el mantenimiento reparación y recuperación de piezas de motores de combustión interna.
- Resolver los problemas relacionados con la modernización de los sistemas de los motores de combustión interna.
- Diseñar y desarrollar prototipos de motores de combustión interna confiables adecuados a las condiciones geográficas de nuestro país.

## **Motores de Turbina a Gas**

La Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional de Ingeniería, ofrece estudios conducentes a la obtención del Grado Académico de Magíster en Ingeniería Aeronáutica con mención en Motores de Turbinas a Gas.

Se busca formar profesionales con especialización en Motores de Turbinas a Gas, cuyo perfil profesional les permita:

- Planificar, ejecutar y dirigir los procesos tecnológicos relacionados con el mantenimiento y la recuperación de piezas de motores de turbinas a gas.
- Resolver los problemas de conversión de los motores de turbina a gas de uso aeronáutico, en plantas térmicas estacionarias.
- Resolver los problemas relacionados con la modernización de los sistemas de los motores de turbinas a gas.
- Diseñar y desarrollar prototipos de motores de turbina a gas confiables, adecuados a las condiciones geográficas de nuestro país.

### **Aplicación Energética del Gas Natural**

La Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional de Ingeniería, ofrece estudios conducentes a la obtención del Grado Académico Superior de: Maestro en Ingeniería con mención en Aplicación Energética del Gas Natural.

El Maestro en Ingeniería de Aplicación Energética del Gas Natural, ha de estar capacitado para:

- Dirigir proyectos relativos al manejo estratégico del gas natural en los diversos subsectores de consumo final: Transporte, industria, servicios y

residencial, bajo los criterios de optimización tecnológica, ahorro energético, seguridad, calidad y protección del medio ambiente.

- Gestionar y conducir proyectos de instalación y operación de sistemas de generación eléctrica y cogeneración con gas natural.
- Planificar el consumo energético del gas natural en el Perú, de acuerdo a estrategias geográficas y socioeconómicas, proyectando al corto, mediano y largo plazo.
- Desempeñar actividades de normalización, peritaje y acreditación en el uso energético del gas natural en el Perú.
- Gestionar y conducir proyectos de modernización de la tecnología energética al uso del gas natural.

## **ANEXO 3:LISTADO DE MAQUINAS Y EQUIPOS TERMICOS**

### **1. GENERADOR DE VAPOR INTESA**

Año de fabricación	: 2006
Capacidad	: 30 BHP
Tipo	: Piro tubular Horizontal
Producción de Vapor	: 1,050 Lb/Hr. +/-5% a 212 °F
Superficie de Calentamiento	: 155 pie <sup>2</sup>
Presión de Diseño	: 150 lb/pulg <sup>2</sup>
Combustible	: GLP/GN
Capacidad Calorífica	: 1,004 MBTU/Hr.
Consumo de combustible	
Estado Actual	: Recien adquirido

### **1. CALDERA CLEAVER BROOKS**

Año de construcción	: 1965
Capacidad	: 100 BHP
Serie	: L - 35512
Producción de Vapor	: 3450 lb/h ( 212 °F)
Superficie de Calentamiento	: 500 pie <sup>2</sup> (Estimado)
Presión de Trabajo	: 150 lb/pulg <sup>2</sup>
Combustible	: Petróleo Diesel N° 2 ó Petróleo N° 6
Consumo de combustible	: Petróleo Diesel N° 2 :

31 GPH (Fabricante)  
Petróleo Diesel N° 6:  
29 GPH (Fabricante)

Peso (Caldero vacío) : 9,300 lb  
Longitud Total : 16' - 1"  
Ancho Total : 63"  
Altura Total : 6' - 5"  
Estado actual : OPERATIVO

## **2. PLANTA EXPERIMENTAL WESTINGHOUSE**

Turbina a Vapor : COPPUS ENGINEERING CORPORATION  
WORCESTER MASS. USA.

Serie : 66T1221  
Tipo : TW – 9  
Potencias : 1.9 HP  
Velocidad de Rotación : 3750 RPM  
Presión de entrada : 75 PSIG  
Temperatura de entrada : 320 °F

Flujo de vapor:

\* 175 lb/h :

- Presión de descarga : 0 PSIG
- Potencia : 500 W = 0.67 HP

\* 215 lb/h

- Presión de descarga : 5" Hg Absoluta



- Potencia : 890 W = 1.19 HP

Eyector :

- Capacidad : 1 pie<sup>3</sup>/minut, a 5" Hg Absoluta

- Consumo de aire : 230 lb/h, a 70 PSIG

- Consumo de vapor : 100 lb/h, a 75 PSIG

Estado actual : Inoperativo.

### 3. TURBINA BELLIS – MORCOM

Marca : BELLIS - MORCOM.

Serie : 1206

Tipo : 3 etapas

Potencias : - Nominal : 35 BHP (4000 RPM)

- Máxima : 65 BHP (8000 RPM)

Velocidad de Rotación : 4000 - 8000 RPM

Presión de entrada : 100 - 150 PSIG

hasta 200 PSIG (Máxima)

Temperatura de entrada : Hasta 450 °F (Máximo)

Flujo de vapor:

Operación : 1000 Kg/h

Máximo : 1050 Kg/h = 2300 lb/h (8000 RPM)

Vacío : Lo realiza la bomba reciprocante.

