

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO**



**“EL GAS LICUADO DE PETRÓLEO Y SU APLICACIÓN EN  
UN PROYECTO DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR”**

**TITULACIÓN POR ACTUALIZACIÓN DE CONOCIMIENTOS PARA OPTAR  
EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE PETRÓLEO**

**ELABORADO POR:**

**JOSÉ FRANKLING BETETA FERNANDEZ**

**PROMOCIÓN 1990-I**

**LIMA - PERÚ**

**2004**

1. - Objetivos
2. – Antecedentes
3. – Fundamento Teórico
  - 3.1. -Clasificación y origen de los gases
  - 3.2. - Propiedades
  - 3.3. - Fuentes de Energía que compiten con el GLP - Aspectos Cualitativos
4. - Análisis del Mercado
  - 4.1. - División del Mercado del GLP
  - 4.2. - Mercado Potencial del GLP para Sistemas Multifamiliares
  - 4.3. – Oferta y Demanda de Diferentes Fuentes de Energía
5. - Descripción del Proyecto
  - 5.1. - Elaboración de un Proyecto de GLP.
  - 5.2. - Planos
  - 5.3. - Etapas de un sistema centralizado de GLP. a granel
  - 5.4. - Descripción de los materiales y accesorios
  - 5.5. - Criterios de Instalación
6. - Equipamiento
  - 6.1. - Componentes de la instalación (tanques, reguladores, medidores).
  - 6.2. - Artefactos (características técnicas, potencias, requerimientos).
  - 6.3. - Análisis comparativo de consumo de equipos a GLP vs. Equipos eléctricos.

## **APLICACIÓN PRÁCTICA - SISTEMA CENTRALIZADO DE GLP PARA UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR**

7. - Diseño
  - 7.1. - Ubicación tentativa de tanques medidores y artefactos
  - 7.2. - Potencias
  - 7.3. - Diseño de la unidad de almacenamiento (vaporización, autonomía)
  - 7.4. - Calculo de diámetros en Media Presión y Baja Presión /

7.5. - Determinación de accesorios (reguladores de presión y medidores)

7.6.- Determinación de area de ventilación y ducto colectivo

## 8. - Análisis Económico- Financiero

8.1. - Inversión total.

8.2. - Consumo estimado

8.3. - Análisis de la Inversión

8.4. – Tiempo de Recuperación, TIR, VAN

## 9. - Tramites, pruebas y procedimientos de operación.

9.1. - Trámites Organismo Supervisor de la Inversión en Energía -OSINERG –  
Dirección General de Hidrocarburos-DGH

9.2. Purga de tuberías.

9.3. - Pruebas de hermeticidad – Protocolo de Pruebas

9.4. - Procedimiento de llenado, Cartilla de Seguridad.

9.5. - Plan de Contingencia- Manual de Operaciones.

## 10. - Conclusiones.

## 11.- Bibliografía.





## 1. - Objetivos.-

- Presentar un enfoque global de las aplicaciones del GLP a granel haciendo hincapié en su uso como alternativa energética en el segmento correspondiente a viviendas multifamiliares, frente a la electricidad u otros combustibles líquidos o gaseosos como el GLP envasado.
- Recopilar información técnica y combinarla con la experiencia de campo en lo referente a criterios de diseño de redes para GLP. con medidores de consumo en agrupamientos multifamiliares.
- Evaluar económicamente la factibilidad del proyecto mostrando las ventajas que brinda un sistema centralizado de almacenamiento con redes para GLP. y medidores, tanto para el constructor, usuario y empresa proveedora del gas.
- Brindar un aporte en el desarrollo de las redes para GLP como alternativa para mejorar la calidad de vida, aportando una energía económica, versátil, segura y ecológica a los hogares, reemplazando paulatinamente hasta donde sea posible a la energía eléctrica.

## 2.- Antecedentes.-

El GLP se viene comercializando en nuestro país desde hace 55 años, siendo el único proveedor de las empresas envasadoras / comercializadoras hasta el año 1996 PETROPERU a través de tres puntos de producción y ventas:

- Refinería Talara – Planta de Ventas Tablazo – Planta de Ventas Callao
- Refinería La Pampilla – Planta de Ventas Pampilla
- Planta Verdun – Producción y Ventas

Este escenario permaneció inmóvil hasta el año 1992, en donde con la privatización de la empresa comercializadora de GLP del Estado (Compañía Peruana de Gas S.A.) se introduce una nueva dinámica en la oferta y generación de la demanda del GLP incrementándose el número de empresas envasadoras y comercializadoras hasta un total de 102 en el ámbito nacional que en el afán de cubrir su cuota de mercado han dado un impulso importante en crecimiento de la actividad comercial del GLP bajo la supervisión de organismos del Estado como el MEM y OSINERG.

A partir de 1996 el Perú se introduce de lleno al mercado internacional del GLP con la privatización de Refinería la Pampilla, Planta de Ventas Callao y la puesta en operación de los terminales de almacenamiento de SOLGAS Y Zeta Gas, de esta manera al tratarse de operadores privados los precios reflejan las variaciones en el mercado internacional, dados por MontBelvieu. Adicional a esto la Compañía Aguaytía Energy viene abasteciendo de GLP aproximadamente al 20% del mercado nacional gracias a contratos firmados entre esta Empresa y algunas empresas envasadoras, de la Región Centro y Selva del país.

Se espera para el 2004 la puesta en marcha de la Planta de Pluspetrol y la salida al mercado de Petrothech como comercializadores de GLP a nivel mayorista.

El ingreso de transnacionales como operadoras de empresas envasadoras / comercializadoras de GLP (Grupo REPSOL, ELF, LIPIGAS) ha dado un impulso adicional al desarrollo del mercado del GLP, siendo de especial interés de estas empresas, el desarrollo de un sólido mercado del GLP a granel (industrial, comercial, redes), en donde se han concentrado los mayores esfuerzos, habiéndose alcanzado importantes tasas de crecimiento, es de resaltar que entre 1992 y el 2003 el crecimiento de las ventas del GLP a granel han sido del orden del 800%, lo que nos da una idea del potencial de este negocio. De otro lado se debe considerar que el consumo per capita de GLP para el Perú es de los más bajos de la Región, se tiene los siguientes datos:

PAIS	K/habitante/año
Centro América	11
Colombia	18
Caribe	28
Argentina	32
Brasil	40
Ecuador	59
Chile	76
Venezuela	78
México	85
Perú	16

Finalmente es importante mencionar que en todos aquellos países en donde hay desarrollo del gas natural, es el GLP quien crea inicialmente la necesidad de consumo de combustibles gaseosos, hay que considerar adicionalmente a lo anterior que de acuerdo a la información recogida del reservorio de Gas y Condensado de Camisea se tendrá una producción de 35,000 BPD de GLP del cual se calcula el 60% será propano lo que permitirá alcanzar el esperado autoabastecimiento además de generar excedentes que se sumen a las exportaciones del país.

### 3. – Fundamento Teórico

#### 3.1. - Clasificación y origen de los gases.

Los combustibles gaseosos se pueden clasificar en tres grandes grupos o familias de gases:

##### 1º FAMILIA: Gases Manufacturados

No son productos naturales, y tienen como principal componente al gas de ciudad, su forma más común de consumo es mediante una red de distribución que tiene su origen en la fábrica de gas.

Sus características dependen del sistema de fabricación se presenta su composición media:

##### COMPOSICION CENTECIMAL MEDIA

Oxido de carbono (CO)	2.8
Hidrogeno (H <sub>2</sub> )	53.0
Metano (CH <sub>4</sub> ) y otros	23.0
Oxigeno (O <sub>2</sub> )	---
Anhídrido carbónico (CO <sub>2</sub> )	21.2
Nitrógeno (N <sub>2</sub> )	---

##### IMPUREZAS

Amoniaco	No presente
Naftalina	No presente
Alquitranes	No presente
Azufre	No presente
Densidad relativa	0.54
Poder calorífico	4,200 a 4,250 Kcal/Nm <sup>3</sup>
Presión de uso	70 a 120 mm c.a.

Los gases manufacturados se pueden obtener por métodos físico - químicos, los que pueden resumirse en:

- Destilación de un combustible sólido o líquido.- se logra por descomposición térmica a altas temperaturas sustancias sólidas, como el carbón, mediante la aplicación indirecta de calor y sin la presencia de aire o vapor de agua,

cuando el proceso corresponde a sustancias líquidas este toma el nombre de "cracking".

- Acción de vapor sobre un combustible sólido, líquido o gaseoso.- Los gases obtenidos por este procedimiento son producidos por la combinación química del hidrógeno y el oxígeno del vapor de agua, a altas temperaturas, con el carbono de combustibles sólidos, líquidos o gaseosos; esto da lugar a gases como hidrógeno, metano, etano, etileno, etc.

## 2º FAMILIA: Los Gases Naturales

A diferencia del gas manufacturado, el gas natural se obtiene directamente de reservorios, y su disponibilidad esta en función de los países que lo pueden explotar de sus reservas.

Su transporte hasta los puntos de consumo se puede hacer por medio de gasoductos o licuándolo (GNL) y transportándolo hasta su lugar de consumo en donde será luego gasificado, su composición es muy variable según el lugar en donde se halle el yacimiento, se presenta una composición promedio del gas distribuido en España durante 1997:

COMPOSICION %	RED 35	ARGELIA	SERRABIO	GAVIOTA
METANO	86.523	91.204	98.616	86.988
ETANO	12.381	7.399	0.242	5.273
PROPANO	0.306	0.759	0.023	1.785
ISOBUTANO	0.019	0.054	0.007	0.307
N – BUTANO	0.025	0.067	0.005	0.356
PENTANO	-----	-----	0.010	0.274
NITROGENO	0.746	0.517	0.142	3.771
ANH. CARBONICO	-----	-----	0.955	1.246
P.C.S. (Kcal/M <sup>3</sup> n)	10,421	10,163	9,458	9.923
P.C.I. (Kcal/M <sup>3</sup> n)	9,403	9,161	8,504	8.949
DENSIDAD (K/M <sup>3</sup> n)	0.8048	0.7791	0.7321	0.8289

## 3º Familia: Los Gases Licuados de Petróleo

Los GLP. (gases licuados de petróleo) son gases que provienen de dos fuentes; una como gas asociado que se encuentra directamente en los pozos petrolíferos (gas natural), otra en las refinerías de petróleo, cuando a partir del crudo se realiza el proceso del "Craqueo".

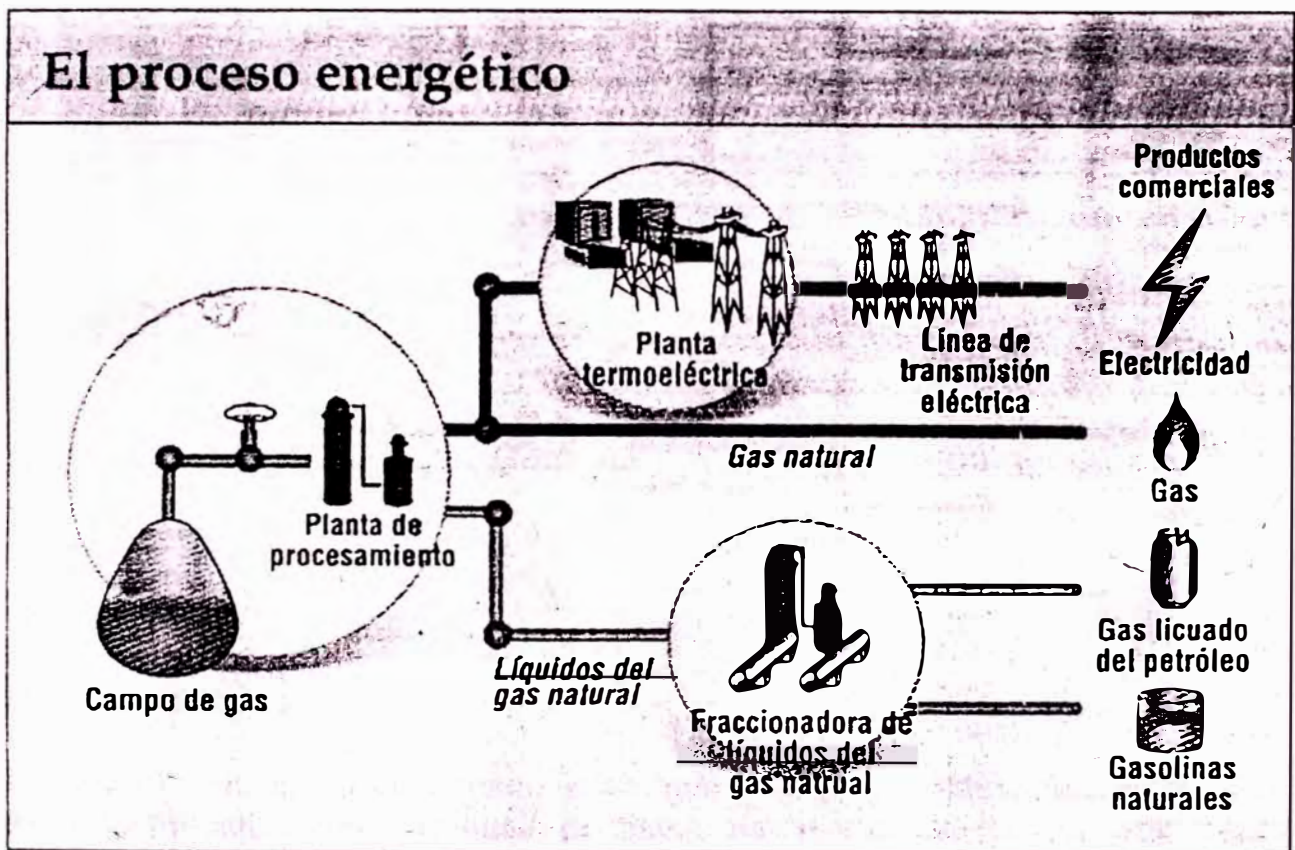
Los GLP. son mezcla de hidrocarburos, siendo sus principales componentes el propano, iso-butano y n-butano estando presentes otros hidrocarburos en mucho menor porcentaje; dependiendo del origen del GLP (G.N. o Refinería), estarán presentes hidrocarburos saturados y no saturados en general se cumple que cuando

el GLP tiene su origen en GN solo se encontraran hidrocarburos saturados en su composición.

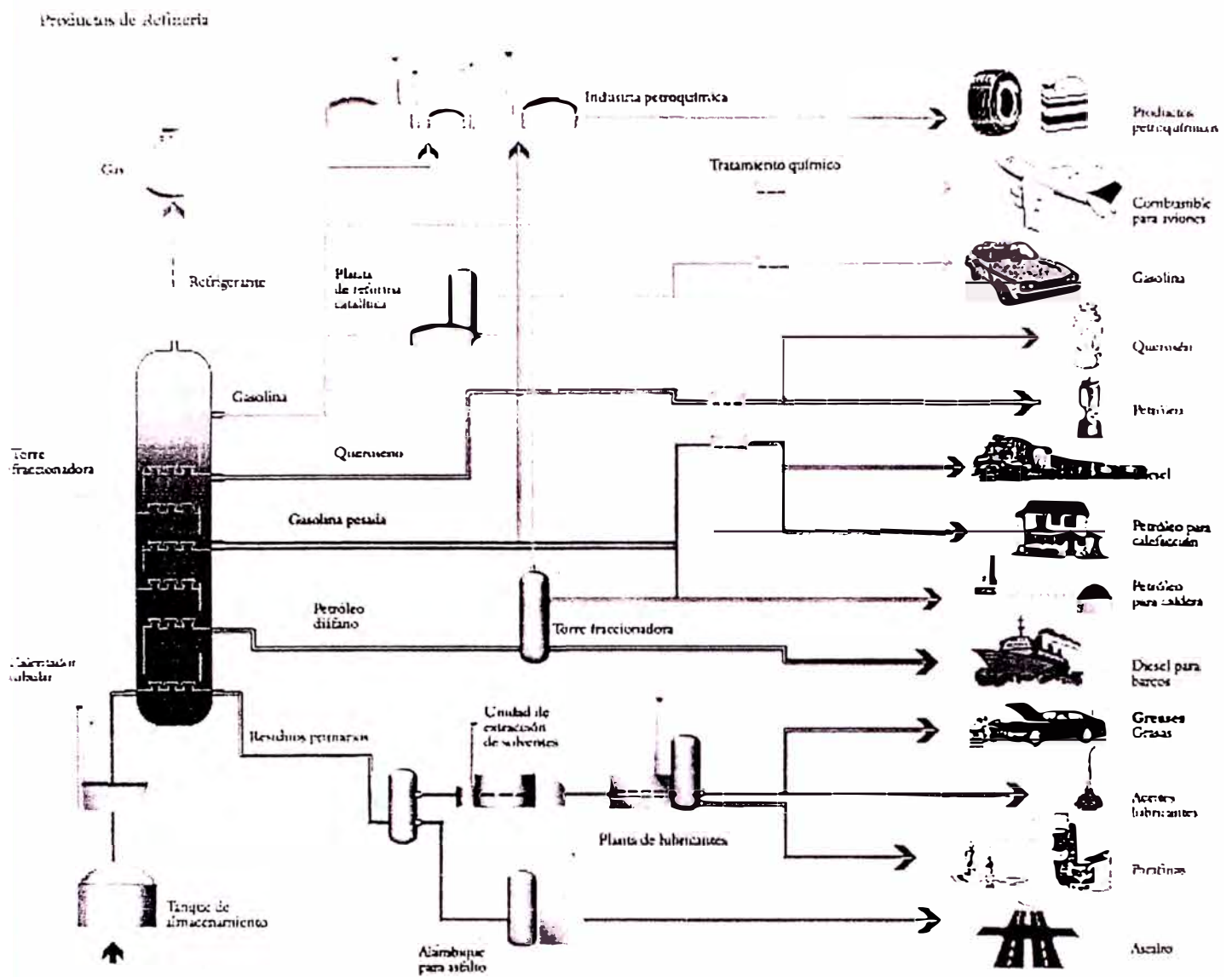
Son hidrocarburos volátiles a temperatura y presión de ambiente normal, que por licuarse fácilmente a temperaturas ambiente se comercializan en estado líquido de esta manera se pueden mover grandes volúmenes en estado líquido con el consiguiente ahorro en costos de transporte.

Mas adelante se trataran las propiedades tanto de los principales componentes del GLP, asi como de sus mezclas.

Las siguientes figuras muestran el proceso de obtencion del GLP, tanto partiendo del gas natural como del petróleo:







### 3.2. - Propiedades

Por su composición y propiedades, estos gases son muy inflamables, produciéndose en su combustión gran cantidad de calor, por lo cual se les ha encontrado un sinnúmero de aplicaciones prácticas en diversas actividades:

- Domésticas
- Cocina
- Calefacción
- Agua Caliente
- Secado
- Aire Acondicionado
- Pequeños incineradores
- Industriales – Transporte - Agropecuarias
- Cocina de Hotelaría
- Panadería y Pastelería
- Lavanderías y limpieza en seco

- Baños y piscinas publicas
- Combustible de automoción
- MTBE, ETBE
- Polímeros plásticos
- Gomas sintéticas
- Alcoholes, aldehídos, y cetonas
- Alimentación Steam Crackin
- Cerámica y cristal
- Construcción
- Siderúrgica
- Cogeneración
- Agricultura y Ganadería
- Aerosoles

La combustión de los gases propano y butano es una reacción de oxidación y como toda combustión precisa de un combustible, para este caso los gases propano y butano y de un comburente, él oxígeno tomado del aire. Si la combustión se hace con aire suficiente, los productos resultantes serán:

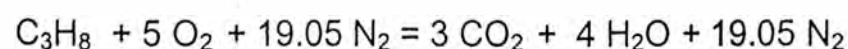
- Vapor de agua (H<sub>2</sub>O),
- Anhídrido Carbónico (CO<sub>2</sub>),
- Nitrógeno (N<sub>2</sub>).

Los tipos de combustión que se pueden dar, según la cantidad de aire se pueden dividir en cuatro grandes grupos:

- I. Combustión exacta, estequiométrica, cuando se usa el aire teórico exactamente, con lo que se consume todo el carbono e hidrogeno y se utiliza todo el oxígeno del aire.
- II. Combustión completa con aire en exceso, similar a la anterior sólo que entre lo productos de la combustión estará también el oxígeno sobrante del aire en exceso.
- III. Combustión incompleta por defecto de aire, al no oxidarse totalmente el carbono y el hidrógeno del combustible se producirá monóxido de carbono (CO) aparte del anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>), vapor de agua, Nitrógeno e hidrogeno no quemado.
- IV. Combustión incompleta por exceso de aire, igual que en la anterior, si no se logra una buena mezcla, aunque haya exceso de aire, se producirá los mismos gases, y además él oxígeno procedente del exceso de aire.

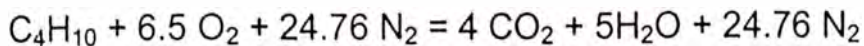
Las formulas de las reacciones de combustión para los principales componentes del GLP son las siguientes:

#### **PARA EL PROPANO:**





## PARA EL BUTANO:



A continuación se presentan algunas relaciones que nos permiten determinar algunas variables importantes en referencia a la combustión:

Aire Estequiométrico necesario ( $A_m$ ) en condiciones normales de P y T:

$$A_m = 2.38 H_2 + 2.38 CO + (m_1 + n_1/4) \times 4.76 C_{m_1} H_{n_1} + \dots + 4.76 \times (m_i + n_i/4) C_{m_i} H_{n_i}$$

Cuando se tiene en cuenta la humedad:

$$A_{mh} = F \times A_m$$

$$F = 1 + HR \frac{P_s}{P_r - HR \times P_s}$$

HR = Humedad Relativa en tanto por uno,

$P_r$  = Presión real del aire en mm de Hg.

$P_s$  = Presión de saturación del vapor de agua en mm de Hg.

Exceso de Aire ( $n - 1$ )

$$n = \frac{\text{Aire Real}}{A_m}$$

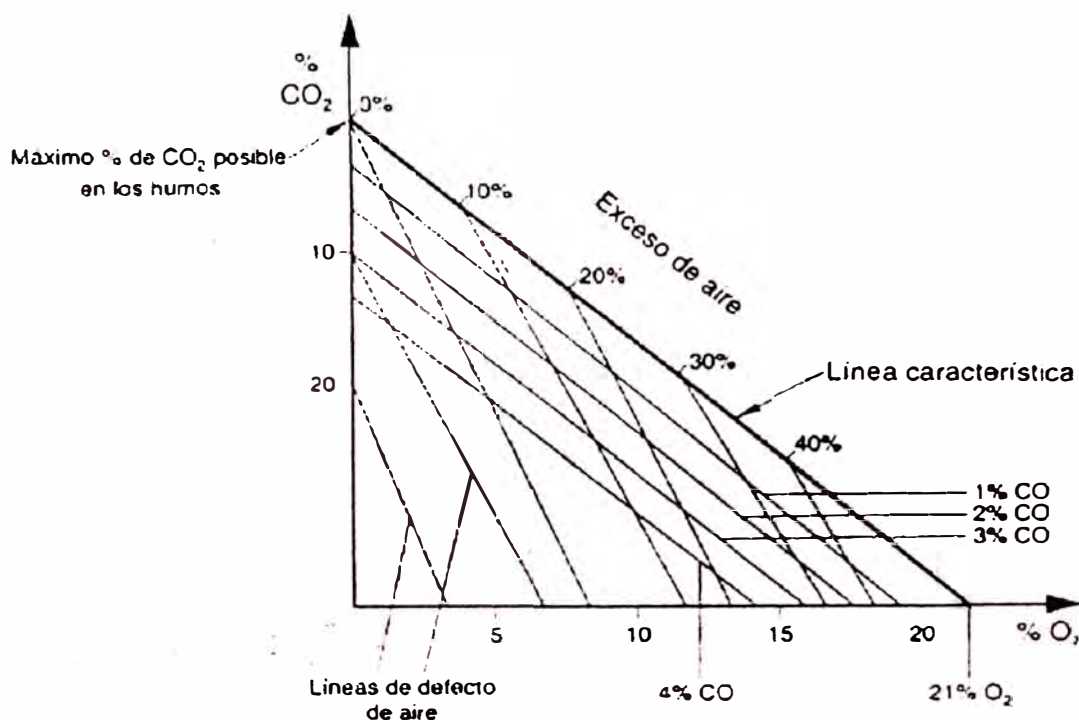
Conociendo la composición de  $O_2$  y  $CO_2$  de los gases de combustión:

$$N = \frac{0.221 \times \% N_2}{0.21 \times \% N_2 - 0.79 \times \% O_2}$$

Una llama viva azulada indica una buena combustión, una llama mortecina y rojiza nos indicará una combustión incompleta en cuyo caso se generará adicionalmente monóxido de carbono (CO).

Los gases propano y butano no contaminan el ambiente siendo por lo tanto los más ecológicos, no dejan residuos evitando de esta manera la contaminación, alejan los períodos de mantenimiento e incrementan la vida útil de los artefactos y equipos.

## DAGRAMA DE OSWALD



Para conocer el porcentaje de  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$  etc., que hay en los humos se usan analizadores de combustión. Si conocemos el porcentaje de  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$  y  $\text{O}_2$  en los humos, podemos determinar por calculo el porcentaje de exceso (o defecto) de aire. Para evitarnos esta molestia, podemos utilizar el diagrama de OSWALD para la combustión de un gas determinado. Las características del diagrama de OSWALD son las presentadas en la figura anterior, en el eje vertical tenemos el porcentaje de  $\text{CO}_2$  en los humos y en el eje horizontal, él % de  $\text{O}_2$ .

El diagrama tiene la forma de triángulo rectángulo; la hipotenusa se denomina línea característica de la combustión; sus extremos determinan la máxima cantidad posible de  $\text{CO}_2$  y de  $\text{O}_2$  en los humos. Hay una serie de líneas paralelas a la línea característica, que determinan la concentración de  $\text{CO}$  en los humos. Hay otras líneas que cortan las anteriores, que nos dan el exceso de aire por la derecha de cero por ciento y el defecto de aire por la izquierda.

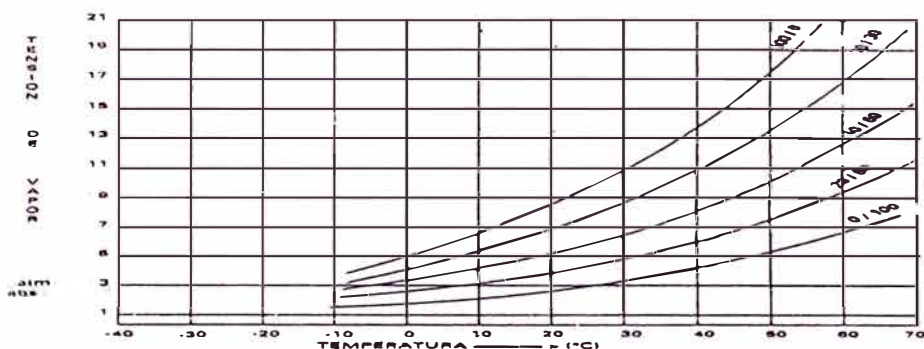
Estos gases son fácilmente licuables con solo someterlos a presiones moderadas (menos de  $10 \text{ Kg / cm}^2$ ), por lo que se conservan y transportan en estado líquido encerrados a presión en botellas o depósitos metálicos.

A presión atmosférica el butano gasifica a  $0^\circ \text{ C}$  y el propano a  $-45^\circ \text{ C}$ .

En el interior de un tanque con GLP. existen dos fases, líquida y gaseosa que permanece en un estado de equilibrio dinámico, a una presión que es función de la composición porcentual del GLP y de las condiciones externas de temperatura, la cual es conocida como Presión de Vapor; teóricamente se conoce la Presión de Vapor como la presión que ejerce un vapor en equilibrio con su liquido.

En la siguiente figura se presenta una gráfica útil para determinar la presión de vapor para varias mezclas de propano y butano a diferentes temperaturas:

TENSION DE VAPOR DE MEZCLAS PROPANO-BUTANO



Mezcla P/B P = % de propano  
B = % de butano

A continuación se presentan dos cuadros, en el primero se indica las características fundamentales y en el segundo la calidad típica de los GLP. comercializados por PETROPERU durante el año 1997:

### CARACTERÍSTICAS DE LOS GLP.

CONCEPTO	N-BUTANO	I-BUTANO	PROPANO
Formula Abreviada	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>
Temperatura de Ebullición	- 0.5 ° C	-11.7°C	- 44.5 ° C
Presión de Vapor Absoluta (á 20 ° C)	2.04 K/ cm <sup>2</sup>	3.16 K/cm <sup>2</sup>	8.2 K/cm <sup>2</sup>
Gravedad Especifica del líquido (á 15.6 ° C y 760 mm Hg)	0.58	0.563	0.51
Densidad del gas seco (á 15.6 ° C y 760 mm Hg)	2	2	1.5
Peso molecular	58.12	58.12	44.094
Poder calorífico por K. de líquido	11,810 Kcal.	11,789 Kcal.	12,034Kca
Poder calorífico por litro de líquido a 15.6 ° C	6,767 Kcal.	6,606 Kcal.	6,041 Kcal
Poder calorífico por m <sup>3</sup> de gas a 15.6 ° C	30,501 Kcal.	30,374 Kcal.	23,166 Kcal.
Temperatura de inflamación	700 ° C	700 ° C	700 ° C
Limites de inflamación mezcla aire -- gas	1.9 á 8.5%	1.8 á 8.4%	2.3 á 9.5 %
Temperatura Crítica	152 ° C	134°C	96.8 ° C
Presión Crítica Absoluta	38.82 K/cm <sup>2</sup>	40.86 K/cm <sup>2</sup>	43.47K/cm <sup>2</sup>
Relación volumétrica gas/líquido 15.5°C-1 atm. M <sup>3</sup> /k. Mol a 15.6°C	237.8	229.3	272.7
Punto de congelamiento del liquido a presión atmosférica	0.085 -138.3	0.101 -159.4	0.098 -187.7
Calor Latente de Vaporización a presión atmosférica			
Kcal/K.	92.03	87.59	101.45
Kcal/litro	52.64	49.33	51.53

**CALIDAD TÍPICA DEL GLP  
REFINERÍAS Y PLANTAS DE PETROPERU AÑO 1997**

<b>PROPIEDADES</b>	<b>REF. PAMPILLA</b>	<b>REF. TALARA</b>
<u>VOLATILIDAD</u>		
PRESIÓN DE VAPOR PSI	133	124.2
GRAVEDAD ESPECIFICA 15.6/15.6 °C	0.517	0.5576
<u>MATERIAL RESIDUAL</u>		
PRUEBA DE LA MANCHA DE ACEITE	PASA	PASA
<u>CORROSIVIDAD</u>		
CORROSIÓN DE LAMINA DE Cu, 1 HR.- 37.8 °C	1ª	1ª
AZUFRE TOTAL,PPM EN PESO	80	MENOS DE 20
<u>CONTAMINANTES</u>		
AGUA LIBRE	NULO	NULO
OLOR	CARAC.	CARAC.
HUMEDAD	NULO	NULO
<u>CONTENIDO DE HIDROCARBUROS, %</u>		
<u>MOL</u>		
ETANOS	0.00	0.00
PROPANOS	41.1%	42.9%
BUTANOS	58.3%	56.3%
PENTANOS	0.6%	0.8%

**3.3. – Diferentes Fuentes de Energía Aspectos Cualitativos.-**

Se hará un análisis de otras energías disponibles en el mercado destacando sus ventajas e inconvenientes para el uso de cada una de ellas:

**COMBUSTIBLES LIQUIDOS (DIESEL 2, RESIDUAL 500, PETROLEO INDUSTRIAL N°6)**

<b>VENTAJAS</b>	<b>INCONVENIENTES</b>
La reglamentación existente hace que las instalaciones para combustibles líquidos sean menos costosas	Normalmente este tipo de combustibles genera derrames, ensuciando la zona de trabajo
Fuerte posicionamiento entre los usuarios y proyectistas	Contaminantes como el azufre afectan algunos procesos industriales
Suministro fácil y en cierta medida masivo	Costos de mantenimiento altos y menor vida útil de los mismos
Bajo precio para el caso del Residual 500	Considerables mermas
	Necesidad de energía eléctrica para el calentamiento bombeo y pulverizado



## ELECTRICIDAD

### VENTAJAS

Mayor difusión sobre todo en el Precio  
segmento domiciliario  
Reglamentación completa y conocida  
por proyectistas  
Comodidad para el uso

---

### INCONVENIENTES

## GAS NATURAL

### VENTAJAS

No necesita almacenamiento  
Precio  
Posible uso del GLP hasta la llegada  
del gas natural

---

### INCONVENIENTES

Disponibilidad de abastecimiento

## COMBUSTIBLE SÓLIDOS (CARBON, LEÑA)

### VENTAJAS

Precio

### INCONVENIENTES

Dejan residuos que ensucian  
Dificultades de operación  
Condiciones especiales para el  
almacenamiento  
La combustión es incompleta

---

## GLP

### VENTAJAS

Alto rendimiento  
Larga vida de la instalación  
No contamina  
Económico (costo por Mcal/h menor  
que el Diesel y la electricidad)  
Facilidad para la regulación lo que  
facilita la puesta a punto de los  
equipos  
Rapidez en el arranque

---

### INCONVENIENTES

Necesidad de personal calificado

#### 4. - Análisis del Mercado.-

##### 4.1. - División del Mercado del GLP.-

El mercado de GLP a nivel Nacional se encuentra dividido en dos grandes grupos comerciales (envasado y granel), con sus respectivos segmentos como se muestra en el siguiente cuadro:

ENVASADO	USOS
45 K.	DOMICILIARIO Y PEQUEÑOS NEGOCIOS
10 K.	DOMICILIARIO
05 K.	AUN NO DESARROLLADO

GRANEL	USOS
INDUSTRIAL	Textiles, cerámica, imprentas, secado
AGROPECUARIO	Avícola, porcino
COMERCIAL	Restaurantes, cadenas, Centros Comerciales, hoteles, gimnasios, etc.
INSTITUCIONAL	Universidades, hospitales, clubes
DOMICILIARIO	Viviendas
REDES	Conjuntos multifamiliares (horizontal y vertical)
AUTOMOCIÓN	Motores de combustión interna

El proyecto en análisis, está ubicado en el segmento REDES (sistema medidor), siendo éste un segmento del negocio que a diferencia de otros países (EE.UU., Chile, Argentina, México, España), constituye un rubro aún naciente en el nuestro. En la actualidad se viene trabajando coordinadamente con el sector construcción, autoridades involucradas en el diseño de proyectos urbanísticos e instituciones educativas con la finalidad de establecer lo siguiente:

1º Los nuevos proyectos urbanísticos y arquitectónicos deberían contemplar desde su inicio la red centralizada de gas como alternativa, independientemente de si se usará o no. De esta manera el usuario final de la vivienda podrá elegir libremente y en el momento que lo considere oportuno, que artefactos se usaran con energía eléctrica y qué otros con GLP.

Actualmente, al no ser considerada la red de GLP como parte integral del proyecto, se generan dificultades durante la ejecución entre los arquitectos, constructores y la empresa instaladora de gas, dado que de una u otra forma se ven obligados a hacer modificaciones, a fin de compatibilizar la ejecución del proyecto de GLP, con las

normas nacionales dictadas por la Dirección General de Hidrocarburos o en todo caso en ausencia de normas nacionales a aquellas indicaciones dadas por la NFPA (National Fire Protection Association).

2° La formación de profesionales expertos en los temas relacionados con el diseño de instalaciones para GLP, así como en lo referente a las normas y consideraciones de seguridad en un proyecto para GLP.

3° Promoción del sistema a dos niveles:

- En el sector construcción con la finalidad de mostrar las bondades de un sistema centralizado de abastecimiento de GLP resaltando el valor agregado que este representa para la obra que se está ejecutando.
- Al usuario con la finalidad de difundir las ventajas que le da el GLP como alternativa energética en el hogar, así como lo que significa contar con un sistema centralizado de GLP, resaltando las consideraciones técnicas y de seguridad asociadas a una instalación de este tipo, pasando esto por la instrucción al cliente en lo relacionado con los medidores, tuberías, conductos de evacuación, protección de los tanques, etc. Inclusive recalcar lo referente a las pruebas de hermeticidad que hacen poco probable la aparición de fugas de gas salvo que la tubería sea sometida a un daño mecánico. Estas pruebas representan la parte más importante de la instalación, pues constituye la comprobación de un sistema seguro.

De esta forma se espera fomentar el uso del gas licuado a través de redes para GLP en viviendas multifamiliares, condominios y urbanizaciones a ser construidos dentro de Lima y provincias; sustituyendo paulatinamente dentro de lo posible a la energía eléctrica.

A continuación se presenta un cuadro donde se muestran los volúmenes manejados por cada uno de los dos grandes grupos en que se divide la comercialización del GLP:

#### **MERCADO TOTAL PARA EL GLP - NIVEL NACIONAL (2003)**

	<b>K / MES</b>	<b>TON / MES</b>	<b>GL. / MES</b>	<b>BLS. / MES</b>
ENVASADO	37,000,000	37,000	18,182,000	432,900
GRANEL	7,500,000	7,500	3,685,000	87,750
<b>TOTAL</b>	<b>44,500,000</b>	<b>44,500</b>	<b>21,867,000</b>	<b>520,650</b>

#### **4.2. - Mercado Potencial del GLP para Sistemas centralizados Multifamiliares.-**

Estando el proyecto analizado dentro del área de Granel, segmento redes (Redes Centralizadas para Viviendas Multifamiliares), inicialmente se ha orientado los mayores esfuerzos para desarrollar este sistema dentro de los niveles socioeconómicos A y B de la ciudad de Lima; dependiendo del desarrollo económico del país la masificación del uso de las redes centralizadas, a los demás segmentos socioeconómicos (Proyecto Mi Vivienda).

Las ventas en el segmento redes han ido en constante crecimiento desde que se inicio este proyecto el año 1,994, habiéndose logrado acuerdos con las firmas constructoras más importantes del país.

