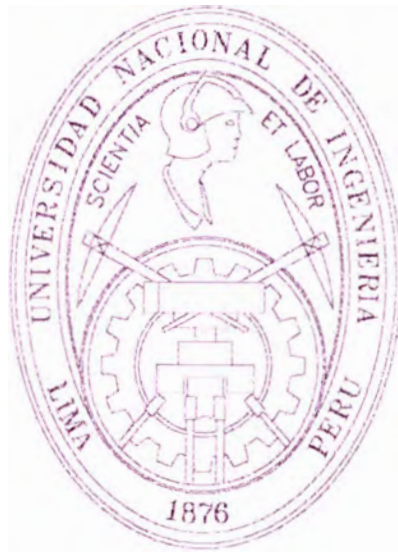


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**“INSTALACIONES DOMICILIARIAS DE GAS NATURAL”**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

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

**MARIO ENRIQUE LAFOSSE GILES**

PROMOCION 1984-II

LIMA-PERU

2003

**Esta Obra está Dedicada a la  
Memoria de mis Queridos Padres  
Agustín y María.**

## TABLA DE CONTENIDO

### TITULO: INSTALACIONES DOMICILIARIAS DE GAS NATURAL

	Página
▪ CAPITULO I	
1.0 INTRODUCCION .....	1
1.0 OBJETIVOS .....	1
1.1 ALCANCES .....	1
1.2 LIMITACIONES .....	5
▪ CAPITULO II	
2.0 EL GAS NATURAL .....	8
2.1 GENERALIDADES .....	8
2.2 ¿QUÉ ES EL GAS NATURAL? .....	9
2.3 RESERVAS DE GAS NATURAL .....	17
2.4 RESERVAS DE GAS NATURAL EN EL PERU .....	19

2.5 LOS USOS DEL GAS NATURAL .....	29
2.6 IMPACTO EN LA ECONOMÍA DEL PERU .....	33
2.6.1 GENERACION DE EMPLEO .....	33
2.6.2 INVERSIONES DIRECTAS .....	35
2.6.3 EFECTOS .....	36
2.7 AVANCES EN LA NORMALIZACION DE LA INDUSTRIA DEL GAS EN EL PERU .....	36
▪ CAPITULO III	
3.0 DISEÑO Y CALCULO .....	41
3.1 REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD .....	41
3.1.1 DE LA INSTALACIÓN .....	42
3.1.2 DE LOS EQUIPOS .....	88
3.2 EQUIPOS DE USO FRECUENTE .....	91
3.2.1 EQUIPOS A GAS DE CIRCUITO ABIERTO .....	92
3.2.2 EQUIPOS A GAS DE CIRCUITO ESTANCO .....	94
3.3 DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN .....	99
3.3.1 METODO DE CALCULO .....	99
3.3.2 EJEMPLO DE CALCULO .....	125
3.4 PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD .....	142
3.4.1 ALCANCES .....	142
3.4.2 PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD PARA TRAMOS DE BAJA PRESION .....	147
3.5 OPERACIÓN DE LA PUESTA EN SERVICIO .....	151

▪ CAPITULO IV	
4.0 VENTAJAS ECONOMICAS .....	154
4.1 ALCANCES .....	154
4.2 COMPARACION DE COSTOS GLP vs GN .....	159
4.3 APLICACIÓN A UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR .....	162
4.4 RENTABILIDAD DE LA INVERSIÓN .....	167
CONCLUSIONES .....	171
BIBLIOGRAFÍA .....	174
APÉNDICE .....	177
PLANOS	

## **1.0**

### **INTRODUCCION**

#### **1.1 OBJETIVOS**

Dentro del esquema de la difusión de la Cultura del Gas Natural (GN) en el Perú y de las bondades de su uso, el objetivo del presente Informe de Suficiencia Profesional es el de mostrar el cálculo de la red de tuberías, para gas alimentadas en baja presión (BP) en las instalaciones domiciliarias unifamiliares y multifamiliares destacando el uso de las tablas como un método breve, práctico y económico, y mostrar los requerimientos de seguridad que deben tenerse presente en los ambientes y de los equipos a gas allí instalados de uso más frecuente.

#### **1.2 ALCANCES**

Según el Contrato BOOT<sup>(1)</sup> de Concesión para la Distribución del Gas de Camisea, la empresa Transportadora de Gas del Perú, liderada por la

Compañía Techint, ha asumido el compromiso de entregar el gas en la puerta de la ciudad de Lima, el llamado City Gate (ubicado en las pampas de San Bartolo al sur de Lima), a más tardar en agosto del 2004. A partir de aquel punto, la empresa sueca Tractebel, se hará cargo de la distribución del gas natural para Lima y Callao.