#### **4. TURBINA MURRAY**

Marca	: MURRAY IRON WORKS Co.
Serie	: 4322
Tipo	: T
Potencia	: 10 Kw
Velocidad de Rotación	: 1800 RPM
Presión de entrada	: 125 PSIG
Temperatura de entrada	: 453 °F
Flujo de vapor	: 1200 – 1300 poundals/h
	- Presión de descarga : 0 PSIG
	- Potencia : 10 Kw
Eyector	
Capacidad	pie <sup>3</sup> /min, a      pulg Hg Absoluta
Consumo de vapor	: 700 lb/h, a 125 PSIG (Estimado)

#### **5. MAQUINA A VAPOR TROY**

Marca	: TROY ENGBERG DE SKINNER ENGINE COMPANY, ERIE, PA.
Tipo	: "E" Vertical
Potencia	: 13 BHP
Velocidad de Rotación	: 100 – 300 RPM
Presión de entrada del vapor	: 125 PSIG
Temperatura de entrada	: 450 °F
Presión de salida del vapor	: 26" Hg Absoluta (vacío)

Flujo de vapor : (125 PSIG, 450° F):  
- 97.3 Kg/h (100 RPM)  
- 291.8 Kg/h (300 RPM)

Flujo de agua

Diámetro (D) : 5"

Carrera (L) : 6"

## **6. TOBERA DE VAPOR CONVERGENTE – DIVERGENTE**

Marca : W. SISSON.

Año de fabricación : 1963

Flujo de vapor : 300/500 lb/hr (135/225 Kg/hr)

Presión de vapor

de abastecimiento : 100/150 lb/pulg<sup>2</sup> (7/10.5 Kg/cm<sup>2</sup>)

Presión en la descarga : 24/26 pul de Hg

Estado actual : INOPERATIVO

## **7. EQUIPO DE CONVENCION LIBRE Y FORZADA**

Marca : SCOTT.

Serie : 03106958

Modelo : 9054

## **8. EQUIPO DE CAMBIO DE FASE**

Marca : SCOTT.

Serie : 07306835

Modelo : 9055

## **9. BANCO DE PRUEBA DE AISLANTES**

## **10. CALORÍMETRO UNIVERSAL**

Marca : SISSON

Presión de trabajo : 80 PSIG

Flujo : 0 – 1800 lb/hora

## **11. TORRE DE ENFRIAMIENTO “MARLEY”**

Marca : MARLEY AQUA TOWERS.

Modelo : 4433

Serie : 1001 A

Capacidad : 18,750 BTU/min. (329.7 KJ/seg)

Flujo : 120 – 375 GPH

(0.126/0.3943 lt/seg)

Rendimiento : 93.75 TON Refrigeración

75.00 TON Refrigeración Nominal

(Fábri.)

Agua de reposición : 0.5% Flujo utilizado

Variación de temperatura : Dependerá del flujo utilizado

Altura total : 109 7/8” (2.7908 mts.)

Longitud total : 107” (2.7178 mts.)

Ancho total : 71 ½” (1.8161 mts.)

## **12. TORRE DE ENFRIAMIENTO BINKS**

Marca	: BINKS
Modelo	: F-140A
Serie	
Capacidad	: 28,125 BTU/min. (466.49 KJ/seg)
Flujo	: 316/436 GPM (19.9/27.5 Kg/seg)
Rendimiento	
Agua de reposición	
Variación de temperatura	: 5.6/4.05 dependerá del flujo utilizado
Altura total	: 2.40 mts.
Longitud total	: 2.50 mts
Ancho total	: 1.50 mts.