El siguiente cuadro muestra el desarrollo en cifras del segmento Redes de GLP:

AÑOS	REGISTROS	VENTAS TOTALES TON/AÑO
	25	11
	135	143
	293	352
	800	912
	1300	1248
	1630	1565
	2100	2016
	2600	2340
	3150	2646
	3830	2987

A continuación se presentan dos cuadros que nos indican la distribución de la población por niveles sociales y económicos en Lima Metropolitana, indicando el porcentaje de esta población que consume GLP, los Kilogramos de GLP usados mensualmente, así como el equipamiento típico de sus viviendas, datos proyectados de estudios del año 1999:

NSE	DENOMINACION	%	% USO GLP	K./MES/FAM PROMEDIO
A		3.3		
A1	ALTO	0.7	5	309.68
A2	MEDIO-ALTO	2.6	20	90.65
B		17.4		
B1	MEDIO TÍPICO	8.1	90	30.97
B2	MEDIO BAJO	9.3	85	23.23
C		34.7		
C1	BAJO ASCENDENTE	13.9	60	9.68
C2	BAJO TÍPICO	20.8	40	7.74
D	MUY BAJO	44.6		
D1	ASCENDENTE	25.5	10	6.45
D2	MUY BAJO TÍPICO	19.1	5	6.45

Nota: El equipamiento que se ha considerado para cada N.S.E. es como sigue:



	N.S.E.	COCINA	CALEFON	SECADORA	CALENTAD OR DE PICINA
A1	X		XX	X	X
A2	X		XX	X	
B1	X		X	X	
B2	X		X		
C1	X		X		
C2	X				
D1	X				
D2	X				

A	30	180	80	172.8
B	50	500	28	168.0
C				
D				

#### 4.3.- Oferta y Demanda de Diferentes Fuentes de Energía.-

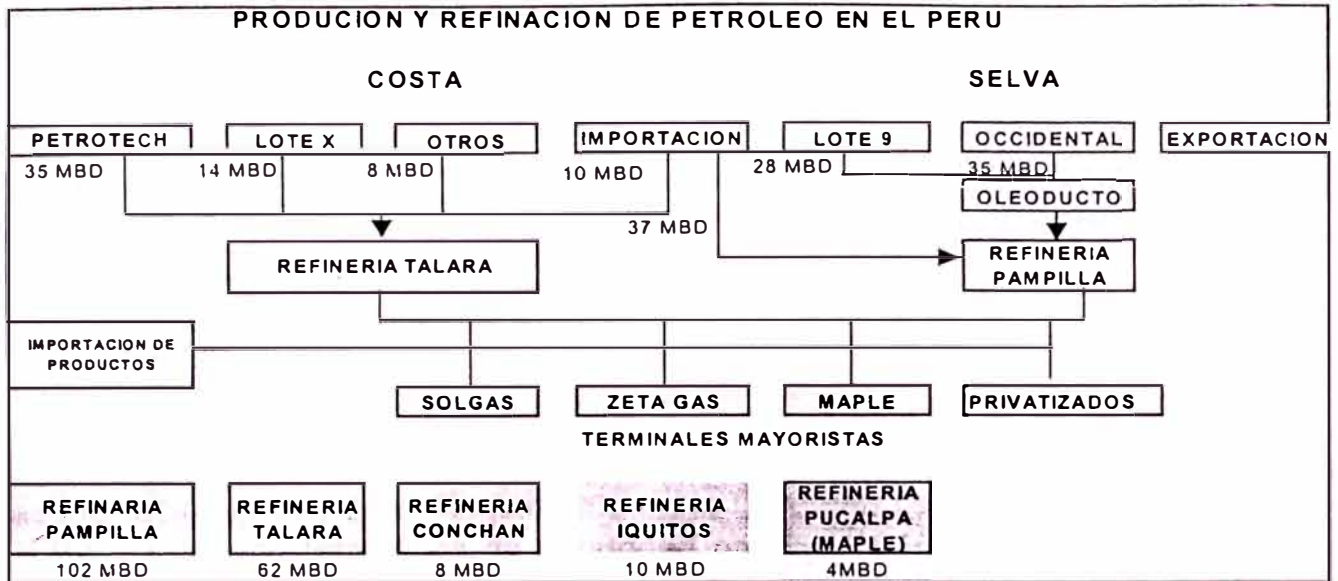
En los siguientes cuadros y figuras se muestra los volúmenes de venta mensuales de las diferentes fuentes de energía que se comercializan en el ámbito nacional por cada una de las empresas o grupos dedicados a esta actividad así como la oferta de las diferentes fuentes de Energía a Nivel Nacional:

#### DEMANDA DERIVADOS DEL PETROLEO

PRODUCTO	PETRO	RELAPASA	REPSOL YPF	ZETA GAS	EEPSA	MAPLE	AGUAYTIA	TOTAL
GLP	135.6	86.2	121.1	60.9	16.5	0.0	40.8	491.2
G97	22.2	59.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	81.3
G95	35.4	14.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.1
G90	90.9	122.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	213.3
G84	299.1	191.4	0.0	0.0	0.0	12.9	0.0	503.4
TA1	279.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	279.0
KERO	246.0	160.2	0.0	0.0	0.0	6.3	0.0	412.5
D2	972.3	719.4	0.0	0.0	0.0	11.7	0.0	1703.4
R6	261.3	113.4	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0	378.9
R500	176.7	339.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	515.7
<b>TOTAL</b>	<b>2518.5</b>	<b>1774.8</b>	<b>83.1</b>	<b>30.9</b>	<b>10.5</b>	<b>35.1</b>	<b>10.8</b>	<b>4452.6</b>

Las cifras en Miles de Barriles por mes.

## OFERTA COMBUSTIBLES



## OFERTA Y DEMANDA DE ELECTRICIDAD PROYECTADA –SICN HISTORICA Y PROYECTADA

AÑO	POTENCIA MW			ENERGIA GWH		
	DEMANDA	OFERTA	SUP/DEF	DEMANDA	OFERTA	SUP/DEF
1996	2,223	2,162	-61	13,192	12,373	-819
1997	2,351	2,162	-189	13,963	12,373	-1,590
1998	2,521	2,162	-359	14,985	12,373	-2,612
1999	2,755	2,162	-593	16,393	12,373	-4,020
2000	2,918	2,122	-796	17,374	12,373	-5,001
2001	3,088	2,122	-966	18,403	12,373	-6,030
2002	3,267	2,122	-1,145	19,485	12,373	-7,112
2003	3,455	2,122	-1,333	20,620	12,373	-8,247
2004	3,651	2,122	-1,529	21,808	12,373	-9,435

## OFERTA Y DEMANDA DE ELECTRICIDAD PROYECTADA –SIS HISTORICA Y PROYECTADA

AÑO	POTENCIA MW			ENERGIA, GWH		
	DEMANDA	OFERTA	SUP/DEF	DEMANDA	OFERTA	SUP/DEF
1996	444	355	-89	2,835	2,835	0
1997	474	355	-119	3,039	2,876	-163
1998	525	355	-170	3,381	2,876	-505
1999	558	355	-203	3,599	2,876	-723
2000	591	351	-240	3,815	2,876	-939
2001	613	351	-262	3,950	2,876	-1,074
2002	643	341	-302	4,148	2,876	-1,272
2003	683	339	-344	4,402	2,876	-1,526
2004	721	339	-382	4,647	2,876	-1,771

SICN: SISTEMA INTERCONECTADO CENTRO NORTE  
SIS: SISTEMA INTERCONECTADO SUR

## 5. - Descripción del Proyecto.-

### 5.1. - Elaboración de un Proyecto de GLP.-

El proceso de elaboración de un proyecto de GLP. comprende tres actividades:

1º Levantamiento de información de campo, se visita al futuro cliente y se evalúa la factibilidad en terreno de instalación de una red centralizada para GLP, considerando las indicaciones que da el Reglamento de la Dirección General de Hidrocarburos, la NFPA y las consideraciones de seguridad propias de la EE Envasadora; se toma nota de los equipos (potencia y presión de trabajo), se considera el giro del negocio a fin de considerar futuras ampliaciones.

2º Se determina la unidad de almacenamiento y si fuera necesario se recomienda un sistema de vaporización el cual se diseña de acuerdo a los requerimientos del servicio.

Se define la ubicación del tanque y se determina de acuerdo al criterio técnico y económico el número de etapas de la instalación. Las etapas están definidas de acuerdo a la presión de trabajo, como se muestra en el siguiente cuadro:

NUMERO DE ETAPAS	CARACTERÍSTICAS
SIMPLE ETAPA	Para distancias menores a 15 m. Se pasa de la alta presión (presión del tanque), a la baja presión (20" W.C. a 6" W.C.), por medio de un regulador de simple etapa.
DOS ETAPAS	Este tipo de esquema considera primero la instalación de un regulador de primera etapa inmediatamente después de la multiválvula del tanque, el cual queda fijado a presiones entre 10 y 15 psig. (media presión), para luego aguas arriba en la instalación ubicar la cantidad necesaria de reguladores de segunda etapa, que quedan fijados a presiones entre 6" W.C. y 18 " W.C. ( baja presión ).

3º Se procede a efectuar la memoria de cálculo definiendo el tipo de red a instalar esto es:

- Red Ramificadas, son redes de forma arborescente, de tal forma que el recorrido del gas desde la fuente hasta cualquier usuario es único.
- Red Mallada, son conjuntos de anillos cerrados y conectados entre si a los puntos de suministro de gas. Las redes malladas son más costosas que las ramificadas

pero presentan la ventaja de un reparto más equilibrado de presiones y no se interrumpe el servicio en caso de averías y consiguientes reparaciones.

Para cada tramo se determina la caída de presión, tanto en la media y baja presión consiguiéndose así los diámetros adecuados para cada una de las secciones de la instalación

4º Se procede a elaborar el Proyecto de Instalación de la red de GLP, generándose un presupuesto de instalación, eventualmente si es que la inversión va a ser asumida íntegra o parcialmente por la Empresa Comercializadora de GLP (comodato) procederán a realizar una evaluación económica financiera a fin de establecer la viabilidad del proyecto.

4º Es fundamental tener el diseño de la instalación a fin de determinar las necesidades de someterlo al proceso de fiscalización del organismo competente (OSINERG). De requerirse se deberá solicitar la Autorización de Instalación y posteriormente la Autorización de Operación para lo cual hay que cumplir con una serie de requisitos que serán presentados más adelante.

## **5.2. - Planos.-**

Los planos se pueden clasificar por su función y por su contenido:

A) Por su función:

Planos básicos, reflejan el funcionamiento previsto de la instalación así como el trazado aproximado son los primeros en realizarse y deben contener la siguiente información:

- Presión de Diseño, M.P. y B.P.
- Conexión con tanque.
- Equipos a abastecer y su ubicación aproximada.
- Ubicación de reguladores.
- Trazado aproximado.

Planos Constructivos, Se elaboran a partir de los planos básicos y contienen toda la información para ejecutar la canalización.

Planos según lo instalado o as-built, constituyen la revisión final de los planos constructivos, en donde se muestra la canalización tal como fue instalada.

B) Por su contenido:

Planos de situación, reflejan la situación de toda la canalización, respecto a elementos ya existentes (calles u otros). Dependiendo la longitud de la canalización, se utilizan planos a escala 1:5000 o 1:1000.

Planos de trazado, reflejan el detalle del trazado de toda la canalización. Constan de dos partes, el trazado de la planta y la isometría.

Planos de detalle, contienen detalles constructivos difíciles de reflejar en los planos de trazado tales como pasos especiales, sifones, elementos de protección catódica, etc. Su escala depende del detalle representado.



Existe una gran variedad de planos que según la magnitud del proyecto pueden ayudar aun mejor manejo de la información necesaria para su ejecución.

En la siguiente figura se presentan la simbología utilizada para la representación de los diferentes elementos dentro de una instalación de gas, basados en las Normas DIN y adoptadas por las Normas ISO:

Símbolos a emplear en los planos de instalación de gas					
Elemento	Símbolo	Elemento	Símbolo	Elemento	Símbolo
Acometida con té		Acometida con maguito		Acometida con rácor	
Encapsulado		Buzón		Cap	
Media presión B		Baja presión		Sifón de brazos	
Alta presión A		Alta presión B		Media presión A	
Caña de sifón		Reducción		Codo en vertical	
Lecho anódico		Brida aislante		Toma de potencial	
Diámetro exterior		Manguito de unión		Válvula de seguridad Alivio presión (1)	
Tubería de acero		Indicación pendiente		Válvula exceso de flujo	
Tubería de cobre		Recogida condensados		Válvula de retención	
Tubería de acero inoxidable		Tapón terminal		Válvula de mariposa	
Tubería de polietileno		Brida ciega		Válvula de esfera	
Tubería de fundición dúctil		Disco ciego		Filtro	
Tubería vista (Ø material y presión)		Pasamuros		Válvula corte automático (eléctrica, neumática)	
Tubería flexible presión baja		Llave de paso manual		Manómetro	
Tubería flexible reforzada		Inversor manual		Toma de presión	
Tubería empotrada		Inversor automático		Extractor de aire	
Tubería enterrada		Regulador fijo (1)		Contador	
Profundidad de enterramiento		Regulador variable (1)		Conducto evacuación productos de combustión	
Cambio de material		Regulador con seguridad mínima presión		Aparato circuito estanco o ventosa	
Junta dieléctrica		Regulador con seguridad máxima presión		Magiscopio	
Cambio de diámetro		Válvula de seguridad por máxima presión		Tubería en vaina	
Tø		Válvula de seguridad por mínima presión		Tubería en conducto	
Cruz		Limitador de presión		Tubería de plomo	

### 5.3. - Etapas de un Sistema Centralizado de GLP a Granel.-

Una red para gas licuado incluye cuatro etapas en su instalación:

1° Zona de almacenamiento: Esta constituida por la unidad de almacenamiento, cuya capacidad se calcula según los requerimientos energéticos del conjunto multifamiliar. Para esto se determina la Potencia Total Instalada (PIT), a partir de la cual se

determina el volumen de la unidad de almacenamiento; estando definida la unidad de almacenamiento como el tanque o conjunto de tanques necesarios para cubrir la demanda energética del conjunto multifamiliar, con una autonomía no menor de quince días.

Para la zona de almacenamiento existen tres posibles denominaciones según su ubicación dentro del conjunto:

- A NIVEL.- Cuando la zona de almacenamiento se encuentra ubicada en alguna de las áreas libres interiores o adyacentes al conjunto multifamiliar, respetando las normas nacionales que para este caso considera la DGH.

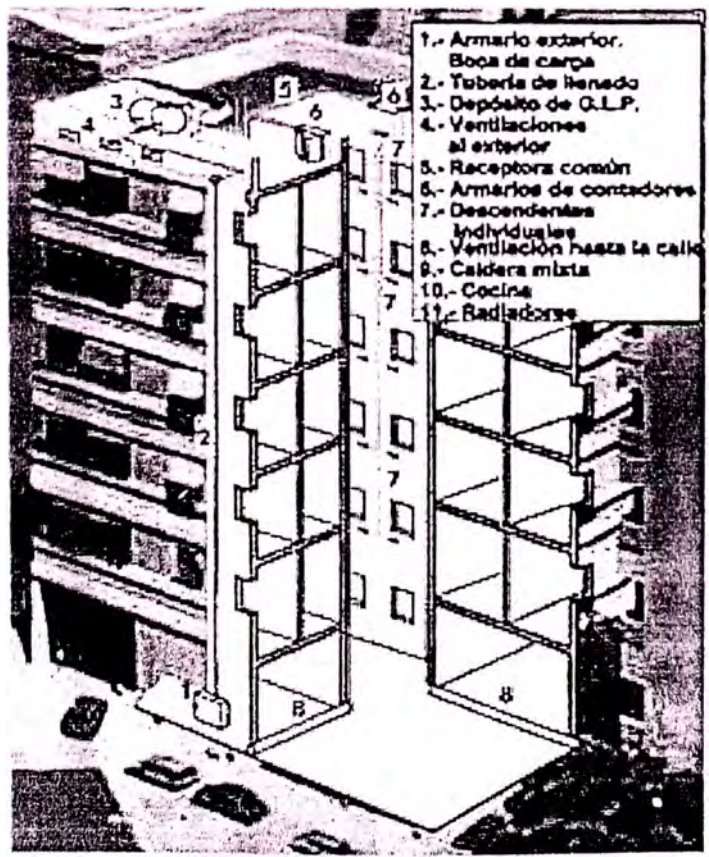
- ELEVADO.- Cuando la zona de almacenamiento sobre una estructura, por encima de la cota cero, adyacente o dentro del conjunto multifamiliar, respetando las disposiciones que para el caso considera la DGH.

- SOTERRADO.- Cuando la zona de almacenamiento se encuentra por debajo de la cota cero del conjunto multifamiliar, debidamente enterrado respetando las indicaciones que para este caso da la NFPA.

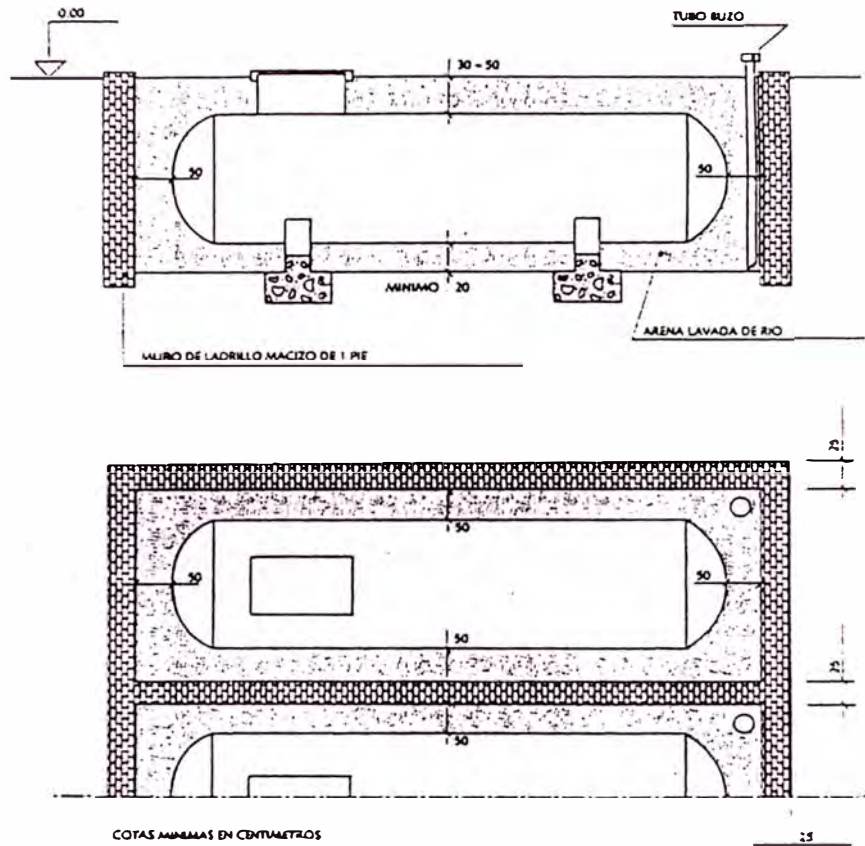
- MONTICULADO.- Cuando alguna porción del tanque queda por encima de la cota cero del conjunto multifamiliar, debidamente enterrado respetando las indicaciones que para este caso da la NFPA.

Se presentan gráficos que muestran las ubicaciones para los tanques:

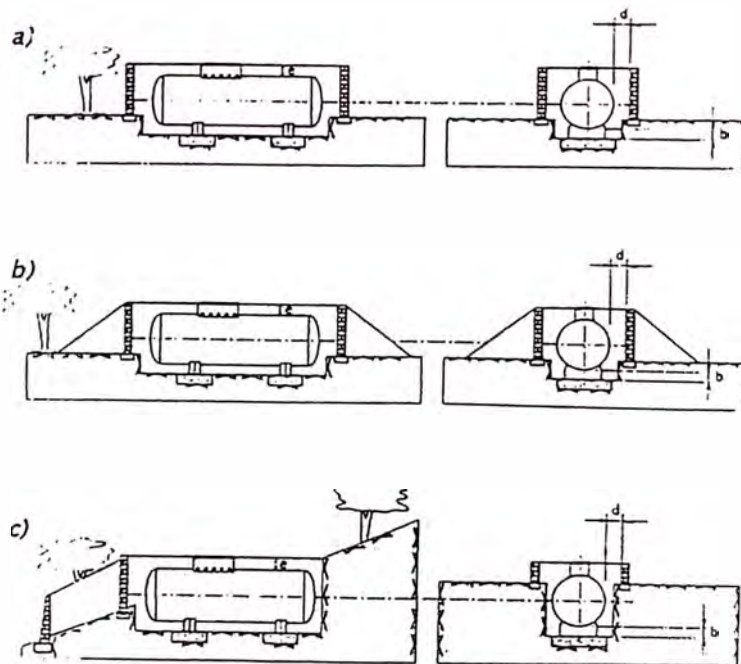
### Tanque Elevado



## Tanque Soterrado



## Tanque Monticulado-Semi Soterrado



En este punto es importante definir la Capacidad de Vaporización Natural para un tanque, que en términos cuantitativos viene dada por la siguiente formula:

$$C.V. = L \times D \times K_1 \times K_2$$

En donde:

C.V. = Capacidad de Vaporización (Btu/ hora), para servicio intermitente.

L = Longitud total del tanque (pulgadas)

D = Diámetro del tanque (pulgadas)

K<sub>1</sub> = Factor de corrección dependiente de la temperatura ambiente.

K<sub>2</sub> = Factor de corrección dependiente del porcentaje de llenado.

TEMPERATURA PROMEDIO DEL AIRE	FACTOR K <sub>1</sub>
- 5 ° F	0.75
0 ° F	1.00
5 ° F	1.25
10 ° F	1.50
15 ° F	1.75
20 ° F	2.00
25 ° F	2.25
30 ° F	2.50
35 ° F	2.75
40 ° F	3.00

PORCENTAJE DE LLENADO	FACTOR K <sub>2</sub>
80	120
70	110
60	100
50	90
40	80
30	70
20	60
10	45

Es necesario mencionar que este calculo presentado se ha hecho considerando que el tanque será utilizado de manera intermitente, esto quiere decir que tendrá un uso



cíclico (entrega de energía – recuperación – entrega de energía), lo que es generalmente se da en aplicaciones comerciales, multifamiliares y familiares.

Para el caso industrial el uso es frecuentemente continuo.

En términos prácticos la intermitencia de acuerdo con el siguiente criterio:

Se considera que una instalación trabaja intermitentemente cuando en un periodo de dos horas tiene un tiempo de parada total acumulado de por lo menos una hora, en caso lo anterior no se cumpliera se considerara en uso continuo.

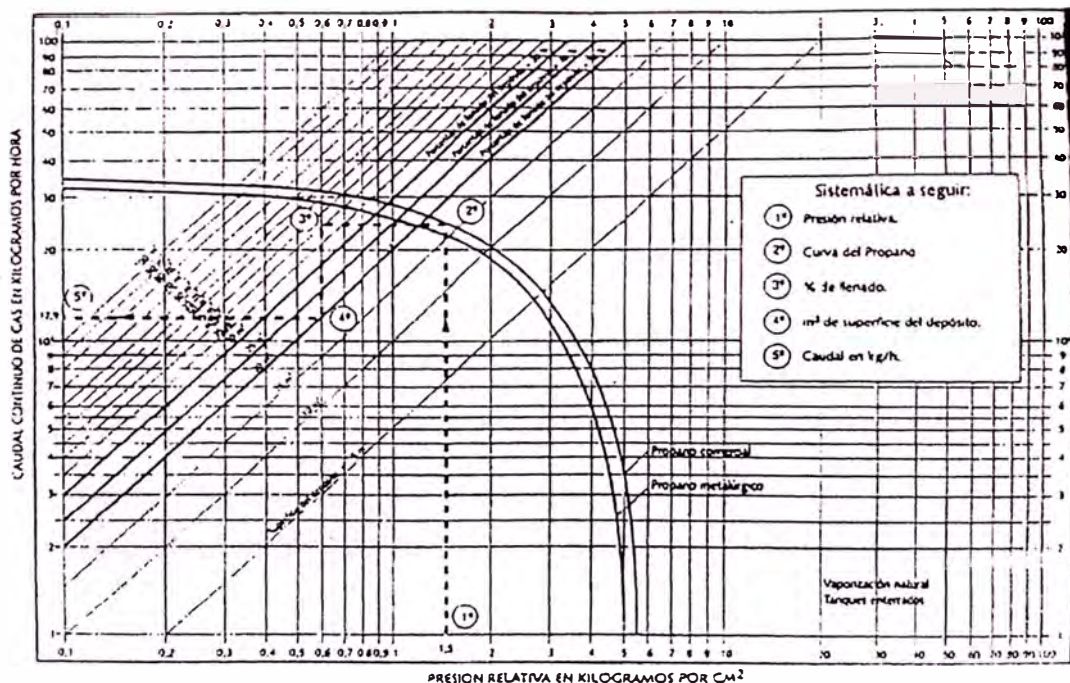
Los valores obtenidos de la formula para Capacidad de Vaporización (C.V.) de los tanques deberá ser adicionalmente corregido por otros factores que cubran lo siguiente.

- Factor de corrección por tanque soterrado: 0.7
- Factor de corrección por uso continuo: 0.65

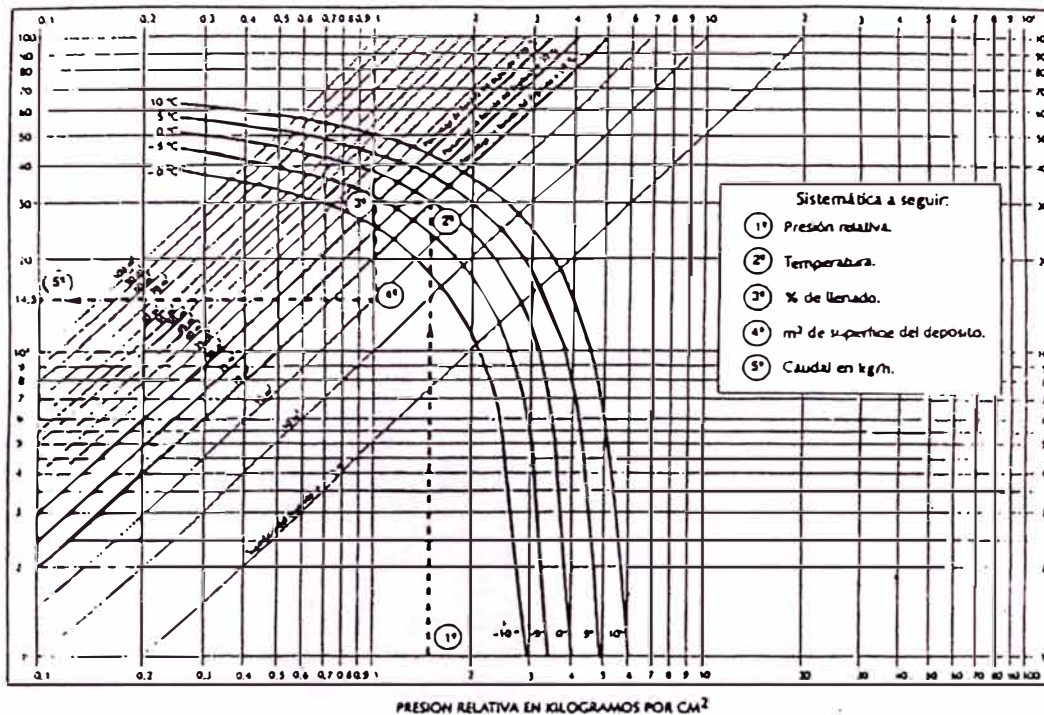
Factor de corrección por tipo de mezcla, los cálculos consideran tanques llenos de propano que tiene un calor latente de vaporización diferente a las mezclas comúnmente utilizadas.

Se presentan dos gráficos muy útiles para calcular la vaporización natural en K/hora el primero en tanques aéreos o a nivel y el segundo para tanques soterrados:

*Diagrama de vaporización.*



## Diagrama de vaporización.



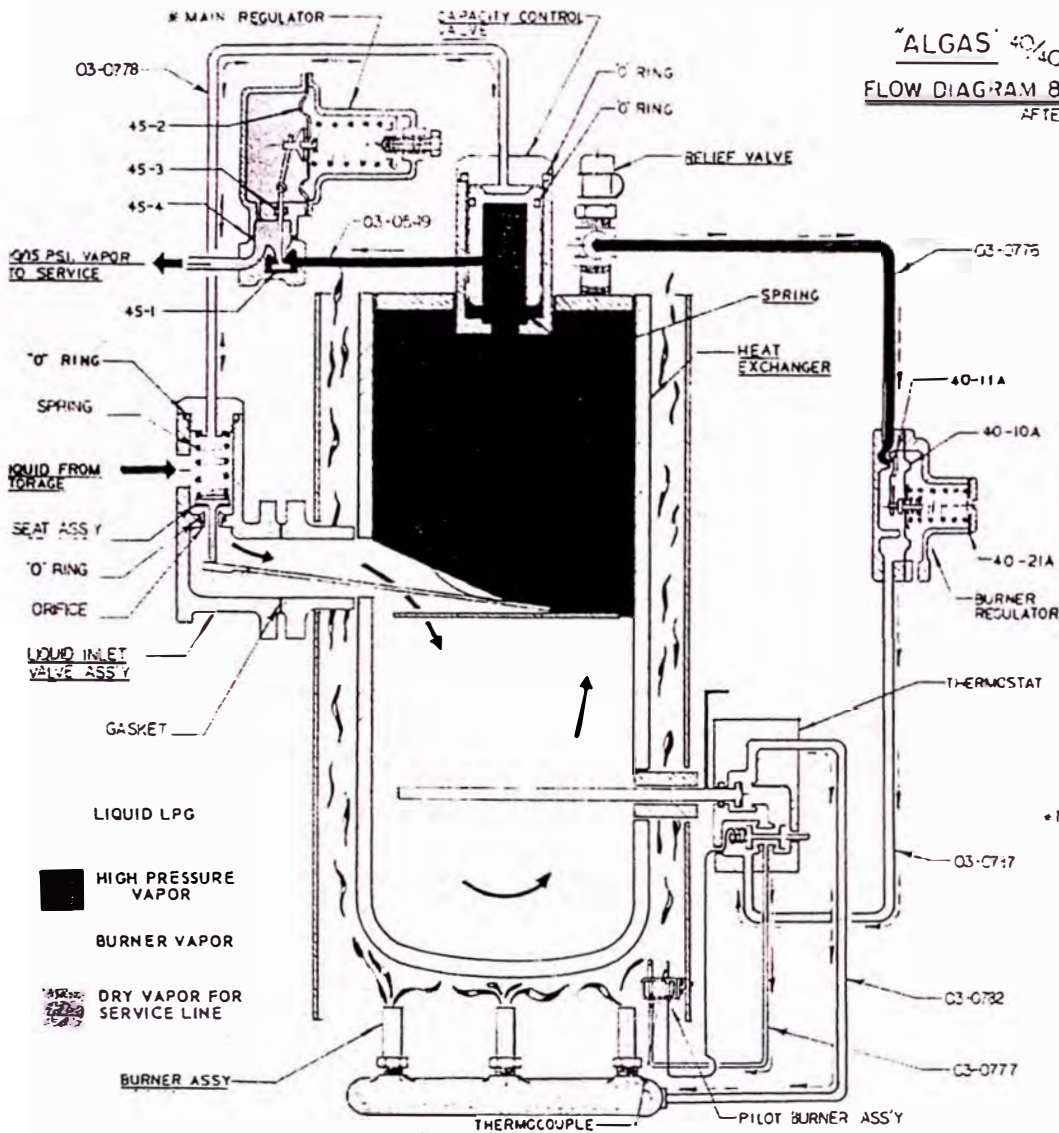
En términos cualitativos se puede definir la capacidad de vaporización natural, como la cantidad de energía por unidad de tiempo capaz de entregar un recipiente -tanque, de forma natural, es decir como consecuencia de la transferencia de calor que ocurre entre el medio ambiente y el tanque de almacenamiento; y viene a ser una función del área del tanque mojada por GLP en estado líquido, la temperatura ambiente y la composición del GLP.

Si por alguna razón no es posible instalar la unidad de almacenamiento adecuada, consecuente con los cálculos hechos, es posible reemplazar la vaporización natural del tanque por un vaporizador, que viene a ser un equipo que toma la fase líquida del GLP en el tanque la pasa a través de un intercambiador de calor (fuego directo, baño María o resistencias eléctricas), calentando el GLP hasta una temperatura por encima de su punto de ebullición, para luego enviar el vapor a la tubería de consumo, sustituyéndose de esta manera la vaporización natural del tanque, dependiendo el suministro de energía requerido por el conjunto multifamiliar para tal caso de la capacidad del vaporizador, los cuales para la marca RAMZOME vienen de serie con las siguientes capacidades:

MODELO	CAPACIDAD (g / hra.)	CAPACIDAD (Mcal / hra.)
RH - 50	50	1046
RH - 120	120	2511
RW - 240	240	5022
RW - 360	360	7533
RW - 560	560	11718
RW - 900	900	18833

RH : Fuego Directo  
RW : Baño María.

En la siguiente figura se presenta los elementos de un vaporizador ALGAS 40/40, así como el flujo de GLP fase líquida hacia el vaporizador, la alimentación del piloto y quemador del vaporizador y la entrega de GLP vaporizado:



**"ALGAS" 40/40, 40/40 H 40/40 HR VAPORIZER**  
**FLOW DIAGRAM & RECOMMENDED SPARE PARTS**

AFTER SERIAL NO. 3364

<b>MASTER SPARE PARTS KIT 03-0002</b>	
INCLUDES ALL SPARE PART KITS LISTED BELOW	
<b>SPARE PART KITS</b>	
<b>03-004</b>	<b>THERMOCOUPLE &amp; PILOT KIT</b>
1 EA	46-5 THERMOCOUPLE
1 EA	03-067 PILOT BURNER ORFICE (AFTER SERIAL NO. 2650)
1 EA	46-11 PILOT BURNER ORFICE
<b>03-006</b>	<b>LIQUID INLET VALVE KIT</b>
1 EA	03-4165 SEAT ASSEMBLY
1 EA	9000-25 O' RING
<b>03-007</b>	<b>CAPACITY CONTROL VALVE KIT</b>
2 EA	9000-19 O' RING
1 EA	9000-25 O' RING
1 EA	40069 SPRING
<b>03-008</b>	<b>BURNER REGULATOR KIT</b>
1 EA	40-10A DIAPHRAGM
1 EA	40-11A SEAT ASSEMBLY
1 EA	40-21A GASKET
<b>03-3540</b>	<b>THERMOSTAT W/ S.S. BULB</b>

\* NOT SUPPLIED WITH 40/40 H

La capacidad del vaporizador a instalar viene dada por la siguiente formula:

$$Q = \frac{H_t \times F_d}{P_{ci}}$$

- Q = Capacidad requerida (gl./ hora.)
- H<sub>t</sub> = PIT (Btu / hora.)
- F<sub>d</sub> = Factor de variación de carga.

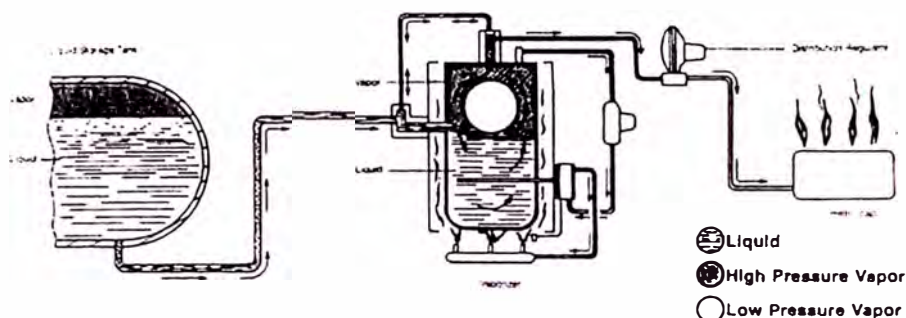


- 1.1 Para cambios graduales de carga
- 1.2 Para fluctuaciones rápidas de carga
- 1.3 Para temperaturas menores que - 20 ° F

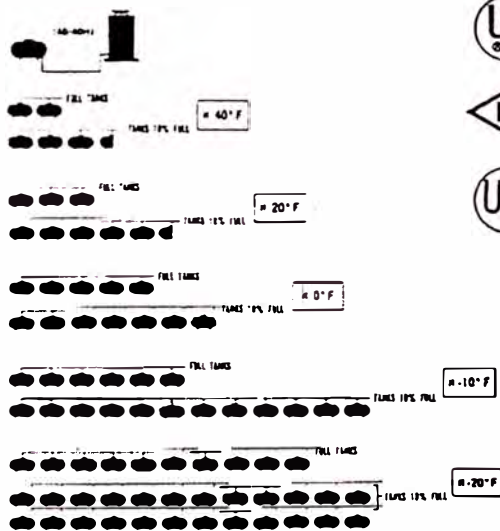
$P_{ci}$  = Poder calorífico inferior del GLP usado.

A continuación se presenta un esquema que indica de manera general la instalación de un vaporizador así como la equivalencia del modelo ALGAS 40/40 a diferentes temperaturas de trabajo:

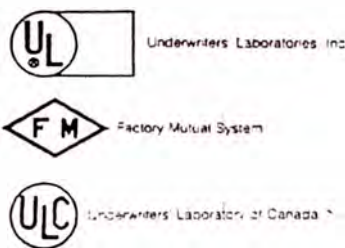
### Schematic of Vaporizer Installation



One ALGAS vaporizer is equal to . . .



### Approvals

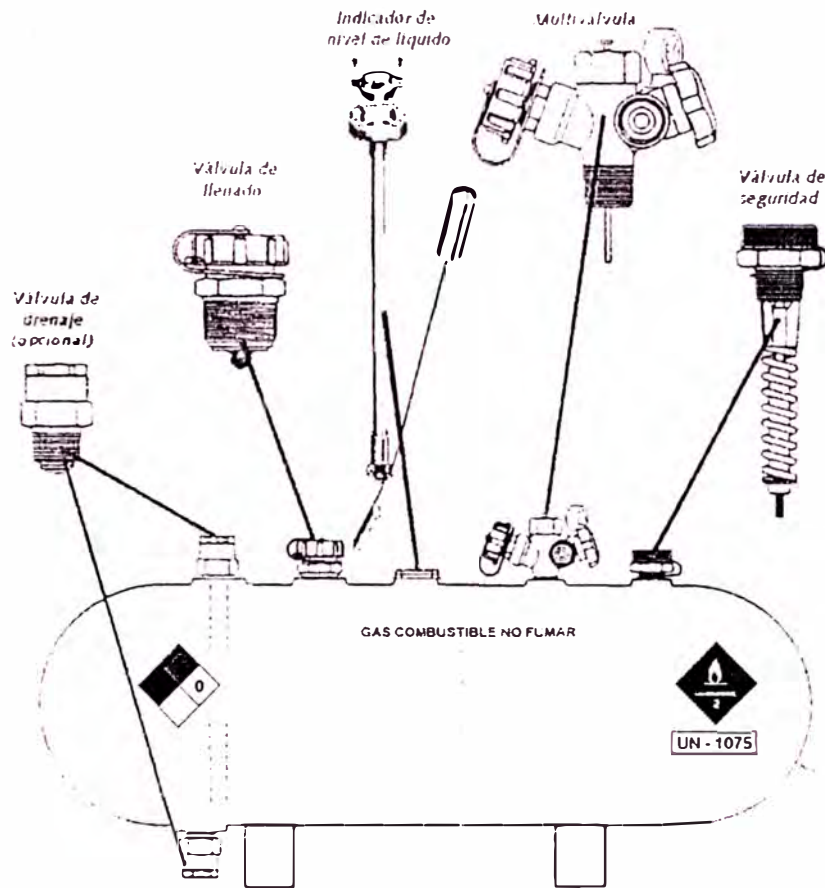


Finalmente, cabe resaltar que el tanque o tanque que conforman la unidad de almacenamiento deberán ser construidos de acuerdo al Código ASME Sección VIII Título 2° y deberán contar con los siguientes accesorios los cuales serán descritos con mayor detalle mas adelante:

- 1° Multivalvula
- 2° Válvula de seguridad
- 3° Válvula de drenaje
- 4° Válvula de llenado
- 5° Medidor de volumen

El siguiente gráfico nos indica la ubicación de cada uno de estos accesorios para un tanque de 1000 galones, diseñado para ser instalado a nivel o elevado, indicando la señalización de acuerdo a Norma nacional:

### ESQUEMA TIPICO DE TANQUES DE GLP



Los tanques estacionarios para almacenamiento de GLP a granel, instalados en poder de usuarios cuentan con los accesorios indicados en el Artículo 132 del D.S. 027-94 E.M.

La instalación de tanques de almacenamiento de GLP, debe ser realizada de acuerdo al D.S. 027-94EM, Título VI INSTALACIONES DE GAS LICUADO DE USUARIOS, subtítulo B. TANQUES ESTACIONARIOS, artículos 126 al 135.

#### 2º Red de Alta Presión.-

Esta definida como aquella que trabaja a presiones iguales a las del tanque o superiores a estas, esta constituida normalmente por tres aplicaciones perfectamente definidas:

a) Interconexión de tanques, tramo que incluye la interconexión de tanque sin ninguna válvula reguladora de presión, hasta el regulador de primera etapa.

La presión promedio de operación de esta línea para la composición del GLP y las condiciones ambientales promedio es de 70 psi.

b) Líneas de transferencia de GLP líquido, vale decir líneas de trasiego (llenado y retorno) que normalmente trabajan a la presión de la bomba de trasiego o compresor de gas cuyo promedio es 130 psi.

Las Líneas de trasiego están constituidas de la siguiente manera:

- Línea de llenado: Línea que lleva el GLP líquido desde el punto de transferencia hasta el tanque
- Línea de retorno: También conocida como línea de compensación de presión, utilizada para equilibrar la presión en las zonas de vapor del tanque de almacenamiento y el camión cisterna de esta manera se tendrá una transferencia de GLP más rápida y con menor esfuerzo de la bomba.

c) Instalación de vaporizadores de baño María o fuego directo, tanto en la alimentación de líquido como en la descarga del GLP vaporizado, hasta el regulador de primera etapa.

Esta red se instala normalmente en tubería de acero cédula 80, calidad ASTM A53 Grado B, sin costura con extremos roscado según ANSI B 2.1, para diámetros menores de 2 ½ "susceptibles a ser roscados de acuerdo a norma nacional.