Una vez que se inicie la distribución del gas, los beneficios serán casi inmediatos para el sector industrial así como para los otros sectores. Es así que el sector domiciliario de Lima y Callao será beneficiado por el uso del gas natural, más barato y cómodo en comparación con el gas licuado de petróleo (GLP), actualmente uno de los combustibles más difundidos. Si tomamos como referencia el precio del GLP de 0,857 US \$/kg en el mercado interno, podemos considerar un ahorro mensual de U S \$1,8 por adoptar el GN, para aquellas familias que consuman un balón de 10 kg de GLP al mes. A mayor consumo de GLP el ahorro es mucho mayor.

El impacto de la aplicación del gas natural en el sector domiciliario es pequeño dentro de la economía nacional pero no por eso deja de ser importante desde que su uso para el común de los habitantes en su propio domicilio constituirá grandes ahorros para su economía, facilidad de uso y servicio continuo y seguro, tales como los suministros de electricidad y agua.

A este punto sería conveniente seguir un modelo de desarrollo del GN tal como se ha planteado en la República de Argentina, país con más de 50

años de experiencia en el gas natural, donde el sector domiciliario es el de mayor crecimiento anual en cuanto al consumo, alrededor del 5%, y ocupa el segundo lugar después del industrial. Nuestro vecino del sur, Chile, que no es productor de gas natural y cuyo territorio está atravesado por cuatro gasoductos provenientes de la Argentina, ha dado un gran impulso al consumo de gas natural en el sector domiciliario, ocupando también este sector la segunda posición después del cliente industrial. El Perú con el gas de Camisea debe apuntar a que el sector residencial tenga un crecimiento semejante a dichos países y que se constituya como un consumidor de gas ubicado en la segunda posición en un futuro no muy lejano.

En este sentido, teniendo como horizonte cercano la presencia del gas natural en nuestra ciudad y proponiéndose difundir sus propiedades y beneficios, es que se ha elaborado el presente Informe de Suficiencia Profesional. Y para darle un marco conceptual, en el Capítulo 2 se da una visión general de lo que es el Gas Natural, sus usos principales y lo que significa el gas de Camisea para el Perú.

En el Capítulo 3, se explicará los requisitos de seguridad que deben reunir los ambientes donde se instalarán los equipos consumidores a gas natural, incluida la seguridad de los mismos. Estos requisitos apuntan a la ventilación y evacuación de los gases de combustión. Después se mostrará el método de cálculo de la distribución, es decir de la red de tuberías y un ejemplo aplicado incluida una justificación económica. Por último se explican



las pruebas que deben hacerse a la red de tuberías y la operación y puesta en servicio.

Los beneficios del uso del gas natural se dan en el Capítulo 4. Se hará una comparación económica entre los diversos combustibles de mayor uso en el sector domiciliario, el kerosene y el gas licuado de petróleo (GLP). Se desarrolla la conveniencia económica del ejemplo aplicado tomándolo como un proyecto.

Se incluyen en este informe las Conclusiones, la Bibliografía consultada y otras fuentes de información y por último un Apéndice que sirve para suministrar datos e información complementaria de mucha utilidad.

A falta de Normas Nacionales referidas al diseño de instalaciones domiciliarias y aplicaciones relacionadas de Gas Natural, es que se harán referencia a las Normas Internacionales, como aquellas utilizadas en España (Normas UNE), y el Manual de Códigos de la National Fuel Gas basado en la edición 1992 de ANSI Z223.1 – NFPA 54 que se refiere a los materiales permitidos para las tuberías de gas natural, detalladas en el Apéndice C.

Las unidades utilizadas en el presente informe son tanto las inglesas como las del Sistema Internacional, dependiendo de la fuente de información.

En cuanto a la denominación de los ambientes donde están instalados los equipos a gas se emplean las frases de locales o recintos. En cuanto a los equipos se dan las denominaciones de artefactos, aparatos de gas o gasodomésticos.

En lo que se refiere a la denominación de las viviendas, unifamiliar da a entender una sola familia y multifamiliar o plurifamiliar a varias viviendas agrupadas en chalets o edificios.

### 1.3 LIMITACIONES

Dentro del objetivo y alcances ya enunciados, el presente Informe de Suficiencia Profesional pretende difundir el método de cálculo de la red interior de tuberías para el sector domiciliario privilegiando el uso de tablas ya establecidas , incluidas en el Apéndice A.

Las tablas es el método de más amplio uso para el dimensionamiento de la red de tuberías de gas. Ellas contienen las capacidades de caudal de gas para los diferentes diámetros y longitudes de tuberías en plomo, cobre, acero y acero inoxidable.