## **13. ABLANDADOR DE AGUA (MANUAL) (UNI)**

## **14. ABLANDADOR DE AGUA SEMI AUTOMÁTICO (EX – ENIT)**



## **15. ABLANDADOR DE AGUA AUTOMATICO**

Procedimiento para el diseño, construcción y montaje de una Acometida

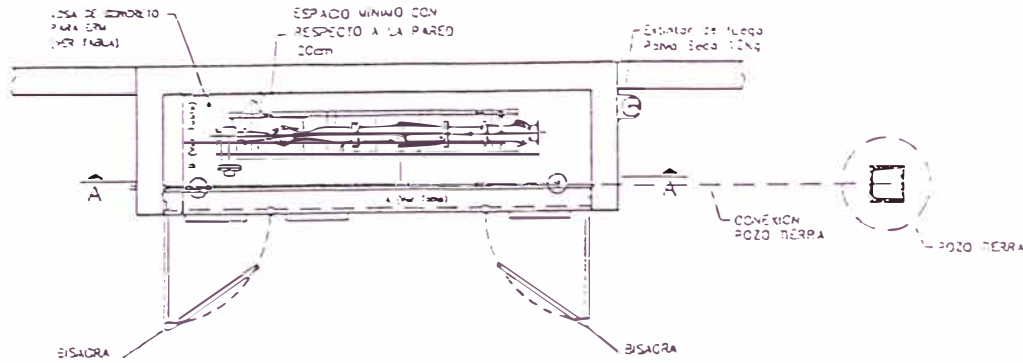
Anexo 3

LISTA DE MARCAS Y MODELOS DE COMPONENTES  
APROBADOS POR CALIDDA

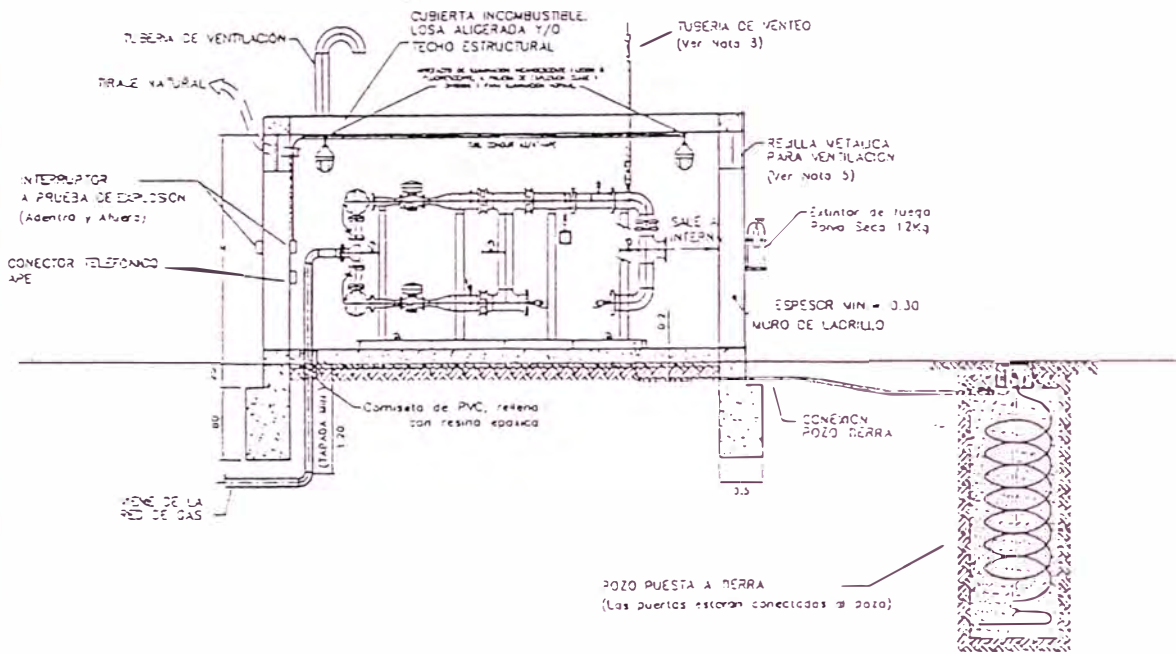
ITEM	DETALLE	MARCA	MODELO
1	Medidor		
	Medidor Turbina	Instromet	SM-RI-X
		Actaris	Fluxi 2000 TZ
	Medidor Rotativo	Instromet	IRM-3
Actaris		Delta	
2	Corrector/Computador de Flujo		
	Corrector de Flujo	Instromet	444 EVC
		Actaris	Corus
Computador de Flujo	AFC		
3	Juntas		
	Juntas espirometálicas	Flexitalic	Grafitadas
	Juntas dieléctricas	Flexitalic	
Garlok			
4	Válvula Reguladoras		
	Válvula reguladora	EQA	625
		EQA	630
		EQA	99-17
		EQA	S117
		Tormene Americana	956 FTO
Tartarini			
5	Válvulas de Alivio		
	Válvula de Alivio	Farinola Hnos	054 D
		Dresser	
6	Válvula de Bloqueo por Sobrepresión		
	Válvula de bloqueo roscada	EQA	B17
		EQA	B27
		EQA	B25
	Válvula de bloqueo	Tartarini	
Fisher		Francel	
7	Válvulas		
	Válvula esférica	Esferomatic.	
		Worcester / Valbol	
		Argus	
	Válvula mariposa	Esferomatic	
		Worcester / Valbol	
		Metalúrgica Guadalupe	
	Válvula de bloqueo y purga	ABAC	
Swagelock			
8	Elementos Filtrantes		
	Elementos filtrantes	Gora	
		Comercial Llanada	
		Lys	

Fecha emisión original	Fecha actualización	Fecha emisión anterior	Preparado por	Aprobación
31-08-05	---	---	EVT 	AES 

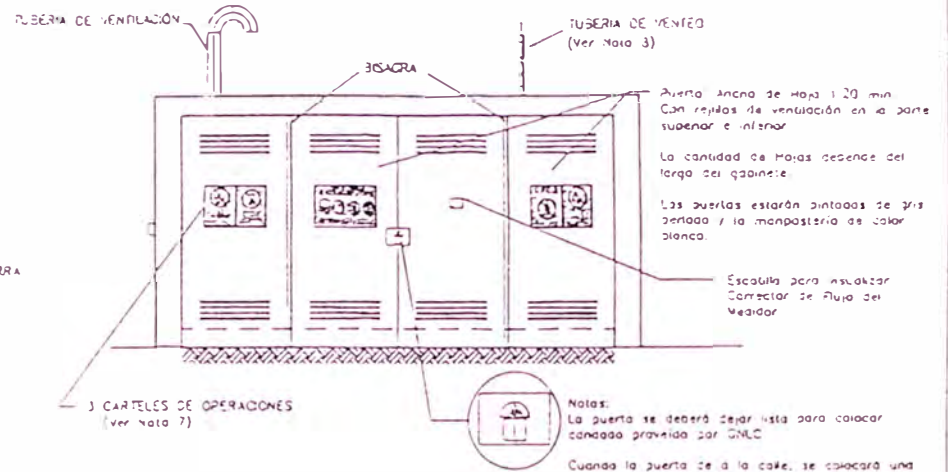
PLANTA



ELEVACION CORTE A-A



DETALLE PUERTAS



Notas:  
 La puerta se deberá dejar lista para colocar candado provisto por GNLG.  
 Cuando la puerta se da la calle, se colocará una chapa seriado, provisto por GNLG, o alternativamente una protección metálica antiverdugama para colocar candado provisto por GNLG.