Para el caso de diámetros superiores se instala en tubería de acero cédula 40, calidad ASTM A53 Grado B, sin costura soldadas se usaran bridas de encastre de extremos biselados, sujetas con pernos de acero al carbono, UNC, calidad ASTM A 307 Grado 5, con tuerca hexagonal pesada y arandela de presión, se deberá usar empaquetadoras piro metálicas entre las bridas.

3° Red de Media Presión.-

La conforma una tubería matriz (o conjunto de tuberías), tendidas luego del regulador de 1° etapa, en las cuales fluye el gas a medias presiones (10 a 15 psi), para presiones mayores dentro de la media presión se deberá tener en consideración las curvas del punto de rocío del GLP que este manejando.

En este tramo las pérdidas de presión observadas son mínimas, dando como resultado el no necesitar diámetros grandes para transportar una gran carga. Esta media presión existe hasta antes de ingresar a cada una de las viviendas en lo que el servicio de redes familiares y multifamiliares, para el caso de servicio comercial e industrial esta red de media presión se puede extender hasta inclusive 3.5m. antes del equipo, terminando en el regulador de segunda etapa que reduce la presión de 10 o 15 psi. a 0.4 o 0.6 psi, que es la presión de trabajo de los equipos de uso doméstico más comunes, existiendo sin embargo para el caso de instalaciones comerciales e industriales equipos que trabajan en media e inclusive alta presión.

Los materiales comúnmente usados para este tramo son:

- a) Tubería de fierro galvanizado, que por normas de calidad propias de SOLGAS – REPSOL actualmente no se usa.
- b) Tubería de cobre soldada con plata al 18%, cuando no existe riesgo de daño mecánico.
- c) Tubería de acero cédula 40 calidad ASTM A 53 Gr. B sin costura con procedimientos de unión iguales que en las redes de alta presión.

### 3° Red de Baja Presión.-

Va desde el regulador de segunda etapa hasta la llave de paso de cada artefacto. Para el caso de conjuntos multifamiliares inmediatamente después del regulador de segunda etapa nos encontramos dentro de cada vivienda, en donde la presión de trabajo más común es 11" W.C. (aproximadamente 0.41psig), esto debido a dos factores:

- a) El 100% de equipos diseñados para uso doméstico trabaja en baja presión.
- b) Se escoge trabajar en baja presión en el interior de las viviendas ya que se reduce considerablemente el riesgo de que al ser dañada la tubería, la fuga alcance niveles de riesgo antes que el mismo usuario y/o empresa de suministro de GLP. reparen la avería.

Cuando nos encontramos en un condominio o conjunto multifamiliar, se coloca luego del regulador de segunda etapa, un medidor o conjunto de medidores que controlaran el consumo de cada vivienda.

En las redes de baja presión las caídas de presión son más significativas lo cual nos obliga a instalar tuberías de mayor diámetro.

Los materiales comúnmente usados para este tramo son:

- a) Tubería de fierro galvanizado, que por normas de calidad propias de SOLGAS – REPSOL actualmente no se usa.
- b) Tubería de cobre soldada con estaño al 50%.

## 5.4. - Descripción de los Materiales y Accesorios.-

### 1° Tuberías de Acero:

Roscadas: La norma nacional autoriza el uso de tubería roscada para diámetros iguales o menores a 2". Dependiendo de la presión a la cual será conducido el gas, se podrá usar tuberías con las siguientes características

Alta Presión (40psi a 150 psi).- Tubería de acero al carbono, calidad ASTM A53 Gr.B, sin costura, cédula 80, con extremos roscados según ANSI B 2.1

Media Presión (1 psi a 40 psi). - Tubería de acero al carbono, calidad ASTM A53 Gr. B, sin costura, cédula 40, con extremos roscados según ANSI B 2.1. Galvanizado.

La cédula de una tubería esta definida por la siguiente relación:

$$\text{Cédula SCH} = \frac{1000 \times \text{Presión de Trabajo (Kg./cm}^2\text{)}}{\text{Tensión admisible del material (Kg./ cm}^2\text{)}}$$

El siguiente cuadro muestra las características que debe tener la rosca de la tubería en cada uno de los casos anteriores:

DIÁMETRO DE LA TUBERÍA (PULG.)	DE	LONGITUD APROXIMADA QUE OCUPA LA ROSCA (PULG)	Nº APROXIMADO DE HILOS
1/2		3/4	10
3/4		3/4	10
1		7/8	10
1 1/4		1	11
1 1/2		1	11
2		1	11

Soldadas: Para tuberías de diámetro mayor a 2 1/2" la Norma Nacional exige la instalación de tubería soldada. Esta debe ser de acero al carbono, calidad ASTM A 106 Gr. B o ASTM A 53 Gr. B, sin costura, cédula 40, con extremos planos; se debe usar bridas de acero forjado, "welding neck" o "slip on", clase 150 o clase 300 según las presiones ambas del tipo ANSI B 16.5, con empaques resistentes a la acción del GLP, serán de metal u otro material con un punto de fusión sobre 816 ° C (piro metálicas). Las bridas se unen por medio de pernos de máquina, de acero al carbono, UNC, calidad ASTM A307 Gr. B, cabeza hexagonal, con tuerca hexagonal pesada y arandela plana.

El siguiente cuadro muestra algunas características de las tuberías de acero de diámetros más comunes a usarse en las instalaciones para GLP:

D.N. (pulg)	CÉDULA	D. E. (pulg)	Esp. Pard (pulg)	D.I. ( pulg )	PESO ( K/M )
1/2	40	0.840	0.109	0.622	1.27
3/4	40	1.050	0.113	8.824	1.68
1	40	1.315	0.133	1.049	2.50
1 1/2	40	1.900	0.145	1.610	3.38
1 1/2	80	1.900	0.200	1.500	4.47
2	40	2.375	0.154	2.067	5.44
3	40	3.500	0.216	3.068	11.29
4	40	4.500	0.237	4.026	16.07
4	80	4.500	0.337	3.826	22.31
6	40	6.625	0.280	6.065	28.26

El procedimiento de soldadura será a tope con 01 pase en la raíz con soldadura 6011 y 02 pases de relleno y acabado con soldadura 7018 (supercito), con un amperaje de 120, para electrodo de 1/8". Sé hará por lo menos 01 prueba con tintes penetrantes para verificar que no exista porosidad, adicionalmente se puede



radiografiar 100% o tomar una muestra según las exigencias del proyecto para verificar la penetración de la soldadura.

En líneas generales en cálculo de los espesores de tubería expresado en milímetros, este nunca será menor de:

$$10 (7 + 0.02 \text{ DN})/12$$

En donde DN es el diámetro nominal expresado en milímetros.

## 2º Tuberías de Cobre:

Estas tuberías deberán ser del tipo K o L de temple duro, fabricadas de acuerdo a la Norma ASTM B 88.

Entre las principales características que hacen recomendable el uso de tubería de cobre en instalaciones para GLP tenemos las siguientes:

- Resistencia a la corrosión, presentando un excelente comportamiento frente a la totalidad de materiales de construcción y de los fluidos a transportar, asegurando así una larga vida útil a la instalación.
- Facilidad de unión, el sistema de soldadura capilar permite efectuar con rapidez y seguridad las uniones de la tubería.
- Tubería fabricada sin costura, debido a lo cual resiste sin dificultad las presiones internas de trabajo permitiendo el uso de tubería de pared delgada e instalándose en espacios reducidos.
- La sencillez del proceso para cortar el tubo y ejecutar las uniones, así como la ligereza del material lo que permite la prefabricación de gran parte de las instalaciones, obteniéndose rapidez y calidad de trabajo.
- Continuidad del flujo, debido a que el interior de la tubería es liso y terso ocasionando un mínimo de pérdidas por fricción al paso del fluido a conducir, manteniéndose el flujo constante.

Se presenta una tabla que muestra las principales características de las tuberías de cobre tipo L y tipo K respectivamente:

DIAMETRO NOMINAL (pulg)	DIAMETRO EXT. REAL (mm)	ESPESOR DE PARED (mm)	PRESION MAXIMA PERMITIDA (k/cm <sup>2</sup> )	PESO (K/M)
3/8	12.70	0.89	63	0.294
1/2	15.88	1.02	57	0.424
3/4	22.23	1.14	45	0.673
1	28.58	1.27	39	0.971
1 1/2	41.28	1.52	32	1.692
2	53.98	1.78	29	2.601
3	79.38	2.29	25	4.943

DIAMETRO NOMINAL (pulg)	DIAMETRO EXT. REAL (mm)	ESPESOR DE PARED (mm)	PRESION MAXIMA PERMITIDA (k/cm <sup>2</sup> )	PESO (K/M)
3/8	12.70	1.24	89	0.398
1/2	15.88	1.24	70	0.508
3/4	22.23	1.65	67	0.951
1	28.58	1.65	51	1.244
1 1/2	41.28	1.83	39	2.021
2	53.98	2.11	34	3.064
3	79.38	2.77	30	5.941

La unión de los accesorios se realiza por medio de soldadura la cual se clasifica de la siguiente manera:

- Soldaduras Blandas.- Son todas aquellas soldaduras que tiene su punto de fusión por debajo de 450 ° C, en el grupo de estas soldaduras se utiliza para la media presión la soldadura compuesta por 50% estaño y 50 % plomo, de apariencia brillante con una temperatura de fusión sólida de 183°, y temperatura de fusión líquido de 216 ° C, que pueden resistir temperaturas máximas de servicio del orden de los 120 ° C, resistencia a la presión a temperaturas ambientales de 10 kg. / cm<sup>2</sup>.
- Soldadura Fuertes.- Las soldaduras fuertes se dividen en dos grupos, las que contienen plata y las contienen cobre y fósforo, para el caso de tuberías de cobre que conducirán GLP utilizaremos las primeras específicamente la silver soltec 15, que es una soldadura aleada con 15 % de plata con una temperatura de fusión de 640 ° C, resistencia a la presión a temperaturas ambientales de 30 kg. / cm<sup>2</sup>
  - Actualmente se ha establecido como norma el no usar soldaduras que tengan como componente al plomo debido a que es un elemento dañino a la salud teniendo ahora productos que son aleaciones de Estaño y Antimonio con rangos de fusión entre 280 y 230 ° C.

Se debe cuidar que en el proceso de soldadura las tuberías deben estar completamente limpias a fin de que se produzca una adecuada adherencia, asimismo el uso para el caso de soldadura blandas pastas fundentes y para el caso de soldaduras fuertes Bórax.

Las conexiones a usar con la tubería de cobre son de bronce y la materia prima utilizada para su fabricación es una aleación de cobre, zinc y estaño, fabricadas mediante un proceso de fundición y posterior vaciado en moldes de arena con la forma de la conexión deseada; para posteriormente maquinar los extremos dándole las dimensiones finales de acabado, a este respecto se vienen reemplazando paulatinamente las conexiones de bronce por conexiones de cobre.

### 3º Conectores:

En referencia a las conexiones estas deberán cumplir con lo establecido en las reglamentaciones nacionales e internacionales las cuales exigen que las conexiones a instalar tengan las siguientes características:

Conexiones NPT para alta presión, fabricadas según especificaciones ASTM 197 en fierro negro maleable, con rosca NPT según especificaciones ANSI / ASME 1.20.1 ( rosca interna o externa cónica), dimensiones conforme a la norma ASME / ANSI B 16.3 excepto las uniones que serán según norma ASME / ANSI B 16.39 , el acabado superficial oleado conforme a norma ASTM A - 153.

En referencia a las uniones universales estas deberán tener asiento de bronce a fin asegurar un adecuado sello.

#### 4° Válvulas:

Las válvulas a utilizar son de cierre positivo, de acero dúctil (nodular), acero maleable, o de aleación de bronce.

El acero dúctil debe satisfacer los requerimientos ANSI / ASTM A 395 o equivalente, y el acero maleable de acuerdo a ANSI / ASTM A 47.

Todos los materiales utilizados incluyendo los asientos de disco, empaques, sellos y diafragmas deben ser resistentes a la acción del GLP bajo condiciones de operación.

Las válvulas son recomendadas de acuerdo al rango de presiones en el cual van a operar considerando una temperatura de operación normal no mayor de 60 ° C, de acuerdo a lo establecido por la NFPA 58.

Las válvulas utilizadas a presiones que serán superiores a las del tanque de almacenamiento, como ocurre en la descarga de las bombas de transferencia, compresores u otros elementos deben ser adecuados para una presión de trabajo de por lo menos 350 psig WOG.

Las válvulas utilizadas para GLP en estado líquido o vapor, a presiones mayores 150psig pero inferiores a 250 psig, deben ser adecuadas para una presión de trabajo de por lo menos 250 psig.

Las válvulas (excepto las a usarse en los arranques) para ser usadas para GLP en estado vapor a presiones inferiores a 125 psig, deben ser adecuadas para trabajar con presiones de por lo menos 125 psig.

Las válvulas de bola deberán ser de orificio completo o paso total, si están son roscadas deberán ser tipo NPT AMERICANA (NATIONAL PIPE THREADS).

Si las válvulas fueran del tipo bridadas estas deberán instalarse con bridas correspondientes a la presión a la que darán servicio, con pernos y empaques como se indico en el punto de tuberías de acero soldadas.

En general al momento de seleccionar una válvula se debe considerar lo siguientes aspectos:

- Tipo de fluido a controlar.
- Materiales de construcción interna y externa.
- Temperatura y presión máxima y promedio.
- Diámetro requerido.
- Tipo de servicio requerido.
- Sistema de operación de la válvula.

En la actualidad se vienen realizando investigaciones para introducir el uso de tuberías de polietileno unidas por electro-fusión, con la finalidad de reducir los tiempos y costos del montaje en canalizaciones de urbanizaciones de desarrollo horizontal.

## 5.5. – Criterios de Instalación:

A continuación se exponen algunas consideraciones que se deberán tomar en cuenta al momento de elegir la zona de almacenamiento, el punto de transferencia, el trazado de las tuberías y finalmente la ubicación de los artefactos.

Zona de Almacenamiento:

1º La Norma nacional establece que para la instalación de tanques estacionarios (a nivel y elevados) se deberán respetar la siguiente escala de distancias dadas en función de la capacidad de almacenamiento del tanque:

<b>Capacidad de almacenamiento (Nominal Agua)</b>	<b>Al limite de propiedad contiguos ( m. )</b>	<b>Entre tanques y/o edificios más cercanos (m.)</b>
Hasta 500 gl.	3	1.0
Hasta 1000 gl	5	1.0
Hasta 2,000 gl.	8	1.0
Hasta 10,000 gl.	10	1.5
Hasta 20,000 gl.	12	1.5
Hasta 30,000 gl.	15	1.5
Hasta 70,000 gl.	25	$\frac{1}{4} 0.25 (d_1 + d_2)$
Hasta 90,000 gl.	30	$0.25 (d_1 + d_2)$
Hasta 120,000 gl.	38	$0.25 (d_1 + d_2)$

\* d1 y d2 son diámetros de tanques adyacentes.

2º Algunas distancias críticas al considerar la ubicación de la zona de almacenamiento se indican en el siguiente cuadro:

<b>Capacidad Máxima de Almacenamiento o K. GLP</b>	<b>Construcciones o líneas de propiedad en las cuales se pueda construir</b>	<b>Líneas de propiedades adyacentes ocupadas por hospitales, escuelas, iglesias, en general lugares públicos y edificios con afluencia de publico, calles concurridas, tanques elevados (**), sub estaciones eléctricas y estaciones de servicio</b>
120	0	0 (*)
500	1(*)	4 (*)
1,000	2 (*)	5
3,000	3	8
4,500	4	10
6,000	5	12
10,000	6	20
20,000	10	20

\* Esta distancia será de 3m. En donde los edificios adyacentes sean de material con resistencia al fuego inferior a dos horas y será de 5m. En donde adyacente al almacenamiento existan almacenes de combustible o talleres eléctricos o mecánicos. Se entiende por almacén de combustible a aquellos que almacenan y/o venden combustibles excepto GLP.



\* Cuando las construcciones adyacentes sean almacenes de combustible, talleres eléctricos o mecánicos, o de material de resistencia al fuego inferior a dos horas, esta distancia deberá duplicarse o ser superior a 3 m. Considerando la mayor de ellas.

3° Los tanques instalados soterrados o en "montículo", deberán ubicarse en el exterior de las construcciones. No se deberá construir sobre cualquier recipiente instalado soterrado o en "montículo", se respetara el siguiente cuadro de distancias para su ubicación:

**Distancias mínimas en Metros**

<b>Capacidad en agua por tanque en galones</b>	<b>Al limite de propiedad Tanque soterrado o en "montículo"</b>	<b>Entre tanques</b>
Menos que 125	3	1
125 a 250	3	1
251 a 500	3	1
501 a 2,000	3	1
2,001 a 30,000	15	1.5
30,001 a 70,000	15	1.5
70,001 a 90,000	15	1.5

4° Al instalar un conjunto de tanques se considerará la distancia que corresponda a la suma de las capacidades del conjunto de tanques y no la de cada tanque de manera individual.

5° Las conexiones para el llenado, y venteo de los medidores de nivel de liquido en los tanques ASME, llenados en el punto de instalación, no deberán encontrarse a menos de 3 m de distancia en toda dirección de cualquier fuente de ignición externa, abertura hacia aparatos de consumo de ventilación directa o entrada de aire a sistemas de ventilación mecánica.

6° Cuando los recipientes se instalen paralelos, con los extremos alineados, se permitirá cualquier número de recipientes por grupo. Cuando se instale más de una fila, los extremos adyacentes de los recipientes ubicados en cada fila deberán estar separados por lo menos 3 m de distancia.

7° Los tanques no se instalaran unos sobre otros.

8° No se permitirán materiales combustibles sueltos o amontonados, malezas, ni pastos altos y secos, a menos de 3 m alrededor del recipiente.

9° Los tanques estacionarios deberán montarse sobre apoyos, de tal manera que permitan su dilatación, repartir cargas y estén perfectamente nivelados.

10° Con respecto a distancias de la zona de almacenamiento a líneas eléctricas se deberán considerar las siguientes:



## DISTANCIAS EN METROS

	Hasta 2500 galones	Sobre 2500 galones
Hasta 440 V	2	5
Sobre 440 V y hasta 15,000 V	6	15
Sobre 15,000 V	20	30

11° El acceso a la zona de almacenamiento sea esta a nivel, elevado o soterrado será rápido y seguro.

12° La zona de almacenamiento deberá estar ubicada de tal manera que el acceso por personas no autorizadas a la misma, deberá ser impedido ya sea por barreras naturales o físicas, a fin de evitar cualquier accidente.

13° Los accesos del tanque desde el exterior podrán diseñarse de tal manera que no afecten aspectos de diseño de arquitectura del proyecto.

14° Los puntos de llenado, retorno y drenaje, deberán estar ubicados a una distancia no menor de 7.5m. de cualquier limite de propiedad, conducto de ventilación o acceso a cualquier desnivel o sótano; debidamente protegido del contacto con personas extrañas a la normal operación del sistema.

15° Los tanques deberán instalarse de modo que la descarga desde el dispositivo de alivio de presión del recipiente se encuentre a no menos de una distancia horizontal de 1.5m. a toda abertura del edificio que se encuentre por debajo del nivel de descarga y no menos de 3m. de distancia en toda dirección de cualquier fuente de ignición externa, abertura hacia aparatos de consumo de ventilación directa, entradas a sistemas de ventilación mecánica.

16° En todos los casos las distancias serán medidas de manera tal que cualquier error en la determinación de las mismas nos lleve a cometer errores por exceso.

17° No se permite la instalación de tanques dentro de construcciones, estos deberán ser instalados a cielo abierto.

### **Punto de transferencia:**

Se define como punto de transferencia a la conexión en el tanque o desplazada a algún lugar que cumpla con las exigencias de la Norma Nacional desde donde se conecta la cisterna que le abastecerá con GLP.

Para este punto la norma nacional contempla algunas restricciones e indicaciones para su instalación y operación:

1° El GLP en estado líquido debe transferirse a tanques sólo fuera de edificios o en estructuras de un piso, que no tengan subterráneos, las que deberán estar diseñadas especialmente para este propósito.

Dentro de tales estructuras no deberá usarse mangueras de transferencia, de un diámetro interno mayor de ½ pulgada para los conectadores de llenado de un tanque.

El llenado de tanques desde camiones de transporte se realizará con el camión ubicado a una distancia mínima de 3 m y máxima de 30 m desde el punto de

conexión del tanque a llenar y ubicado de manera tal que las válvulas de corte, tanto en el tanque como en el camión, sean fácilmente accesibles y en lo posible mutuamente observables.

2° se deberán tomar precauciones a fin de controlar la eventual presencia de una descarga incontrolada de GLP líquido, por motivos de falla de alguna de las partes del sistema de transferencia de GLP; para lo cual todas las tomas de descarga y carga de los tanques deberán contar con una válvula de exceso de flujo de acuerdo al caudal establecido como caudal de cierre.

3° La conexión o tubería de conexión que recibe líquido, debe estar equipada con cualquiera de las siguientes válvulas:

- Una válvula de retención.
- Una válvula de cierre de emergencia.
- Una válvula de exceso de flujo de la capacidad requerida.

4° La conexión o tubería de conexión que extrae líquido debe estar equipada con:

- Una válvula de cierre de emergencia.
- Una válvula de exceso de flujo de la capacidad requerida.

5° Las fuentes de ignición deben ser cuidadosamente controladas durante las operaciones de transferencia, mientras se realicen conexiones o desconexiones, o mientras se ventee GLP a la atmósfera.

6° Dentro de una distancia de 4.5m. desde el punto de transferencia, no deberán existir en funcionamiento motores de combustión interna mientras se estén realizando operaciones de transferencia, excepto en el caso que estos impulsen la bomba de transferencia.

7° Dentro de un radio de 4.5 m. medidos desde el punto de transferencia no estará permitido que existan llamas abiertas, personas fumando, equipos para corte o soldaduras, herramientas eléctricas, lámparas portátiles, extensión de lámparas u otros elementos que puedan producir chispas o temperaturas peligrosas capaces de inducir la ignición del GLP durante las operaciones de transferencia. Antes de iniciar la transferencia debemos verificar que los elementos que hayan sido calentados estén fríos.

8° Cualquier equipo que sea usado alrededor de la zona en donde se encuentra instalado el punto de transferencia deberá ser a prueba de explosiones.

9° El porcentaje máximo de llenado de un tanque para GLP, es una función de la capacidad del tanque, de su ubicación (enterrado, aéreo o a nivel), de la densidad del GLP, de la temperatura del GLP; para dichas características la NFPA 58 determinará el porcentaje máximo de llenado que se le podrá aplicar al tanque.

En términos prácticos es común llenar los tanques de almacenamiento de GLP a un máximo de 85% de su capacidad nominal en agua.

10° Los puntos de transferencia de los tanques de hasta 12 m<sup>3</sup> de capacidad para uso en domicilios, establecimientos comerciales, agrícolas e industriales deben cumplir con las siguientes distancias:

**DISTANCIA MÍNIMA DE SEGURIDAD DESDE PUNTOS DE TRANSFERENCIA DEL TANQUE A CONSTRUCCIONES O LÍNEAS MEDIANERAS PARA TANQUES DE HASTA 12M<sup>3</sup> DE CAPACIDAD**

<b>CAPACIDAD DEL TANQUE HASTA...M<sup>3</sup></b>	<b>DISTANCIA EN M.</b>
0.5	3.0
1.0	3.0
2.0	3.0
4.0	4.0
6.0	6.0
8.0	8.0
10.0	10.0
12.0	12.0

Adicionalmente los puntos de transferencia deberán cumplir con el siguiente cuadro de distancias:

<b>LUGAR</b>	<b>DISTANCIA EN M.</b>
Construcciones con muros resistentes al fuego.	3.0
Construcciones con muros no resistentes al fuego	7.5
Aberturas en muros o fosos a nivel o bajo el nivel del punto de transferencia	7.5
Línea de propiedad adyacente en la cual pueda construirse.	7.5
Lugares con afluencia de público, incluyendo patios de escuelas, campos deportivos, lugares de diversión, etc.	15.0
Vías públicas, incluyendo calles, carreteras, aceras y accesos.	7.5
Ejes de vías de ferrocarril.	7.5
Tanques.	3.0

**Trazado de Tuberías:**

1º Esta permitido conducir el GLP en estado vapor a presiones que no excedan los 20 psig. en cualquier construcción.

2º A su presión normal (función de la temperatura ambiental) y a presiones que excedan los 20 psig. el GLP en estado líquido o vapor deberá ser conducido por fuera de cualquier construcción.

3º Las tuberías instaladas ya sean visibles empotradas o soterradas deberán estar adecuadamente soportadas y protegidas contra cualquier daño mecánico, asimismo deberán proporcionarse de acuerdo a las condiciones del medio en donde sean instalada una adecuada protección contra la corrosión. Cuando una tubería visible, empotrada o soterrada pase a través de un muro esta deberá ser protegida por una pasamuros metálico que evite eventualmente su aplastamiento y/o corrosión.

4º La máxima presión de operación para redes de tuberías para GLP localizadas dentro de edificios no deberá exceder de 5 psig. ( 34 K Pa.), a menos que la

autoridad de la jurisdicción lo apruebe o una de las siguientes condiciones sean encontradas:

- La tubería sea soldada
- La tubería esta instalada en conductos ventilados u otros que eviten la acumulación de gases.
- La tubería esta instalada dentro de edificios o áreas separadas usadas exclusivamente para:
  - Procesos industriales o calentamiento.
  - Investigación.
  - Calderos o equipos mecánicos (casa de maquinas).
  - Almacenes.
  - Tuberías temporalmente instaladas en edificios en construcción.

5° Se permite el tendido de tuberías por entre techos que tengan acceso, siempre y cuando estos espacios no se encuentren saturados. No esta permitido la instalación de válvulas en estos espacios.

6° Las tuberías para GLP no se instalaran en el interior o a través de conductos de circulación de aire, conductos de chimeneas o ventilación de gases, conductos de ventilación, o elevadores. Esta indicación no incluye a conductos para prever aire de combustión o ventilación.

7° Las tuberías soterradas deberán estar instaladas de tal manera que se prevenga que estas vayan ha ser sometidas a esfuerzo excesivo, en general las tuberías soterradas deben ser protegidas contar daño mecánico de acuerdo con las siguientes consideraciones:

- Se deberán instalar con por lo menos 18" (46 cm.) de relleno. El relleno se podrá reducir a 12" (30cm.) Si se verifica la imposibilidad de pudiera ocurrir daño mecánico desde el exterior. Si por alguna razón la tubería no puede mantenerse a una distancia no mayor de 12" esta deberá ser conducida protegida por una vaina, canaleta o cualquier otro alojamiento que le dé protección.
- Las canaletas que sirvan para alojar las tuberías deberán permitir que estas se encuentren firmemente ancladas al fondo de la misma.
- Se debe considerar que para zonas con transito vehicular además de las 18" de recubrimiento exigidas se deberá conducir la tubería dentro de vainas de acero, o solicitar una mejor recomendación a especialistas en el tema.

8° Las tuberías de Gas en contacto con tierra u otros materiales que podrían corroerla deberán protegerse contra la corrosión de manera apropiada. Cuando metales diferentes se juntan bajo tierra, una junta o conexión aislante deberá ser instalada. La tubería no deberá mantenerse en contacto con escorias o residuos de otros materiales.

9° En este punto mencionaremos algunos criterios asociados a las salidas hacia equipos de las tuberías que conducen el GLP:

- Los accesorios de salida deberán estar seguramente fijos en su ubicación.
- Las salidas no deberán estar ubicadas detrás de puertas.



- Las salidas deberán estar lo suficientemente lejos del piso, paredes, patios, y entre techos para permitir el uso de quiebres sin que se estrangulen, doblen, o se dañe la tubería.
- La porción de tubería tratada se debe extender no menos 1" de las paredes ya sean estas interiores o exteriores, y deberá extenderse 2" por encima del piso terminado, con la finalidad de darle una mayor protección.
- Toda salida, incluidas las que quedaran con válvula deberán cerradas por un tapón roscado o un tapón soldado hasta que el sistema entre en operación y el equipo sea finalmente instalado.

10° A lo largo del tendido de la tubería que conducirá el GLP no esta permitido la instalación de elementos que reduzcan obstruyan el flujo libre del GLP, excepto aquellos permitidos por el diseño del sistema. Se permite la instalación de medidores de flujo, extintores de flamas.

11° Se debe tener la precaución de no tener cruces con líneas de conducción eléctrica, si esto ocurriera se debe verificar que esta este perfectamente aislada de tal manera que la tubería no vaya actuar como conductor de electricidad.

### **Instalación de Equipos:**

1° Todo equipo a instalarse deberá estar fabricado de acuerdo a las Normas Nacionales y/o Internacionales.

2° Los equipos para GLP que trabajen a una temperatura mayor de 260 °C, no deberán ser instalados cerca de estructuras, muebles o cualquier otro elemento que este fabricado con material combustible al menos que se tomen las precauciones debidas en su aislamiento y protección con la finalidad de evitar el eventual deterioro del equipo o los muebles que lo rodean.

3° Los equipos podrán ser instalados sobre bases que distribuyan equitativamente su peso con la finalidad de evitar el deterioro del equipo o la estructura que lo soporta.

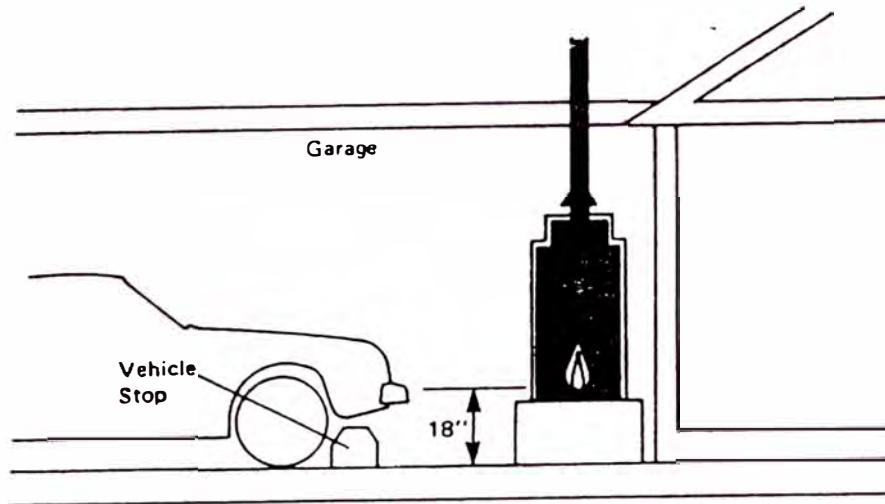
4° Ningún equipo que trabaje con GLP deberá instalarse en lugares en donde haya presencia de vapores inflamables al menos que el diseño, operación e instalación eliminen la posibilidad de ignición de estos vapores.

5° En general cualquier ubicación en la cual se instale un equipo deberá cumplir con los siguientes requerimientos generales:

- Deberá dar adecuada protección contra daño mecánico al equipo.
- Ser lo suficientemente ventilado para brindar la cantidad adecuada de aire necesario para la eficiente combustión del equipo.
- Exista la posibilidad de una adecuada ventilación de los productos de la combustión.



6° Aquellos equipos que vayan a ser instalados en lugares en donde exista la posibilidad de daño mecánico tal como estacionamientos domiciliarios o comerciales se harán apoyados en muros de por lo menos 18" (46 cm) de altura tal como se muestra en la figura.



7° Los equipos se podrán interconectar a la red de GLP por medio de los siguientes elementos:

- Tubería rígida incluyendo accesorios.
- Tubería semi - rígida y accesorios metálicos, las aleaciones de aluminio no se usaran en exteriores.
- Conectores incluidos en la relación que van de acuerdo con ANSI Z 21- 24 Conectores Metálicos para Aplicaciones de Gas, y ANSI Z21-69 Conectores Movibles para Aplicaciones de Gas.
- Mangueras especiales para GLP tanto en interiores como exteriores con una longitud no mayor de 6 pies, siempre se instalará una válvula de cierre, para el caso en que el equipo se instale en exteriores se deberá considerar adicionalmente un sistema de acople rápido.

8° Todo equipo conectado a la red de GLP deberá estar provisto de una válvula que permita lo siguiente:

- Cortar el abastecimiento de GLP en caso de emergencia.
- Retirar el equipo para limpieza, mantenimiento o reemplazo.

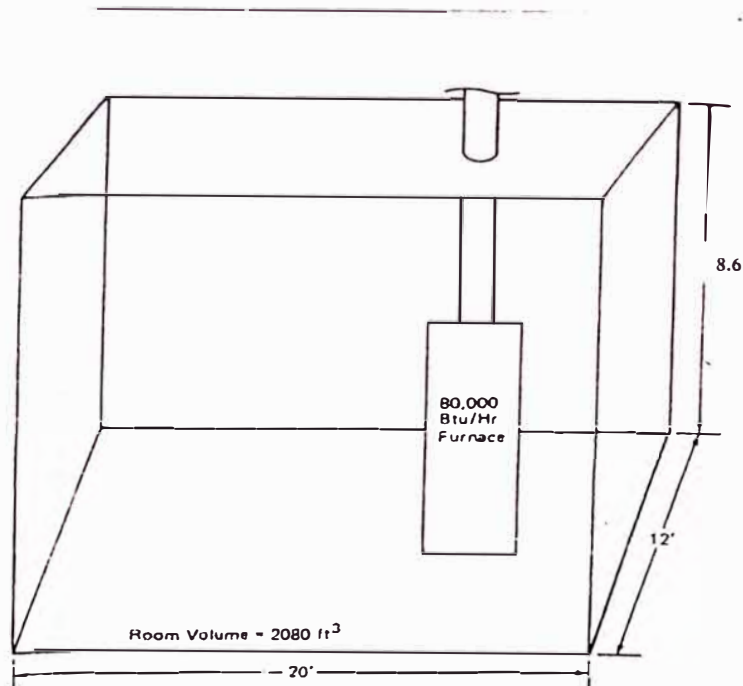
9° La válvula deberá estar instalada a menos de 6 pies (1.8 m) del equipo al que sirve.

En este punto es importante definir dos conceptos fundamentales:

## Ventilación

**1° Equipos instalados en lugares No Confinados**, para establecer que un equipo ha sido instalado en un lugar no confinado se deberá cumplir que el volumen de aire en el lugar donde se va instalar el equipo guarda la relación de 50 pies<sup>3</sup> por cada 1000 Btu/hora (4.8m<sup>3</sup>/Kw) de potencia total instalada. Cabe mencionar que se considera parte del volumen aquellas habitaciones comunicadas directamente (sin puertas) con aquella en la cual se va instalar el equipo.

La consideración anterior es también conocida como la regla de 1/20 esto quiere decir que por cada pie cúbico se podrá instalar 20 Btu/hora, como se observa en la siguiente figura en donde se tiene la relación 2080pies<sup>3</sup>/80,000 Btu/hora que simplificando se podrá tener la relación de 26 pies<sup>3</sup>/1000 Btu/hora que es mayor que 20 pies<sup>3</sup>/1,000 Btu/hora con lo que se está cumpliendo el requerimiento para considerar el equipo como no confinado.

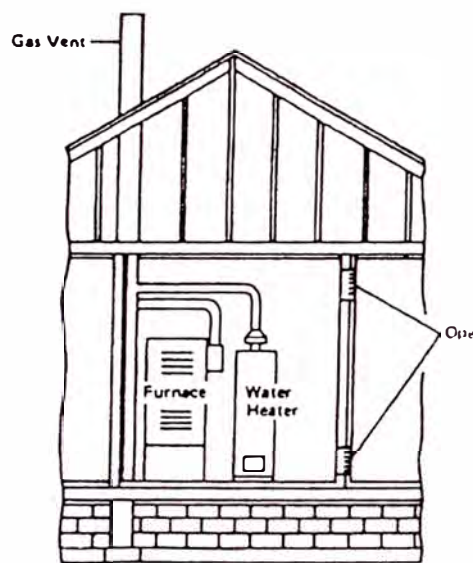


**2° Equipos Instalados en lugares Confinados**, aquellos instalados de tal manera que no se cumpla la relación establecida para considerarlos como no confinados.

Cabe mencionar que el procedimiento mencionado es solo referencia, en general las necesidades de ventilación y evacuación deberán ser evaluadas para cada instalación que se esté realizando considerando las características particulares de cada equipo.

3° Se deben considerar algunos criterios referidos a la ventilación de los equipos instalados en lugares confinados:

- Todo el aire será proveído desde el interior del edificio, el espacio confinado deberá ser provisto de dos aberturas conectadas directamente con la habitación o habitaciones adicionales de suficiente volumen tal que el volumen combinado de todos los espacios nos proporcione el criterio de no confinado. Se deberá considerar la PIT (Potencia Instalada Total) de cada uno de los espacios a fin de determinar correctamente el criterio. Cada abertura deberá tener un área libre mínima de  $1 \text{ pie}^2/1000 \text{ Btu/hora}$  ( $22 \text{ cm}^2/\text{Kw}$ ) se deberá considerar el PIT; siendo la abertura no menor de  $100 \text{ pies}^2$  ( $645 \text{ cm}^2$ ). Estas aberturas se ubicaran a 12" (30 cm) tanto de la parte superior e inferior de la habitación.



- Todo el aire será proveído desde el exterior, los espacios confinados deberán estar provistos de dos aberturas cada una a 12"(30cm.) desde la parte superior e inferior de la habitación. Las aberturas deberán estar comunicadas con el exterior directamente o por medio de conductos. Las dimensiones mínimas de las aberturas serán de 3" (8 cm.) .
- El uso de conductos con la finalidad de ventilar el espacio en donde se va instalar el equipo que va a funcionar con GLP requiere el considerar algunas recomendaciones:
  - a) Cuando la comunicación es directa, cada abertura debe tener un área libre de  $1 \text{ pul.}^2/4000 \text{ Btu/hora}$ , ( $5.5 \text{ cm}^2 / \text{Kw.}$ ) PIT instalado en el espacio confinado.
  - b) Cuando la comunicación con el exterior sea a través de conductos verticales, cada abertura deberá tener un área libre mínima de  $1 \text{ pul.}^2/4000 \text{ Btu/hora}$ , ( $5.5 \text{ cm}^2 / \text{Kw.}$ ) PIT instalado en el espacio confinado.

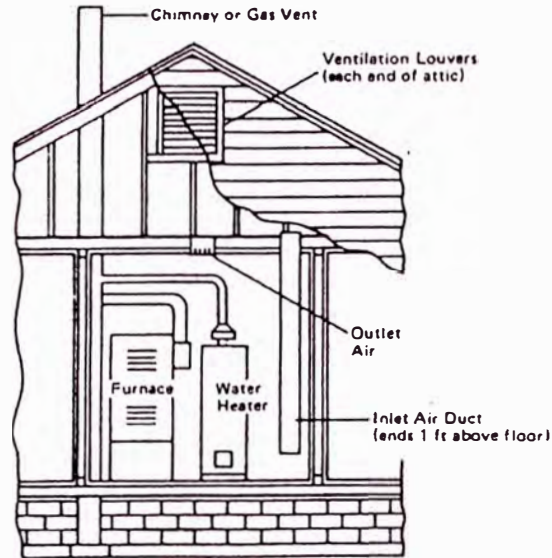


Figure 3. Equipment Located in Confined Spaces; All Air from Outdoors Through Ventilated Attic. See 5.3.3(b).

- c) Cuando la comunicación al exterior es por medio de conductos horizontales, cada abertura deberá tener un área libre mínima de  $1 \text{ pul.}^2 / 2000 \text{ Btu/hora}$ , ( $11 \text{ cm}^2 / \text{Kw.}$ ) de PIT instalado en el espacio confinado.