Este método es el más directo para ser usado por instaladores de tuberías de gas. Las tablas no tienen la intención de optimizar el tamaño de la red de tuberías a fin de minimizar los costos de los materiales, pero sí el

de tomar en cuenta los ahorros potenciales que pueden lograrse en toda vivienda desde que sería mucho menos que el costo del tiempo que toma a un ingeniero en calcular la instalación con exactitud.

El esquema de cálculo sirve para viviendas ubicadas en la ciudad de Lima o el Callao, o donde haya disponibilidad de una tubería perteneciente a una red de distribución de gas natural que pase delante de ellas, por la calle o avenida.

El cálculo mencionado sirve desde la salida del medidor de gas individual para cada vivienda siguiendo por toda la red de tuberías hasta el aparato consumidor más alejado y todas las derivaciones que haya entre ambas.

El presente informe no incluye el cálculo de la acometida, esto es el tubo que conecta la red de distribución de gas con la instalación interna domiciliaria, y que según el Glosario, Siglas y Abreviaturas del Subsector Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas publicado en el Diario El Peruano el miércoles 23 de octubre de 2002, la define como:

"En la Distribución del Gas Natural por Red de Ductos es la Instalación que permite el Suministro de Gas Natural desde las Redes de Distribución. La acometida tiene como componentes el tubo de conexión, el medidor, los equipos de regulación y accesorios necesarios."

Según el contrato de distribución de gas natural por red de ductos para las ciudades de Lima y Callao, la acometida será diseñada e instalada por la empresa suministradora y será propiedad del usuario consumidor.

**(1) Contrato BOOT:**

Contrato de "Construcción, Posesión, Operación y Transferencia". Viene de las siglas en inglés: **Built – Own – Operate – Transfer**.

## 2.0

### EL GAS NATURAL

#### 2.1 GENERALIDADES

La solución para muchos de nuestros desafíos presentes y futuros yace literalmente bajo nuestros pies: el gas natural. Este combustible de quemado más limpio y eficiente se encuentra en abundancia en toda América y en el resto del mundo.

El gas natural fue formado a partir de los restos enterrados de diminutas plantas y animales marinos que desaparecieron hace más de 200 millones de años. Bajo la presión y el calor del constante incremento de capas de arena y cieno - algunas de miles de pies de espesor – estos materiales ricos energéticamente se descompusieron lentamente, cambiando de forma hasta que todo lo que quedó fueron concentraciones de gas natural atrapada entre las capas rocosas.

El gas natural está compuesto principalmente de metano y tiene una simple estructura química: una molécula de carbono y cuatro moléculas de hidrógeno (CH<sub>4</sub>). Eso es lo que lo hace de quemado tan limpio. El petróleo y el carbón, los otros combustibles fósiles, son químicamente más complejos (ver tabla 2.1). Ellos contienen mayor proporción de carbono, sulfuros y nitrógeno.

**Tabla 2.1**

Comparación la polución del aire de los combustibles fósiles (libras de contaminantes del aire por millón de BTU de energía)

<b>Fuel Source</b>	<b>Natural Gas</b>	<b>Oil</b>	<b>Coal</b>
Carbon Dioxide	117,000	164,000	208,000
Nitrogen Oxides	92	448	457
Sulfur Dioxide	0.6	1,122	2,591
Particulates	7.0	84	2,744

Fuente: American Gas Association – Energy Information Administration

El gas natural produce una combustión eficaz, rentable y limpia, y por sus precios competitivos, permite alcanzar considerables economías a sus usuarios. Por ser el combustible más limpio de origen fósil, contribuye decisivamente en la lucha contra la contaminación atmosférica, y es una alternativa energética que destacará en el siglo XXI por su creciente participación en los mercados mundiales de la energía.

La explotación a gran escala de esta fuente energética natural cobró especial relevancia tras los importantes hallazgos registrados en distintos lugares del mundo a partir de los años cincuenta. Gracias a los avances tecnológicos desarrollados, sus procesos de producción, transporte, distribución y utilización no representan riesgos ni causan impacto ambiental apreciable.