TABLA DE DIMENSIONES

MODELO VERTICAL	Dimensión Interna		
	Longitud - A	Ancho - B	Altura - H
111A-SR	2.40	1.00	2.10
111B-SR	2.70	1.00	2.10
122-SR	3.90	1.20	2.10
122-DR	3.20	1.20	2.10
133-SR	4.50	1.20	2.10
133-DR	3.90	1.30	2.20
233-SR	4.30	1.30	2.10
233-DR	3.70	1.30	2.20
334-DR	4.40	1.30	2.40
366-DR	4.90	1.30	2.50
466-DR	5.00	1.30	2.50

NOTA  
 SR: SIMPLE RANEA  
 DR: DOBLE RANEA

- La elevación de la EPN deberá cumplir con RTD 111 010 "GAS NATURAL SECO. Sistema de tuberías para instalaciones nuevas industriales".
- La EPN se instalará sobre una losa de cimentación armada de 0.20m de espesor. En el momento del cierre exterior se terminará con un rebaje.
- La EPN deberá instalarse en un plano con pendiente de mantenimiento de las tuberías con un máximo permitido de 0.20% (pendiente de 2cm/m) y deberá asegurarse con al menos 100 cm de concreto armado de un 4% de acero de refuerzo. La cubierta para el pozo deberá ser de 1.20m de altura y deberá estar en contacto con el fondo de concreto.
- La ventilación del gabinete se realizará mediante rejillas y conductos en las puertas y ventanas, asegurando un flujo de aire en la parte superior e inferior.
- La ventilación deberá ser 3% de la superficie externa del gabinete y se deberá al 50% en la parte superior y al 50% en la parte inferior. Este diseño debe cumplir con la normativa vigente.
- Se deberá colocar un sistema para el control de la EPN y la EPN se deberá de las puertas para evitar fugas.
- Las conexiones de la EPN y la EPN, no deberán tener derivación de gas y se deberá de la EPN de acuerdo al tipo de conexión.
- Las partes de las tuberías de seguridad se deberán instalar en los cuartos muertos sobre las conexiones eléctricas y serán selladas con GNLG de acuerdo al tipo de conexión.
- Se deberá instalar un sistema de seguridad de la EPN y la EPN, para el control de fugas de gas, con un sistema de alarma y un sistema de alarma de emergencia para el control de fugas de gas.
- La construcción del gabinete y la instalación de los servicios mencionados se deberá de acuerdo al tipo de conexión y deberá de acuerdo al tipo de conexión y deberá de acuerdo al tipo de conexión.
- La protección exterior de las tuberías de la EPN y la EPN se deberá de acuerdo al tipo de conexión y deberá de acuerdo al tipo de conexión.
- El pozo deberá tener una altura mínima de 1.20m y deberá de acuerdo al tipo de conexión y deberá de acuerdo al tipo de conexión.
- El pozo deberá tener una altura mínima de 1.20m y deberá de acuerdo al tipo de conexión y deberá de acuerdo al tipo de conexión.
- El pozo deberá tener una altura mínima de 1.20m y deberá de acuerdo al tipo de conexión y deberá de acuerdo al tipo de conexión.
- El pozo deberá tener una altura mínima de 1.20m y deberá de acuerdo al tipo de conexión y deberá de acuerdo al tipo de conexión.

**Cálida**  
 REDES DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL EN UMA Y CALLEJO

PLANO TIPO DE INSTALACION Y MONTAJE DE ERM  
 MODELO VERTICAL - PARA CLIENTE INDUSTRIAL EN GABINETE

PT-21



# The Advantages of Multivariable Vortex Flowmeters

Faced with less time and personnel to devote to an increasing range of control and measurement problems, engineers must often weigh the cost of inaccuracy against the initial and maintenance costs of flowmeters. This demand for higher accuracy and lower cost over the lifetime of the device is driving the development of enhanced functionality.

Most of the recent innovations in flowmeter technology are related to mass measurement. The developing trend is a result of a growing awareness of the need to measure mass flow, and a critical understanding of the variables that can affect an instrument's specified accuracy.

The trend to replace orifice meters and other differential pressure producing devices is an example of how both of these influences are at work. The orifice plate and differential pressure transmitter still dominate the flow measurement market and are perceived to be the lowest-cost solution. However, recent studies show that this technology is rapidly losing market share.

The single biggest weakness of the differential pressure meter is turndown. All flowmeter accuracy statements are based on a specified operating range. A flowmeter's operating or turndown range can vary depending on the technology. Given the opportunity, most engineering professionals will specify a device with wider turndown to improve the measurement's accuracy.

Another process parameter that can degrade flowmeter accuracy is fluid density variation. A device that measures flow in one location, pressure in another and

temperature in a third is more vulnerable than a device that measures all of these variables in a single location.

Vortex flowmeters are rapidly gaining market acceptance because they offer both durability and wide turndown. However, in order to measure mass flow, the vortex meter requires auxiliary pressure and temperature measurements in order to calculate density. The location of these sensors can have a significant effect on system accuracy.

Multivariable vortex mass flowmeters measure steam, gas and most liquids from a single entry point in the process line.

Systems that use external process measurements to calculate mass flow often fail to consider that process conditions can change radically. Because the multivariable vortex mass flowmeter measures these variables in a single location, the operator can depend on several process measurements.