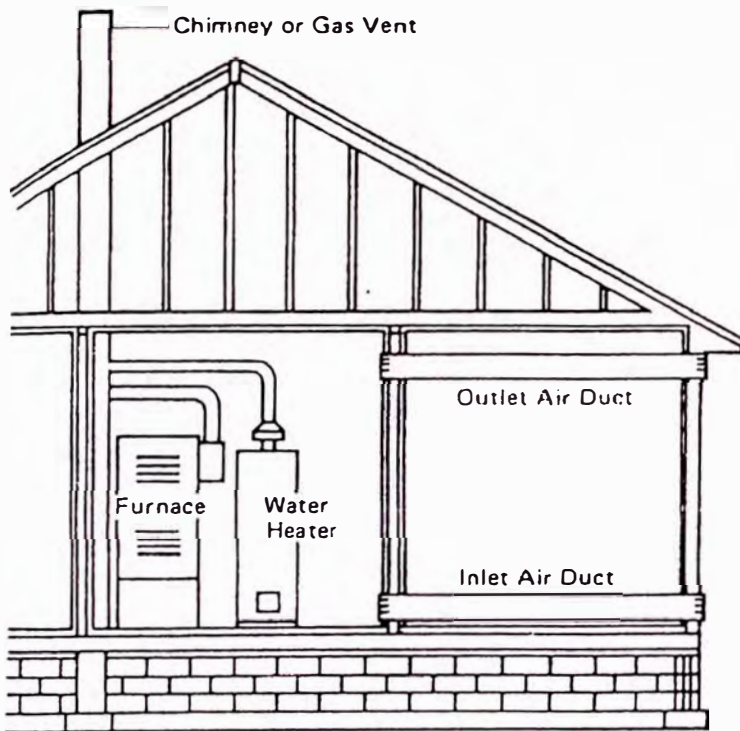


Figure 4. Equipment Located in Confined Spaces; All Air from Outdoors. See 5.3.3(b).

- d) Cuando se usen conductos para abastecer de aire de ventilación a un ambiente confinado el área de la sección recta deberá permanecer constante e igual al área que se ha reservado según el requerimiento del equipo.

## Evacuación de Productos de Combustión

1° Todo equipo que obtenga su energía de la combustión deberá contar con un adecuado sistema de evacuación de productos de combustión (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> y eventualmente CO), las características operativas del sistema de evacuación de gases quemados puede ser clasificado con respecto a:

- Presión positiva o negativa al interior del sistema de evacuación.
- Se generen o no se generen corrientes de gases que pudieran condensar en el sistema evacuación.

2° Aunque el GLP nos da una combustión limpia, los productos de la misma no deben acumularse por lo tanto es necesario instalar los elementos (conductos) que permitan su evacuación a la atmósfera.

Para determinar aquellos casos específicos en los cuales no se requiera conductos que evacuen los productos de la combustión a la atmósfera se deberá consultar al proveedor del equipo.

3° Todo sistema de conducción de productos de combustión (chimenea) deberá brindar los siguientes servicios para un adecuado y seguro funcionamiento de los equipos:

- Transporte de todos los productos de la combustión a la atmósfera exterior.
- Prevenir el daño que se pudiera causar al equipo, construcción y amoblado causado por la condensación del vapor de agua en los conductos de gases, proporcionando una adecuada ventilación.
- Evitar el sobre calentamiento de paredes estructura del edificio y otros materiales combustibles.
- Evitar el rápido llenado para minimizar la pérdida de la fuerza ascensional que permite el flujo natural de estos productos; evitando así que pudieran ingresar y difundirse dentro del edificio.

4° La operación de los sistemas de evacuación de productos de combustión parecería ser complicada, pero es importante el recordar que la evacuación natural trabaja porque el aire caliente se eleva, cuando el gas es quemado los productos de la combustión están siempre más calientes que el aire del ambiente, por lo tanto se elevan. En los siguientes numerales se tratara de aspectos de diseño y consideraciones para la evacuación de productos de evacuación de equipos calificados como B1 y que operan bajo tiro natural.

Los artefactos tipo B1 son aquellos dotados de disipadores de tiro revertido o corta-tiros, diseñados para acoplar a sistemas de evacuación que operen por tiro natural bajo presión estática no positiva.

5° En este punto veremos algunos aspectos prácticos del diseño:

- Tiro de las chimeneas, Es la diferencia de presión entre el exterior y el interior, producida por la diferencia de pesos específicos del aire que rodea la chimenea, relativamente frío, y los humos calientes que se conducen por la chimenea. La diferencia de pesos específicos provoca una fuerza ascensional de los humos



que los empuja al exterior cuando el conducto de la chimenea esta bien dimensionado.

- Para una chimenea en la que se considera:

H = tiro en mm. C.A. (o en K./m<sup>2</sup>)

L = altura de la chimenea en m

P<sub>at</sub>= peso especifico del aire exterior a su temperatura t °C

$$H = L (P_{at} - P_{ht})$$

P<sub>ht</sub>= peso especifico del humo a temperatura dada t °C

Lo anterior supone conocer los valores de los pesos específicos del aire y del humo a determinadas condiciones de presión y temperatura.

El peso especifico del aire a una presión atmosférica de H mm de columna de mercurio y temperatura T<sub>a</sub> (°C) viene dado, en función del peso especifico a condiciones normales (P<sub>ao</sub>) por:

$$P_{at} = P_{ao} \cdot \frac{H}{760} \cdot \frac{273}{273+T_a}$$

En la siguiente tabla se dan algunos valores ya calculados:

**Peso especifico del aire según presión H y temperatura T<sub>a</sub>**

H(mm c Hg)	0	5	10	15	20	25(° C)
700	1.191	1.170	1.149	1.129	1.110	1.091
710	1.208	1.186	1.165	1.145	1.125	1.107
720	1.225	1.203	1.182	1.161	1.141	1.122
730	1.242	1.220	1.198	1.177	1.157	1.138
740	1.259	1.236	1.214	1.193	1.173	1.153
750	1.276	1.253	1.231	1.210	1.189	1.169
760	1.293	1.270	1.247	1.226	1.205	1.185

El Peso especifico de los humos o productos de combustión es, en función de su temperatura el siguiente:

°C	K/cm <sup>3</sup>	°C	K/m <sup>3</sup>
0	1.329	120	0.873
10	1.280	140	0.831
20	1.230	160	0.792
30	1.180	180	0.758
40	1.121	200	0.726
50	1.080	220	0.696
60	1.065	240	0.669
70	1.000	260	0.644
80	0.972	280	0.620
90	0.945	300	0.599
100	0.920		

Se puede establecer en términos prácticos la siguiente relación para establecer el tiro:

$$h = 353 \times L \times \frac{H}{760} \times \frac{t_h - t_a}{T_h - T_a}$$

En donde:

- h: tiro de la chimenea en mm c.a.
- 353 es igual al producto de  $P_{ao} = 1.293 \text{ K/m}^3$  (peso específico del aire a C.N.) y 273
- H: presión atmosférica en el lugar de la chimenea en mm. C. Hg
- $t_h$ : temperatura media de los humos (°C)
- $t_a$ : temperatura del aire (°C)
- $T_h$ : temperatura absoluta ( $273+t_h$ ) media de los humos
- $T_a$ : Temperatura absoluta ( $273+t_h$ ) del aire
- A: 1/273
- L: altura de la chimenea en m
- G: aceleración de la gravedad,  $9.8 \text{ m/seg}^2$

Velocidad de los Humos

Esta viene definida por la siguiente ecuación:

$$V = (2 \times g \times h)^{1/2}$$

En donde:

$$h = \frac{L \times a \times (t_h - t_a)}{1 + a \times t_a}$$

Finalmente se debe resaltar la importancia que tiene el diseño correcto de la chimenea o conducto de evacuación de gases quemados especialmente en los aparatos domésticos (calentadores de agua, calderas, etc.) por estar expuestos a menor vigilancia y cuidados menos técnicos que en una industria.

De los riesgos inherentes a una mala combustión, por falta de aire puro en la cantidad precisa se desprende la necesidad de un adecuado diseño.

Si el tiro es la fuerza ascensional que tiende a hacer subir en vertical los humos, es inútil pretender que salgan al exterior a través de un conducto horizontal o de escasa inclinación en sentido ascendente. Sin se llega al extremo de colocar un conducto en sentido descendente en el sentido del natural flujo de los humos se deberá proceder a retirar el equipo para su reinstalación con un adecuado sistema de evacuación de gases quemados.

Se nos pueden presentar dos casos que deberán ser analizados:

- Tenemos limitada la longitud o altura de la chimenea por razones que no se ha previsto al momento de construcción el espacio suficiente para una adecuada chimenea, con lo cual la velocidad de los humos ya quedaría determinada.
- No tenemos limites para la longitud de la chimenea en tal caso nosotros tendremos que fijar la velocidad.

Las siguientes figuras nos muestran gráficamente algunas consideraciones importantes en el diseño de conductos de evacuación de gases quemados,

FIG. A:

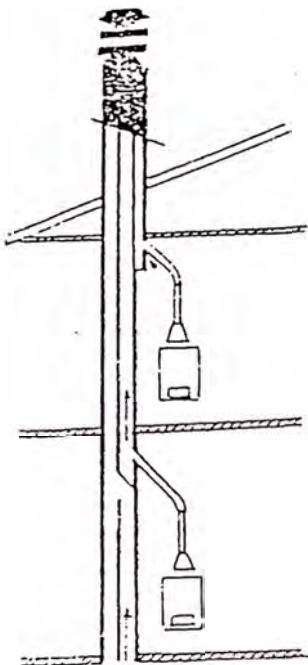
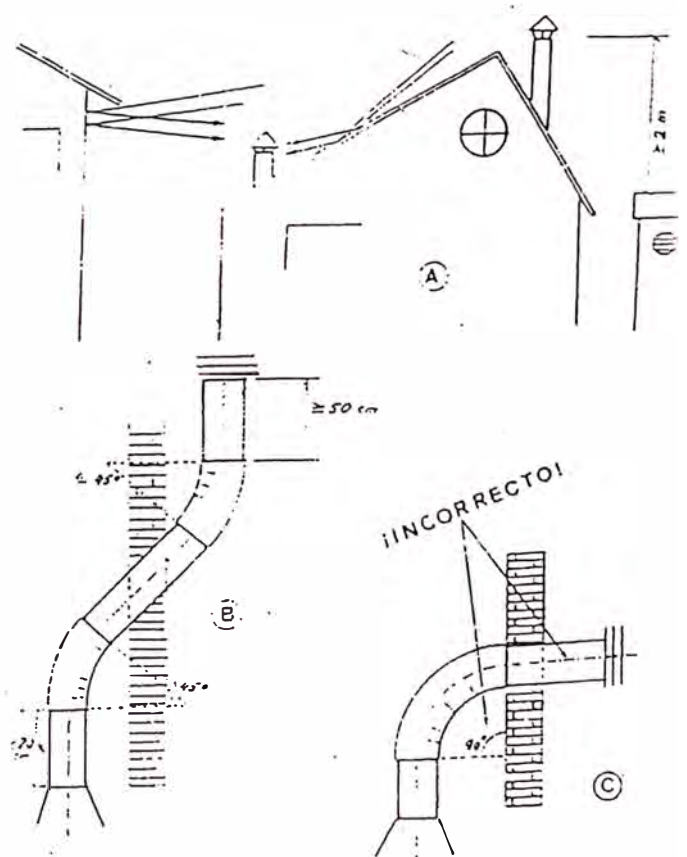


FIG.B:

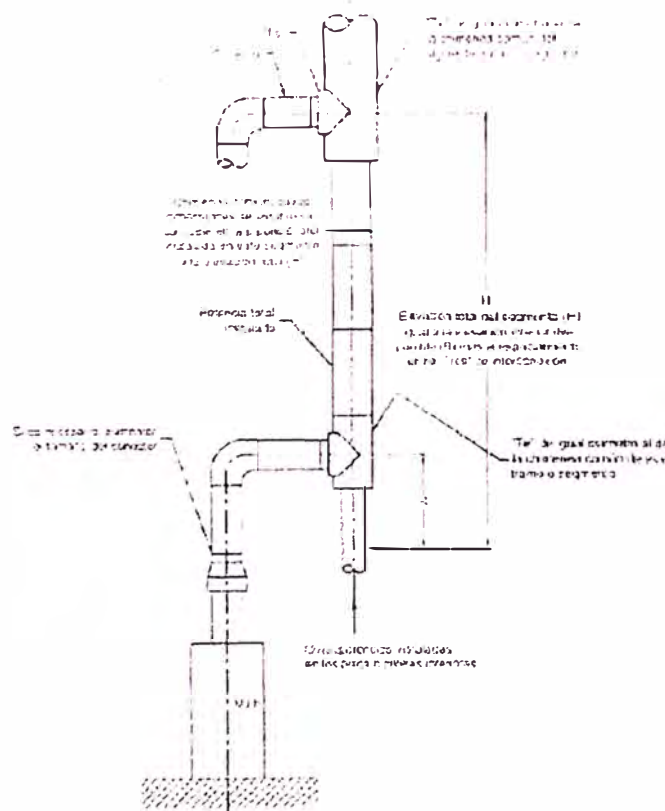


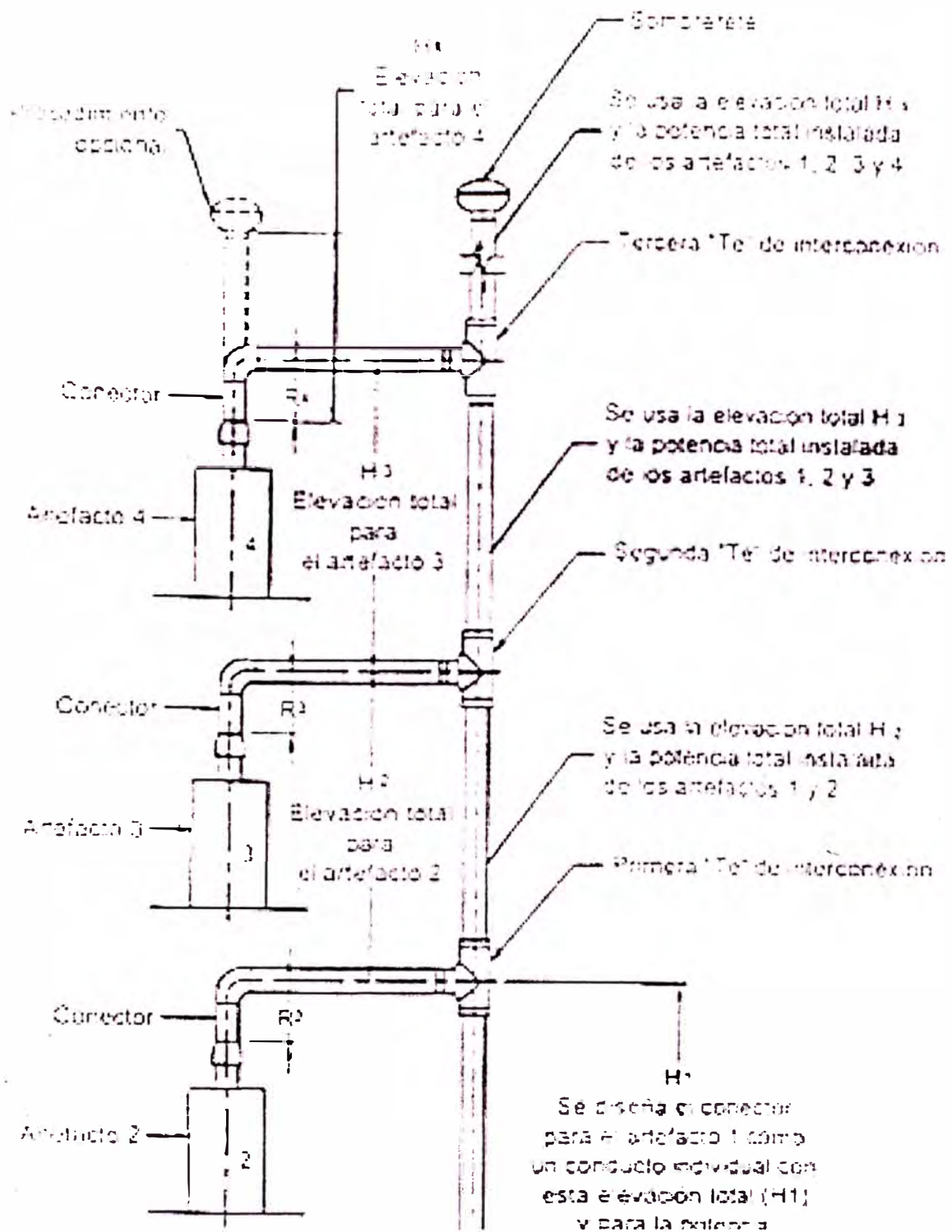
En la figura A se muestra la manera adecuada de evacuar los gases de combustión cuando se tiene mas de un equipo que lo requiera en un mismo edificio, se utilizan conductos colectivos hacia donde evacuan los equipos de cada nivel, debe cumplirse que en cada piso no deben evacuar mas de tres equipos, deben preverse el numero necesario de conductos colectivos.

En la figura B se muestra la manera adecuada de trazar los conductos de evacuación en general se debe evitar los cambios bruscos de dirección y recorridos horizontales, asimismo la altura recomendada de acabado del conducto de evacuación varia entre 1.5 y 2 m por encima del nivel superior de la construcción para el caso de equipos con potencias utilizados en el sector familiar y multifamiliar.

6° Cuando sea necesario instalar ductos colectivos para la evacuación de productos de combustión (PDC) que operan bajo el sistema de tiro natural se debe considerar lo siguiente:

- a) La elevación total (H) de cada segmento del sistema colectivo debe ser la distancia vertical efectiva comprendida entre el borde superior del collarín o acople de inserción instalado a mayor altura en el piso o nivel del edificio que corresponde a ese segmento de la chimenea colectiva y el eje longitudinal horizontal del conector que corresponde al siguiente artefacto de gas acoplado al sistema inmediatamente hacia arriba (ver figuras adjunta)





- b) Las condiciones de los conectores en cada segmento del sistema colectivo deben determinarse como sigue:
- Se dispondrá de aislamiento térmico cuando la temperatura de los PDC medidos en la boca de entrada del conector sea superior a  $538\text{ }^{\circ}\text{C}$  buscando que lograr una temperatura superior en  $40^{\circ}\text{C}$  a la temperatura ambiente.



- b. Los conectores no deben acoplarse a otros sistemas de evacuación que estén conectados a equipos que evacuan PDC de artefactos que consuman combustibles sólidos o líquidos.
- c. Los conectores no deben acoplarse a otros sistemas de evacuación que estén conectados a sistemas de tiro que opera bajo presión estática positiva, tales como los de tiro mecánico o fozado o de cámara hermética.
- d. Cuando dos o más conectores simples se acoplen a un mismo conector múltiple en una misma planta, el conector de menor tamaño debe acoplarse a la mayor altura disponible dentro del recinto, respetando el distanciamiento con respecto a materiales combustibles.
- e. El distanciamiento con respecto a materiales combustibles estará de acuerdo a las siguientes tablas:
- f. Trazado:**
  1. Debe evitarse los cambios de dirección o cualquier tipo de característica constructiva que puedan afectar el flujo de los productos de combustión bajo presión estática no positiva. Así mismo, tales conectores deben instalarse sin depresiones ni declives, con una pendiente ascendente mínima de 3%.
  2. Los conectores que operan por tiro natural no deben atravesar techos, pisos cortafuegos, muros cortafuegos, cuando se atraviesen paredes de material combustible se deben proteger contra el calor.
  3. Los conectores deben acoplarse a las chimeneas metálicas o de mampostería por encima de su fondo o extremo inferior a fin de evitar obstrucciones por escombros u hollín. Puede utilizarse acoples de inserción a la chimenea colectiva a fin de facilitar su desmontaje y evitar su desprendimiento involuntario, evitando en todo momento penetrar demasiado en la chimenea colectiva de tal forma que pudiera producirse restricciones al flujo de los PDC.
  4. Los soportes de los conectores deben considerar el diseño y peso de los materiales empleados, considerar el espaciamiento a fin de evitar esfuerzos y posible separación de juntas.

18° Dimensionamiento:

Considerar:

R = Elevación interior disponible

H = Elevación total del segmento

PIT = Potencia Nominal de los Artefactos acoplados al sistema en el segmento de análisis

La longitud de los conectores debe ser lo más corta posible, el tramo horizontal no debe exceder del 75% del recorrido vertical o altura del tramo de chimenea (H) ubicada por encima del conector.

La siguiente tabla muestra la máxima longitud horizontal permitida en función del diámetro potencial del colector.

<b>Diámetro Potencial del Conector (mm)</b>	<b>Máxima Longitud Permisible (mm)</b>
76	1368
102	1836
127	2286
152	2736
178	2304
203	3654
229	4122
254	4572
305	5490
356	6408
406	7308
457	8226
508	9144

Las longitudes horizontales máximas podrán ampliarse bajo las siguientes condiciones:

La máxima capacidad de evacuación (MECmax y NATmax) indicada en las tablas debe reducirse 10% por cada múltiplo de la longitud horizontal máxima.

Cada cambio de dirección de 90° (codo) en el sistema colectivo implica una reducción del 10% de la capacidad máxima de evacuación. Dos cambios de dirección de 45° (semi codos) equivalen a un cambio de dirección de 90°. Estos factores se aplican sobre los valores de las tablas de diseño que se muestran a continuación.

El diámetro potencial del sistema colectivo debe ser, como mínimo, igual al diámetro potencial del conector de mayor tamaño acoplado al sistema. Todos los segmentos del sistema colectivo podrán tener el mismo diámetro a área potencial determinado por el limo segmento o extremo Terminal del sistema colectivo.

Las "tes" de interconexión deben ser del mismo diámetro potencial que el siguiente segmento del sistema colectivo.

Para las instalaciones a grandes altitudes, la máxima capacidad de evacuación (MECmax y NATmax) debe determinarse de la potencia instalada medida al nivel del mar, y la mínima capacidad de evacuación (MECmin) a partir de la potencia instalada real corregida por elevación.

Para los sistemas colectivos de evacuación acoplados a dos o más artefactos de gas instalados en una misma planta de un edificio, la elevación total (H) se mide desde el

collarin del artefacto instalado a mayor altura, hasta el extremo terminal del sistema colectivo. La elevación interior disponible (R) se mide desde el collarín de cada artefacto, hasta el eje longitudinal horizontal del conector del artefacto acoplado al sistema a mayor altura.

## 6. – Equipamiento.-

### 6.1. - Componentes de la Instalación.-

#### Tanques y Depósitos para GLP:

Se denominan depósitos a los recipientes destinados a contener GLP en estado líquido bajo presión para su almacenamiento y consumo.

Los depósitos pueden clasificarse por su forma geométrica en cilíndricos y esféricos. Los depósitos pueden instalarse móviles o fijos. Los depósitos fijos cilíndricos se denominan comúnmente tanques. La capacidad de almacenamiento real de los tanques está dada en volumen de agua que es el fluido que se utiliza para su cubicación.

Los depósitos esféricos pueden ser a presión, si almacenan butano, o semi-refrigerados si el producto a almacenar es butano, propano o una mezcla de ellos.

Los depósitos fijos (tanques), son aquellos que permanecen estacionarios en un lugar de acuerdo a las normas de instalación y que para ser llenados se requiere de un camión cisterna. La toma de gas podrá estar en el tanque o en un lugar desplazado del tanque, conocido como punto de transferencia.

Como se indicó anteriormente los tanques estacionarios del tipo no refrigerados deberán ser fabricados de acuerdo con el código ASME SECCION VIII .TITULO II,

La cantidad de acero a utilizar para la construcción de un depósito es función de su superficie y del espesor de pared, la superficie es función del volumen y de la forma y el espesor es función de la calidad de la plancha que se está utilizando y de la presión relativa del GLP que se desea almacenar, se debe recordar que la presión interna del GLP (presión de vapor) depende de la temperatura del ambiente.

Los depósitos se fabrican con plancha de acero especial siendo las características más importantes de este material las siguientes:

Resistencia a la rotura = 50 a 60K / mm<sup>2</sup>

Límite elástico = 36 a 40 k / mm<sup>2</sup>

Grano fino, laminado, superficie brillante.

Las presiones que se manejan en el diseño de un tanque no refrigerado son las siguientes:

- Presión de diseño: 250 psig
- Presión Máxima de trabajo 250 psig
- Presión de Prueba 375 psig

## Accesorios de los Depósitos de Gas:

Los accesorios con los que con carácter de obligatorio debe estar provisto cada tanque son los siguientes:

1º Válvula de llenado que incluye válvula antirretorno (Check), conectada a la fase gaseosa del tanque, consiste de una válvula antirretorno doble en la cual la primera abre por el la conexión "pool" de la manguera del camión cisterna y la segunda por el flujo del GLP. La válvula antirretorno permite el paso del fluido, tanto gaseoso como líquido en una dirección, cerrando parcial o totalmente e en sentido contrario.

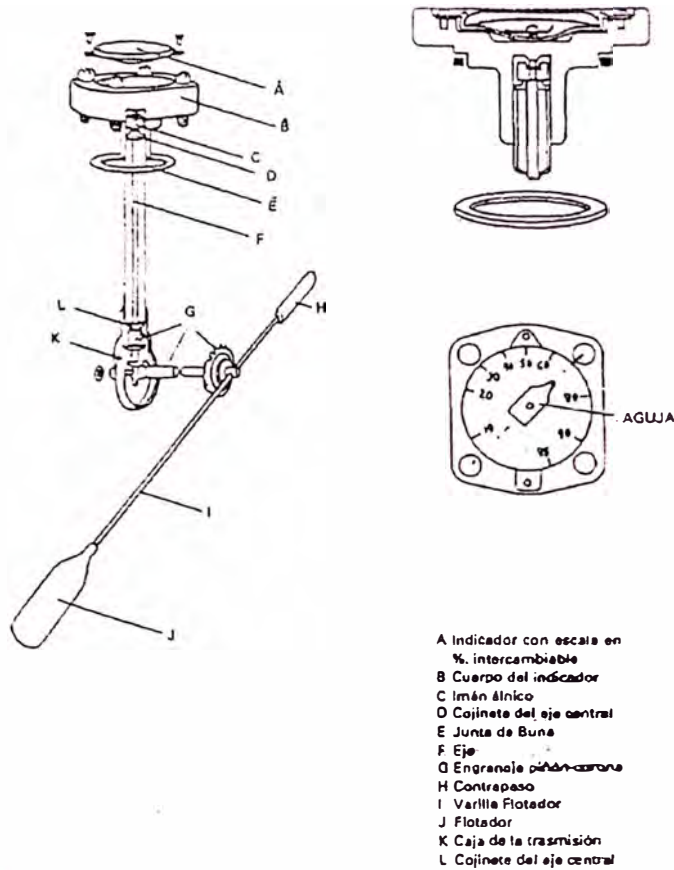
Mientras no haya flujo de gas la válvula permanecerá cerrada. Si el gas fluye en el correcto sentido, el flujo vence la resistencia del muelle y la válvula se abre. Si el gas trata de fluir en sentido contrario, el flujo y el resorte en acción simultanea cierran automáticamente la válvula. La rosca de la conexión de la válvula de llenado al tanque es tipo NPT cónica. La rosca conexión a la manguera es tipo ACME, esto esta normado para evitar la conexión de esta manguera a tanque de otro combustible.

2º Indicador de Nivel, nos sirve para conocer en cada momento el volumen porcentual de gas remanente en el deposito, el cual se recomienda no deberá baja r de un 20% de la capacidad nominal en agua del tanque.

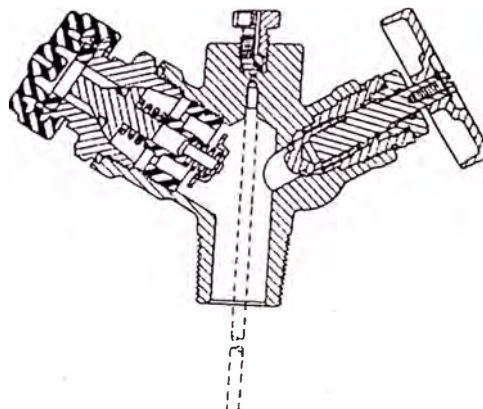
El indicador de nivel consiste básicamente en un flotador (boya), cuya posición, siguiendo el nivel del líquido, se transmite a una aguja situada sobre una escala en donde se marca el grado de llena do en cada momento, en tanto por ciento. La conexión al depósito es mediante cople o brida. El engranaje utilizado entre el eje y la palanca es una transmisión tipo piñón-corona.

La transmisión entre el eje y la aguja es magnética. Dos imanes separados por una placa no magnética, uno de ellos unido al eje, transmite sus giros al segundo unido a la aguja indicadora. Se presentan dos figuras en la cual se muestran dos tipos de medidores, uno que es el que hemos visto conocido como medidor magnético de volumen y el otro conocido como Rotary Gauge, que se basa en el mismo principio que el magnético.





3º Válvula de Compensación de Fase Gaseosa (Válvula de Retorno), Consiste en una válvula de antirretorno utilizada para comunicar la zona gaseosa del deposito con la de otro deposito o camión cisterna que interviene en el trasiego a fin de acelerar la operación esta válvula es imprescindible cuando el trasiego se hace por medio de compresor. La finalidad de esta válvula en la practica es establecer una compensación de presiones entre el deposito a llenar y el deposito que se llena con la finalidad de acelerar el llenado por una adecuada compensación de presiones. Generalmente esta válvula viene acoplada a la multiválvula para aquellos tanques con capacidad entre 80 y 1000 galones. En la figura se observa la multiválvula en donde en la parte superior esta ubicada la válvula que indica el máximo llenado (85%), al lado derecho la válvula de servicio y al lado izquierdo la válvula de retorno.



4º Válvula de Seguridad, o de Alivio de Presión, Dentro de un depósito puede aumentar la presión del gas debido a lo siguiente:

- Aumento de la temperatura del gas.
- Sobrellenado del depósito.
- Almacenar un hidrocarburo cuya presión de vapor es superior a la esperada.
- Existencia de aire o gas inerte en la zona de la fase gaseosa que, al elevar su temperatura y no producirse la correspondiente condensación, origina un aumento de presión por encima de lo previsto. En este caso se ha de purgar la fase gaseosa para eliminar el aire o gas inerte residual.

A los depósitos para GLP les corresponde una presión máxima de trabajo de 250 psig, es por esta razón que deberán estar implementados dispositivos de seguridad que evite pueda sobrepasarse este valor. Estos dispositivos se llaman válvula de seguridad por alivio de presión, su función es la de dejar escapar una determinada cantidad de GLP, de tal manera que la presión en el interior del depósito no sobrepase la máxima presión de trabajo, cerrándose automáticamente cuando la presión alcance un valor admisible. La norma exige que estas válvulas sean accionadas por resorte y deberán estar calibradas a 250 psig.

La válvula de seguridad esta constituida fundamentalmente por un platillo obturador con vástago guía que cierra la salida del gas por acción de un resorte. Cuando la presión del gas es superior a la ejercida por el resorte (presión de calibración), este cede, permitiendo el desplazamiento del platillo y con ello la evacuación del gas. Una vez aliviada la presión el resorte se recuperara cerrando la salida de gas.

Las válvulas de seguridad estarán diseñadas para proporcionar caudales mínimos de descarga con el fin de que la presión no sobrepase un 5% en los depósitos de capacidad menor o igual a 20 m<sup>3</sup> y un 10% en los mayores, de la máxima presión de trabajo.

El caudal mínimo (C<sub>m</sub>) que la válvula de seguridad debe ser capaz de evacuar sin que la presión interior del depósito sobrepase el 20% de la presión de apertura, depende de la superficie del depósito y esta dada por la siguiente formula:

$$C_m = 10.6552 \times S^{0.82} \text{ m}^3 \text{ (standard) de aire/minuto}$$

Donde:

S = superficie total del depósito en m<sup>2</sup>

Para obtener le caudal de GLP correspondiente, expresado en m<sup>3</sup>/minuto, se ha de dividir el caudal por el factor de corrección F.

$$C_{GLP} = C_{m(\text{aire})}/F$$

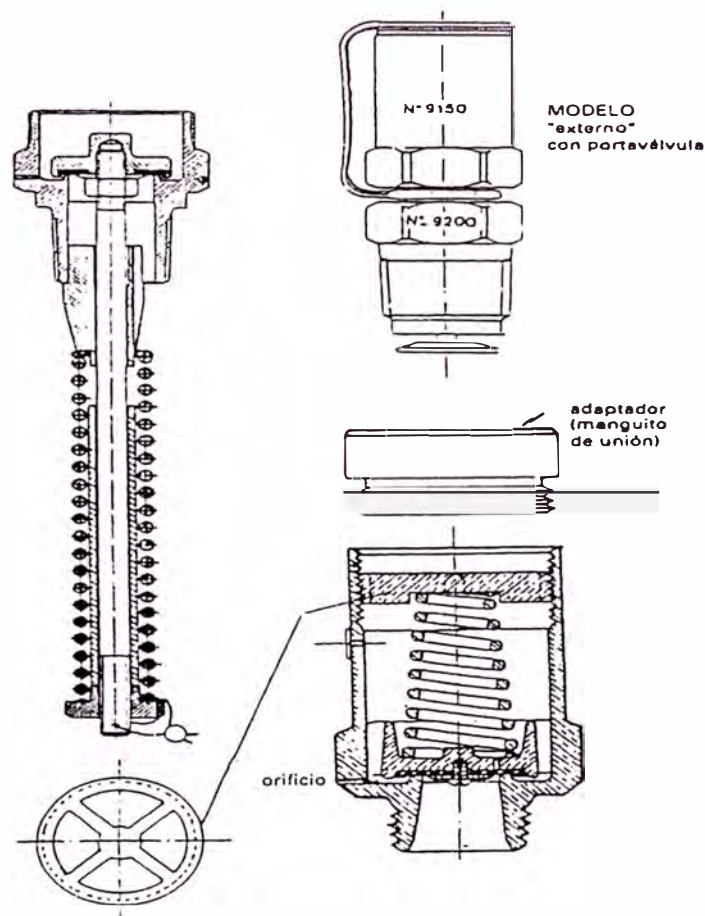
El actor F para una mezcla comercial de GLP se obtiene de la relación:

$$F = 1.2 \times (1 - 0.28 P^2)^{1/2}$$

En donde:

P = Presión de calibración de la válvula de seguridad

VALVULA DE SEGURIDAD



5º Válvula de Toma de Gas en Fase Líquida – Válvula de Drenaje, la toma de GLP en fase líquida será habilitada cuando se requiera abastecer gas a través de vaporizadores, para tomar muestras de gas, para drenar el tanque, etc.

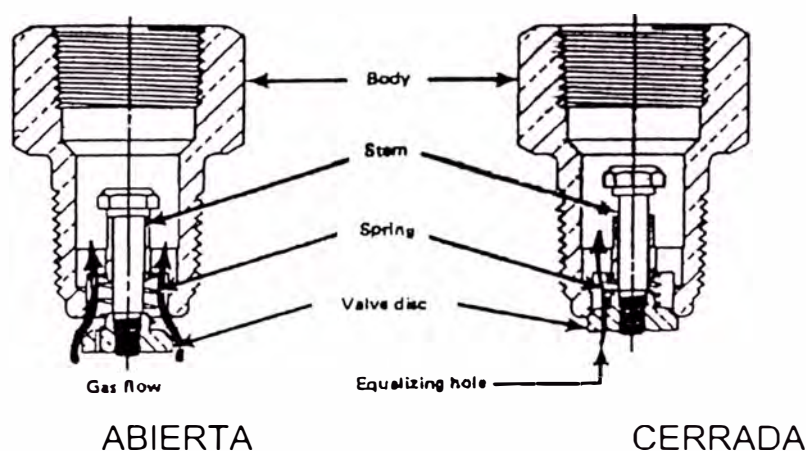
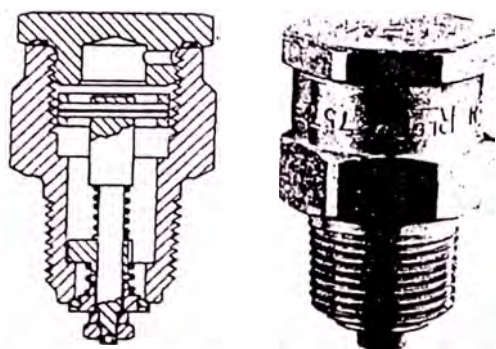
Esta válvula deberá estar conectada directamente en contacto con la fase líquida, para lo cual de preferencia se deberá instalar en la generatriz inferior del tanque, si esto no fuera posible y se ubicara la válvula en la generatriz superior del tanque se deberá instalar un tubo sumergido (deep tube), que nos permita tener acceso a la fase líquida.

Estas válvulas llevan incorporada una válvula de exceso de flujo que queda en el interior del depósito, protegida contra daño mecánico. Esta válvula consta de un doble sistema de cierre, uno automático por exceso de flujo (en el interior del depósito) y otro manual, es la presión diferencial quien mantiene abierta a la válvula.

Las principales características de una válvula de exceso de flujo son las siguientes:

- La válvula de exceso de flujo cierra la salida de líquido, en caso de rotura de alguna tubería.
- Permite el paso de GLP en ambos sentidos.
- El asiento de la válvula es cónico (metal-metal) y no es hermético.
- Llevan un pequeño orificio para permitir el equilibrio de presiones después del cierre.

Al seleccionar la válvula se deberá considerar una que de un caudal dos veces superior al necesario en condiciones normales.



En la primera figura se presenta la válvula de drenaje usada comúnmente en donde se observa un corte que muestra la válvula de exceso de flujo incorporada en la segunda figura se muestra la operación de una válvula de exceso de flujo, después que el flujo ha sido cortado por el cierre de una válvula aguas abajo (o por otra circunstancia), la presión en ambos lados se iguala a través del orificio de equilibrio el resorte actúa permitiendo la reapertura de la válvula.

6° Llave de Toma de Gas en Fase Gaseosa, como su nombre lo indica permite extraer GLP en fase gaseosa.

Normalmente suele formar parte de la multiválvula.

7° Multiválvula, se trata e un conjunto de llaves y válvulas formando un bloque que se conecta directamente al deposito mediante una sola conexión. Los modelos más comunes están compuestas por:

Llave de toma de fase gaseosa con válvula de exceso de flujo.

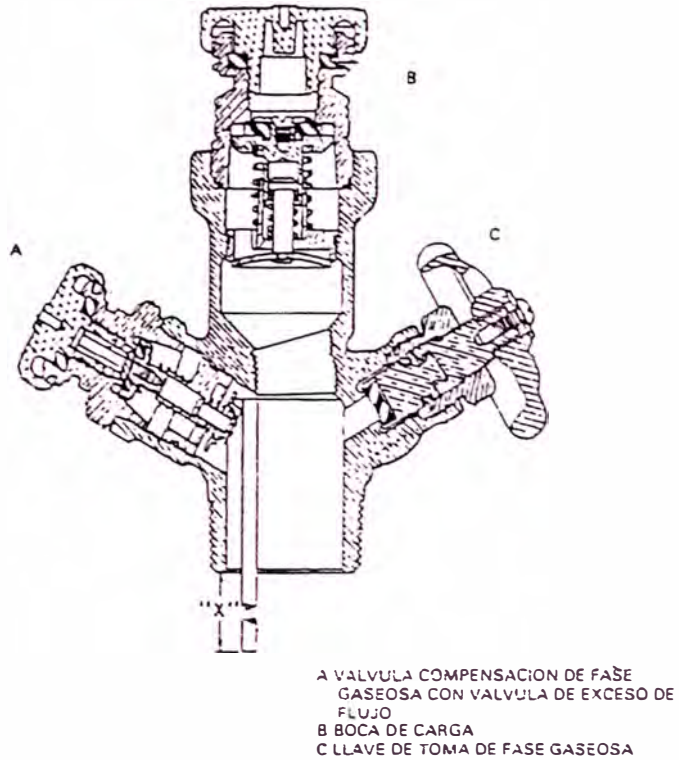
Indicador de máximo llenado.

Válvula de retorno.

Conexión para manómetro.

La conexión del depósito suele ser de 3/4" NPT. La conexión del servicio fase vapor es POL 1/2" inversa NPT.

MULTIVALVULA con punto alto de llenado



Frecuentemente para tanques con una capacidad mayor a 3.5 m<sup>3</sup>, se instala un termómetro que permita conocer en todo momento a que temperatura se encuentra el gas, estos se instalaran envainados de tal manera que su reemplazo no implique sacar de servicio el tanque.

### Reguladores:

La función de los reguladores es suministrar el caudal de gas solicitado por el usuario a la presión adecuada, manteniéndola constante a pesar de las variaciones de caudal y temperatura del ambiente.