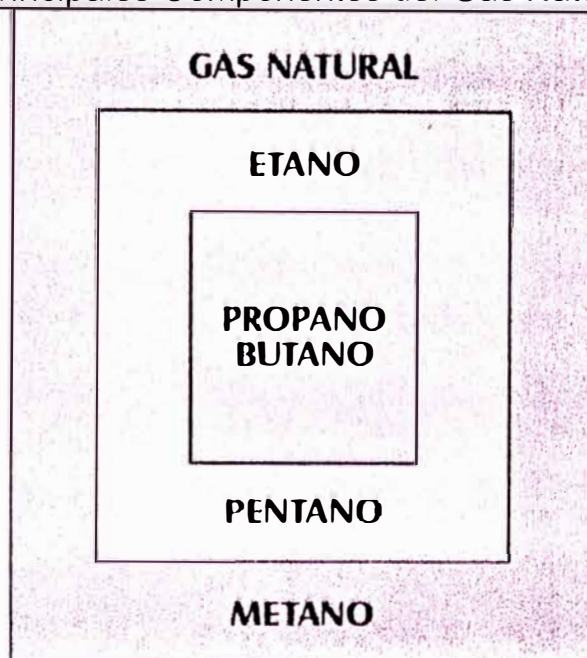
Ningún país del mundo que aliente expectativas de crecimiento de su economía, que cuente con reservas de gas natural y que especialmente no sea un país petrolero, no puede dejar de lado el uso intensivo, en todos los campos de su aplicación, al gas natural.

## 2.2 ¿QUÉ ES EL GAS NATURAL?

El gas natural extraído de los yacimientos, como el de Camisea, es un producto incoloro e inodoro y más ligero que el aire. Es una mezcla de hidrocarburos (ver figuras 2.1a y 2.1b) en donde el metano se encuentra en grandes proporciones, usualmente el contenido de metano en el gas natural es no menor del 80%, acompañado de otros hidrocarburos y gases cuya concentración depende de la localización del yacimiento. Los otros componentes del gas natural (ver tabla 2.2), además del metano, son el etano, el propano, el butano y otras fracciones más pesadas como el pentano, el hexano, el heptano, etc.

El metano y el etano se encuentran en estado gaseoso y el etano puede convertirse en etileno que constituye un insumo para la industria química.

**Figura 2.1a**  
Principales Componentes del Gas Natural



- Gas metano CII,
- Líquidos de gas natural y otros más pesados (IGN)
- Gas licuado de petróleo (GLP)

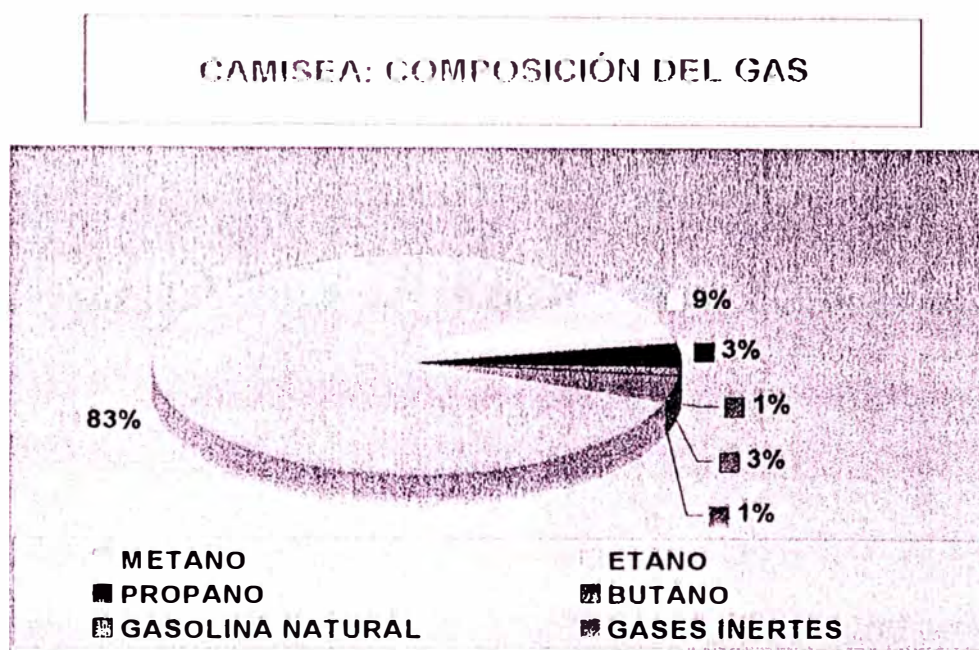
Fuente: El Gas Natural – Luis F. Cáceres Graziani

El propano y el butano se encuentran en estado gaseoso a temperaturas y presiones normales. La mezcla del propano y del butano, sea en estado gaseoso o en estado líquido – si se enfría a menos de 42 grados centígrados – se denomina gas licuado de petróleo – GLP – y es el que se



comercializa en balones para su uso en cocinas, calentadores y en otros usos industriales.