Another disadvantage of "traditional" compensated vortex metering systems is the high cost of installation. The complex electrical and mechanical system requires power and signal wiring between the flowmeter, the pressure transmitter, the temperature transmitter and the flow computer. Three process penetrations and mounting adapters for mechanical connection to the pipe are also necessary. Several different components must be integrated and tuned in order to make the system work properly.

The multivariable vortex mass flowmeter can be installed with a single process penetration and only one set of power and signal

wires. This instrument also simplifies commissioning and field-adjustments.

Integrating mass flow measurement with multivariable output capability in a single device yields the following benefits:

1. Measuring mass flow rate, volumetric flow rate, pressure, temperature, and fluid density with one smart transmitter reduces initial equipment costs.
2. Installation of a single device reduces engineering effort and installation cost, providing low cost-of-ownership.
3. Monitoring all process variables in a single location improves measurement accuracy. □

## THE AUTHOR

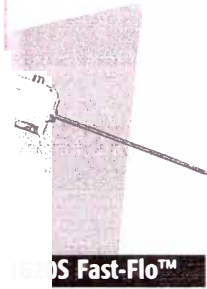
Andy Dieball is Director of Marketing for Sierra Instruments, Inc. He received his degree in Mechanical Engineering from the Colorado School of Mines. During the past seven years he has held various engineering, sales and marketing positions in the flow instrumentation industry. For more information about multivariable vortex meters, contact Sierra Instruments, Inc., 5 Harris Court, Bldg. L, Monterey, CA 93940-5752, 800/866-0200, FAX 408/373-4402.



## Mass Flow Meters and Controllers

	Description	Accuracy & Flow Range	Gases & Max. Pressures	Input Power	Output Signals
	Low-cost gas mass flow meter with tiltable digital readout; nylon or aluminum construction; CE approved	Accuracy: ± 1.5% of full scale Flow Range: Model 822/824: 0 - 10 sccm to 0 - 50 slpm Model 826/827: 0 - 75 slpm to 0 - 175 slpm	Gas: Air and non-corrosive, non-reactive gases Max. Pressure: 150 psig (10 barg)	12 to 18 VDC 24 VDC (optional)	0 - 5 VDC 4 - 20 mA
<b>820 Top-Trak®</b>					
	Low-cost gas mass flow controller with digital readout; nylon construction; CE approved	Accuracy: ± 1.5% of full scale Flow Range: 0 - 10 sccm to 0 - 50 slpm	Gas: Air and non-corrosive, non-reactive gases Max. Pressure: 150 psig (10 barg)	24 VDC ±10%	0 - 5 VDC 0 - 10 VDC 4 - 20 mA
<b>810 Mass-Trak®</b>					
	Low-cost gas mass flow meter for toxic and corrosive gases with tiltable digital readout; stainless steel construction; CE approved	Accuracy: ± 1.5% of full scale ± 1% of full scale (optional) Flow Range: 0 - 10 sccm to 0 - 500 slpm	Gas: All clean gases including corrosives and reactives. Max. Pressure: 500 psig (34 barg)	12 to 18 VDC 24 VDC (optional)	0 - 5 VDC 4 - 20 mA
<b>820-S Top-Trak®</b>					
	High performance gas mass flow meters and controllers; stainless steel construction; CE approved	Accuracy: ± 1% of full scale Flow Range: 0 - 10 sccm to 0 - 5600 slpm	Gas: All clean gases including corrosives and reactives. Max. Pressure: 500 psig (34 barg)	± 15 VDC	0 - 5 VDC 4 - 20 mA
<b>830/840 Side-Trak®</b>					
	Digital high performance gas mass flow meters and controllers; multi-gas capability; stainless steel construction; CE approved	Accuracy: ± 1% of full scale ± 0.7% of reading plus 0.3% of full scale (optional) Flow Range: 0 - 10 sccm to 0 - 1000 slpm	Gas: All clean gases including corrosives and reactives. Max. Pressure: 500 psig (34 barg) Dial-A-Gas: 10 pre-programmed gases, user selectable	24 VDC 12 VDC (optional)	RS-232 0 - 5 VDC 0 - 10 VDC 1 - 5 VDC 4 - 20 mA
<b>100 Series Smart-Trak®</b>					

# Smart Industrial Thermal Mass Flowmeters



**BOS Fast-Flo™**

Description	Accuracy & Flow Range	Gases	Input Power	Output Signals	Features
Fast Response (200 millisecond) Insertion mass flow meter; Smart Electronics; probe lengths 3.7" to 24"; NEMA 4X	+/- 1% of Full Scale & 0.2% repeatability up to 20000 sfpn	Most non-combustible, non-corrosive gases	18-30 VDC	0 - 5 VDC 0 - 10 VDC 4 - 20 mA	Field Validate, low pressure drop, Alarms, Totalizer, low-flow cutoff



**Steel-Mass™  
Flat-Trak™**

Insertion & In-Line mass flow meters; NEMA 4X and Hazardous Area Approvals: FM, ATEX, CSA, EEx, PED, CE, Cenelec; Smart electronics; Insertion probe lengths 6" to 36" In-Line flow body sizes from 1/4" to 8"	+/- 2% of reading from 10% to 100% of calibrated range & 0.5% of full scale below 10%; 0.2% repeatability; Flow range up to 20000 sfpn	Most gases compatible with 316 L stainless steel	8-30 VDC 100 to 240 VAC, 50/60 Hz (optional)	0 - 5 VDC 0 - 10 VDC 4 - 20 mA	Field Validate, low pressure drop, Alarms, Totalizer, low-flow cutoff
--	--	--	--	--------------------------------------	---