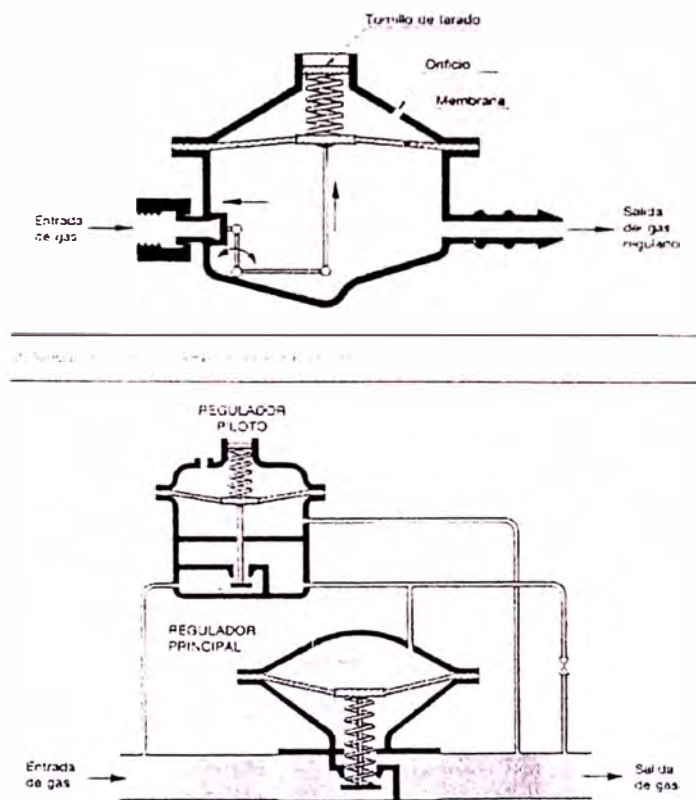
Consta de dos cuerpos principales (superior e inferior). El primero sirve de alojamiento del muelle de presión y el segundo al sistema de palancas articuladas que accionan el obturador de gas.

Entre ambos cuerpos esta ubicada una membrana de nylon insertado en Buna N o Neopreno especiales para alta presión.

El muelle queda comprimido entre los platillos metálicos y su tensión se regula mediante un tornillo de cabeza poligonal que se fija mediante una contratuerca.

El gas comprimido a alta o media presión que le llega por la entrada (marcada a menudo con la palabra INLET) se ve regulado en su caudal y presión, con mayor o menor efectividad, por la acción del obturador mandado, a través de las palancas articuladas, por el vástago unido a la membrana.

En la siguiente figura se presentan dos modelos básicos de reguladores:



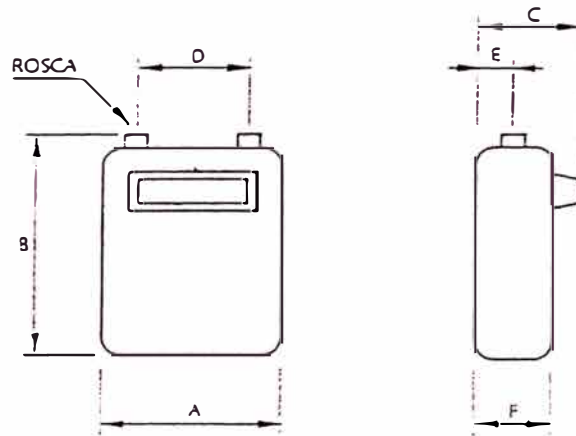
Los reguladores normalmente constan de los siguientes elementos:

- La carcasa, normalmente fabricada en un material no ferroso que sirve de apoyo a todas las piezas en movimiento y de cámara de contención de gas.
- El diafragma, normalmente fabricado en materiales como el Neopreno o en algunas ocasiones reforzado con un tejido de nylon.
- El resorte que junto con el diafragma y el orificio imprimen las características de funcionamiento del equipo.
- El orificio que determina la capacidad de flujo de gas y la presión máxima en el diafragma.

## Medidores:

Son equipos que se emplean para medir los  $m^3$  de gas que se consumen en una instalación a una presión determinada, para proceder a su posterior facturación. En la siguiente tabla se presentan algunas dimensiones de medidores comúnmente usados en nuestro medio de acuerdo con la figura:

MARCA	MODELO	CAUDAL ( $M^3/H$ )	A	B	C	D	E	F
Cía. De Contadores	REMUS	1.6	160	199	115	100	44	88
Cía. De Contadores	G – 2000	4	218	232	165	160	84.3	143
Cía. De contadores	G – 6	6	318	334	210	250	104	210
KROMS	G – 4	4	222	275	176	160	80	-
KROMS	G – 4	6	222	275	176	160	80	-



Los medidores pueden ser diseñados para trabajar en alta, media y baja presión, se puede medir la fase líquida a gaseosa según las necesidades del usuario.

Los medidores se clasifican en dos grandes grupos volumétricos y no volumétricos, los primeros utilizan un volumen definido que se va acumulando en cada ciclo, los segundos no utilizan ningún volumen definido para efectuar la medición.

Los medidores de acuerdo con los mecanismos utilizados para efectuar la medida pueden ser de los siguientes tipos:

- Medidores de turbina
- Medidores de diafragma

- La válvula interna de seguridad que actúa evacuando sobre-presiones que pueden existir debido a mala operación, defectuoso o impurezas del gas.

Cuando se determina el tipo de regulador a emplear se deberá considerar las siguientes variables:

- Demanda de gas.
- Condiciones climáticas.
- Si la regulación se hace en una o dos etapas.

En la siguiente tabla se presentan algunos modelos de reguladores, más usados en nuestro medio correspondiente a la línea Fisher Rosemont:

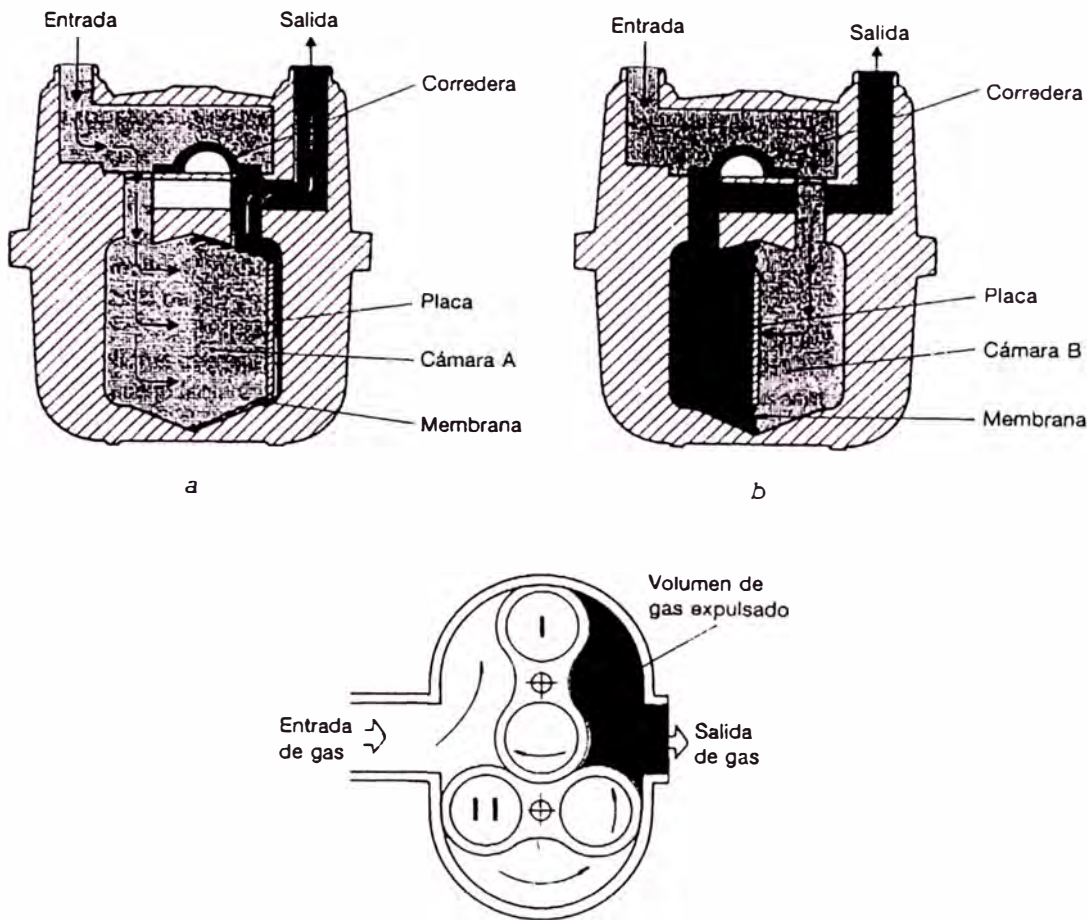
MODELO	INLET	OULET	CAPACIDAD (Btu/H)	RANGO(*)	TIPO
R 522 BCF	½"	½" FNPT	875,000	9 – 13 "	Baja Presión
	FNPT			W.C.	
R-522 CFF	½"	¾" FNPT	1375,000	9 – 13 "	Baja Presión
	FNPT			W.C.	
912/101	¼"	3/8 "	320,000	11" W.C.	Baja Presión
	FNPT	FNPT			
S 302 G KMC	1 ½"	1 ½"	5 512,000	6" – 14 "	Baja Presión
	FNPT	FNPT		W.C.	
S 202 G CNC	2"	2" FNPT	12 500,000	9" – 18"	Baja Presión
	FNPT			W.C.	
67 / 684	¼"	¼ "	700,000	5 – 35 psig	Media Presión
	FNPT	FNPT			
64 / 35	½"	½" FNPT	3 600,000	5 – 35 psig	Media Presión
	FNPT				
627 / 7710	1"	1 " FNPT	10 773,000	10 –20 psig	Media Presión
	FNPT				
630 – 104 / 78	2"	2" FNPT	14 000,000	8 – 20 psig	Media Presión
	FNPT				
99 –513 <sup>2</sup>	2"	2" FNPT	36 225,000	2 – 10 psig	Media Presión
	FNPT				

(\*) Los rangos de ajuste presentados en la tabla son para los modelos de serie, en algunos existe la posibilidad de variar estos rangos de ajuste con un adecuado cambio en el resorte del regulador.

En el mercado existen otras marcas que nos dan iguales características de regulación de presión y caudales y otras cuyas aplicaciones son mas específicas entre las marcas más comunes tenemos:

- REGO - USA
- SHERWOOD - USA
- DIVAL - ITALIA
- MAXITROL - INGLATERRA
- ALGAS – USA
- Etc.

- Medidores de lóbulos



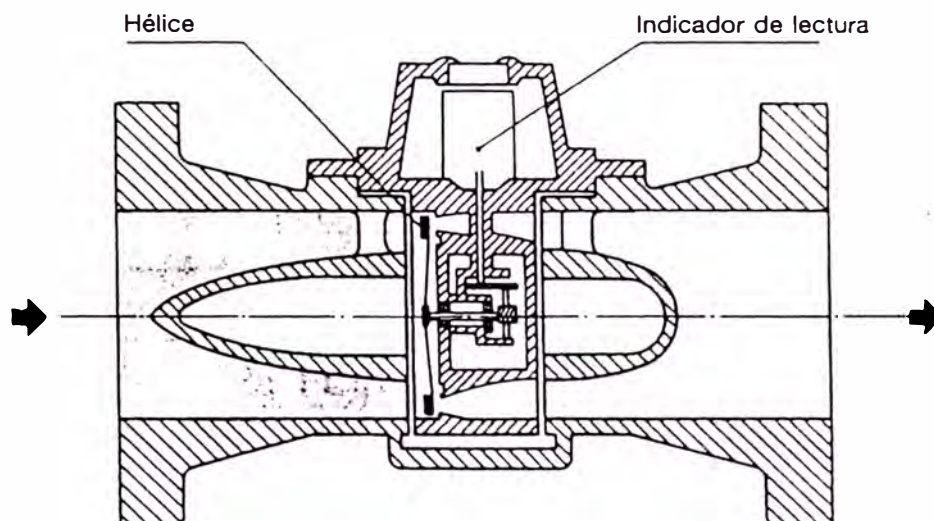
En el gráfico anterior se tiene en (a) el gas entra desplazando la placa hacia la derecha y llenando la cámara A, mientras que el gas de la cámara B sale hacia el consumo (a). Cuando la placa llega al final de su carrera y la cámara B está vacía, la corredera se desplaza hacia la izquierda tapando la entrada de la cámara A y abriendo la de la cámara B, la presión del gas empuja la membrana hacia la izquierda, expulsando el gas de la cámara A hacia el aparato consumidor, al mismo tiempo que se llena otra vez la cámara B (b). La pieza corredera se desplaza sincronizada con la membrana. Este movimiento de vaivén o alternativo, se repite periódicamente, de tal forma que un contador puede ir totalizando los sucesivos volúmenes de gas enviado y así entregar el consumo total de gas consumido.

La membrana y la placa se fabrican de un material que no es atacado por el gas. Este tipo de contador es muy resistente y preciso, usándose preferentemente en el caso comercial, multifamiliar y familiar.

También se presenta un medidor del tipo lobular el espacio marcado indica el volumen de gas expulsado, que corresponde a una revolución completa de los lóbulos o pistones (conocido como volumen cíclico).

A través de un mecanismo, el movimiento de rotación se transmite a u cuenta revoluciones que va indicando el consumo de gas.  
Este tipo de contador mantiene su precisión en un margen amplio de caudales. Es más adecuado para grandes caudales, por lo que su principal aplicación es industrial.

### MEDIDOR DE TURBINA



En la figura se muestra un típico contador de turbina, que esta constituido fundamentalmente por un rotor que gira la pasar el gas. El movimiento de giro se transmite a un mecanismo integrado, que mide el gas consumido y lo transmite aun totalizador.

El contador de turbina tiene bridas en cada extremo, para que pueda ser acoplado. Si el contador se avería, no se interrumpe el paso de gas lo cual puede ser útil en aquellas industrias en las que el corte de gas causa graves problemas.

Su aplicación es principalmente industrial. Este tipo de contador lo que en realidad determina es la velocidad a la que circula el gas; conocida este dato se puede conocer el caudal volumétrico aplicando la relación:

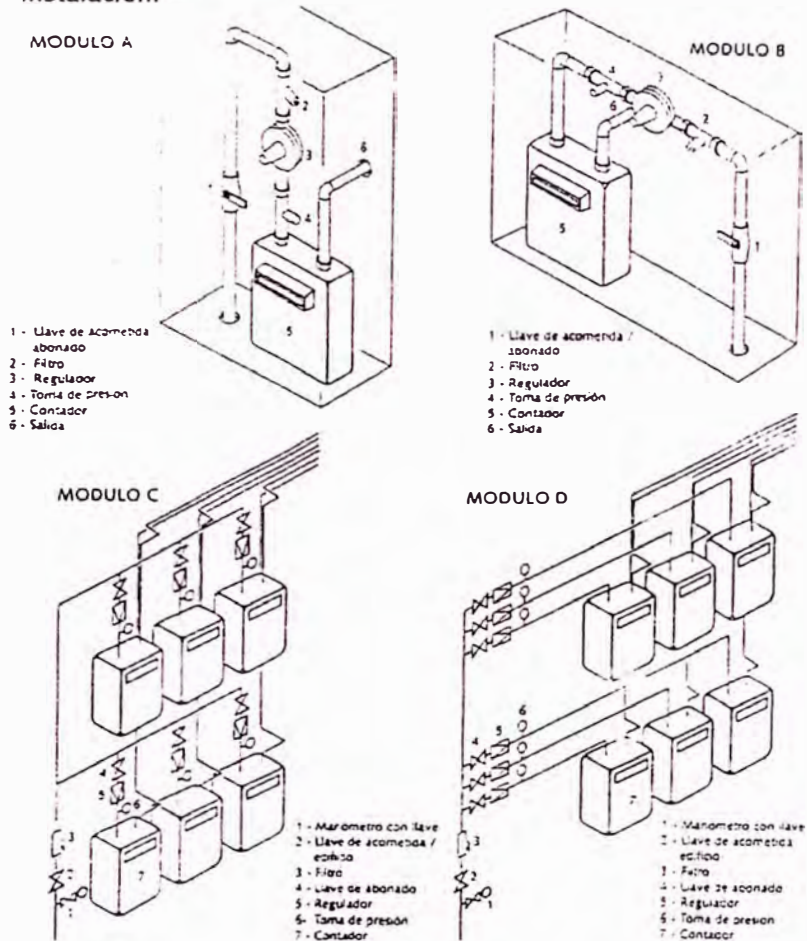
$$V = \text{Velocidad} \times \text{Área}$$

En promedio la caída de presión en los medidores varia entre 0.006 psig y 0.03 psig, dependiendo fundamentalmente del tipo de medidor y del caudal que se mida.

En cuanto a su instalación los medidores deberán estar instalados por lo menos con dos válvulas de corte, una al ingreso y otra a la salida del medidor, y ubicados de tal manera que se encuentren ventilados y que el acceso a los mismos sea fácil y rápido, a continuación se presentan algunos esquemas que muestran algunos esquemas de cómo deben ser instalados dentro de los gabinetes que los protegen:



### Diversos esquemas de instalación.



Los medidores son reconocidos por los siguientes datos técnicos:

- Clase (Según denominación).
- Material de la carcasa.
- Volumen cíclico (volumen desplazado por cada vuelta del mecanismo contador).
- Caudal máximo.
- Caudal mínimo.
- Presión máxima.
- Precisión.
- Capacidad del totalizador.
- Peso aproximado.

### 6.2. - Artefactos.-

En este punto se hará una breve descripción de los equipos a gas mas utilizados en el segmento domiciliario haciendo hincapié en aquellos que tradicionalmente son conocidos como eléctricos, es necesario resaltar que todos los equipos que utilizan el

gas (GLP para nuestro mercado) como fuente de energía lo hacen mediante la combustión del mismo.

### Características Técnicas

**Calentadores Instantáneos a Gas (Calefón)**, el calentador instantáneo, calienta el agua a medida que esta pasa a través del calentador. Esto se logra mediante un serpentín que es calentado mediante un quemador de gas. El quemador de gas solo se enciende al abrir una llave de agua caliente, logrando de esta manera gran ahorro de energía.

Este tipo de calentador eleva la temperatura del agua en un determinado número de grados centígrados, que variara de acuerdo al caudal de agua que circule por la terma. Par un calentador de 5 litros / minuto se tendrá:

VARIACION TEMPERATURA	DE	CAUDAL DE AGUA (litros / minuto)
20° C		6.25
25° C		5.00
40° C		3.12
50° C		2.50

La principal ventaja de este tipo de calentador, es que asegura un suministro continuo de agua caliente sin necesidad de un tiempo de precalentamiento. Asimismo, este calentador solo consume gas mientras se encuentra funcionando, (exceptuando el consumo del piloto que en algunas marcas ya ha sido eliminado).

Para un adecuado funcionamiento los calentadores de agua instantáneos requieren de una "buena" presión de agua, este quiere decir de un adecuado valor constante, sin variaciones bruscas. La cual para algunos modelos puede ser de 4 K/cm<sup>2</sup> y en otros de 2 K/cm<sup>2</sup>, dependiendo este valor del diseño del calentador.

Estos calentadores instantáneos cuentan con los siguientes sistemas de seguridad:

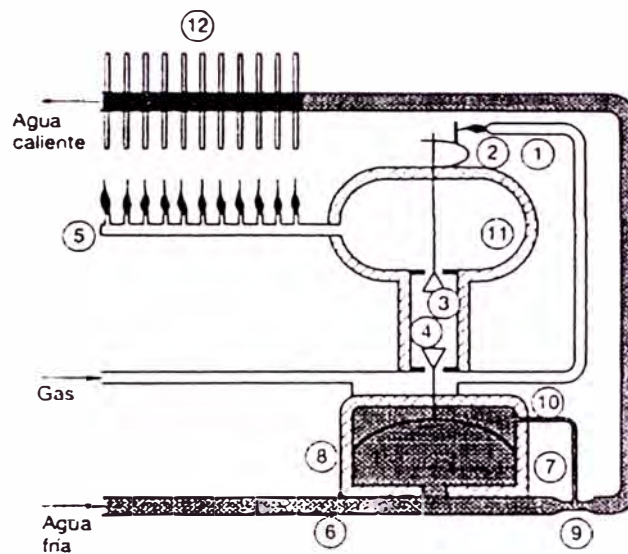
- Un censor de temperatura del calentador. Si por algún motivo la temperatura del agua dentro del calentador se elevara por encima de un nivel máximo predeterminado, el calentador se apagara automáticamente, evitando de esta forma, daños al equipo, así como garantizando la seguridad de las personas.
- En censor de la composición del aire que ingresa al calentador. Si el aire que ingresa, tuviera un contenido de CO<sub>2</sub> mayor a un porcentaje determinado, el calentador lo interpreta como señal de una posible obstrucción en la salida de los gases de combustión y cierra la válvula principal del gas dejando fuera de servicio al calentador.

En la siguiente tabla se presenta algunas capacidades para calentadores instantáneos marca Ursus Trotter:

CAPACIDAD (Lt./min)	REQUERIMIENTO NOMINAL (Mcal/hora)
5	10
10	18
13	20
16	30

En general las ventajas que ofrecen los calentadores instantáneos de agua son las siguientes:

- Nunca se agota el agua caliente.
- Solo consumen gas cuando se utilizan.
- Ofrecen gran seguridad.
- Ahorran hasta el 40% del consumo eléctrico.



Los calentadores instantáneos en algunos modelos funcionan de la siguiente manera:

Primero debe encenderse la llave piloto (1), que es la que encenderá luego el quemador principal (5). La llama piloto dilata el bimetálico (2) y abre la válvula (3) que es la primera barrera de paso del gas al quemador.

Cuando se abre el servicio de agua caliente, circula agua por (6) ejerciendo una presión en la cámara (7) por el lado inferior de la membrana (8). Se debe notar que la tubería de agua lleva incorporado un Venturi que tiene conectada una toma presión en la parte con la parte superior de la cámara (10). En el estrechamiento, la presión es menor a la que la membrana (8) empuja al vástago de la válvula (4) hacia arriba y deja libre el paso de gas que llega al quemador y puede encender con el piloto.

Se debe observar que el gas tiene que atravesar dos cámaras la inferior (10) la superior (11) para llegar al quemador, y dos obstáculos, la válvula (3), que solo está abierta si está encendida la llama del piloto, y la (4), que solo estará abierta si se abre un servicio de agua caliente. El quemador calienta el agua a través de un serpentín (12), funcionando ininterrumpidamente hasta que se cierre el servicio de

agua caliente. Las presiones en (7) y (10) se igualan, baja el vástago de la válvula (4) y se cierra el paso de gas.

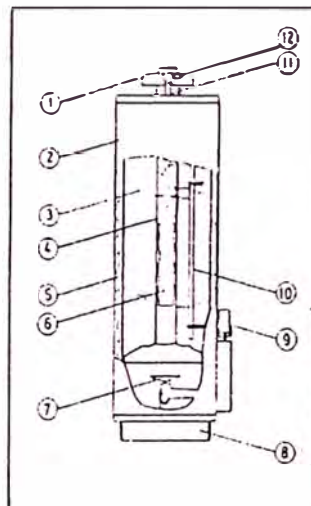
**Termogas, Termo a Gas**, el termogas trabaja de manera muy similar a una terma eléctrica, con la diferencia que en lugar de tener una resistencia eléctrica tiene un quemador a gas que calienta el fondo del tanque.

La principal ventaja del termogas con relación a la terma eléctrica, es que su funcionamiento no depende de la presión de agua. La temperatura es controlada por un termostato regulable que trabaja en función a la temperatura y no a la presión de agua.

En comparación con una terma eléctrica, el quemador del termo a gas es entre 2 y 5 veces más potente que la resistencia que se emplea en una terma eléctrica, reduciéndose de esta manera el tiempo que de espera para obtener el agua a la temperatura deseada. Por ejemplo un termo a gas de 130 litros tiene un quemador con una potencia efectiva de 8.4Kilowatts, el cual permite calentar el agua en su interior de 22° C a 40° C en menos de 20 minutos. Por otro lado si la capacidad del termo a gas ha sido correctamente recomendada y por su gran poder de recuperación el agua caliente que se almacene no se agotara.

### CARACTERISTICAS TECNICAS

- 1. INTERCEPTOR.
- 2. FORRO EXTERIOR.
- 3. ESTANQUE CINCADO.
- 4. TUBO DE GASES.
- 5. A. SLACION LANA MINERAL.
- 6. DEFLECTOR.
- 7. QUEMADOR.
- 8. PEDESTAL.
- 9. TERMOSTATO REGULABLE.
- 10. ANCOO DE ALUMINIO-MAGNESIO.
- 11. SALIDA AGUA CALENTE.
- 12. VALVULA SEGURIDAD.



Capacidad	Altura	Diámetro	Conexiones Agua Hilo	Chimenea Tiraje Diámetro	Consumo		Peso Aprox	Demora De 15°C a 75°C
					Nominal	Agua.		
					Kca/H	KW		
130 ℓ	154 cm.	46 cm.	1/2"	3"	9.030	10,5	84 Kg	70 minutos
160	152	53	1/2"	3"	9.030	10,5	108	85
200	173	53	1/2"	3"	9.030	10,5	121	105
250	196	53	1/2"	3"	12.040	14	134	105
330	194	66	1"	4"	12.040	14	175	130
400	220	66	1"	4"	12.040	14	198	160
500	200	76	1"	4"	12.040	14	234	200
600	228	76	1"	4"	12.040	14	243	240

Para aplicaciones mayores a las de una simple vivienda, por ejemplo un hotel, se pueden emplear baterías compuestas de dos o más termos a gas operando en paralelo, simulando una caldera de mayor tamaño. Mas aun, una batería de termos a gas reduce la posibilidad de un fallo total del sistema de agua caliente, mientras que si una única caldera central fallara, todo el hotel quedaría desabastecido de agua caliente. Al igual que el calentador instantáneo a gas, con las termas a gas también se logran ahorros significativos con relación al consumo de una terma eléctrica, los cuales son del orden del 40%. Para aplicaciones industriales, comerciales e industriales en las cuales se requiere calentar grandes volúmenes de agua y que esta sea inagotable se puede instalar sistemas que incluyan calentadores, tanque de circulación, retorno de agua caliente etc. tal como se observa en la figura.

### 6.3. - Análisis Comparativo Contra Energía Eléctrica y Otras Energías

En este punto se van a considerar el ahorro que significa el uso del GLP. como fuente de energía alternativa frente a la electricidad, se debe considerar que se ha hecho la comparación frente a equipos de iguales características operativas siendo su única diferencia la fuente de energía.

Se ha considerado los siguientes valores para el desarrollo de la tabla:

Poder Calorífico Inferior del GLP	27.03 Kw/Gln.
Costo GLP	0.10 S/. /Kw.
Costo de energía eléctrica domiciliaria	0.31 S/. /Kw
Potencia Promedio Utilizada	
Cocina	50%
Termo	75%
Secadora	100%
Días de facturación	30

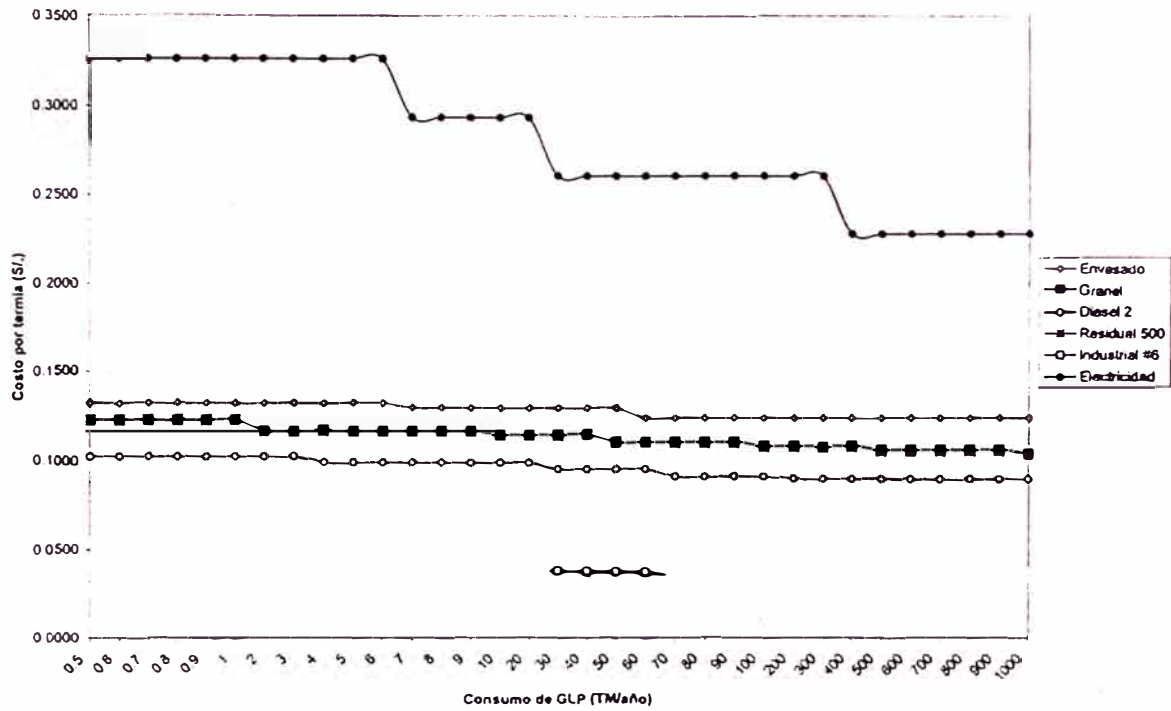
Tenemos un ahorro promedio del 66.6% con respecto a la facturación de los mismos servicios con energía eléctrica.

EQUIPO	POT.NOM. Kw.	HORAS DE USO PROMEDIO	FAC. MES S/. ELECTR.	FAC.MES S/. GLP	AHORRO %
COCINA	9.3	2.0	86.51	28.91	66.6
TERMO	10.5	0.75	54.71	18.29	66.6
SECADORA	10.5	0.50	48.66	16.26	66.6

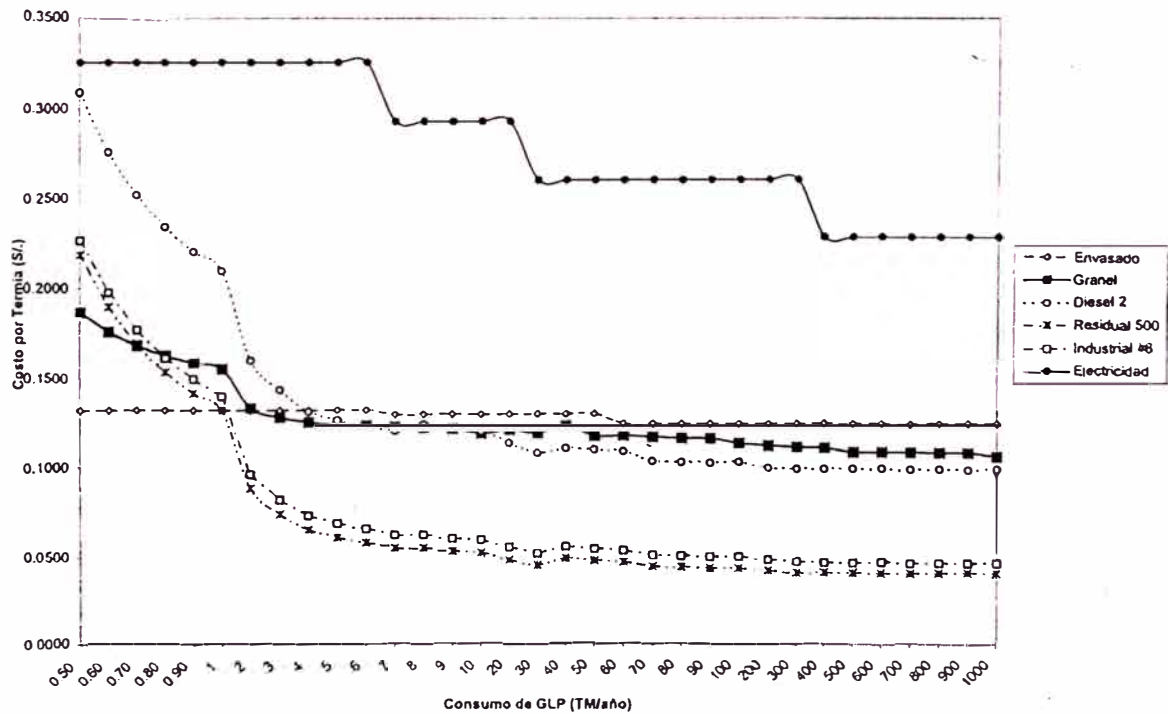
Las siguientes figuras muestran una comparación del GLP con respecto a otros combustibles incluida la energía eléctrica, las gráficas han sido ploteadas considerando solo el costo del combustible en el primer caso y en el segundo caso considerando la inversión, gastos operativos y mantenimiento versus el costo por Termia generada.



### Costos de Energía (considera solamente costo de combustible)



### Costo Total de energía (considera inversión, gastos operativos, mantenimiento)



## **APLICACIÓN PRÁCTICA - SISTEMA CENTRALIZADO DE GLP. PARA UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR**

### **7. - Diseño**

En esta etapa serán determinados los parámetros que definen el proyecto teniendo en consideración las normativas nacionales y las recomendaciones de la NFPA (D.S. MEM 027/94, D.S. MEM 01/94, NFPA 58, NFPA 54), asimismo considerando la viabilidad económica del proyecto.

#### **7.1.- Ubicación tentativa de tanques medidores y artefactos**

**7.1.1. - Tanques:** El proyecto para la instalación de un sistema centralizado para GLP a edificios multifamiliares que estamos manejando esta en etapa de construcción lo que nos permite reservar el área mas adecuada para la ubicación de la unidad de almacenamiento (tanques).

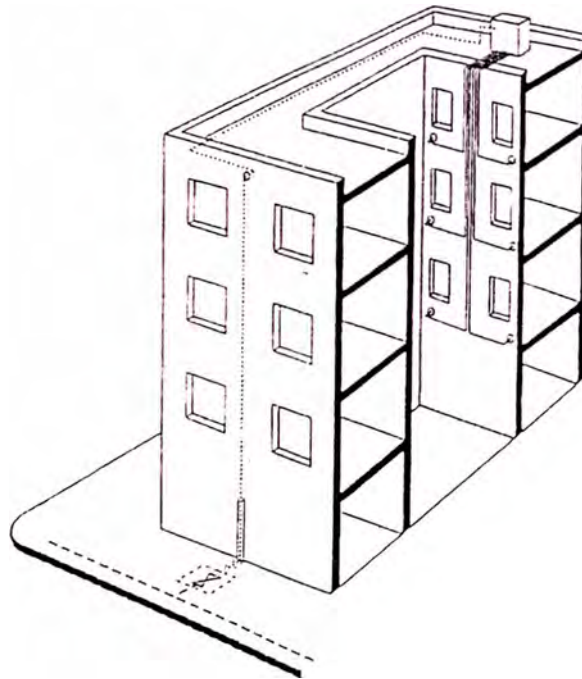
Se ha decidido instalarlos soterrados ubicando la fosa para este fin de acuerdo con lo indicado en el plano de distribución de tuberías de GLP primera planta, esta ubicación cumple con la reglamentación vigente (5m. del límite de propiedad) asimismo se han considerado las siguientes ventajas al elegir esta ubicación:

- Rápido y seguro acceso a la zona de almacenamiento al ubicarse en una zona cercana a los edificios en la primera planta.
- Economía al no necesitar una línea de carga (línea de llenado).
- Se incrementa la factibilidad del proyecto ya que de acuerdo a la normativa vigente para unidades de almacenamiento por encima de 2000 K. se requiere instalar un sistema de enfriamiento que aporte un régimen de 10.2 lpm/m<sup>2</sup> de área de tanques, que va asociado a volúmenes de almacenamiento de agua de acuerdo a indicaciones del D.S. MEM 027/94 artículo 180°.
- Ahorro en trabajos de izaje de los tanques si se fueran a instalar elevados (azotea de un 20° piso).
- Ahorro por parte de la constructora al no necesitar reforzar estructuras si se hubiera decidido instalar elevado.
- Armonía arquitectónica ya que al encontrarse instalados soterrados permiten un adecuado acabado a la zona de almacenamiento que armonice con el integro del proyecto.

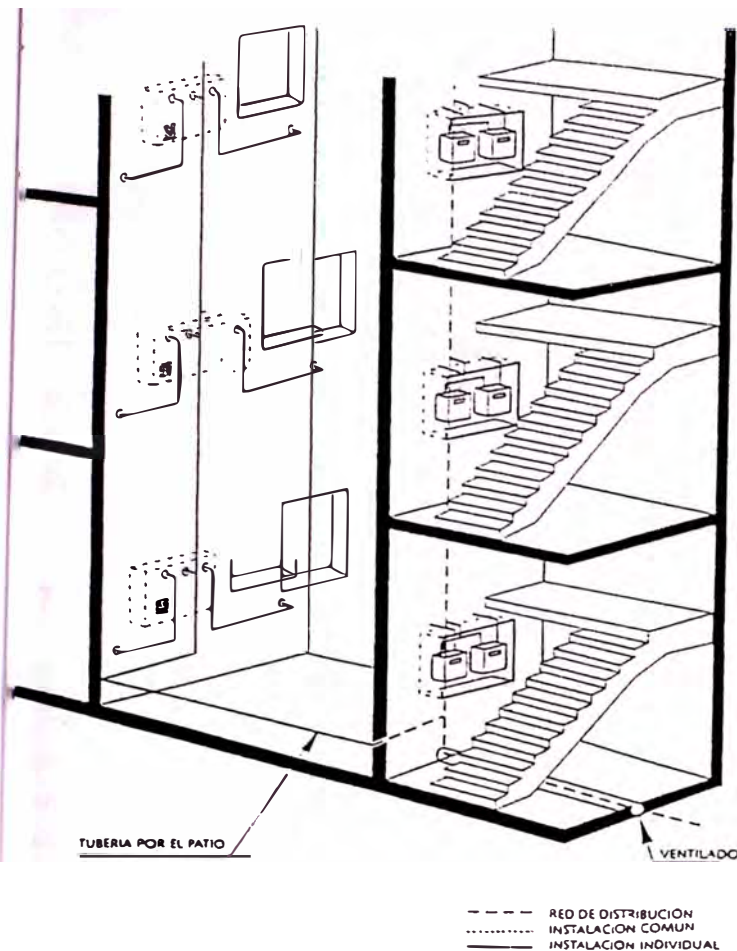
**7.1.2. - Medidores:** En los proyectos de GLP centralizados (canalizados) existen dos ubicaciones para los medidores:

- Se pueden ubicar centralizados reservando para ello un lugar apropiado de fácil acceso para su lectura, mantenimiento o corte de servicio, generalmente se escoge la azotea o el ingreso del edificio siempre y cuando estos sean ventilados, libres de conductos o fuentes de ignición que eventualmente podrían originar un accidente en caso de fuga. Es importante mencionar que el 100% de equipos diseñados para el uso domestico trabajan en baja presión (11" de W.C.) es por esta razón que los medidores que se instalan en el segmento familiar y multifamiliar son de baja presión. Como se comprende este tipo de ubicación exige instalar tramos de tubería en baja presión desde cada medidor hasta cada uno de los departamentos, lo que tiene un costo mas elevado por el mayor metraje y diámetro de tuberías (figura) este tipo de disposición de los medidores se emplea con mayor frecuencia en proyectos de edificios con una altura no superior a los 5 pisos en donde se ha demostrado que la inversión adicional no excede en 20% a la otra alternativa existente para la ubicación de medidores.

Medidores  
Centralizados



- Se pueden ubicar cercanos a cada uno de los departamentos, para el caso del proyecto analizado se ubicaran en los descansos de las escaleras y en los pasadizos de servicio que dan acceso a los departamentos, siempre hay considerar los aspectos de fácil acceso, ventilación y seguridad. En este tipo de disposición se aprovecha que el GLP en media presión requiere diámetros relativamente pequeños para llevar una gran carga, y que solo será necesario instalar tuberías en baja presión desde el medidor (cercano al departamento) hasta cada uno de los puntos de consumo.