**Figura 2.1b**



Fuente: Simposio Internacional Gas de Camisea: Retos y Perspectivas

A este punto tenemos que resaltar lo que se denomina Líquidos de Gas Natural – LGN – que está referido a la combinación de gases como el propano, butano, etano y otros condensados que puede tener el gas natural.

Cuando el gas natural tiene elevadas cantidades de LGN, es conveniente separar algunos de sus componentes, asegurando así que no se condensen en la tubería y permitiendo que el gas cumpla con sus especificaciones. El LGN tiene un importante valor comercial y es, en

buena cuenta, su comercialización la que financia cualquier proyecto gasífero como es el caso de Camisea.

**Tabla 2.2**  
Denominación de los Hidrocarburos del Gas Natural

Metano ( $C_1 H_4$ )	Octano ( $C_8 H_{18}$ )
Etano ( $C_2 H_6$ )	Etileno ( $C_2 H_4$ )
Propano ( $C_3 H_8$ )	Propileno ( $C_3 H_6$ )
Butano ( $C_4 H_{10}$ )	Butileno ( $C_4 H_8$ )
Pentano ( $C_5 H_{12}$ )	Benceno ( $C_6 H_6$ )
Hexano ( $C_6 H_{14}$ )	Tolueno ( $C_7 H_8$ )
Heptano ( $C_7 H_{16}$ )	

Fuente: El Gas Natural – Luis F. Cáceres Graziani

Los hidrocarburos más pesados como el pentano, el hexano y el heptano pasan con facilidad al estado líquido y constituyen lo que se conoce como gasolina natural o condensados.

Las denominadas impurezas (ver tabla 2.3) del gas natural – del orden del 1% - son principalmente el nitrógeno, el bióxido de carbono, el helio, el oxígeno, el vapor de agua y otras en cantidades mínimas.

A diferencia del petróleo, el gas natural no requiere de plantas de refinación para procesarlo y obtener productos comerciales. Las impurezas que pueda contener el gas natural son fácilmente separadas por simples procesos físicos.

**Tabla 2.3**  
Contaminantes del Gas Natural

Sulfuro de hidrógeno	H <sub>2</sub> S
Monóxido de carbono	CO
Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>
Sulfuro de carbonilo	COS
Disulfuro de carbono	CS <sub>2</sub>
Mercaptanos	RSH
Nitrógeno	N <sub>2</sub>
Agua	H <sub>2</sub> O
Oxígeno	O <sub>2</sub>
Mercurio	Hg

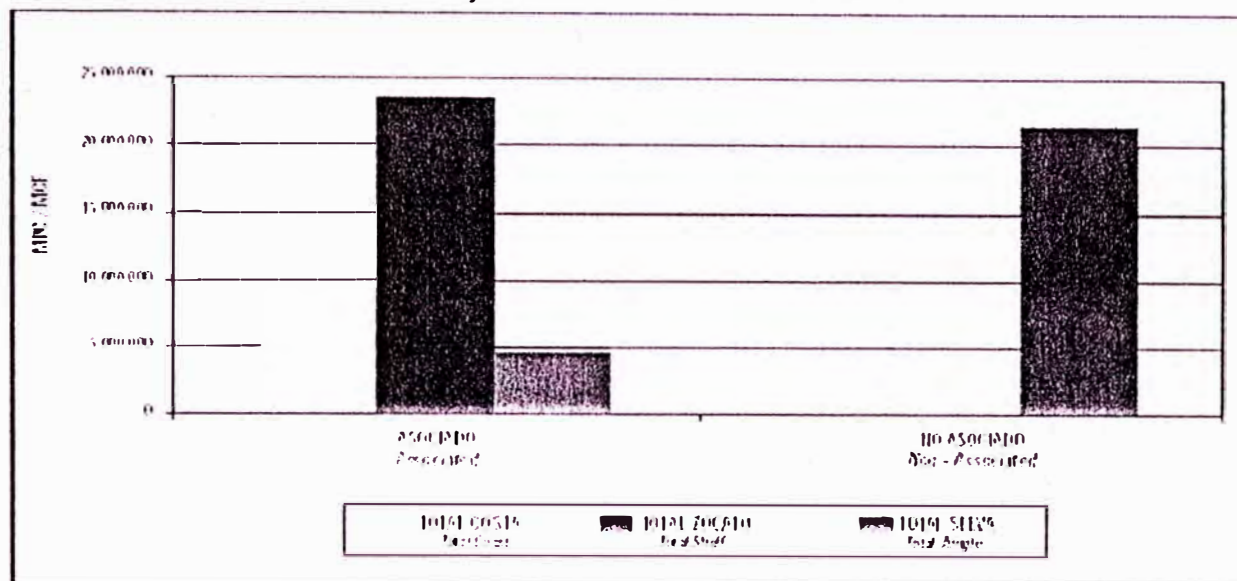
Fuente: La Composición del Gas – Iconsa: Ing. Marcías J. Martínez

El gas natural se encuentra en la naturaleza como Gas Asociado, cuando está acompañado de petróleo, y como Gas no Asociado, cuando no contiene petróleo. Esta característica es variable según la zona (ver figura 2.2) de producción en nuestro país.