**BOS UHP™**

Ultra-High-Purity In-Line mass flow meter; NEMA 4X and Hazardous Area, Approvals: FM, ATEX, CSA, EEx, PED, CE, Cenelec; Smart electronics; flow body sizes from 1/4" to 6"	+/- 2% of reading from 10% to 100% of calibrated range & 0.5% of full scale below 10%; 0.2% repeatability; Flow range up to 20000 sfpn	Most gases compatible with 316 L stainless steel	18-30 VDC 100 to 240 VAC, 50/60 Hz (optional)	0 - 5 VDC 0 - 10 VDC 4 - 20 mA	Field Validate, low pressure drop, Alarms, Totalizer, low-flow cutoff, 7-10Ra or 20-25Ra finish
--	--	--	---	--------------------------------------	---

# Multivariable Vortex Mass Flowmeters



**240/241  
Innova-Mass®**

Description	Accuracy & Flow Range	Gases & Max. Pressures	Input Power	Output Signals	Features
Insertion & In-Line Multivariable Mass Flow Meters; Hazardous Area Approvals: FM, CSA, & CE, Smart Electronics; Insertion probe lengths 2" to 72"; In-Line flow body sizes from 1/4" to 8"	Mass Flow (liquids): ±1.0 % of reading Mass flow (gases): ±1.5% of reading Temperature: ±1 degree C Pressure: 0.4% of full scale Flow Range: up to 67000 scfm (air) up to 330000 lb./hr. (saturated steam)	Any gas, liquid or steam (240SCT is ideal for steam custody transfer) Max. Pressure: 1500 psia (100 Bara) Max. Temperature: 400 degrees C	9-36 VDC, 500 mA 85-240 VAC, 50/60 Hz, 25 Watts (optional)	4-20 mA three simultaneous signals Pulse output HART RS-485	30:1 Rangeability Reduced Sensitivity to Pipeline vibration 0.2% of mass flow rate repeatability Steam custody transfer model available AGA8 Algorithms for monitoring natural gas



**LITREMETER**  
Specialist flow measurement engineering

[www.litremeter.com](http://www.litremeter.com)

Litre Meter Ltd UK  
t: (01296) 420341  
f: (01296) 436446  
e: [sales@litremeter.com](mailto:sales@litremeter.com)

## ANEXO 5: PROCEDIMIENTO DEL DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍAS

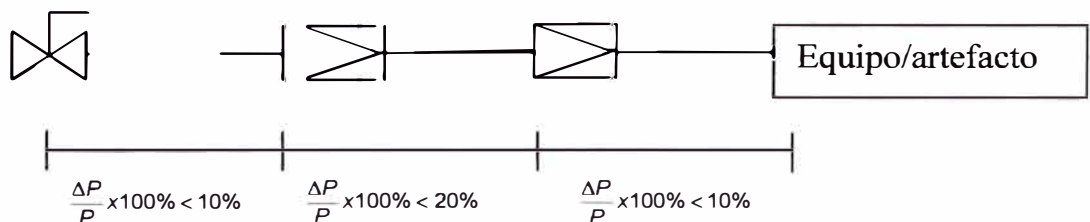
Según la Norma Técnica Peruana (NTP 111.010) Artículo 14.2.4 inciso b).  
La fórmula de Renouard simplificada para presiones en el rango de 0 a 400 KPa (0 a 4 bar); válido para  $\frac{Q}{D} < 150$

$$P_1^2 - P_2^2 = 48600SL \frac{Q^{1.82}}{D^{4.82}}$$

Se establece para el dimensionamiento de las tuberías, que las mismas transporten el caudal requerido por los equipos, incluyendo las futuras ampliaciones, teniendo en cuenta las restricciones en las pérdidas de carga y velocidades de circulación:

$$Q = \frac{\text{Potencia Nominal Equipo} \left( \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} \right)}{PC_s \left( \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^3} \right)}$$

Condiciones de caídas de presión



$$V = \frac{365.35Q}{D^2P} < 30 \frac{m}{seg}$$

**Predimensionamiento:**

Se observa de la fórmula de Renouard, que para determinar la caída de presión, es necesario predimensionar los diámetros, se asume  $V = 30 \frac{m}{seg}$ .

De la anterior ecuación:

$$D = 3.49 \sqrt{\frac{Q}{P}}$$

Se supone que la presión manométrica regulada de salida del gas de la Estación de Regulación y Medición principal es de 1 barg, por lo que, entonces, la presión absoluta P de salida valdrá:

$$P_{(man)} + P_{(atm)} = (1)(1.019716) \frac{Kg}{cm^2} + 1.033 \frac{Kg}{cm^2} = 2.0527 \frac{Kg}{cm^2}$$

para efectuar el predimensionamiento se supone esa presión constante, de modo que con el caudal transportado por tramo y con la fórmula indicada anteriormente, se determina el diámetro en mm, valor que debe ajustarse a los valores comerciales nominales mayores.

$$D = 3.49 \sqrt{\frac{349.12}{2.0527}} = 45.514 \text{ mm}$$

para el tramo AB

$$D_{(adoptado)} = 51 \text{ mm} = 2''$$

### Cálculo de verificación

Tramo	Caudal (m <sup>3</sup> /hr)	Longitud(m)		Presiones(barg)		P <sub>1</sub> -P <sub>2</sub> (barg)	Diámetro		Vel. m/seg
		Real	Calc.	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>		Calc.	Adop.	
A-B	349.12	11.5	22.84	1.00	0.96	0.04	45.51	52.5 (2")	22.54

Se comienza con el primer tramo de salida de la estación de regulación principal, que es el dato del problema.