**7.1.3. - Equipos:** Serán instalados teniendo en consideración los criterios presentados en el punto 4.4 del presente trabajo, como se ve en los planos de distribución adjuntos, los equipos serán instalados en áreas de servicio comunicadas directamente (sin puertas) con otras vecinas que hacen un volumen total de 4444 pies<sup>3</sup>, siendo la potencia total instalada en cada departamento de 288,000 BTU/hora (1250/5665 pies<sup>3</sup>/BTU/hora), adicional a lo anterior existe comunicación directa con el exterior de la zona en donde se han ubicado los equipos, lo que hace posible considerar que estos se instalaran como no confinados para efectos del aire de combustión y totalmente seguros en cuanto a la evacuación de los gases de combustión.

## 7.2.- Potencias.-

En la siguiente tabla se presentara la potencia y la cantidad de cada uno de los equipos que instalaremos en cada uno de los departamentos para al final totalizar la carga (Mcal/hora), que será considerado para el adecuado diseño del proyecto, es necesario resaltar que para el caso de los calentadores instantáneos de agua esto se ha recomendado de acuerdo con lo siguiente:

Disponibilidad de una presión constante de agua, para el caso se cuenta con una cisterna enterrada y un tanque elevado con un almacenamiento total de agua de 120m<sup>3</sup>.

Tipo de accesorios a utilizarse para el caso se ha instalado grifería con mezcladores que son los mas adecuados para trabajar con calentadores instantáneos.

- Demanda máxima de agua caliente esperada considerando el nivel socio económico del conjunto multifamiliar.

EQUIPO	POTENCIA(Mcal/hora)	CANTIDAD	TOTAL
Cocina	8	1	8
Calentador (13 lt./min.)	18	2	36
Secadora (18 libras)	12	1	12

PIT por departamento = 56 Mcal/hora

Numero de Departamentos = 31 departamento por bloque, total 62 departamentos

PIT del proyecto = 4464 Mcal/hora

### 7.3. - Diseño de la unidad de almacenamiento (vaporización, autonomía). -

En este punto es importante mencionar el concepto de factor de simultaneidad ( $F_s$ ) que es una variable de carácter estadístico que nos permite determinar la potencia que se utiliza de manera efectiva en un determinado momento basado en un arreglo adecuado de los equipos instalados y al numero de instalaciones componentes del sistema centralizado.

$$PIT_{\text{efectivo}} = PIT_{\text{del proyecto}} \times F_s$$

El factor de simultaneidad  $F_s$ , se puede calcular por medio de la siguiente formula:

$$F_s = \frac{A \times (PIT)^B + C}{PIT}$$

En donde para cada arreglo de instalación se tienen valores de A, B y C como sigue:

Cocina : A= 1.05, B=0.76 y C=5.8

Cocina + Calefón o Termo : A= 1.01, B=0.75 y C=23

Otros artefactos (PIT total sobre 38 Mcal/hora) : A= 0.95, B=0.85 y C=33

Existen tablas que permiten determinar de manera rápida la simultaneidad correspondiente a una instalación determinada tal como se muestra a continuación:



**FACTORES DE SIMULTANEIDAD**  
**En función de la cantidad de instalaciones interiores**  
**y artefactos conectados**

Nºde Departamentos	Co	Ca – Co	Ca – Co – C	Otros
1	1.00	1.00	1.00	1.00
2	0.90	0.82	0.84	0.93
3	0.73	0.63	0.67	0.76
4	0.64	0.54	0.59	0.66
5	0.58	0.48	0.54	0.61
6	0.54	0.43	0.49	0.57
7	0.50	0.40	0.46	0.54
8	0.48	0.38	0.45	0.51
9	0.46	0.36	0.43	0.49
10	0.44	0.34	0.41	0.48
11 – 15	0.40	0.31	0.38	0.44
16 – 20	0.36	0.27	0.35	0.40
21 – 30	0.32	0.24	0.32	0.38
31 – 44	0.28	0.21	0.29	0.35
45 – 58	0.26	0.19	0.28	0.32
59 – 72	0.24	0.18	0.27	0.31
73 – 86	0.23	0.17	0.26	0.30
87 – 100	0.22	0.16	0.25	0.29
101 – 133	0.20	0.15	0.24	0.28
134 – 166	0.19	0.14	0.23	0.27
167 – 200	0.18	0.13	0.22	0.26

**7.3.1. - Vaporización:** En este punto se usara de la Capacidad de Vaporización (C.V.), que como se ha definido es en el punto 4.2, es la cantidad de energía que puede entregar un tanque por unidad de tiempo (Mcal/hora), se ha presentado un gráfico que puede ser usado para determinar el tamaño de la unidad de almacenamiento o el siguiente cuadro que presenta en forma tabular la capacidad de vaporización para los tanques mas usados a 15°C y una mezcla 55/45 – C<sub>3</sub>/C<sub>4</sub>, a diferentes porcentajes de llenado considerando un uso intermitente.

La C.V. que se va ha elegir deberá ser la adecuada teniendo las siguientes consideraciones:

- Disponibilidad de tanques de almacenamiento.
- Factibilidad en obra para instalar los tanques recomendados.
- Consideraciones de la Norma Nacional para instalar los tanques recomendados.
- Consideraciones económicas – financieras para instalar los tanques recomendados.

$$\text{UNIDAD DE ALMACENAMIENTO} = \frac{\text{PIT}_{\text{efectivo}} \text{ (Mcal/hora)}}{\text{C.V. (Mcal/hora/tanque)}}$$

En donde:

$\text{PIT}_{\text{efectivo}}$ , Potencia Instalada Total efectiva=4464 x 0.31=1,383.84 Mcal/hora

C.V., Capacidad de Vaporización

### CAPACIDAD DE VAPORIZACION TANQUES HORIZONTALES MAS USADOS

A Nivel o Aereos-Usos Intermitente @ 15° C Temperatura Ambiente

CAPACIDAD (galones)	L (pulg)	D (pulg)	C.V. (BTU/hora)
120	45	27	425,250
250	87.01	31.1	947,104
500	118.5	36.22	1,502,225
1000	198.03	39.37	2,728,754
5500	273.23	82.01	7,842,657

Calculado para tanques de la marca Tatsa con 10% de G.L.P. En fase lliq

L: Longitud Total; D: Diámetro; C.V.: Capacidad de Vaporización

Para el caso en análisis tenemos una unidad de almacenamiento de 2.9 tanques de 1000 galones cada uno, siempre se redondea al entero superior por lo que trabajaremos con 3 tanques de 1000 galones cada uno, instalados en serie.

**7.3.2.- Autonomía:** Se define como autonomía al tiempo que debe transcurrir para que una instalación deba ser atendida con GLP, este parámetro tiene relación con niveles de servicio de la empresa suministradora de GLP, algunas autonomías mínimas exigidas se muestran a continuación:

SECTOR	AUTONOMIA (DIAS)
FAMILIAR	30
MULTIFAMILIAR	30
COMERCIAL	15
INDUSTRIAL	10

Para calcular la autonomía debemos considerar la cantidad de energía que va a ser usada diariamente existiendo para esto promedios que nos permiten establecer de manera teórica para cada artefacto su consumo día basado en la experiencia en cada segmento o por datos del cliente en muchos otros.

Para el caso en análisis se tiene el siguiente cuadro que muestra el consumo día por cada departamento:

EQUIPO	POTENCIA (Mcal/hora)	CANTIDAD	HORAS DIA DE USO	ENERGIA Mcal/DIA
Calentador(13lt./minuto)	36	2	0.50	18
Secadora (18 lbs.)	12	1	0.25	3
Cocina promedio	8	1	1	8
Consumo día (Mcal/día)				29

Para el calculo de la autonomía se utiliza la siguiente relación:

$$\text{Autonomía (días)} = \frac{\text{PCI (Mcal/galón)} \times \text{V(galones)}}{\text{F.S.} \times \text{N}^\circ \text{ instalaciones} \times \text{Consumo día(Mcal/día)}}$$

En donde:

PCI, Poder Calorífico Inferior del gas usado, en nuestro caso (23.25 Mcal/galón).

V, Volumen de la unidad de almacenamiento, para nuestro caso 3000 galones.

F.S., Factor de Seguridad por stock mínimo. Para el caso 1.2.

Nº instalaciones, se refiere al numero de usuarios del sistema calculado, para nuestro caso 62 departamentos.

Para el caso en análisis reemplazando los valores en nuestra formula de autonomía y con un consumo promedio estimado en 24 Mcal/día por departamento nos da una autonomía de 37 días, que esta por encima del mínimo requerido.

#### 7.4.- Calculo de diámetros en Media Presión y Baja Presión (memoria de cálculo)

Se deberá definir lo siguiente:

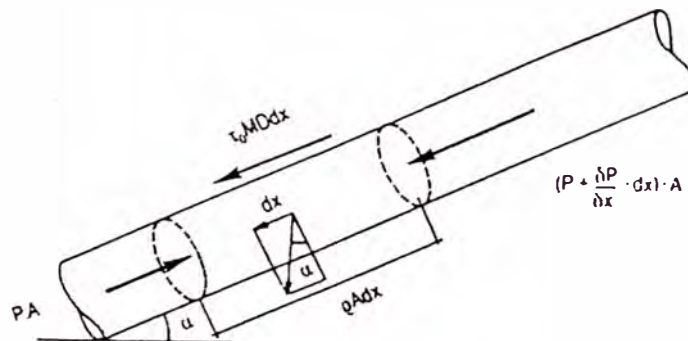
- Trazo de las tuberías de media y baja presión que serán presentadas en una isometría, lo que nos permitirá establecer los tramos y sus respectivas potencias que serán usados en las tablas o formulas de calculo, se deberá tener en cuenta las recomendaciones dadas en este trabajo con respecto al tendido de las tuberías, se debe considerar en este paso las consideraciones dadas por la NFPA 54.
- Traslado de cada uno de los tramos definidos en la isometría a los respectivos planos de planta a fin de determinar la longitud de cada tramo.

- Se debe definir el tendido en media presión y el tendido en baja presión dado que los diámetros para cada una de estas se calcula de manera diferente.
- Se debe definir el material en el cual se hará la instalación lo cual dará los valores característicos de las tuberías a usar aparte de estar relacionado con el segmento al cual pertenece el proyecto. En el caso que se esta analizando se utilizara el cobre rígido tipo L calidad ASTM B88, por la facilidad y rapidez de trabajo, su duración y la posibilidad de dar un acabado estético de acuerdo con las exigencias del segmento.
- La naturaleza del gas con su densidad característica.

El definir el recorrido, los diámetros y los materiales de la tubería a instalarse nos permitirá establecer una de las componentes de la inversión a realizarse.

#### 7.4.1.- Formula General de Calculo:

Existen varias formulas que nos permiten determinar las pérdidas de carga en las tuberías instaladas en media presión, en todas hay considerar los pasos presentados líneas arriba en nuestro medio; previamente se deducirá la formula general para el cálculo de las pérdidas de presión en tuberías que conducen cualquier tipo de gas:



Si se establece el equilibrio entre las fuerzas que actúan para el tramo de tubería mostrado se tendrá que la ecuación general del movimiento es como sigue:

$$1/\rho \cdot D_x P + g \cdot \text{Sen } \beta + f \cdot U^2 / 2D + U \cdot D_0 U + D_t U = 0$$

Si se considera el caso de un régimen permanente ( $D_t U = 0$ ) y un fluido compresible y viscoso como es el caso de los gases la ecuación del movimiento (Ecuación de Bernoulli) antes descrita queda como sigue:

$$DP + \rho \cdot U \cdot DU + \rho \cdot g \cdot \text{Sen } \beta \cdot Dx = \rho \cdot DW_r$$

Donde:

P: Presión

p: Densidad

U: Velocidad

Dx: Longitud diferencial de tubería

$\beta$ : Angulo de la tubería con la horizontal

Wr: Trabajo realizado contra el rozamiento

F: Factor de fricción

Considerando que para el caso de transporte de gases la energía cinética ( $U \cdot p \cdot DU$ ) es despreciable el termino de energía potencial ( $p \cdot g \cdot \text{Sen } \beta$ ) suele despreciarse por considerarse la tubería horizontal y teniéndose en cuenta que:

$$dWr = \frac{1}{2} \cdot \frac{U^2}{D} \cdot f \cdot dL$$

Siendo f el factor de fricción que depende de la rugosidad de la tubería y del numero de Reynolds.

La ecuacion puede integrarse dando al formula de perdida de carga:

$$P_1^2 - P_2^2 = 16 \cdot \frac{p \cdot P_b}{\pi^2 \cdot g} \cdot \frac{T}{T_b} \cdot \frac{Q^2}{D^5} \cdot Z \cdot L \cdot f$$

Donde:

$P_1$  y  $P_2$  : presión absoluta al inicio y fin de tramo en K./cm<sup>2</sup>

D: diámetro interno de la tubería en metros

p: densidad del gas en condiciones normales K/m<sup>3</sup>

f: factor de fricción

L: longitud el tramo en metros

T: temperatura de transporte del gas en Kelvin

Q: caudal en m<sup>3</sup>(n)/s

$P_b$  y  $T_b$ : presión y temperatura a la que se mide el caudal Q

Si se asume  $T_b=273.15$  °K y  $P_b=1.033$  K/cm<sup>2</sup>, la ecuación toma la siguiente forma:

$$P_1^2 - P_2^2 = 6.25 \cdot \frac{Q^2}{D^5} \cdot Z \cdot L \cdot T \cdot f \cdot p$$



Esta formula generalmente es empleada para calculo de gasoductos de gran longitud, diámetro y caudal.

#### 7.4.2.- Calculo de la Media Presión:

Una formula mas práctica para el cálculo de pérdida de carga en tuberías de gas son las de Renouard, aceptada por la norma UNE 60.620.88:

#### Formula de Renouard:

Para cualquier rango de presión (Norma UNE 60.620.88):

$$P_a^2 - P_b^2 = 48.6 \times D_s \times L \times Q^{1.82} / D^{4.82}$$

En donde:

- $P_a$  : Presión Absoluta en el punto de partida (K/cm<sup>2</sup>).
- $P_b$  : Presión absoluta en el punto de llegada (K/cm<sup>2</sup>).
- $D_s$  : Gravedad especifica del gas, para una mezcla 55%C<sub>3</sub> y 45%C<sub>4</sub> es 1.286.
- $L$  : Longitud del tramo (m). Se debe considerar un 20% adicional para efectos de las singularidades
- $Q$  : PIT (m<sup>3</sup>/hora)
- $D$  : Diámetro interior de la tubería (mm)

Se debe cumplir lo siguiente:

- 1º  $Q/D$  menor de 150.
- 2º N° de Reynolds menor o igual  $2 \times 10^6$

$$N^{\circ} \text{ de Reynolds} = T (Q / D)$$

En donde T para el caso del GLP tiene un valor de 72,000

Para este procedimiento la perdida de carga acumulada no debe exceder del 20% de la presión de partida a lo largo de todo el recorrido.

#### A) Formula Modificada del Dr. Poole

$$P = 10.49 (H / L)^{0.5} \times (D^5)^{0.5}$$

En donde:

- P : Potencia instalada (Mcal / hora)
- H : Diferencia de los cuadrados de las presiones (Pascales)
- D : Diámetro de la tubería en pulgadas
- L : Longitud del tramo (m). Se debe considerar un 20% adicional para efectos de las singularidades

Para este procedimiento la pérdida acumulada de carga a lo largo de toda la conducción no deberá ser mas de 170 Pascal.

En la TABLA I se presenta los valores usados habitualmente para calcular las pérdidas en los tramos en media presión para tuberías de cobre tipo L.

El cálculo de la pérdida de carga se presenta en las siguientes tablas que corresponden a la Torre A y Torre B respectivamente, para la que se ha usado las TABLAS II y III, la cual se calcula como sigue:

1º En la TABLA I correspondiente a los diámetros de tuberías comerciales y PIT en Mcal/hora, se ingresara hasta encontrar el PIT más próximo (en exceso si fuera el caso) al PIT real del tramo calculado.

2º Desde el valor ubicado en el paso 1º nos trasladamos verticalmente hasta encontrar en la parte superior de la TABLA I, en su primera columna el valor más próximo (por exceso si fuera el caso), a la longitud del tramo calculado, la intersección de la línea horizontal desde la longitud encontrada con la línea vertical que viene de la tabla inferior será la caída de presión del tramo en calculando.

Para mayor referencia ver los planos que se adjuntan.

3º Los cálculos se tabulan como se muestra a continuación:

TRAMO	LONGITUD REAL (m)	LONGITUD REAL + 20% (m)	LONGITUD CALCULO (m)	PITefectivo REAL (Mcal/hora)	PIT DE CALCULO (Mcal/hora)	DIAMETRO (pulgadas)	CAIDA DE PRESION (Pascales)	CAIDA DE PRESION ACUMULADA (Pascales)
-------	-------------------	-------------------------	----------------------	------------------------------	----------------------------	---------------------	-----------------------------	---------------------------------------

### 7.4.3. - Calculo de la Baja Presión:

Al igual que en la Media Presión existen varias formulas que nos permiten determinar la caída de presión en los tramos correspondientes a las tuberías instaladas en baja presión, en todos ellos se deberá tener las mismas consideraciones presentadas en el punto 7.4.

A) Formula de Renouard (Norma UNE 60.620.88):

$$P_a - P_b = 232,000 \times D_s \times L \times Q^{1.82} / D^{4.82}$$

En donde:

- $P_a$  : Presión Relativa en el punto de partida (mm.ca.)
- $P_b$  : Presión Relativa en el punto de llegada (mm.ca.)
- $D_s$  : Gravedad especifica del gas, para una mezcla 55% $C_3$  y 45% $C_4$  es 1.286.
- $L$  : Longitud del tramo (m). Se debe considerar un 20% adicional para efectos de las singularidades.
- $Q$  : PIT ( $m^3/hora$ )
- $D$  : Diámetro interior de la tubería (mm.)

Se debe cumplir lo siguiente:

- 1°  $Q/D$  menor de 150.
- 2°  $N^o$  de Reynolds menor o igual  $2 \times 10^6$

$$N^o \text{ de Reynolds} = T (Q / D)$$

En donde T para el caso del GLP tiene un valor de 72,000

Para este procedimiento la perdida de carga acumulada no debe exceder del 5% de la presión de partida a lo largo de todo el recorrido.

## B) Formula Modificada del Dr. Poole

$$H = PIT^2 \times L / K$$

En donde:

- PIT : Potencia instalada (Mcal / hora)
- H : Diferencia de presiones (Pascal), salida y llegada
- L : Longitud del tramo calculado (m). Se debe considerar un 20% adicional para efectos de las singularidades
- K : Factor en función del diámetro que estemos calculando

Para este procedimiento la perdida acumulada de carga a lo largo de toda la conducción no deberá ser más de 150 Pascal.

DIAMETRO (PULGADAS)	FACTOR K
3/8	15.70
1/2	51.00
3/4	317.74
1	1195.2
1 1/4	4166.15
1 1/2	9956.90
2	47232.30

En este proyecto utilizaremos la formula modificada del Dr. Poole, y los cálculos se tabulan como sigue (TABLAS IV y V):

Para mayor referencia ver el plano isométrico adjunto.

#### 7.4.4. - Velocidad de Circulación del Gas:

La velocidad de circulación del gas dentro de las tuberías no debe ser mayor de 20 m/seg, y se calcula mediante la siguiente formula:

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

V: velocidad de gas en m/seg

Q: PIT m<sup>3</sup>(n)/h

Z: factor de compatibilidad

P: presión absoluta (bar)

D: diámetro interior mm

Adicional se presenta el calculo de diámetros y velocidades de la red utilizando las formulas de Renouard para Medias Presiones (TABLAS VI, VII), la tabla IX presenta el calculo de consumos esperados y autonomía.

#### 7.5. - Determinación de accesorios (reguladores de presión y medidores)

Se deberá tener las consideraciones dadas en el punto (5). Para el presente proyecto la regulación se hará en dos etapas de acuerdo con lo siguiente:

- La 1º Etapa, comprende desde la zona de almacenamiento hasta antes del regulador de 2º Etapa ubicados en cada uno de los pisos antes de ingresar al medidor de volumen.
- La 2º Etapa, que comprende los medidores hasta cada uno de los puntos en que los artefactos son conectados a la red para GLP.

- Como se deduce de lo anterior para este Proyecto y en general para cualquier proyecto domiciliario, familiar o multifamiliar los medidores de flujo a instalarse serán de baja presión.
- Para elegir el regulador de primera etapa se debe considerar el PIT del conjunto multifamiliar, usando para esto el  $PIT_{\text{efectivo}} (F_s = 0.31) = 1,383.84 \text{ Mcal/hora}$ , considerando la disponibilidad de reguladores de 1º Etapa en el mercado nacional se instalara el Modelo R-627 / 7710 que tiene una capacidad de entrega de 2,692.5 Mcal/hora y conexiones entrada y salida de 1" FNPT, con un rango de regulación de 10 a 20 psig. Se adjunta ficha técnica del regulador recomendado en esta etapa.

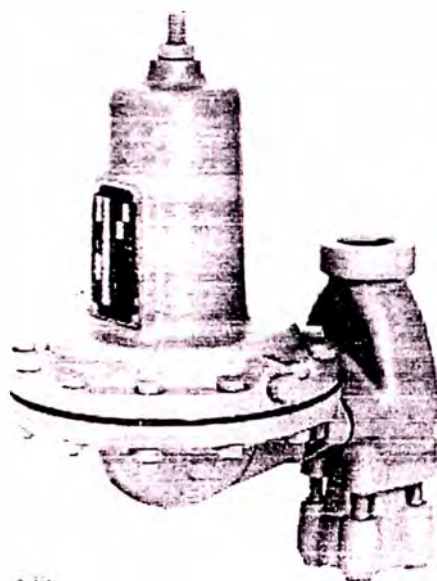


Figure 1. Spring Loaded Type 630 Regulator

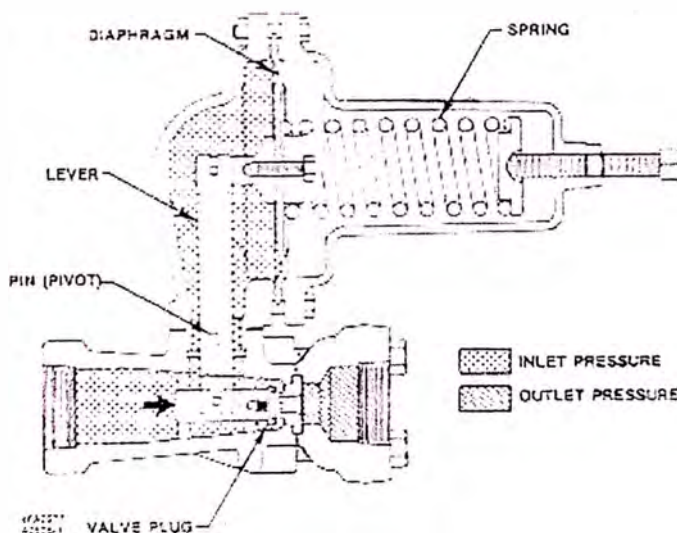


Figure 4. Type 630R Relief Valve Sectional View



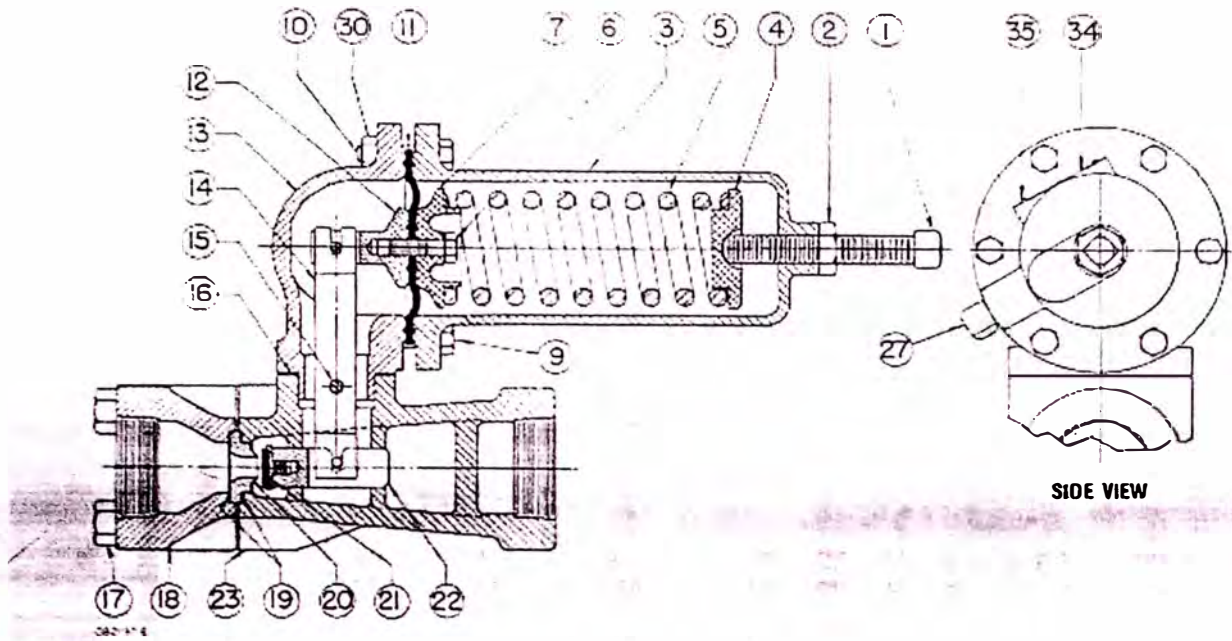


Figure 6. Spring-Loaded Type 630 Regulator—High-Pressure Construction

Key	Description	Part Number	Key	Description	Part Number
5	Spring, steel	See table 6	14	Lever Assembly, stainless steel	
6	Cap Screw, plated steel	1R8176 99012	14	Low-pressure	1B2891 000A2
7	Lower Spring Seat:		14	Low-pressure (NACE)	1B2891 X0G32
7	Low-pressure, steel	0W0203 24102	14	High-pressure	1B2890 000A2
7	High-pressure, zinc		14	High-pressure (NACE)	1B2890 X0022
7	Pressure range to 275 psig (19 bar)	0W0201 44022	15	Pin, stainless steel	0W0188 35172
7	Pressure range over 275 psig (19 bar)	1K3710 44022	15	Stainless steel (NACE)	0W0188 X0022
8	Diaphragm Plate, zinc plated steel		16	Gasket, composition	0W0187 04022
8	Low-pressure only, (1 req'd)	0W0202 25072	17	Cap Screw, steel (4 req'd)	
9	Cap Screw, zinc plated steel		17	1-inch body	1A9359 24052
9	For use with steel diaphragm adaptor		17	2-inch body	1A3535 24052
9	For low-pressure regulator (10 req'd)	1C3791 24052	18	Inlet Adaptor, steel	
9	For high-pressure regulator (4 req'd)	T11208 28922	18	1-inch NPT	1F4798 23022
10	Cap Screw, plated steel (for use with cast iron diaphragm adaptor)		18	1-inch NPT (NACE)	1F4798 X0C22
10	Low-pressure (10 req'd)	1A3525 24052	18	2-inch NPT	1F4799 23022
10	High-pressure (4 req'd)	1A3525 24052	18	2-inch NPT (NACE)	1F4799 X0C22
11	Diaphragm		19	Inlet Body Gasket (2 req'd)	
11	Neoprene		19	Copper, for brass trim	0W0184 15042
11	For low-pressure regulator	0W0200 02192	19	Composition, for stainless steel trim	0W0184 04022
11	For high-pressure regulator	0W0199 02192	20	Orifice	
11	Fluorobutyl rubber		20	Type 630	
11	For low-pressure regulator	0W0200 X0022	20	Brass	
11	For high-pressure regulator	0W0199 02402	20	1/8-inch (3.2 mm)	0Z0400 14012
12	Connector Head Assembly		20	3/16-inch (4.8 mm)	1B2195 14012
12	Aluminum trim	16A981 1X012	20	1/4-inch (6.4 mm)	0W0183 14012
12	Aluminum trim (NACE)	16A981 1X032	20	3/8-inch (9.5 mm)	0W0182 14012
12	Stainless steel trim	1P8465 000B2	20	1/2-inch (12.7 mm)	0W0181 14012
12	Stainless steel trim (NACE)	1P8465 X0012	20	Stainless steel	
12	Aluminum trim		20	1/8-inch (3.2 mm)	1K4166 35032
12	Aluminum trim (NACE)		20	3/16-inch (4.8 mm)	1K4165 35032
12	Stainless steel trim		20	1/4-inch (6.4 mm)	1K4164 35032
12	Stainless steel trim (NACE)		20	3/8-inch (9.5 mm)	1K4163 35032
12	Aluminum trim		20	1/2-inch (12.7 mm)	1K4162 35032
12	Aluminum trim (NACE)		20	Stainless steel	
12	Stainless steel trim		20	1/2-inch (12.7 mm)	1B7350 14012
12	Stainless steel trim (NACE)		20	Stainless steel	
12	Aluminum trim		20	1/2-inch (12.7 mm)	1B7350 35032
12	Aluminum trim (NACE)				
12	Stainless steel trim				
12	Stainless steel trim (NACE)				
13	Diaphragm Adaptor				
13	Low-pressure				
13	Cast iron	0W0197 19012			
13	Steel	2N6985 22012			
13	Steel (NACE)	2N6985 X0072			
13	High-pressure				
13	Cast iron	0W0198 19012			
13	Steel	2N6987 22012			
13	Steel (NACE)	2N6987 X0042			

- Por razones de operación se instalarán dos (2) reguladores de 1º Etapa en paralelo para que en caso de cualquier desperfecto de este elemento no quede sin abastecimiento de GLP todo el conjunto multifamiliar, sino que con un simple cambio de válvulas se hará uso del segundo regulador de reserva.
- Para la determinación de los reguladores de segunda etapa se debe considerar un PIT de 72 Mcal/hora por cada departamento, siempre se debe tratar de agrupar los medidores de tal manera que puedan ser alimentados desde un mismo regulador, en el siguiente cuadro se dan las características de los reguladores que serán instalados, se debe recordar la disponibilidad de estos elementos:

PISO	Nº MEDIDORES	PIT Total Mcal/hora	Fs	PITefectivo Mcal/hora	REGULADOR	ENTR/S ALI Pulgadas	CAPACIDAD Mcal/hora	RANGO Mm H <sub>2</sub> O
3º al 5º	1	89	1	89	R – 522 BCF	½ x ½	218.75	228.6 – 330.2
6º al 17º	2	178	0.93	165.54	R – 522 BCF	½ x ½	218.75	228.6 – 330.2
18º	4	356	0.66	234.96	R – 522 CFF	½ x ¾	343.75	228.6 – 330.2

Nota: Nº MEDIDORES se refiere a la cantidad de medidores en cada batería tal como se observa en la isometría.

- Del cuadro anterior determinamos que se necesitarán 2 Reguladores Fisher R 522 CFF y 30 Reguladores Fisher R 522 BCF. Se adjunta la ficha técnica de los reguladores.

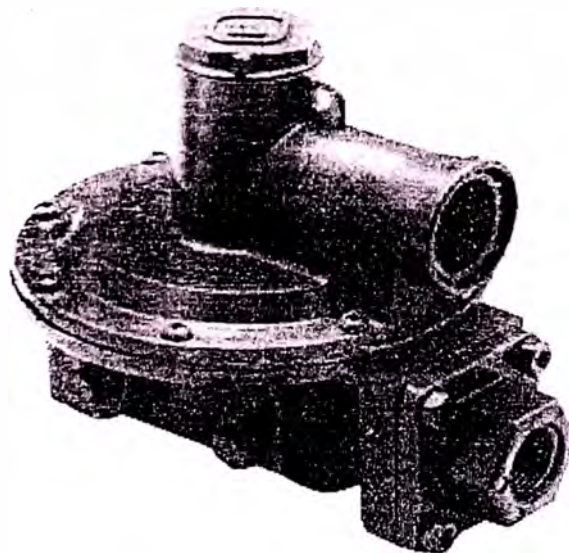


Figure 1. Type R400 & R500 Series Regulator

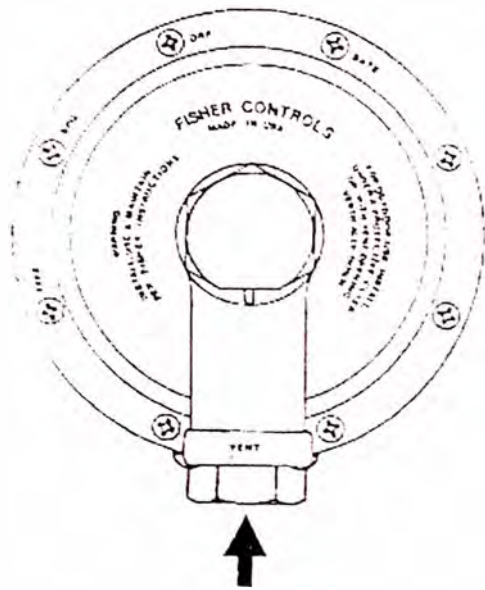


Figure 2. Point Vent Down on Outdoor Installations

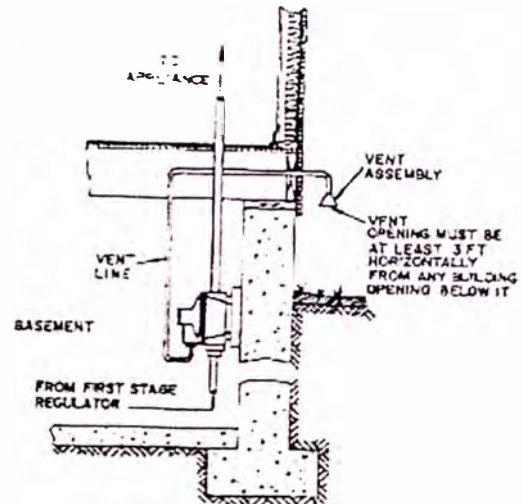


Figure 3. Typical Indoor Installation With Vent Line and Vent Assembly

- La selección de los medidores que se instalarán se hace en función a cuatro parámetros:
  - Tipo de gas.
  - Presión a la cual va a ser medido el flujo de gas.
  - Caudales máximo y mínimos a medir (sensibilidad).
  - Costo y disponibilidad de medidores.

De acuerdo al punto anterior tenemos la siguiente información:

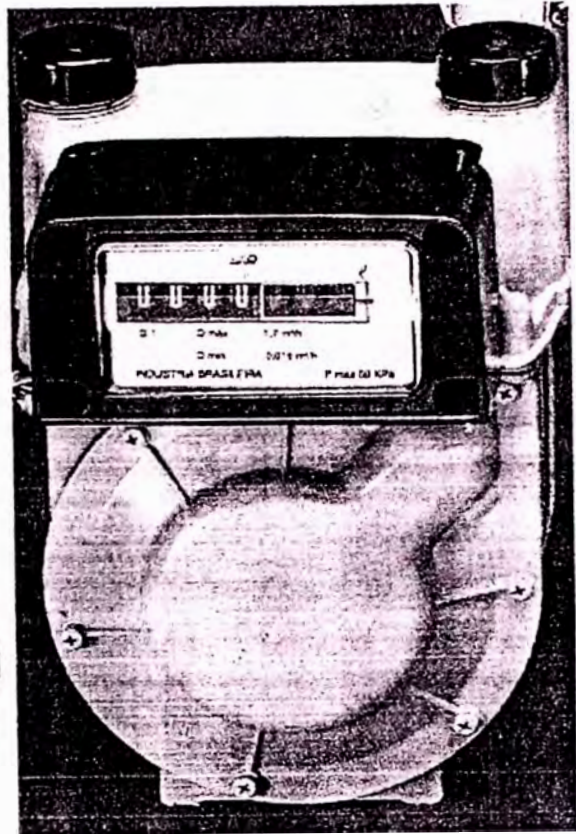
- Producto a medir Gas Licuado de Petróleo – GLP.
- Se va a medir el GLP en baja presión 279.4 mm de W.C.
- Consumo mínimo de 8 Mcal/hora (0.33 m<sup>3</sup>/hora) y un máximo de 89 Mcal/hora (3.7 m<sup>3</sup>/hora)
- Para el segmento comercial, familiar y multifamiliar estamos usando medidores volumétricos de diafragma para diferentes caudales y presiones.

Para el conjunto multifamiliar en que estamos trabajando se usará 62 medidores en baja presión marca LAO, con caudal mínimo y máximo de 0.016 y 1.8 m<sup>3</sup>/hora respectivamente. Se adjunta ficha técnica de los medidores.

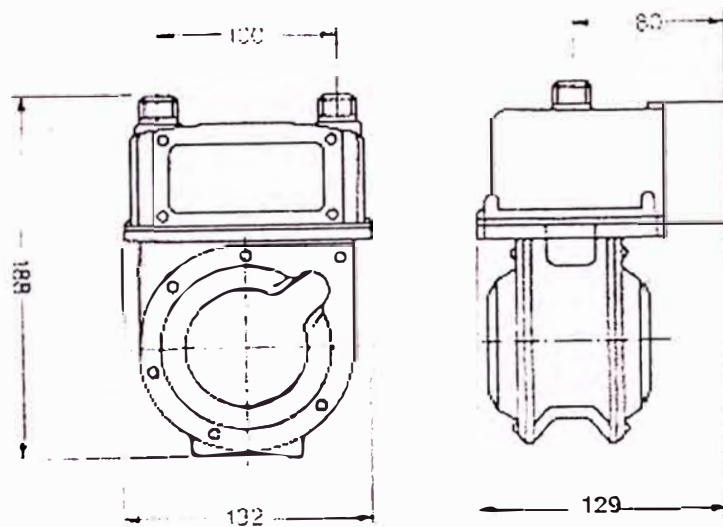


# Medidores para Gas Residenciales

**LAO**  
INDÚSTRIA



G1



**Technical Data/Datos Técnicos - G1**

Type of Gas m <sup>3</sup> /h	Max. Flowrate m <sup>3</sup> /h*	Min. Flowrate m <sup>3</sup> /h	Start Flowrate of Operation m <sup>3</sup> /h	Max. Operating Pressure kPa	Cyclic Capacity dm <sup>3</sup>
Tipo de Gas m <sup>3</sup> /h	Caudal Máx. m <sup>3</sup> /h*	Caudal Min. m <sup>3</sup> /h	Caudal de Inicio de Funcionamiento m <sup>3</sup> /h	Presión Máx. de Trabajo kPa	Capacidad Cíclica dm <sup>3</sup>
Air /Aire	1.7	0,016	0,002	50	0.4
Natural Gas /Gas Natural	2.3	0,016	0.002	50	0.4
LPG /GLP	1.4	0,016	0,002	50	0.4

\* For a pressure loss of 200 Pa.

\* Para una pérdida de presión de 200 Pa.

Note: For operation with LPG a pressure loss of 300 Pa is allowed, maximum flowrate being 1.3 m<sup>3</sup>/h.

Nota: Para trabajar con GLP se permite una pérdida de presión de 300 Pa, siendo que el caudal máximo es de 1.3 m<sup>3</sup>/h.

Para trabajar correctamente las exigencias de normas nacionales e internacionales los medidores de gas LAO cumplen en su totalidad con las especificaciones para la medición de consumos residenciales de gas natural, GLP y metano licuado. Sus características constructivas garantizan total seguridad contra la acción de alta presión, fugas de gas y dispensan un mantenimiento periódico.

**Características Técnicas**

**Alta Resistencia**

La construcción de una liga de aluminio-sodio por el proceso de fundición a presión, asegura una construcción robusta y al mismo tiempo leve, facilitando su instalación.

**Tecnología de Medición**

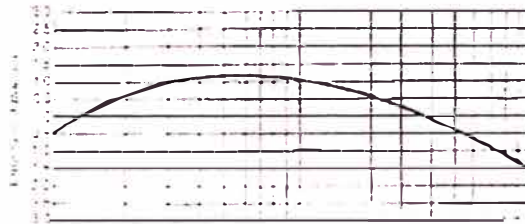
Un sistema de cámaras comunica sus cuatro cámaras con la placa de distribución, siendo que el medidor LAO G-1 adopta una válvula de tipo rotativo y el medidor LAO G-2, dos válvulas de tipo alternativo.