Así como el GLP – propano y butano – es diferente al término LGN, que se refiere a los líquidos contenidos en el gas natural, existe el término GNL que se refiere al Gas Natural Licuado.

**Figura 2.2**

Gas Natural Asociado y No Asociado – Producción al año 2000



Fuente: Anuario Estadístico de Hidrocarburos 2000 – Ministerio de Energía y Minas

El GNL está compuesto básicamente del gas metano, que es sometido a un proceso criogénico a fin de llevar su temperatura hasta 162 grados centígrados bajo cero para licuarlo y reducir en una relación de 600 a 1 el volumen que ocupa en estado gaseoso y aquel ocupado en forma líquida, con el objeto de transportarlo vía terrestre o marina a grandes distancias hacia sus consumidores. El GNL al arribar hacia su destino, es regasificado con el uso de vaporizadores.

El transporte marítimo del GNL, a través de tanque metaneros, no es muy común en los países productores – sólo se transporta el 5% de la producción mundial, a muy bajas temperaturas y a presión atmosférica – pues la comercialización del gas se realiza por medio de sistemas de

tuberías interconectadas en el propio territorio o conectadas al sistema de otro país.

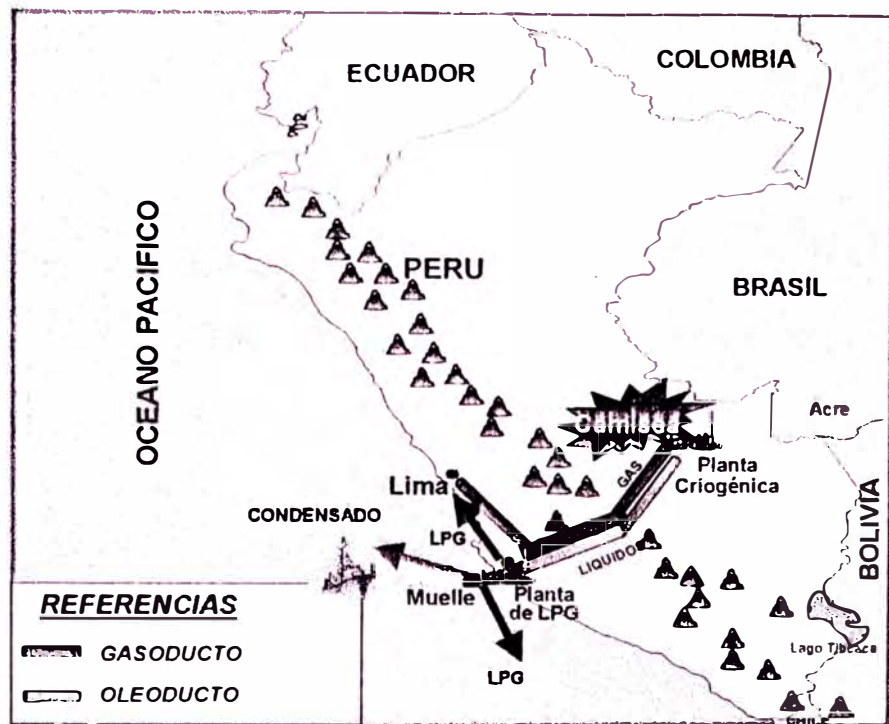
Las instalaciones típicas de gas natural cuentan normalmente con dos tipos de tuberías que van hasta los centros de consumo:

- Una tubería para transportar el gas natural
- Una tubería para transportar líquidos de gas natural (LNG)

El proyecto Camisea, actualmente en ejecución, considera el transporte de gas natural seco mediante un gasoducto y de condensados mediante un poliducto. El tendido de ambas tuberías se realiza en paralelo (ver figura 2.3) desde el campo Malvinas en la Selva hasta el puerto de Pisco en la costa.

Las tuberías para el transporte de gas – llamados gasoductos – hoy en día, con los avances tecnológicos en la calidad del acero y de las soldaduras, ofrecen la mayor seguridad y garantía para poder transportar el gas a muy altas presiones que alcanzan las dos mil libras por pulgada cuadrada.