Las presiones de entrada de los demás tramos, son los de salida de los anteriores.

P<sub>2</sub> (man): Presión manométrica de salida del tramo (kg/cm<sup>2</sup>).

La presión de salida P<sub>2</sub> de los distintos tramos, se determina con la fórmula de Renouard que permite establecer la diferencia de las presiones absolutas al cuadrado entre la entrada y salida del tramo, o sea:

$$\Delta = P_1^2 - P_2^2$$

de modo que:

$$P_2^2 = P_1^2 - \Delta \Rightarrow P_2 = \sqrt{P_1^2 - \Delta} \quad \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \text{ (absoluto)}$$

Esta ecuación permite determinar la presión absoluta  $P_2$  de salida de un tramo en función de la presión absoluta de entrada  $P_1$  y del valor  $\Delta$  calculada con la fórmula de Renouard.

Sin embargo en el cálculo de caídas de presiones, suele trabajarse con las presiones manométricas, por lo que, entonces:

$$P_2 (\text{abs}) = P_2 (\text{man}) + 1.033$$

$$P_1 (\text{abs}) = P_1 (\text{man}) + 1.033$$

Por ello queda:

$$P_2 (\text{man}) = \sqrt{[P_1 (\text{man}) + 1.033]^2 - \Delta} - 1.033$$

En nuestro caso:

$$\Delta = P_1^2 - P_2^2 = 48600 \times 0.65 \times 0.02284 \times \frac{(349.12)^{1.82}}{(52.5)^{4.82}}$$

$$\Delta = 0.156780444$$

$$P_2 (\text{man}) = \sqrt{[2.0527]^2 - 0.156780444} - 1.033$$

$$P_2 (\text{man}) = 0.981149 \quad \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$P_2 (\text{man}) = 0.962178 \text{ bar}$$

$$V = \frac{365.35Q}{D^2 P} = 22.54 \frac{\text{m}}{\text{seg}} < 30 \frac{\text{m}}{\text{seg}} \quad \text{OK!!!}$$

## ANEXO 6: EQUIVALENCIAS Y EJEMPLOS DE CONSUMO DE G.N.

Condiciones Normales (Q<sub>n</sub>): T=0 °C  
P<sub>0</sub> = 1 atmósfera

Condiciones Standard (Q<sub>s</sub>). T = 15 °C  
P<sub>0</sub> = 1 atmósfera

$$Q_s = 1.07 Q_n$$

$$1\text{BHP} = 8,435.4 \text{ Kcal/h}$$

$$P_{c_s} \text{ Gas Natural} = 40,100 \frac{\text{BTU}}{\text{Nm}^3} = 10,111.6 \frac{\text{Kcal}}{\text{Nm}^3} = 21,497 \frac{\text{BTU}}{\text{Lb}}$$

### 1) Turbina a Gas Rover:

Potencia: 60 BHP

$$Q_n = \frac{P_n}{\gamma P_{c_s}}$$

P<sub>n</sub>: Potencia Nominal Equipo (kcal/hr)

γ: Rendimiento Equipo

P<sub>c<sub>s</sub></sub>: Poder calorífico superior gas natural  $\frac{\text{Kcal}}{\text{m}^3}$

$$P_n = 60 \text{ BHP} \times \frac{8,435.4 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}}{1\text{BHP}} = 506,124 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

Considerando γ = 100%

$$Q_n = \frac{506,124 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}}{1 \times 10,111.6 \frac{\text{Kcal}}{\text{Nm}^3}} = 50.05 \frac{\text{Nm}^3}{\text{h}}$$

$$Q_s = 1.07 \times 50.05 \cong 53.2 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

**2) Cámara de combustión Hilton**

$$Q_s = 7.36 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \times \frac{\text{MMBTU}}{21.144 \text{Kgr.}} \times \frac{24.937 \text{m}^3}{1 \text{MMBTU}} \times 1.07$$

$$Q_s = 9.3 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

**3) Estado Reactor Ramjet:**

$$Q_s = 18.2 \frac{\text{Kg}}{\text{Hr}} \times \frac{\text{MMBTU}}{21.144 \text{Kgr.}} \times \frac{24.937 \text{m}^3}{1 \text{MMBTU}} \times 1.07$$

$$Q_s = 23 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

## LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES

### 1. Dimensionamiento del diámetro (D) de las tuberías

El caudal que pasa a través de una tubería vale:

$$Q = V \times A$$

Donde: Q: Caudal del gas circulante (m<sup>3</sup>/h)

V: Velocidad de circulación (m/h)

A: Sección transversal de la tubería (m<sup>2</sup>)

Esta ecuación es válida para instalaciones de gas a baja presión, donde prácticamente, se trabaja con la presión atmosférica.