**Proceso de Medición**

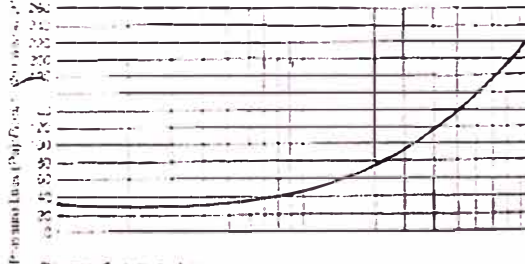
Los diafragmas y muelles de desplazamiento angular, transmiten el movimiento a los volúmenes que actúan sobre la placa de distribución controlando la carga y descarga del fluido en las cámaras de medición.

**G1**

**Error curve/Curva de errores**



**Pressure Loss Curve/Curva de Pérdida de Presión**



Flowrate (dm <sup>3</sup> /min) Air	0.1	0.2	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0
Flowrate (dm <sup>3</sup> /min) Nat. Gas							
Caudal (dm <sup>3</sup> /min) Gas Nat (1.3)	0.13	0.26	0.52	1.1	1.6	2.1	2.6
Flowrate (dm <sup>3</sup> /min) LPG							
Caudal (dm <sup>3</sup> /min) GLP	0.08	0.16	0.32	0.64	0.96	1.28	1.6

Natural Gas (specific weight in relation to air 0.64)

LPG (specific weight in relation to air 1.52)

Gas Natural (peso específico con relación al aire 0.64)

GLP (peso específico en relación al aire 1.52)

Max. Reading 9999.999 m

Leitura Máx. 9999.999 m

Min. Reading 0.000 m

Leitura Min. 0.000 m

Connections: M27 x 1.5

Conexiones: M27 x 1.5

Weight: 1.2 Kg

Peso: 1.2 Kg



## 7.6.- Determinación de area de ventilación y ducto colectivo

### 7.6.1.- Ventilación

#### Torres A y B

Tramo	Lado Este			Lado Oeste			Observaciones
	PIT (Mcal/hora)	Volumen Total Ventilacion (m <sup>3</sup> )	Relacion (PIT/m <sup>3</sup> )	PIT (Mcal/hora)	Volumen Total Ventilacion	Relacion (PIT/m <sup>3</sup> )	
Pisos 3° al 5°	56	155	1/39	56	51	1/39	No confinado
Pisos 6° al 18°	56	155	1/39	56	51	1/39	No confinado
Piso 19	56	220	1/27	56	220	1/27	No confinado
Piso 20	56	220	1/28	56	220	1/27	No confinado

Nota.- Todos los equipos se han instalado en la zona de servicios, adjuntos a vanos de ventilación

En todos los cálculos se ha considerado Fs=1

### 7.6.2.- Ducto Colectivo

Ducto colectivo metalico.

Se ha utilizado las tablas adjuntas, A51 y A52.

Ver Anexo XI

#### Ducto Colectivo (1) Torres A y B (C.P.= Calentador de Paso, SEC= Secadora)

Piso	Potencia (Mca/horal) C.P. + SEC	Potencia (M J / hora)	H (m)	Diámetro (mm)	L Conector (cm) C.P. - SEC	D Conector (cm) C.P. - SEC	R (cm) C.P. - SEC
6°	48	202	3.0	178	25 - 120	10.2	30 - 60
7°	96	403	3.0	229	25 - 120	10.2	30 - 60
8°	144	605	3.0	305	25 - 120	10.2	30 - 60
9°	192	806	3.0	356	25 - 120	10.2	30 - 60
10°	240	1008	3.0	356	25 - 120	10.2	30 - 60
11°	288	1210	3.0	406	25 - 120	10.2	30 - 60
12°	336	1411	3.0	457	25 - 120	10.2	30 - 60
13°	384	1613	3.0	457	25 - 120	10.2	30 - 60
14°	432	1814	3.0	508	25 - 120	10.2	30 - 60
15°	480	2016	3.0	508	25 - 120	10.2	30 - 60
16°	528	2218	3.0	559	25 - 120	10.2	30 - 60
17°	576	2419	3.0	559	25 - 120	10.2	30 - 60
18°	624	2621	3.0	610	25 - 120	10.2	30 - 60
19°	672	2822	3.0	610	25 - 120	10.2	30 - 60
20°	720	3024	3.0	610	25 - 120	10.2	30 - 60

#### Ducto Colectivo (2) Torres A y B

Piso	Potencia (Mcal) C.P. + SEC	Potencia (M J / hora)	H (m)	Diámetro (mm)	L Conector (cm) C.P. - SEC	D Conector (cm) C.P. - SEC	R (cm) C.P. - SEC
3°	48	202	3.0	178	25 - 120	10.2	30 - 60
4°	96	403	3.0	229	25 - 120	10.2	30 - 60
5°	144	605	3.0	305	25 - 120	10.2	30 - 60
6°	192	806	3.0	356	25 - 120	10.2	30 - 60
7°	240	1008	3.0	356	25 - 120	10.2	30 - 60
8°	288	1210	3.0	406	25 - 120	10.2	30 - 60
9°	336	1411	3.0	457	25 - 120	10.2	30 - 60
10°	384	1613	3.0	457	25 - 120	10.2	30 - 60
11°	432	1814	3.0	508	25 - 120	10.2	30 - 60
12°	480	2016	3.0	508	25 - 120	10.2	30 - 60
13°	528	2218	3.0	559	25 - 120	10.2	30 - 60
14°	576	2419	3.0	559	25 - 120	10.2	30 - 60
15°	624	2621	3.0	610	25 - 120	10.2	30 - 60
16°	672	2822	3.0	610	25 - 120	10.2	30 - 60
17°	720	3024	3.0	610	25 - 120	10.2	30 - 60
18°	768	3226	3.0	640	25 - 120	10.2	30 - 60

Tabla A5. Chimeneas y conectores metálicos de pared sencilla acoplados a dos o más artefactos de gas del Tipo B.1 y/o del Tipo B.2 que operen por tira metálica o m...

Tabla A5.1 Conectores

H m	R m	Diámetro nominal D (mm)																							
		76			102			127			152			178			203			229			254		
		Potencial nominal instalado en MJ/h																							
		MEC	NAT	MEC	NAT	MEC	NAT	MEC	NAT	MEC	NAT	MEC	NAT	MEC	NAT	MEC	NAT	MEC	NAT	MEC	NAT				
1.0	0.3	13	15	21	25	33	37	48	55	70	81	100	110	87	237	150	97	317	197	110	447	298	150	507	
	0.6	24	43	30	53	72	58	51	128	91	65	133	131	87	237	177	103	357	237	110	447	298	150	507	
	0.9	25	52	37	43	85	65	52	135	101	65	210	147	87	295	199	122	383	257	120	488	333	177	507	
2.4	0.3	24	47	29	57	77	51	52	120	83	60	186	115	87	236	156	100	336	209	124	436	297	146	507	
	0.6	24	48	34	55	81	61	54	135	95	70	208	118	91	264	185	120	378	247	128	471	317	149	507	
	0.9	25	52	38	54	92	67	58	147	107	71	222	153	93	308	229	131	408	272	130	518	348	157	507	
3.0	0.3	24	45	30	54	82	57	52	130	87	65	198	119	94	271	167	117	360	217	132	467	317	154	507	
	0.6	24	50	35	53	91	61	54	143	90	71	217	147	93	298	192	119	398	257	135	507	327	157	507	
	0.9	25	55	39	53	97	63	55	154	100	73	232	150	93	320	216	117	424	237	139	548	361	160	507	
4.6	0.3	24	53	32	55	94	58	50	152	88	68	232	127	93	314	172	118	410	229	141	520	368	177	507	
	0.6	24	50	37	57	101	60	52	161	104	70	248	150	96	338	204	118	442	267	145	567	381	174	507	
	0.9	25	58	42	57	100	70	54	170	117	73	262	159	98	358	230	121	470	303	148	598	388	178	507	
6.1	0.3	24	57	33	55	104	54	49	168	92	65	260	132	91	352	180	118	460	238	138	582	391	187	507	
	0.6	24	60	39	58	111	70	51	170	100	68	270	157	94	370	210	118	488	280	141	618	398	190	507	
	0.9	24	63	44	57	118	74	53	188	122	70	288	177	96	391	241	119	510	317	145	652	404	173	507	
9.1	0.3	24	55	35	53	119	62	47	191	94	63	304	141	88	413	192	109	540	257	132	688	322	150	507	
	0.6	24	54	41	54	124	74	50	200	106	65	315	167	93	430	227	111	564	294	136	718	340	164	507	
	0.9	24	59	46	53	130	83	51	209	131	68	326	188	93	448	255	114	588	334	137	748	357	167	507	
15.2	0.3	24	75	38	54	141	58	45	244	106	61	358	153	83	503	208	102	682	277	147	841	348	154	507	
	0.6	24	77	45	53	142	67	47	235	126	62	378	191	83	517	247	104	681	327	130	868	354	156	507	
	0.9	24	79	51	53	147	81	49	247	141	64	386	205	84	530	277	104	697	352	133	888	361	158	507	
30.5	0.3	24	117	39	53	167	64	42	278	113	58	488	158	77	645	215	106	855	337	138	1098	367	142	507	
	0.6	24	115	46	53	172	83	44	282	120	58	472	168	79	652	255	106	867	337	137	1112	377	147	507	
	0.9	24	119	53	53	172	94	45	287	129	60	477	177	82	682	287	107	880	378	134	1128	388	150	507	

Tabla A5. Chimeneas y conectores metálicos de pared sencilla acoplados a dos o más artefactos de gas del Tipo B.1 y/o del Tipo B.2 que operen por tira metálica o m...  
Tabla A5.2 Chimeneas colectivas

H m	Diámetro nominal D (mm)																				
	102			127			152			178			203			229			254		
	Potencial nominal combinada (MJ/h)																				
	MEC	MEC	NAT	MEC	MEC	NAT	MEC	MEC	NAT	MEC	MEC	NAT	MEC	MEC	NAT	MEC	MEC	NAT	MEC	MEC	NAT
1.8	37	88	58	138	132	100	219	173	155	325	260	211	428	351	279	573	458	388	738	581	481
2.4	50	53	77	164	153	120	235	186	172	358	290	238	468	387	308	618	504	418	781	607	507
3.0	116	103	80	178	147	111	258	209	188	383	315	258	508	394	332	688	554	428	844	607	507
4.6	132	114	88	206	171	128	293	247	210	457	377	292	587	463	387	794	644	487	948	717	507
6.1	143	133	108	227	193	149	331	288	242	501	418	327	655	528	427	888	728	584	1082	817	507
9.1	160	141	124	257	222	168	381	310	281	577	484	383	720	617	490	1033	852	688	1278	1028	507
15.2	176	181	147	294	257	226	444	377	327	678	577	447	907	745	583	1228	1031	784	1531	1288	507
30.5	185	172	181	324	292	248	518	444	388	792	694	508	1047	921	634	1446	1284	884	1888	1587	507

H m	Diámetro nominal D (mm)																				
	305			350			400			457			503			550			610		
	Potencial nominal combinada (MJ/h)																				
	MEC	MEC	NAT	MEC	MEC	NAT	MEC	MEC	NAT	MEC	MEC	NAT	MEC	MEC	NAT	MEC	MEC	NAT	MEC	MEC	NAT
1.0	900	734	589	1350	1045	800	1831	1410	1124	2377	1827	1415	2994	2300	1751	3680	2824	2078	4438	3401	2528
2.4	1049	816	688	1581	1181	952	2033	1573	1256	2645	2043	1593	3336	2573	1962	4184	3153	2321	4954	3875	2828
3.0	1130	857	751	1827	1260	1000	2208	1714	1372	2877	2229	1736	3634	2812	2142	4448	3438	2532	5475	4178	3178
4.6	1216	1010	870	1881	1463	1122	2574	2015	1593	3369	2621	2018	4243	3200	2430	5240	4075	2944	6347	4927	3567
6.1	1482	1177	960	2118	1678	1281	3272	2285	1753	3757	2952	2258	4758	3748	2785	5880	4592	3292	7121	5581	4188
9.1	1748	1400	1261	2504	1998	1508	3397	2698	2100	4420	3509	2658	5585	4424	3201	6098	4841	3480	8377	6581	4928
15.2	2136	1730	1350	3071	2478	1888	4182	3358	2584	5469	4377	3244	6923	5529	4000	8582	6814	5118	10378	8018	6008
30.5	2710	2218	1762	3937	3148	2585	5407	4433	3376	7121	5812	4373	9374	7371	5275	11268	9124	6210	13728	10677	7888

## 8.- Análisis Económico- Financiero

### 8.1.- Inversión Total Empresa Comercializadora de GLP - Constructora

En el siguiente cuadro se muestra la inversión que deberá hacer SOLGAS – REPSOL sociedad con la Empresa Constructora para el montaje de la red para GLP, los valores indicados no incluyen el IGV ni el costo financiero, sin embargo se ha considerado el costo de instalación más materiales empleados:

ITEM	DESCRIPCION	COSTO UNITARIO U.S. \$	CANTIDAD	TOTAL U.S. \$
1	Tanques estacionarios de 1000 gl. para GLP	950.00	3 un.	2850.00
2	Regulador Fisher R – 627 1º Etapa	365.50	2 un.	731.00
3	Regulador Fisher R – 522 CFF 2º Etapa	45.60	2 un.	91.20
4	Regulador Fisher R – 522 BCF 2º Etapa	38.80	30 un.	1164.00
5	Medidor LAO Baja Presión – G 1.0	46.50	64 un.	2976.00
6	Tubería de acero ¾ SCH 40 Soldada	13.56	15 m	203.4
7	Tubería de cobre tipo L ASTM B 88 1 ¼"	22.80	93.5 m	2131.8
8	Tubería de cobre tipo L ASTM B 88 1"	16.34	92.16 m	1505.89
9	Tubería de cobre tipo L ASTM B 88 ¾"	11.02	38.45 m	423.72
10	Tubería de cobre tipo L ASTM B 88 ½"	7.94	42.41 m	336.74
12	Tubería de cobre tipo L ASTM B 88 3/8"	4.95	113.40 m	561.33
13	Interconexión de tanques	98.50	3 un.	295.5
14	Interconexión de reguladores 2º Etapa	16.53	32 un.	528.96
15	Interconexión de medidores	44.07	62 un.	2732.34
16	Arranques a equipos	16.53	248 un.	4099.44
17	Pruebas de hermeticidad Media Presión	23.73	2 un.	47.44
18	Pruebas de hermeticidad Baja Presión	20.34	58 un.	1179.72
19	Transporte de Tanques	42.37	4 hras.	169.48

De acuerdo con el cuadro anterior el monto total de la obra asciende a: U.S. \$ 21,936.76. Es común que la empresa comercializadora asuma el 50 % de la instalación de la red, (incluidos los materiales) valor que se usara en el análisis de la inversión.

### 8.2.- Consumo Estimado

De acuerdo con la tabla presentada se tiene que el consumo por departamento en Mcal/día es de 29.6, teniendo en cuenta que el Poder Calorífico Promedio para el GLP comercial (C<sub>3</sub>/55%, C<sub>4</sub>/45%) es de 23.25 Mcal/galón se tiene un consumo estimado de 1.23 galones / día / departamento de GLP en fase líquida.



Al tener 64 departamentos se tiene un consumo día de 78.97 galones y un consumo teórico mensual estimado de 2,330 galones, sin embargo este valor será afectado por un factor de consumo del 75% debido a la incertidumbre que finalmente todos los usuarios potenciales terminen consumiendo GLP, se obtiene así como consumo proyectado 1,747 galones / mes, volumen que es equivalente a 43.4 TM/año valor que se usara en el análisis de la inversión.

### 8.3.- Análisis de la Inversión

Los datos de entrada del flujo de caja son los siguientes:

Inversión de Solgas Repsol	
Tanques Estacionarios	US\$ 2,850.00
Medidores de Flujo	US\$ 2,976.00
Red de distribución de GLP 50%	US\$ 8,055.38

Inversión Empresa Constructora	
Red de distribución de GLP 50%	US\$ 8,055.38

Indicadores Financieros-Periodo de Evaluación 11 años	
Tasa de descuento	15%
Pay Out	43 meses
V.A.N.	US\$ 4,932.00
T.I.R.	25.07%

Los valores obtenidos satisfacen los requerimientos corporativos de rentabilidad para proyectos de inversión, por lo que el proyecto planteado es económicamente viable.

La TABLA VIII muestra el resultado de el análisis económico-financiero:

## 9.- Tramites, pruebas y procedimientos de operación.

### 9.1.- Tramites OSINERG – Dirección General de Hidrocarburos

El siguiente procedimiento indica los pasos a seguir para que un posible Consumidor Directo de GLP a granel o canalizado obtenga la Autorización de Instalación y posteriormente la Autorización de Operación, de acuerdo a la normativa vigente este procedimiento se aplica para aquellos usuarios (CONSUMIDORES DIRECTOS) que tengan una capacidad de almacenamiento instalada igual o superior a 1m<sup>3</sup> (264 galones), en términos prácticos, mas de 250 galones que es uno de los tanques estacionarios de capacidad estándar con el que se viene trabajando.

El tramite tiene dos etapas, primero obtener la Autorización de Instalación que parte por la obtención del ITF-Informe técnico Favorable otorgado por OSINERG a través de un fiscalizador designado por ellos, y la obtención de la Autorización de Operación que parte de la presentación de la Autorización de Instalación en líneas generales el procedimiento es como se indica a continuación:

#### OBTENCION DE La AUTORIZACIÓN DE INSTALACIÓN - INFORME TECNICO FAVORABLE EN CONSUMIDORES DIRECTOS DE GLP

Otorgada por el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía - OSINERG.

Se deberá adjuntar lo siguiente:

- Solicitud de fiscalización, dirigida a OSINERG (se deberá fundamentar el pedido).
- Copia de poderes del representante
- Comprobante del dominio o propiedad del local en el cual se instalara
- Memoria Descriptiva del proyecto incluyendo descripción de sistemas y equipos de seguridad.
- Especificaciones Técnicas de construcción y de materiales.
- Actas y protocolos de pruebas de tuberías y tanques a usarse.
- Estudio de Riesgos, de ser necesario.
- Estudio de Impacto Ambiental, de ser necesario
- Planos de la obra:
  - Plano de ubicación escala 1/ 500 con indicaciones de calles, pistas y veredas, postes, torres de alta tensión, sub estaciones eléctricas y semáforos.
  - Plano de situación a escala 1/5000 indicando centros asistenciales, religiosos, educativos, mercados cines, teatros y zonas reservadas para fines militares y



policiales. Donde se demuestre que la ubicación del tanque no infringe lo que estipula el reglamento de seguridad.

- Plano de distribución en escala 1/100.
- Plano de instalaciones eléctricas.
- Plano de obras civiles del proyecto.
- Plano de sistema de protección contra incendios.

Toda esta información será entregada al momento de ingresar el expediente a OSINERG.

### OBTENCION DE LA AUTORIZACIÓN DE OPERACIÓN USO Y FUNCIONAMIENTO EN CONSUMIDORES DIRECTOS DE GLP

Otorgada por el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía - OSINERG.

Se deberá adjuntar la siguiente documentación:

- Solicitud dirigida a la DGH.
- Autorización de Instalación - Informe Técnico Favorable.
- Memoria Descriptiva del proyecto, (As Built) incluyendo descripción de sistemas y equipos de seguridad.
- Especificaciones Técnicas de construcción y de materiales.
- Copia del libro de Registro del Tanque(s)
- Actas y protocolos de pruebas de tuberías y tanques a usados.
- Planos de la obra (As Built):
  - Plano de ubicación escala 1/ 500 con indicaciones de calles, pistas y veredas, postes, torres de alta tensión, sub estaciones eléctricas y semáforos.
  - Plano de situación a escala 1/5000 indicando centros asistenciales, religiosos, educativos, mercados cines, teatros y zonas reservadas para fines militares y policiales. Donde se demuestre que la ubicación del tanque no infringe lo que estipula el reglamento de seguridad.
  - Plano de distribución en escala 1/100.
  - Plano de instalaciones eléctricas.
  - Plano de obras civiles del 'proyecto.
  - Plano de sistema de protección contra incendios.
- Póliza de seguro de responsabilidad extracontractual (por 300 UIT).

### OBTENCION DE NUMERO DE REGISTRO DE LA DGH

Este número será otorgado por la DGH, y se debe presentar lo siguiente:

- Solicitud dirigida a la DGH.
- Copia de Autorización de uso y Funcionamiento
- Se entregara Licencia de Apertura.

- Se entregara la Conformidad de Obras Civiles.
- Se entregara la copia de los Estatutos Sociales de la empresa.

## 9.2. - Purga de tanque y tuberías.

La purga de los tanques se divide en dos tipos:

A) Remoción de agua (humedad) remanente después de la prueba hidrostática, a la que por Norma debe ser sometido todo tanque nuevo (Presión de Prueba 375 psi), se utiliza Metanol Anhidro de una concentración del 99.85%, en la siguiente proporción por lo menos una pinta por cada 100 galones de capacidad de agua del tanque que se este neutralizando.

B) Remoción de aire a presión atmosférica presente en el tanque, antes del primer inyector se deberá remover la mayor cantidad posible de aire a presión atmosférica presente en el tanque si esto no se hiciera así se presentarían los siguientes problemas:

En temporadas de temperaturas medias y altas el GLP en el tanque registrara valores excesivos y falsos de presión de vapor, pudiéndose llegar a abrir las válvulas de seguridad.

La mezcla de aire y GLP presente en la zona de vapor del tanque eventualmente puede llegar hasta el punto de aplicación produciéndose fallas en el equipo siendo la más común la extinción de la llama piloto y posterior apagado del equipo originándose servicios y reclamos. Si no se estuviera usando una línea de retorno, el aire se comprimirá por encima del nivel de líquido, dando como resultado un llenado lento.

Si se estuviera usando una línea de retorno el aire y cualquier mezcla será transferida al camión cisterna.

Si el aire es adecuadamente removido del tanque estacionario antes del primer inyector se obtendrá como resultado lo siguiente:

- La transferencia de líquido será rápida.
- La bomba no se frenara.
- Se requiriera de menor energía para llenar el tanque.

El procedimiento de purga es sencillo y consiste en inyectar fase vapor en el tanque de almacenamiento desde la cisterna, hasta alcanzar unos 15 psig, para luego purgar el tanque hasta que la presión manométrica caiga a cero; repitiendo este procedimiento unas cuatro veces se retirara alrededor del 95% del aire del tanque.

La purga de tuberías debe realizarse posterior a la prueba de hermeticidad que en instalaciones nuevas se realiza con aire y para instalaciones operando se realiza con nitrógeno, el procedimiento es como sigue:

- Dar pase de gas a través de las tuberías de consumo.
- En cada equipo verificar la llegada de la mezcla hasta percibir el olor característico del GLP.

- Encender el equipo y verificar las características de la llama (consistencia).
- Si se encuentra que aun la mezcla no es la adecuada; seguir purgando.

Finalmente antes de poner en operación el sistema de GLP se debe verificar que las tuberías han sido adecuadamente limpiadas en su interior esto se realiza inyectando aire o nitrógeno por un extremo y evacuando en diferentes puntos de la red; evitando que cualquier suciedad (pasta metálica, cinta teflón, escorias, etc.) vayan a llegar a los filtros o inyectores de los quemadores originando obstrucciones y servicio de mantenimiento.

### **9.3. - Pruebas de hermeticidad – Protocolo de Pruebas.**

De acuerdo con lo establecido en el D.S. 027-94 – MEM, artículo 39° las tuberías deberán ser probadas a una presión no menor de 1.5 su presión normal de operación durante un periodo no menor de 24 horas; sin embargo se han establecido criterios de para las pruebas de tal forma que siempre se cumpla lo exigido por la normativa nacional por exceso.

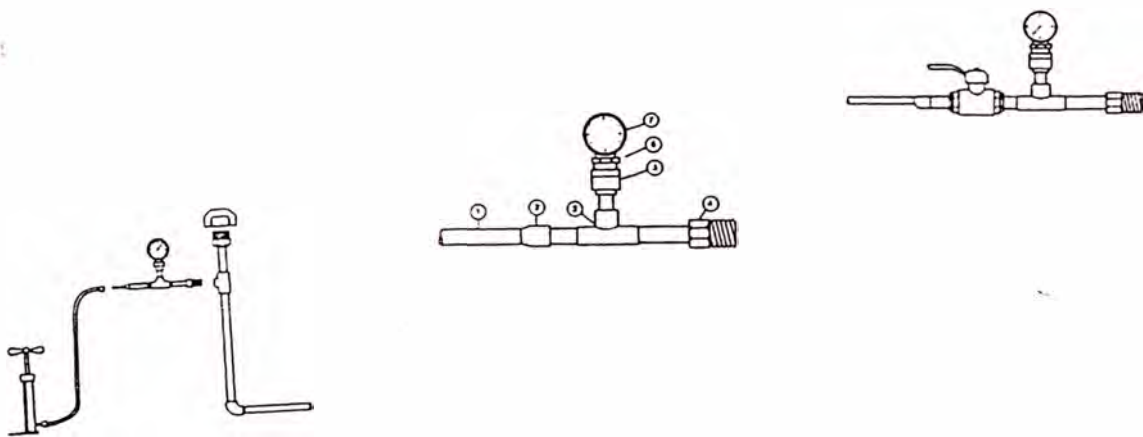
Se han establecido los siguientes criterios generales para realizar las pruebas de hermeticidad (estanqueidad):

- Las pruebas están consideradas dentro del grupo de ensayos no destructivos que se pueden practicar a los diferentes elementos de la instalación, para el caso de tuberías soldadas por arco eléctrico son complementarias y obligatorias después de la prueba con tintes penetrantes y el radiografiado de los cordones de soldadura.
- Las pruebas para el caso de instalaciones nuevas se harán con aire comprimido y en instalaciones operando estas se harán con algún gas inerte, en la práctica el fluido mas difundido por cuestiones de costo y disponibilidad es el nitrógeno (N<sub>2</sub>).
- El tiempo de verificación de la prueba es de 24 horas, tanto al inicio como al final de la misma deberán estar presentes el representante del cliente, la empresa contratista y un representante de la empresa proveedora del gas.
- Para todos los diámetros de tubería comúnmente instalados (entre ½" y 3"), el tramo de prueba no deberá exceder de 200 m, ya que en caso de presentarse un escape este pueda ser ubicado con mayor facilidad.
- Cuando se trate de tubería que vaya a ser instalada embutida o soterrada se debe hacer una prueba antes de que sea tapada y otra posterior para verificar su hermeticidad.
- Cuando se instalen sistemas de tuberías que impliquen un avance paralelo con obras civiles (edificios, condominios, urbanizaciones) se practican pruebas parciales las cuales serán aceptadas por el cliente con la finalidad que cualquier daño ocasionado a la instalación por la obra civil y detectado en las pruebas finales antes de la entrega de obra sea asumido por la empresa constructora.
- El siguiente cuadro muestra las presiones de prueba establecidas para cada uno de los tramos en una instalación:

TRAMO	PSIG	KPa
ALTA PRESION	300	2100
MEDIA PRESION	60	414
BAJA PRESION	10	69

- La hermeticidad de la instalación se verifica mediante la observación del manómetro el cual debe permanecer sin variación durante toda la prueba. Se debe usar un manómetro que permita una sensibilidad acorde con la presión a la que se realice la prueba.
- Si durante la prueba de hermeticidad se detectara alguna caída en la presión por medio del manómetro se deberá ubicar el punto de escape, lo que se facilita haciendo uso de una solución jabonosa, si en caso la búsqueda se complicara se harán pruebas parciales hasta ubicar el escape.

En la siguiente figura se muestra la llamada tee de prueba utilizado para presurizar el sistema de tuberías.



Toda la información necesaria para verificar la prueba se incluye en el Protocolo de Pruebas que es el documento que será firmado por las partes involucradas en el montaje de la instalación y quedara como constancia de haberse efectuado la verificación de la hermeticidad de las tuberías.

#### 9.4. - Procedimiento de llenado – Cartilla de seguridad

- El punto de transferencia se considera como el lugar en donde se realizan las conexiones y desconexiones para el trasiego de GLP.
- Se deben respetar las consideraciones dadas por el D.S. 027 / 94 MEM.
- Una vez autorizado el ingreso, el conductor dirigirá el camión tanque hacia el lugar de carga del tanque del cliente, donde se ubicara de tal manera que su

salida resulte lo mas fácil posible en caso de emergencia, se seguirá el siguiente procedimiento:

- Se accionara el freno de mano del camión cisterna.
- Apagara todo equipo de comunicación o eléctrico que no sirva estrictamente para la operación de transferencia de GLP (radios beepers, celulares, etc.), con la finalidad de eliminar toda fuente de probable ignición cercana al punto transferencia.
- Se calzara el vehículo.
- Se colocaran los letreros de seguridad (Gas Combustible No Fumar) y se ubicaran los extintores.
- Se verificara la presión, temperatura (opcional) y porcentaje de llenado inicial del tanque al cual se le va a inyectar GLP
- Se conectan la manguera de llenado y retorno de vapor, permitiendo inicialmente la adecuada compensación de presiones a través de la manguera de retorno de vapor, una vez concluida esta operación se iniciara el bombeo de GLP liquido manteniendo vigilado el tanque a donde se esta inyectando el GLP a fin observar la evolución del trasiego.
- Las consideraciones de seguridad se mantendrán hasta finalizada la transferencia y luego de haber desconectado las mangueras y cerradas todas las válvulas y comprobadas la no-existencia evidente de gas en la atmósfera.
- Salvo caso de fuerza mayor, debidamente justificados, el conductor no deberá alejarse más de cincuenta metros de su unidad.
- Estando estacionado el camión cisterna esta el camión tanque esta totalmente prohibido de hacer fuego o fumar a menos de 25m., se colocara el letrero de "Peligro no Fumar" antes de iniciar la transferencia.
- Se debe hacer la conexión del camión tanque a la toma a tierra.
- El punto de transferencia debe estar ubicado de acuerdo con el D.S. – 027 – 94-EM articulo 143° .
- Los tanques solo pueden inyectarse después de haber obtenido la Autorización de Operación dada por la DGH del MEM.
- La cantidad máxima de GLP liquido con que puede llenarse un tanque estacionario o móvil depende de su tamaño, de su ubicación (nivel - elevado o soterrado), de la densidad del GLP que se esta almacenando y de la temperatura ambiental.

En términos prácticos utilizamos como valor de llenado máximo el 85% de la capacidad nominal del tanque.

En las siguientes figuras se muestran la cartilla de seguridad que se adjunta al cliente al momento de dar el alta a la instalación y el % máximo de llenado como función de la densidad de la mezcla y la temperatura ambiental:



# CARTILLA DE SEGURIDAD

## INSTALACIONES DOMESTICO - COMERCIALES DE GLP CONSUMIDORES DIRECTOS DE GLP

El presente Cartilla de Seguridad está basada en la Ley Química de Hidrocarburos y Reglamentos No. 9621, D. C. 027-94EM, Anexo 1 y 148 y las especificaciones técnicas de Asent. 155 para instalaciones de gas (GLP) con tanques estacionarios de almacenamiento.

### 1.

#### IDENTIFICACION DEL PRODUCTO

##### GLP - GAS LICUADO DE PETROLEO

Mezcla de los gases PROPANO y BUTANO, gases derivados de petróleo y el gas natural. La mezcla de estos gases se utiliza ampliamente como combustible doméstico, comercial e industrial. También se emplea como refrigerante o como agente impulsor de aeroplanos.

### 2.

#### PRINCIPALES PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

ASPECTO: incoloro.

COLOR: incoloro.

OLOR: característico.

El GLP es más denso que el aire ambiente cuando se produce un escape de gas al ambiente. Este hecho exige al usuario a tener cuidado con los escapes de gas que se producen en lugares por debajo del nivel del piso y donde es más probable se concentre el gas (GLP). En el reverso de esta cartilla se muestra el símbolo de almacenamiento de gas (GLP) típico y sus principales características.

### 3.

#### PREVENCIÓN Y CONTROL DE INCENDIOS ORIGINADOS POR GAS (GLP)

##### DERRAMES / FUGAS:

En caso de producirse un derrame o fuga de gas, debe esta emergencia al Servicio de Atención al Cliente (SAC) al número 1000, evaluar el grado de contaminación, cerrar el flujo de salida del gas, eliminar toda fuente de calor e impedir que se genere un efecto de retroceso (GLP) ventilando los lugares afectados para evitar incendios e explosiones o daños a las personas.

El aislamiento debe darse al cerrar el flujo de gas (GLP), esto se obtiene cerrando la válvula general de suministro, que se encuentra en las instalaciones de consumo.

##### PELIGROS INUSUALES DE INCENDIO O EXPLOSION:

Este producto es peligroso y es causante de incendios y explosión cuando es mezclado con aire o expuesto a fuentes de calor y llama. Los vapores pueden trasladarse por el sistema a grandes distancias, hacer contacto con una fuente de ignición y retornar en flama.

##### PROCEDIMIENTOS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS:

El fuego produce humo y gases tóxicos que deben evacuarse a lugares ventilados.

Las personas encargadas de manipular instalaciones deberán tener conocimiento suficiente para hacer un uso efectivo del mismo.

### 4.

#### PRIMEROS AUXILIOS

Evitar de la siguiente manera el contacto con el producto en fase vapor en las siguientes partes:

##### OJOS:

En caso de contacto con abundante agua, incluso se denaja de los párpados durante 15 minutos aproximadamente.

##### PIEL:

Remover la ropa contaminada. Lavar con agua la piel infectada con abundante agua. Evitar el contacto con agua y jabón.

##### INHALACION:

Retirar a la persona a un lugar ventilado. Interferir si es necesario, con respiración artificial. Si persona que ayuda al rescatado debe utilizar equipo suministrados para su ingreso en áreas deficientes de oxígeno.

##### INGESTION:

Es poco probable que ocurra debido a las características de ambos gases, sin embargo, de ocurrir, puede causar daños en la boca y en el estómago. Monitorear la vía respiratoria, dar a personal entrenado administración de oxígeno y solicitar atención médica.

##### ADVERTENCIAS:

No utilizar respiradores de aire puro, sino aquellos que no protegen en áreas deficientes de oxígeno. No utilizar en caso de contacto en áreas contaminadas de gas (GLP), ya que los filtros pueden absorber el producto y ser venenosos. En el caso de usar ropa especial (ropa, guantes, botas), evitar que se den de jabo.

## 5. PRECAUCIONES ESPECIALES

### REQUERIMIENTOS DE ALMACENAJE:

El transporte y el uso de cilindros y tanques para gas (GLP) en tanques o en venteados, flujos de fuentes de calor y de ignición, o en el uso de agentes oxidantes y oxidantes de peróxido de hidrógeno.  
Toda instalación de gas (GLP), reparación, modificación, traslado o reemplazo de equipos o artefactos, solo puede ser realizada por personal capacitado y autorizado por la entidad competente.

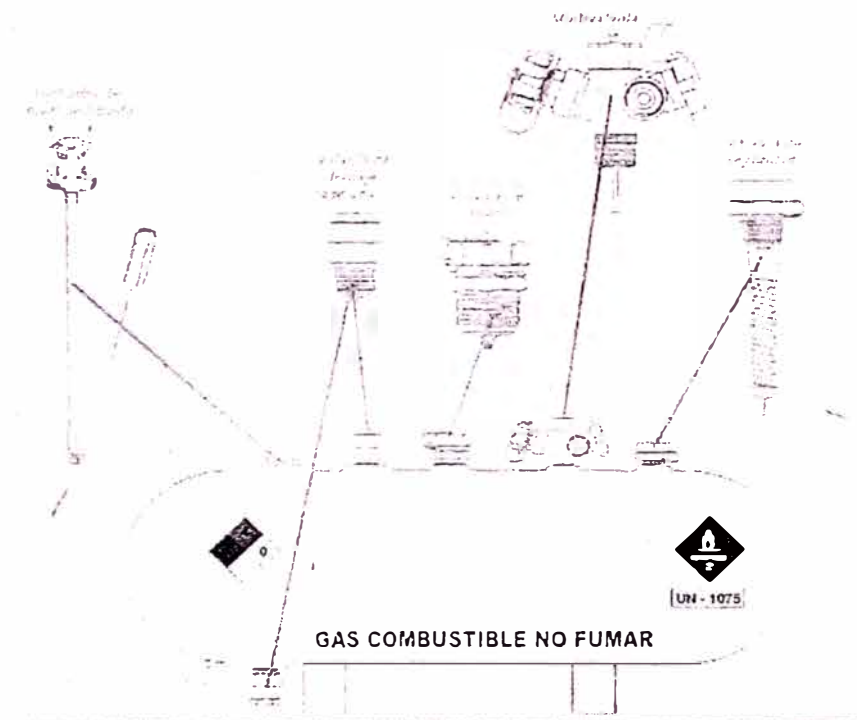
## 6. COMENTARIOS

La información que se suministra en esta cartilla se ha recopilado basándose en las mejores fuentes existentes y de acuerdo con los últimos conocimientos disponibles y con los requerimientos legales vigentes. Esto no implica que la información sea exhaustiva en todos los casos. Es responsabilidad del usuario complementar la información de esta cartilla de seguridad sobre la base de las aplicaciones específicas del empleo del gas (GLP) y los cuidados que para su uso sean necesarios.

### EFFECTO SOBRE EL MEDIO AMBIENTE/ECOTOXICIDAD:

Debido a su elevada volatilidad y baja solubilidad, el gas (GLP) no presenta riesgos de contaminación acuática o terrestre. Es recomendable que para cualquier inconveniente o desastre, de inmediato avise inmediatamente al Servicio de Atención al Cliente (SAC) de REPSULGAS (GLP), no intente reparar el problema.

## ESQUEMA TIPICO DE TANQUES DE GLP



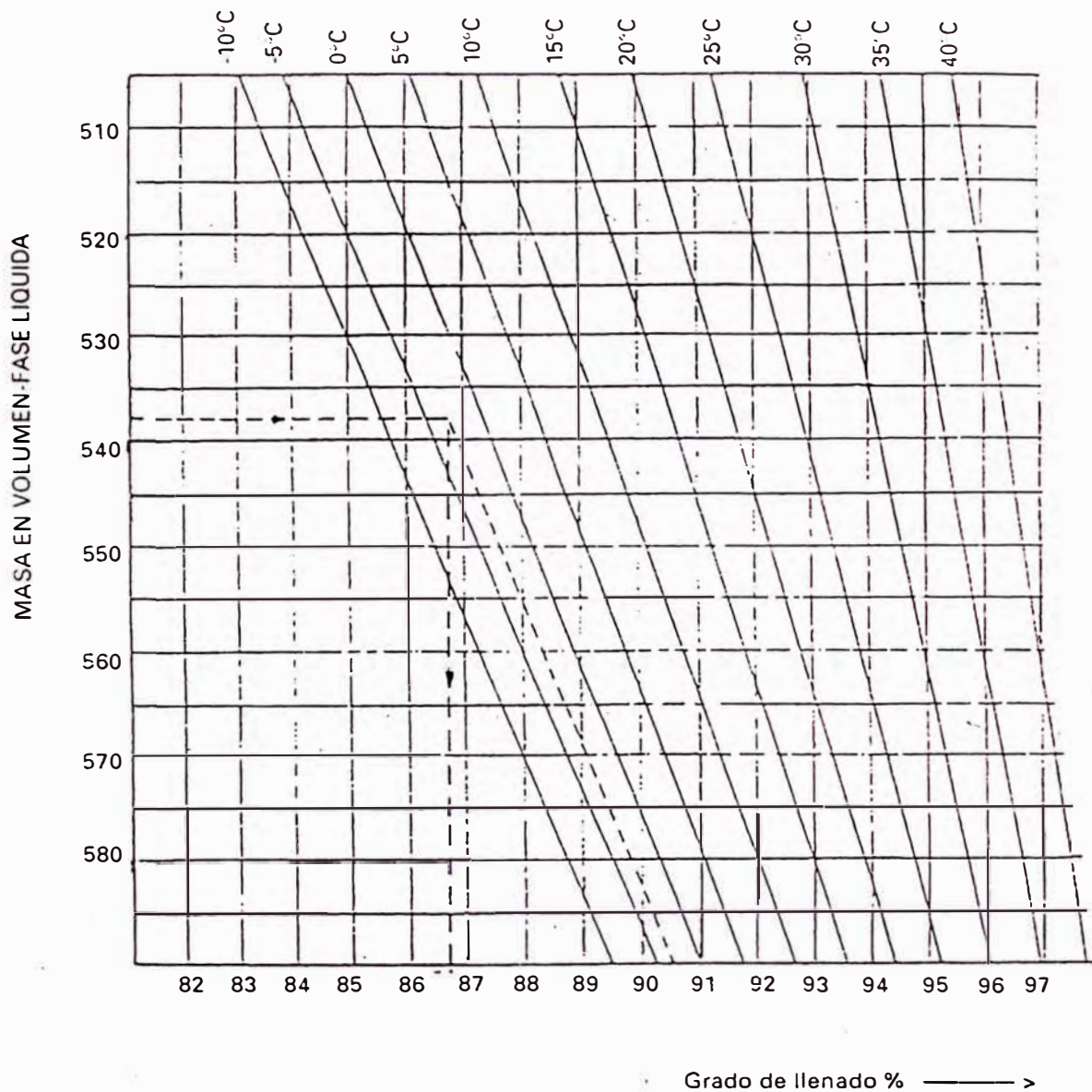
Los tanques estacionarios para almacenamiento de gas (GLP) a granel, instalados en poder de usuarios cuentan con los accesorios indicados en el Artículo 132 del D.S. 027-94EM.