**Figura 2.3**  
Transporte del gas natural desde Camisea



Fuente: Simposio Internacional Gas de Camisea: Retos y Perspectivas

### 2.3 RESERVAS DE GAS NATURAL

Los reservorios de petróleo o del gas natural están constituidos por rocas porosas en estructuras geológicas denominadas yacimientos que pueden ser de tres tipos:

- Yacimientos de gas asociado donde el producto principal es el petróleo.

- Yacimientos de gas no asociado o libre donde el producto principal es el gas, que también se denominan yacimientos de gas seco.
- Yacimientos de condensados donde el gas se encuentra mezclado con hidrocarburos líquidos, que también se denominan yacimientos de gas húmedo.

Alrededor del 75% de las reservas de gas en el mundo están constituidas por yacimientos de gas no asociado.

Con respecto a las reservas de gas, hay términos que ya están siendo aceptadas por la mayor parte de los países. Con algunas variaciones, los términos más conocidos son:

- Reservas probadas
- Reservas probables
- Reservas posibles

Las reservas probadas de gas natural o líquidos de gas natural, son las cantidades estimadas de estos hidrocarburos basadas en las informaciones geológicas y de ingeniería obtenidas mediante los métodos actualmente utilizados, que demuestran con razonable certeza que pueden ser recuperadas.

Las reservas probables son aquellas que en base a evidencias de gas o de líquidos de gas natural, son susceptibles de ser probadas.

Las reservas posibles están constituidas por las reservas que pueden existir pero que la información disponible no permite darle una clasificación mayor.

En un campo de gas se puede considerar como su máxima reserva total a la suma de sus reservas probadas, más el 50% de sus reservas probables, más el 25% de sus reservas posibles.

El potencial de reservas incluye además de lo indicado en el párrafo anterior, las reservas esperadas en otras áreas en las cuales hay indicios razonables de existir gas.

Las reservas esperadas también se denominan recursos, refiriéndose así a aquellas reservas esperadas que están por ser explotadas.

La totalidad del gas estimado que existen un campo no debe confundirse con las máximas reservas que son las que realmente es posible recuperar al haberse comprobado su existencia mediante una exploración.

## 2.4 RESERVAS DE GAS NATURAL EN EL PERU



En el Perú existen reservas de gas natural al noroeste – Talara – y al noreste, al frente de esa zona, en pleno zócalo continental. Sus volúmenes son mínimos comparados con las encontradas en Camisea, en el Cuzco. Hay también gas natural en la selva central – Aguaytía – y en volumen mayor a la zona noroeste.

En la zona petrolífera de Pavayacu, también se extrae gas natural en volúmenes menores bajo la forma de gas asociado. Este gas es venteado – quemado – por no encontrarle un uso apropiado.

Las máximas reservas totales de gas natural, tomando como base el Anuario Estadístico de Hidrocarburos, al año 2000 (ver tablas 2 4a y 2 4b), del Ministerio de Energía y Minas, a nivel nacional, son calculadas de la siguiente forma:

$$8'654,900 + 50\% * 7'428,700 + 25\% * 12'741,900 = 15'554,725$$

Resumiendo, el volumen de reservas de gas natural en el Perú al año 2000 es algo más de  $15 * 10^{12}$  pies cúbicos, que equivale a  $4,25 * 10^{11}$  metros cúbicos de gas.

En el noroeste peruano, las reservas de gas, cuyo volumen no es significativo, no se ha hecho un estudio profundo de aquella zona. Se trata