Sin embargo para presiones mayores, debe tenerse en cuenta que el fluido se *comprime* por efecto de las misma, por lo que el caudal se incrementa en función de la relación de presiones como se indica seguidamente:

$$Q = V \times A \times \frac{P}{P_0}$$

en la que:

P: presión absoluta (presión manométrica + 1,033) (kg/cm<sup>2</sup>)

P<sub>0</sub>: presión atmosférica normal (1,033 kg/cm<sup>2</sup>)

Despejando V, queda:

$$V = \frac{Q}{A} \times \frac{P_0}{P}$$

Tratando de secciones circulares de tuberías se puede considerar:

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

Siendo: D: diámetro de la tubería (m)

De modo que:

$$V = Q \frac{P_0}{P} \frac{4}{\pi D^2}$$

Por otra parte se emplean las siguientes unidades:

V: velocidad en m/seg en lugar de m/h;

D: diámetro en mm en lugar de m;



$P_0$ : presión atmosférica normal: 1,033 kg/cm<sup>2</sup>

Por ello reemplazando en la ecuación anterior se tiene:

$$V = 365.35 \frac{Q}{D^2 P} \dots\dots\dots (I)$$

Siendo entonces:

V: velocidad de circulación (m/seg)

Q: caudal de gas normal (m<sup>3</sup>/h)

P: presión absoluta de cálculo (kg/cm<sup>2</sup>)

D: diámetro interno de la tubería (mm)

Se establece que la *velocidad de circulación del gas* sea inferior a 30 m/seg en todos los puntos de la instalación. Esta limitación tiende a prevenir niveles de ruido excesivo y erosión en las tuberías.

Para efectuar el **PREDIMENSIONAMIENTO** de las tuberías de la red, se adopta con cierto margen de seguridad una *velocidad de 30 m/seg* lo que permite con la presión absoluta de trabajo y el caudal circulado, efectuar el cálculo de los diámetros.

De la ecuación (I), se despeja D:

$$D = 3.49 \sqrt{\frac{Q}{P}}$$

### **CALCULO DE VERIFICACIÓN:**

Una vez efectuado el predimensionamiento de la red de tuberías, se efectúa el cálculo de verificación, aplicando la fórmula de Renouard Simplificado para presiones en el rango de 0 a 400 KPa (0 a 4 bar) Válido

para  $\frac{Q}{D} < 150$

$$P_1^2 - P_2^2 = 48600SL \frac{Q^{1.82}}{D^{4.82}}$$

Donde:

$P_1$  y  $P_2$  presión absoluta en ambos extremos del tramo, en  $\text{kg/cm}^2$

S densidad relativa del gas

L longitud del tramo en km, incluyendo la longitud equivalente de los accesorios que la componen.

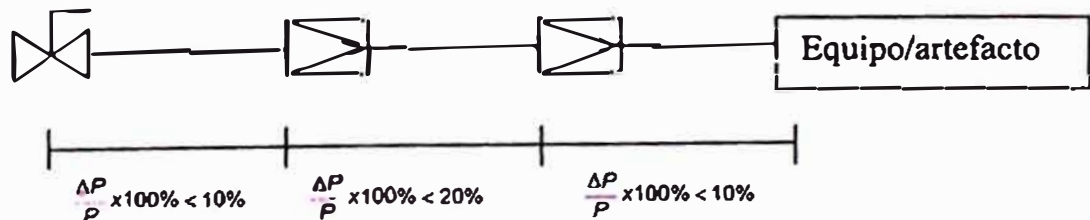
Q caudal en  $\text{m}^3/\text{h}$  (condiciones estandar)

D diámetro en mm

Se establece para el dimensionamiento de las tuberías, que las mismas transporten el caudal requerido por los equipos, incluyendo las futuras ampliaciones, teniendo en cuenta las restricciones en las pérdidas de carga y velocidades de circulación:

$$Q = \frac{\text{Potencia Nominal Equipo} \left( \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} \right)}{PC_s \left( \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^3} \right)}$$

Condiciones de caídas de presión



$$V = \frac{365.35Q}{D^2 P} < 30 \frac{m}{seg}$$

## 2. Conversión de Unidades.

$$1\text{BHP} = 8,435.4 \text{ Kcal/h}$$

$$PC_s \text{ Gas Natural} = 40,100 \frac{\text{BTU}}{\text{Nm}^3} = 10,111.6 \frac{\text{Kcal}}{\text{Nm}^3} = 21,497 \frac{\text{BTU}}{\text{Lb}}$$

### Ejemplo en la Turbina a Gas Rover:

Potencia Nominal: 60 BHP

$$Q_n = \frac{P_n}{\gamma P_{c_s}}$$

$P_n$ : Potencia Nominal Equipo (kcal/hr)

$\gamma$  : Rendimiento Equipo

$P_{c_s}$ : Poder calorífico superior gas natural  $\frac{\text{Kcal}}{\text{m}^3}$

$$P_n = 60 \text{ BHP} \times \frac{8,435.4 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}}{1 \text{ BHP}} = 506,124 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

Considerando  $\gamma = 100\%$

$$Q_n = \frac{506,124 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}}{1 \times 10,111.6 \frac{\text{Kcal}}{\text{Nm}^3}} = 50.05 \frac{\text{Nm}^3}{\text{h}}$$

$$Q_s = 1.07 \times 50.05 \cong 53.2 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

### 3. Cuadro de Equivalencias

#### PODER CALORÍFICO DE DIFERENTES COMBUSTIBLES

Combustible	BTU/Lb	KJ/Kg	BTU/pie <sup>3</sup>	Kj/Lt
Gas Natural	21,497	50,046	895	33.34
GLP	19,974	46,500	2,286	85.18
Gasolina	20,750	48,306	954,738	35,574
Diesel 2	19,200	44,697	1,037,933	38,673
Bunker 6	19,100	44,465	1,032,527	38,472
R 500	19,150	44,581	1,035,230	38,573

\* A condiciones 68 °F y 14.7 psi.