La instalación de tanques de almacenamiento de gas (GLP), debe ser realizada de acuerdo al D.S. 027-94EM, Título VI: INSTALACIONES DE GAS LICUADO DE USUARIOS, subtítulo B. TANQUES ESTACIONARIOS, artículos 126 al 135.

En caso de emergencia llamar al 1

GRADO DE LLENADO MAX.

( función de la temperatura ambiente y de la densidad del GLP )



## 9.5. - Plan de Contingencia- Manual de Operaciones

Esta información se entrega para clientes de los segmentos industrial y comercial y debe incluir para en el caso del plan de contingencias los siguientes puntos:

C

### INTRODUCCION

- Objetivos generales y finalidad del Plan de Contingencias

### DESCRIPCION DE LAS INSTALACIONES

- Ubicación de las instalaciones de GLP dentro de la empresa
- Datos del tanque numero, capacidad, año de fabricación, propietario, presión máxima de trabajo)
- Croquis de tuberías, equipos que se abastecen de GLP
- Croquis de ubicación del(os) tanque(s) mostrando accesos, áreas de refugio, y áreas restringidas.
- Ubicación de extintores, depósitos de agua y/o hidrantes
- Sistema de enfriamiento (Sí el tanque tuviera una capacidad mayor a 1000galones y fuera a nivel o elevado)

### ORGANIZACION

Procedimiento de formación de equipos contra incendios, derrames o fugas, sismos, inundaciones, Evacuación.

Definir responsabilidades y brigadas (nombre de personas involucradas):

- Objetivos
- Responsabilidades (Coordinador General, Jefe Contra Incendio, Jefe de Apoyo y Servicios, llamadas de emergencia, control de ingreso y salida, control de bomba contra incendio)
- Brigadas(brigada contra incendio, brigada de apoyo, brigada de reparaciones, brigada de primeros auxilios, brigada de vigilancia, grupo de apoyo, entrenamiento)
- Procedimientos a seguir en una contingencia
- Material disponible contra incendios (mangueras, extintores, baldes, sacos de arena, etc.)

Al momento de concluir la obra se debe adjuntar además de la Prueba de Hermeticidad y el Acta de Entrega un Manual de Operaciones que deberá cubrir los siguientes puntos:

- Generalidades
- Operaciones en Depósitos de GLP
- Llenado de Tanques

- Plan de Actuación – Emergencias
- Mantenimiento e Inspección
- Requisitos del Personal
- Relación de Equipos Instalados (con sus respectivos catálogos).

En necesario anotar que este manual de operaciones se va modificando de acuerdo a las características propias del proyecto pero se toma como un punto de partida para la elaboración del mismo.



## 10. - Conclusiones.

- El GLP. ofrece al mercado las siguientes ventajas:
  - Fácil almacenamiento y transporte,
  - Aplicaciones que pueden variar en complejidad desde muy sencillas a altamente especializadas
  - Alta eficiencia

Factores que lo han ubicado mundialmente como un combustible de uso masivo en el ámbito industrial, comercial y domiciliario.

- El Perú mantiene el índice mas bajo de consumo de GLP. per - capita de la Región.
- Existe una creciente necesidad del mercado de personal calificado en el desarrollo de proyectos integrales para instalaciones que usen el GLP. como fuente de energía. Esta necesidad se manifiesta en los niveles profesionales de nivel superior así como técnicos que ejecuten los proyectos adecuadamente.
- No existen acuerdos entre las empresas constructoras y la comercializadoras de GLP. que permitan un desarrollo sostenido de las redes de distribución locales.
- El déficit de GLP. es de alrededor del 36% (demanda promedio 16,000 BPD, para el año 2,001) el cual actualmente esta cubierto por las importaciones directas de empresas privadas.
- El uso masivo de GLP en el sector terciario (domiciliario) a través de redes se ha iniciado en los N.S.E. A y B, sin embargo, la base de mercado esta en los segmentos intermedios de B típico a C1.
- Existe reglamentación local (~~D.S. 01-MEM-1994. D.S. 027-MEM-1994. D.S. 058-MEM. etc~~) que cubren aspectos relacionados a las diferentes fases de la comercialización del GLP., sin embargo, existen vacíos en cuanto a aspectos específicos de las instalaciones en consumidores directos de GLP., para lo cual se recurre a normas y estándares internacionales.
- El GLP. es la mejor alternativa para difundir las ventajas del consumo de combustibles gaseosos, generando una demanda primaria que posteriormente migrara al Gas Natural.

- El uso de GLP. aporta una mejor calidad de vida a través de sus aplicaciones, beneficiando con servicios que de ser cubiertos con el uso de energía eléctrica elevaría los costos operativos a montos que los harían prohibitivos para los segmentos medio típico y medio bajo.
- El uso de otras fuentes de energía como la eléctrica para el segmento domiciliario, el uso del D1, D2, petróleos residuales, carbón en los segmentos industriales, tiene una mayor aceptación dentro de los segmentos indicados, esto tiene su origen en razones de índole económica en algunos casos, en otros por desconocimiento del potencial de las aplicaciones del GLP., por parte de proyectistas e inversionistas.
- No existe en nuestro país un uso extendido de artefactos que consuman GLP., el servicio más desarrollado se limita a la cocción de alimentos. La penetración de los gasodomésticos en el sector domiciliario es del orden del 4%.

## 11. - Bibliografía.

Biblioteca del Instalador de Gas, A.L. Miranda Barreras – R. Oliver Pujol Ediciones CEAC Barcelona

Manual de Canalizaciones de Distribución, SEDIGAS Madrid

Los GLP, REPSOL BUTANO - Madrid

Instalación de Depósitos Fijos para GLP, Emilio Guerra Chavarino, Emilio Guerra Soriano- ONAF México

Ley 26221, Ministerio de Energía y Minas – Lima

National Fire Protection Association - NFPA 58

National Fuel Gas Code Handbook, Theodore C. Lemoff - American Gas Association Arlington, Virginia

Válvulas Industriales Manual del Usuario APOLLO

Instalaciones de Gas en Baja Presión – Procobre Chile

Manual de Soldadura American Welding Society- Prentice Hall

Handbook Butane Propane Gases – William W. Clark

LP-Gas Serviceman's Manual, Rego Products

Estudio de Niveles Socio Económicos año 1999 – APOYO

Elaboración de Manual de Operaciones para Instalaciones de GLP – SOLGAS REPSOL

Norma Técnica Colombiana NTC 3833-Dimensionamiento, Construcción, Montaje y Evaluación de los Sistemas para la Evacuación de los Productos de la Combustión Generados por los Artefactos que Funcionan con Gas

Diario GESTION Suplemento del 8 de Agosto de 1999

Latin Finance Special Projects LTD. Perú: La Tierra del Nuevo Sol EEUU - 1995



TABLA II

TABLA DE CALCULO DE DIAMETROS DE TUBERIAS DE COBRE  
 MEDIA PRESION - MEMORIA DE CALCULO Torre A

TRAMO	LONGITUD REAL (m)	LONGITUD REAL + 20% (m)	LONGITUD CALCULO (m)	PITefectivo REAL (Mcal/hora)	PIT DE CALCULO (Mcal/hora)	DIAMETRO (puigadas)	CAIDA DE PRESION (Pascales)	CAIDA DE PRESION ACUMULADA (Pascales)	PISOS
A - B	40.50	48.60	50	1076	1503	1 1/4	30.00	30.0	
B - C	6.40	7.68	8	608	811	1	4.00	34.0	3°
C - C <sub>1</sub>	2.00	2.40	4	56	72	3/8	1.20	35.2	
C - D	2.70	3.24	4	638	889	1	2.40	36.4	4°
D - D <sub>1</sub>	2.00	2.40	4	56	72	3/8	1.20	37.6	
D - E	3.70	4.44	6	617	811	1	3.00	39.4	5°
E - E <sub>1</sub>	2.00	2.40	4	56	92	3/8	1.20	40.6	
E - F	2.70	3.24	4	596	770	1	1.80	41.2	6°
F - F <sub>1</sub>	2.00	2.40	4	104	146	3/8	5.00	46.2	
F - G	2.70	3.24	4	553	726	1	1.6	42.8	7°
G - G <sub>1</sub>	2.00	2.40	4	104	146	3/8	5.00	47.8	
G - H	2.70	3.24	4	511	679	1	1.40	44.2	8°
H - H <sub>1</sub>	2.00	2.40	4	104	146	3/8	5.00	49.2	
H - I	2.70	3.24	4	468	628	1	1.20	45.4	9°
I - I <sub>1</sub>	2.00	2.40	4	104	146	3/8	5.00	50.4	
I - J	2.70	3.24	4	448	589	3/4	4.00	49.4	10°
J - J <sub>1</sub>	2.00	2.40	4	104	146	3/8	5.00	54.4	
J - K	2.70	3.24	4	403	527	3/4	3.20	52.6	11°
K - K <sub>1</sub>	2.00	2.40	4	104	146	3/8	5.00	57.6	
K - L	2.70	3.24	4	358	493	3/4	2.80	55.4	12°
L - L <sub>1</sub>	2.00	2.40	4	104	146	3/8	5.00	60.4	
L - M	2.70	3.24	4	345	456	3/4	2.40	57.8	13°
M - M <sub>1</sub>	2.00	2.40	4	104	146	3/8	5.00	62.8	
M - N	2.70	3.24	4	296	392	1/2	11.00	68.8	14°
N - N <sub>1</sub>	2.00	2.40	4	104	146	3/8	5.00	73.8	
N - Ñ	2.70	3.24	4	269	354	1/2	9.00	77.8	15°
Ñ - Ñ <sub>1</sub>	2.00	2.40	4	104	146	3/8	5.00	82.8	
Ñ - O	2.70	3.24	4	228	312	1/2	7.00	84.8	16°
O - O <sub>1</sub>	2.00	2.40	4	104	146	3/8	5.00	89.8	
O - P	2.70	3.24	4	192	264	1/2	5.00	89.8	17°
P - P <sub>1</sub>	2.00	2.40	4	104	146	3/8	5.00	94.8	
P - Q	5.40	6.48	8	148	196	3/8	18.00	112.8	18°

MATERIAL	CANTIDAD(m)
Tubería de cobre tipo L 1 1/4"	40.5
Tubería de cobre tipo L 1 "	24.14
Tubería de cobre tipo L 3/4"	10.80
Tubería de cobre tipo L 1/2"	10.80
Tubería de cobre tipo L 3/8"	69.40



TABLA III

TABLA DE CALCULO DE DIAMETROS DE TUBERIAS DE COBRE  
 MEDIA PRESION - MEMORIA DE CALCULO - Torre B

TRAMO	LONGITUD REAL (m)	LONGITUD REAL + 20% (m)	LONGITUD CALCULO (m)	PITefectivo REAL (Mcal/hora)	PIT DE CALCULO (Mcal/hora)	DIAMETRO (pulgadas)	CAIDA DE PRESION (Pascales)	CAIDA DE PRESION ACUMULADA (Pascales)	PISOS
B - C <sub>2</sub>	53.00	63.60	65	608	868	1 1/4	13.00	43.0	3°
C <sub>2</sub> - C <sub>3</sub>	2.00	2.40	4	56	72	3/8	1.20	44.2	
C <sub>2</sub> - D <sub>2</sub>	2.70	3.24	4	638	889	1	2.40	45.4	4°
D <sub>2</sub> - D <sub>3</sub>	2.00	2.40	4	56	72	3/8	1.20	46.6	
D <sub>2</sub> - E <sub>2</sub>	3.70	4.44	6	617	811	1	3.00	48.4	5°
E <sub>2</sub> - E <sub>3</sub>	2.00	2.40	4	56	72	3/8	1.20	49.6	
E <sub>2</sub> - F <sub>2</sub>	2.70	3.24	4	596	770	1	1.80	50.2	6°
F <sub>2</sub> - F <sub>3</sub>	2.00	2.40	4	104	146	3/8	5.00	55.2	
F <sub>2</sub> - G <sub>2</sub>	2.70	3.24	4	553	726	1	1.60	51.8	7°
G <sub>2</sub> - G <sub>3</sub>	2.00	2.40	4	104	146	3/8	5.00	56.8	
G <sub>2</sub> - H <sub>2</sub>	2.70	3.24	4	511	679	1	1.40	53.2	8°
H <sub>2</sub> - H <sub>3</sub>	2.00	2.40	4	104	146	3/8	5.00	58.2	
H <sub>2</sub> - I <sub>2</sub>	2.70	3.24	4	468	628	1	1.20	54.4	9°
I <sub>2</sub> - I <sub>3</sub>	2.00	2.40	4	104	146	3/8	5.00	59.4	
I <sub>2</sub> - J <sub>2</sub>	2.70	3.24	4	448	628	1	1.20	60.6	10°
J <sub>2</sub> - J <sub>3</sub>	2.00	2.40	4	104	146	3/8	5.00	65.6	
J <sub>2</sub> - K <sub>2</sub>	2.70	3.24	4	403	527	3/4	3.20	63.8	11°
K <sub>2</sub> - K <sub>3</sub>	2.00	2.40	4	104	146	3/8	5.00	70.6	
K <sub>2</sub> - L <sub>2</sub>	2.70	3.24	4	358	493	3/4	2.80	66.6	12°
L <sub>2</sub> - L <sub>3</sub>	2.00	2.40	4	104	146	3/8	5.00	71.6	
L <sub>2</sub> - M <sub>2</sub>	2.70	3.24	4	345	456	3/4	2.40	69.0	13°
M <sub>2</sub> - M <sub>3</sub>	2.00	2.40	4	104	146	3/8	5.00	74.0	
M <sub>2</sub> - N <sub>2</sub>	2.70	3.24	4	296	392	1/2	11.00	80.0	14°
N <sub>2</sub> - N <sub>3</sub>	2.00	2.40	4	104	146	3/8	5.00	79.0	
N <sub>2</sub> - Ñ <sub>2</sub>	2.70	3.24	4	269	354	1/2	9.00	89.0	15°
Ñ <sub>2</sub> - Ñ <sub>3</sub>	2.00	2.40	4	104	146	3/8	5.00	94.0	
Ñ <sub>2</sub> - O <sub>2</sub>	2.70	3.24	4	228	312	1/2	7.00	96.0	16°
O <sub>2</sub> - O <sub>3</sub>	2.00	2.40	4	104	146	3/8	5.00	101.0	
O <sub>2</sub> - P <sub>2</sub>	2.70	3.24	4	192	264	1/2	5.00	101.0	17°
P <sub>2</sub> - P <sub>3</sub>	2.00	2.40	4	104	146	3/8	5.00	106.0	
P <sub>2</sub> - Q <sub>2</sub>	5.40	6.48	6	148	196	3/8	13.5	119.5	18°

MATERIAL	CANTIDAD(m)
Tubería de cobre tipo L 1 1/4"	53.00
Tubería de cobre tipo L 1 "	17.20
Tubería de cobre tipo L 3/4"	8.10
Tubería de cobre tipo L 1/2"	10.80
Tubería de cobre tipo L 3/8"	35.40

BAJA PRESION - MEMORIA DE CALCULO

Piso 19

TRAMO	LONGITUD REAL (m)	LONGITUD REAL + 20% (m)	PIT TRAMO (Mcal/hora)	DIAMETRO (pulgadas)	CAIDA DE PRESION EN EL TRAMO (Pascales)	CAIDA DE PRESION ACUMULADA (Pascales)
A - B	7.70	9.24	72	1	40.08	40.08
B - B <sub>1</sub>	2.00	2.40	12	3/8	22.01	62.09
B - C	0.80	0.96	60	1	2.89	42.97
C - C <sub>1</sub>	3.00	3.60	26	1/2	47.72	90.69
C - D	1.00	1.20	34	3/4	4.37	47.33
D - D <sub>1</sub>	2.00	2.40	26	1/2	31.81	79.15
D - E	5.00	6.00	8	1/2	7.53	54.86

Piso 20

TRAMO	LONGITUD REAL (m)	LONGITUD REAL + 20% (m)	PIT TRAMO (Mcal/hora)	DIAMETRO (pulgadas)	CAIDA DE PRESION EN EL TRAMO (Pascales)	CAIDA DE PRESION ACUMULADA (Pascales)
A - B	10.60	12.72	72	1	55.17	55.17
B - B <sub>1</sub>	2.00	2.40	12	3/8	18.34	73.52
B - C	0.70	0.84	60	1	2.53	57.70
C - C <sub>1</sub>	3.25	3.90	26	1/2	51.69	109.40
C - D	1.00	1.20	34	3/4	4.37	62.07
D - D <sub>1</sub>	2.00	2.40	26	3/4	5.11	67.17
D - E	5.00	6.00	8	3/4	1.21	63.28

ALTURAS SOBRE EL N.P.T. PARA LOS ARTEFACTOS MAS COMUNES

TERMO A GAS	0,35 m
CALENTADOR DE PARED	1 á 1,30 m
COCINA	0,45 á 0,60 m
SECADORA	0,45 á 0,60 m
CALEFACTOR	0,45 á 0,60 m
CHIMENEA	0,30 á 0,60 m

MATERIAL	CANTIDAD(m)
Tuberia de cobre tipo L 1 1/4"	
Tuberia de cobre tipo L 1 "	21.92
Tuberia de cobre tipo L 3/4"	9.00
Tuberia de cobre tipo L 1/2"	10.00
Tuberia de cobre tipo L 3/8"	4.00

TORRE A Y TORRE B

SION - MEMORIA DE CALCULO

Pisos 3°, 4°, 5°

TRAMO	LONGITUD REAL (m)	LONGITUD REAL + 20% (m)	PIT TRAMO (Mcal/hora)	DIAMETRO (pulgadas)	CAIDA DE PRESION EN EL TRAMO (Pascales)	CAIDA DE PRESION ACUMULADA (Pascales)
A - B	12.80	15.36	72	1	66.62	66.62
B - B <sub>1</sub>	2.90	3.48	8	1/2	4.37	70.99
B - C	4.20	5.04	64	1	17.27	83.89
C - C <sub>1</sub>	1.30	1.56	12	3/8	14.31	98.20
C - D	0.80	0.96	52	1	2.17	86.07
D - D <sub>1</sub>	2.25	2.70	26	3/4	5.74	91.81
D - E	2.25	2.70	26	3/4	5.74	91.81

Pisos del 6° al 18° ALA IZQUIERDA

TRAMO	LONGITUD REAL (m)	LONGITUD REAL + 20% (m)	PIT TRAMO (Mcal/hora)	DIAMETRO (pulgadas)	CAIDA DE PRESION EN EL TRAMO (Pascales)	CAIDA DE PRESION ACUMULADA (Pascales)
A - B	6.80	8.16	72	1	35.39	35.39
B - B <sub>1</sub>	3.00	3.60	8	1/2	4.52	39.91
B - C	4.30	5.16	64	1	17.68	53.08
C - C <sub>1</sub>	1.50	1.80	12	3/8	16.51	56.42
C - D	0.80	0.96	52	3/4	8.17	61.25
D - D <sub>1</sub>	2.75	3.30	26	1/2	43.74	104.99
D - E	2.25	2.70	26	1/2	35.79	97.03

MATERIAL	CANTIDAD(m)
Tuberia de cobre tipo L 1 1/4"	
Tuberia de cobre tipo L 1 "	28.90
Tuberia de cobre tipo L 3/4"	10.55
Tuberia de cobre tipo L 1/2"	20.80
Tuberia de cobre tipo L 3/8"	4.60

Pisos del 6° al 18° ALA DERECHA

TRAMO	LONGITUD REAL (m)	LONGITUD REAL + 20% (m)	PIT TRAMO (Mcal/hora)	DIAMETRO (pulgadas)	CAIDA DE PRESION EN EL TRAMO (Pascales)	CAIDA DE PRESION ACUMULADA (Pascales)
A - B	1.40	1.68	72	3/4	27.41	27.41
B - B <sub>1</sub>	4.50	5.40	8	1/2	6.78	34.19
B - C	0.90	1.08	64	3/4	13.92	41.33
C - C <sub>1</sub>	1.80	2.16	12	3/8	19.81	61.14
C - D	2.95	3.54	52	3/4	30.13	71.46
D - D <sub>1</sub>	2.95	3.54	26	1/2	46.92	118.38
D - E	2.45	2.94	26	1/2	38.97	110.43

TABLA VI

Calculo de Diametros - Colinas de Camacho

MATERIAL SUGERIDO:

TUBERIA DE COBRE TIPO L - CALIDAD ASTM B88 TEMPLE DURO

$D_s C_3 C_4$	1.26
---------------	------

Presion Inicial	15 psi	1.054 K/cm <sup>2</sup>
-----------------	--------	-------------------------

Tramo	Longitud Real (m)	Longitud de Calculo(m)	F.S.	Q x Fs Tramo (m <sup>3</sup> /hora)	D nominal (pulg)	D interior (mm)	P <sub>i</sub> absoluta (K/cm <sup>2</sup> )	P <sub>i</sub> relativa (k/cm <sup>2</sup> )	Var. P (K/cm <sup>2</sup> )	% Acumulado	Velocidad del tramo (m/seg)@ 15°C
A - B	40.50	48.60	0.31	47.8	1 1/4	31.4	2.09	1.00	0.05	4.76%	17.88
B - C	6.40	70.00	0.37	28.5	1 1/4	31.4	2.04	0.98	0.08	7.49%	10.99
C - C <sub>1</sub>	2.00	2.40	1.00	2.5	3/8	10.38	2.01	0.97	0.08	7.72%	8.79
C - D	2.70	3.24	0.38	28.4	1	26.04	2.01	0.97	0.08	7.80%	15.93
D - D <sub>1</sub>	2.00	2.40	1.00	2.5	3/8	10.38	2.00	0.97	0.08	8.03%	8.82
D - E	3.70	4.44	0.38	27.4	1	26.04	2.00	0.97	0.09	8.20%	15.47
E - E <sub>1</sub>	2.00	2.40	1.00	2.5	3/8	10.38	2.00	0.97	0.09	8.43%	8.86
E - F	2.70	3.24	0.38	26.5	1	26.04	2.00	0.96	0.09	8.47%	14.98
F - F <sub>1</sub>	2.00	2.40	0.93	4.6	3/8	10.38	2.00	0.96	0.10	9.19%	16.61
F - G	2.70	3.24	0.38	24.6	1	26.04	2.00	0.96	0.09	8.72%	13.94
G - G <sub>1</sub>	2.00	2.40	0.93	4.6	3/8	10.38	2.00	0.95	0.10	9.43%	16.55
G - H	2.70	3.24	0.38	22.7	1	26.04	2.00	0.96	0.09	8.92%	12.90
H - H <sub>1</sub>	2.00	2.40	0.93	4.6	3/8	10.38	1.99	0.95	0.10	9.64%	16.58
H - I	2.70	3.24	0.38	20.8	1	26.04	1.99	0.96	0.10	9.10%	11.85
I - I <sub>1</sub>	2.00	2.40	0.93	4.6	3/8	10.38	1.99	0.95	0.10	9.81%	16.62
I - J	2.70	3.24	0.40	19.9	3/4	19.95	1.99	0.95	0.10	9.70%	19.45
J - J <sub>1</sub>	2.00	2.40	0.93	4.6	3/8	10.38	1.98	0.94	0.11	10.41%	16.73
J - K	2.70	3.24	0.4	17.9	3/4	19.95	1.98	0.95	0.11	10.19%	17.60
K - K <sub>1</sub>	2.00	2.40	0.93	4.6	3/8	10.38	1.98	0.94	0.11	10.90%	16.82
K - L	2.70	3.24	0.4	15.9	3/4	19.95	1.98	0.94	0.11	10.58%	15.71
L - L <sub>1</sub>	2.00	2.40	0.93	4.6	3/8	10.38	1.98	0.93	0.12	11.30%	16.90
L - M	2.70	3.24	0.44	15.3	3/4	19.95	1.98	0.94	0.12	10.96%	15.19
M - M <sub>1</sub>	2.00	2.40	0.93	4.6	3/8	10.38	1.97	0.93	0.12	11.68%	16.97
M - N	2.70	3.24	0.44	13.1	1/2	13.84	1.97	0.92	0.13	12.60%	27.55
N - N <sub>1</sub>	2.00	2.40	0.93	4.6	3/8	10.38	1.95	0.91	0.14	13.33%	17.29
N - Ñ	2.70	3.24	0.48	11.9	1/2	13.84	1.95	0.91	0.15	14.00%	25.46
Ñ - Ñ <sub>1</sub>	2.00	2.40	0.93	4.6	3/8	10.38	1.94	0.90	0.16	14.73%	17.57
Ñ - O	2.70	3.24	0.51	10.2	1/2	74.9	1.94	0.91	0.15	14.00%	0.74
O - O <sub>1</sub>	2.00	2.40	0.93	4.6	3/8	10.38	1.94	0.90	0.16	14.73%	17.58
O - P	2.70	3.24	0.52	7.8	1/2	13.84	1.94	0.90	0.15	14.64%	16.67
P - P <sub>1</sub>	2.00	2.40	0.93	4.6	3/8	10.38	1.93	0.89	0.16	15.37%	17.71
P - Q	5.40	6.48	0.66	6.6	1/2	13.84	1.93	0.89	0.16	15.59%	14.26



TABLA VII

Calculo de Diametros - Colinas de Camacho

MATERIAL SUGERIDO:

TUBERIA DE COBRE TIPO L - CALIDAD ASTM B88 TEMPLE DURO

D <sub>5</sub> C <sub>3</sub> /C <sub>4</sub>	1.26
---	------

Presion Inicial	15 psi	1.054 K/cm <sup>2</sup>
-----------------	--------	-------------------------

TRAMO	LONGITUD REAL (m)	Longitud de Calculo(m)	F.S.	Q x Fs Tramo (m <sup>3</sup> /hora)	D nominal (pulg)	D interior (mm)	P <sub>i</sub> absoluta (K/cm <sup>2</sup> )	P <sub>i</sub> relativa (k/cm <sup>2</sup> )	Var. P (K/cm <sup>2</sup> )	% Acumulado	Velocidad del tramo (m/seg)@ 15°C
B - C <sub>2</sub>	53.00	63.60	0.37	28.5	1 1/4	31.4	2.09	1.03	0.03	2.42%	10.42
C <sub>2</sub> - C <sub>3</sub>	2.00	2.40	1.00	2.49	3/8	10.38	2.06	1.03	0.03	2.64%	8.33
C <sub>3</sub> - D <sub>2</sub>	2.70	3.24	0.38	28.4	1	26.04	2.06	1.03	0.03	2.72%	15.10
D <sub>2</sub> - D <sub>3</sub>	2.00	2.40	1.00	2.49	3/8	26.04	2.06	1.03	0.03	2.72%	1.33
D <sub>2</sub> - E <sub>2</sub>	3.70	4.44	0.38	27.4	1 1/4	31.4	2.06	1.02	0.03	2.88%	10.05
E <sub>2</sub> - E <sub>3</sub>	2.00	2.40	1.00	2.5	3/8	10.38	2.06	1.02	0.03	3.11%	8.37
E <sub>2</sub> - F <sub>2</sub>	2.70	3.24	0.38	26.5	1	26.04	2.06	1.02	0.03	3.15%	14.15
F <sub>2</sub> - F <sub>3</sub>	2.00	2.40	0.93	4.6	3/8	10.38	2.05	1.01	0.04	3.85%	15.69
F <sub>2</sub> - G <sub>2</sub>	2.70	3.24	0.38	24.6	1	26.04	2.05	1.02	0.04	3.38%	13.17
G <sub>2</sub> - G <sub>3</sub>	2.00	2.40	0.93	4.6	3/8	10.38	2.05	1.01	0.04	4.07%	15.62
G <sub>2</sub> - H <sub>2</sub>	2.70	3.24	0.38	22.7	1	26.04	2.04	1.01	0.05	4.28%	12.28
H <sub>2</sub> - H <sub>3</sub>	2.00	2.40	0.93	4.6	3/8	10.38	2.04	1.00	0.05	4.97%	15.77
H <sub>2</sub> - I <sub>2</sub>	2.70	3.24	0.38	20.8	1	26.04	2.04	1.01	0.05	4.45%	11.27
I <sub>2</sub> - I <sub>3</sub>	2.00	2.40	0.93	4.6	3/8	10.38	2.04	1.00	0.05	5.15%	15.80
I <sub>2</sub> - J <sub>2</sub>	2.70	3.24	0.4	19.9	1	26.04	2.04	1.01	0.05	4.61%	10.81
J <sub>2</sub> - J <sub>3</sub>	2.00	2.40	0.93	4.6	3/8	10.38	2.04	1.00	0.06	5.31%	15.83
J <sub>2</sub> - K <sub>2</sub>	2.70	3.24	0.4	17.9	3/4	19.95	2.03	0.99	0.06	5.79%	16.78
K <sub>2</sub> - K <sub>3</sub>	2.00	2.40	0.93	4.6	3/8	10.38	2.03	0.99	0.07	6.49%	16.03
K <sub>2</sub> - L <sub>2</sub>	2.70	3.24	0.4	15.9	3/4	19.95	2.03	0.99	0.07	6.18%	14.97
L <sub>2</sub> - L <sub>3</sub>	2.00	2.40	0.93	4.6	3/8	10.38	2.02	0.98	0.07	6.88%	16.09
L <sub>2</sub> - M <sub>2</sub>	2.70	3.24	0.44	15.3	3/4	19.95	2.02	0.99	0.07	6.54%	14.47
M <sub>2</sub> - M <sub>3</sub>	2.00	2.40	0.93	4.6	3/8	10.38	2.02	0.98	0.08	7.24%	16.16
M <sub>2</sub> - N <sub>2</sub>	2.70	3.24	0.44	13.1	3/4	19.95	2.02	0.98	0.07	6.81%	12.44
N <sub>2</sub> - N <sub>3</sub>	2.00	2.40	0.93	4.6	3/8	10.38	2.02	0.97	0.08	7.52%	16.20
N <sub>2</sub> - Ñ <sub>2</sub>	2.70	3.24	0.48	11.9	3/4	19.95	2.02	0.98	0.07	7.05%	11.33
Ñ <sub>2</sub> - Ñ <sub>3</sub>	2.00	2.40	0.93	4.6	3/8	10.38	2.01	0.97	0.08	7.75%	16.25
Ñ <sub>2</sub> - O <sub>2</sub>	2.70	3.24	0.51	10.2	3/4	19.95	2.01	0.98	0.08	7.22%	9.65
O <sub>2</sub> - O <sub>3</sub>	2.00	2.40	0.93	4.6	3/8	10.38	2.01	0.97	0.08	7.92%	16.28
O <sub>2</sub> - P <sub>2</sub>	2.70	3.24	0.52	7.8	1/2	13.84	2.01	0.97	0.08	7.84%	15.44
P <sub>2</sub> - P <sub>3</sub>	2.00	2.40	0.93	4.6	1/2	10.38	2.00	0.96	0.09	8.54%	16.39
P <sub>2</sub> - Q <sub>2</sub>	5.40	6.48	0.66	6.6	1/2	13.84	2.00	0.96	0.09	8.75%	13.20



TABLA VIII

Presion Inicial	<b>11 W.C.</b>	<b>279.400 mm W.C.</b>
-----------------	----------------	------------------------

Tramo	Longitud Real (m)	Longitud de Calculo(m)	Q (m <sup>3</sup> /hora)	D nominal (pulg)	D interior (mm)	P <sub>i</sub> absoluta ( K/cm <sup>2</sup> )	P <sub>i</sub> relativa (k/cm <sup>2</sup> )	Var. P (K/cm <sup>2</sup> )	% Acumulado
B'F	12.00	14.40	3.14	1	26.04	279.40	257.33	-257.33	8%
DG	12.00	14.40	3.14	1	26.04	279.40	257.33	-257.33	8%
EH	6.00	7.20	48.93	3	70	279.40	265.49	-265.49	5%
HI	6.00	7.20	16.58	1 1/2	32	265.49	181.02	-181.02	35%
HJ	6.00	7.20	32.35	2	50	265.49	232.32	-232.32	17%
JK	2.00	2.40	26.96	2	50	232.32	224.38	-224.38	20%
KL	2.00	2.40	21.57	2	50	224.38	219.09	-219.09	22%
LM	2.00	2.40	16.17	2	50	219.09	215.96	-215.96	23%
MN	2.00	2.40	10.78	2	50	215.96	214.47	-214.47	23%
NO	2.00	2.40	5.39	1 1/2	32	214.47	210.82	-210.82	25%



TABLA X

Producto	Canalizado				
Proyecto	Cajas de Camacho				
Ciudad	Lima	Tipo de Cambio		\$/3.677	
Inversión	\$13,881.00				
	Con otras Inversiones				
Ventas		GLNS/Día	TM/Mes	TM/Año	
		59	3.62	43	
		\$/TM	\$/Mes	\$/anual	
Margen Bruto (PV-MP)		\$180.00	\$651.00	\$7,812.00	
COSTOS	Transporte	\$/TM	\$30.00	\$108.50	\$1,302.00
	Administrativos	\$/TM	\$9.38	\$33.92	\$407.09
	Comercial y otros	\$/TM	\$19.74	\$71.39	\$856.72
	* Comerciales Operativos	\$/TM	\$0.00	\$0.00	\$0.00
	Total Costos	\$/TM	\$59.12	\$213.82	\$2,565.81
		\$/TM	\$/Mes	\$/anual	
Margen Neto		\$57.78	\$208.98	\$2,507.78	
AÑO BASE	10				
INVERSION	\$13,881.00				
CONSUMO TM / AÑO	43				
EVALUACION A	10				
V.A.N. (AL 15%)	\$ 4,932				
T.I.R.	25.07%				
TIEMPO DE RECUP. En años	3.56				

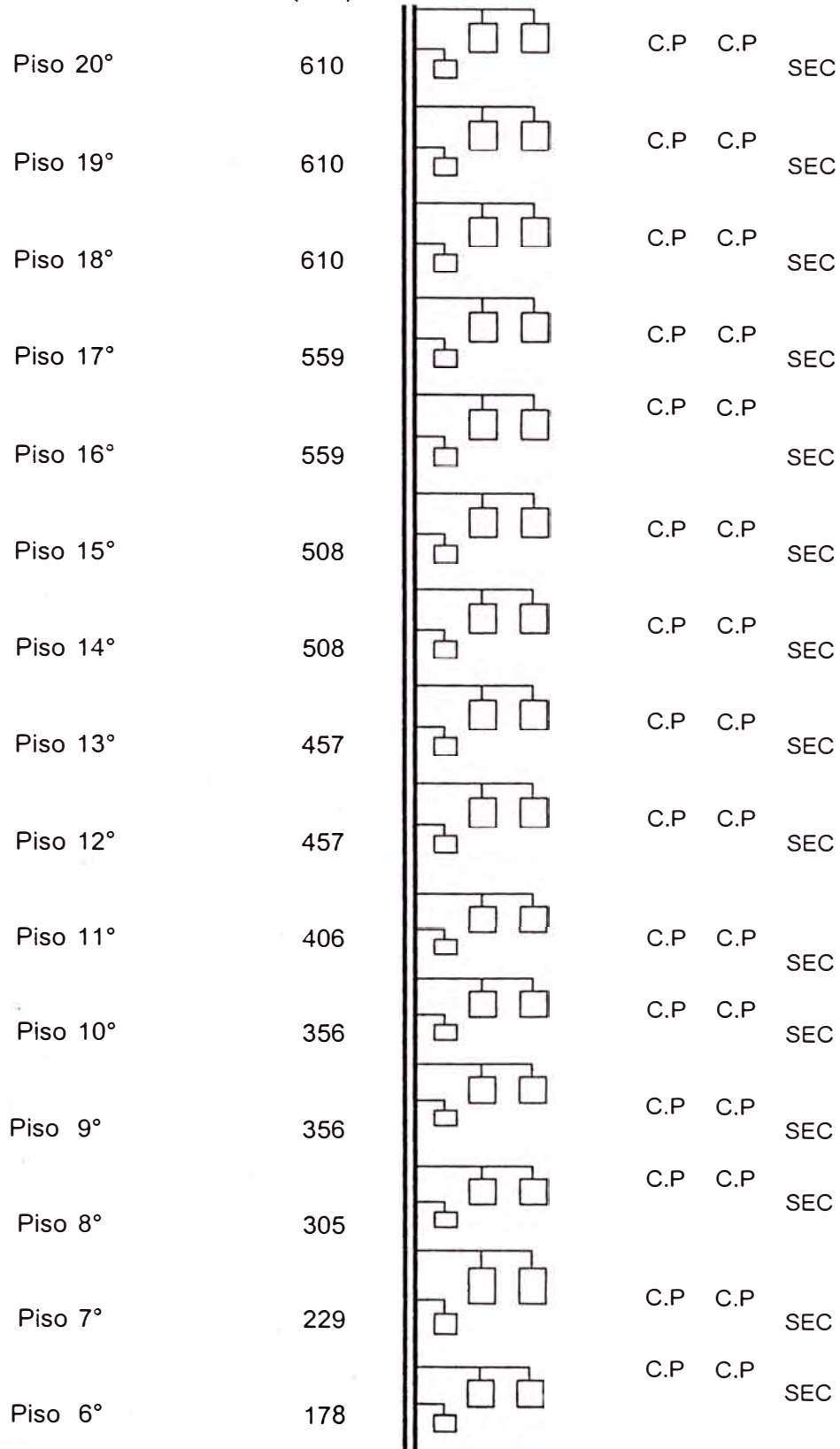
CUADRO DE SENSIBILIDAD del TIR respecto del Margen Bruto y a las Ventas

Ventas	Sensibilidad Margen Bruto		Margen Bruto						
	10%	70%	70%	80%	90%	100%	110%	120%	130%
10%			\$126.00	\$144.00	\$162.00	\$180.00	\$198.00	\$216.00	\$234.00
130%	56	17%		23%	28%	33%	39%	44%	49%
120%	52	15%		20%	26%	31%	36%	40%	45%
110%	48	13%		18%	23%	28%	32%	37%	41%
100%	43	11%		16%	21%	25%	29%	33%	37%
90%	39	9%		14%	18%	22%	26%	30%	34%
80%	35	7%		11%	15%	19%	23%	26%	30%
70%	30	5%		9%	13%	16%	19%	22.40%	25.44%

# Ducto Colectivo de Evacuacion de PDC - Area Este Torres A y B

## DUCTO (1)

Diámetro  
(mm)



ANEXO XI

ucto Colectivo de Evacuacion de PDC - Area Este Torres A y B

**DUCTO (2)**

Diámetro  
(mm)

Piso 18°	640		C.P	C.P	SEC
Piso 17°	610		C.P	C.P	SEC
Piso 16°	610		C.P	C.P	SEC
Piso 15°	610		C.P	C.P	SEC
Piso 14°	559		C.P	C.P	SEC
Piso 13°	559		C.P	C.P	SEC
Piso 12°	508		C.P	C.P	SEC
Piso 11°	508		C.P	C.P	SEC
Piso 10°	457		C.P	C.P	SEC
Piso 9°	457		C.P	C.P	SEC
Piso 8°	406		C.P	C.P	SEC
Piso 7°	356		C.P	C.P	SEC
Piso 6°	356		C.P	C.P	SEC
Piso 5°	305		C.P	C.P	SEC
Piso 4°	229		C.P	C.P	SEC
Piso 3°	178		C.P	C.P	SEC