Tabla 2.4a

RESERVAS DE GAS NATURAL 1991 - 2000 (MMPC)							
	COSTA NORTE	ZOCALO	SELVA NORTE	SELVA CENTRAL	SELVA SUR	AREAS NO ASIGNADAS	TOTAL PAIS
<b>RESERVAS PROBADAS</b>							
1,991	114,915	196,161	18,808	254,000	0	6,470,000	7,053,884
1,992	106,250	191,374	17,345	254,000	0	6,470,000	7,038,969
1,993	79,907	209,142	18,314	254,000	0	8,470,000	7,031,383
1,994	85,151	208,487	28,257	254,000	0	6,470,000	7,045,895
1,995	69,565	202,290	26,681	255,650	0	6,470,000	7,024,185
1,996	53,788	181,914	0	222,600	6,470,000	0	6,928,302
1,997	56,300	170,700	0	301,800	6,470,000	0	6,998,800
1,998	243,300	171,800	0	296,100	0	8,108,200	8,819,400
1,999	158,900	136,800	0	289,800	0	8,108,100	8,693,600
2,000	151,100	111,600	0	284,100	8,108,100	0	8,654,900
<b>RESERVAS PROBABLES</b>							
1,991	100,434	125,700	7,006	0	0	6,328,750	6,561,890
1,992	106,462	102,393	7,262	0	0	6,328,295	6,544,412
1,993	141,959	136,370	9,592	0	0	6,328,295	6,616,216
1,994	115,215	133,280	9,365	12	0	6,335,200	6,579,058
1,995	101,198	130,233	12,412	12	0	8,335,200	8,579,058
1,996	111,376	144,448	14,400	37,100	6,300,000	0	6,607,324
1,997	111,700	109,000	5,500	81,100	6,300,000	30,500	6,637,800
1,998	391,100	144,500	19,100	81,100	3,000,000	2,197,600	5,833,400
1,999	715,000	74,100	28,800	80,000	4,025,000	2,197,700	7,120,600
2,000	709,400	382,200	33,300	81,100	5,161,600	1,061,100	7,428,700
<b>RESERVAS POSIBLES</b>							
1,991	130,470	319,739	45,852	0	7,200	13,080,500	13,585,111
1,992	138,614	402,889	15,282	1,500	1,500	13,184,770	13,745,905
1,993	71,935	477,288	16,662	1,500	0	13,248,770	13,817,505
1,994	66,164	636,788	69,540	31,750	0	13,856,250	14,661,392
1,995	66,654	624,390	66,490	31,750	0	13,856,250	14,646,284
1,996	106,918	725,070	56,800	70,200	14,057,000	9,000	15,025,488
1,997	23,800	481,800	87,100	640,400	12,024,000	289,500	13,508,400
1,998	530,900	720,400	69,500	148,000	2,097,000	5,104,500	8,670,300
1,999	623,100	1,179,700	74,200	79,100	3,502,000	5,176,600	10,634,700
2,000	622,300	3,188,800	68,100	64,000	3,734,800	5,063,900	12,741,900

Fuente: Anuario Estadístico de Hidrocarburos 2000 - Ministerio de Energía y Minas

Tabla 2.4b

RESERVAS DE LIQUIDOS DE GAS NATURAL 1991 - 2000 (MBLS)							
	COSTA NORTE	ZOCALO	SELVA NORTE	SELVA CENTRAL	SELVA SUR	AREAS NO ASIGNADAS	TOTAL PAIS
<b>RESERVAS PROBADAS</b>							
1,991	1,466	1,765	805	19,200	0	417,700	440,956
1,992	1,461	1,722	740	19,200	0	417,700	440,821
1,993	1,283	1,882	774	19,200	0	417,700	440,839
1,994	1,171	1,876	1,206	19,200	0	417,000	440,453
1,995	1,115	1,820	1,066	20,320	0	0	433,255
1,996	855	2,200	0	13,200	417,000	0	433,255
1,997	0	0	0	17,889	417,000	0	434,889
1,998	0	0	0	15,118	0	566,520	581,638
1,999	0	0	0	14,315	0	566,521	580,836
2,000	0	0	0	15,706	566,521	0	<b>582,227</b>
<b>RESERVAS PROBABLES</b>							
1,991	795	974	295	0	0	393,850	395,914
1,992	761	778	305	0	0	394,150	395,994
1,993	1,907	1,084	400	0	0	394,150	397,541
1,994	824	1,013	364	0	0	394,797	396,996
1,995	1,843	1,172	497	0	0	394,266	397,800
1,996	1,411	1,630	0	2,300	390,000	0	395,341
1,997	0	0	0	4,833	390,000	0	394,833
1,998	0	0	0	3,953	150,000	151,029	304,982
1,999	0	0	0	3,589	190,000	151,029	344,618
2,000	0	0	0	4,598	301,029	40,000	<b>345,627</b>
<b>RESERVAS POSIBLES</b>							
1,991	1,982	2,852	1,865	0	288	705,320	712,307
1,992	1,695	2,656	613	0	144	707,196	712,358
1,993	1,239	3,083	667	0	0	708,028	713,071
1,994	809	3,710	2,549	0	0	749,668	756,772
1,995	1,066	5,619	2,660	1,270	0	739,038	749,733
1,996	1,325	9,300	745	2,949	730,710	150	745,170
1,997	0	0	0	24,984	646,000	0	670,984
	0	0	0	4,283	100,000	308,912	413,195
1,	0	0	0	4,565	158,000	308,912	471,477
2,00	0	0	0	3,346	221,212	245,700	470,258

Fuente: Anuario Estadístico de Hidrocarburos 2000 - Ministerio de Energía y Minas

pues de un gas asociado – que se consume localmente - y diferente al de Camisea, que es un gas no asociado.

La otra reserva de gas, la del zócalo continental y que es de menor volumen a aquella de la costa, es un yacimiento que fue descubierto por Petrotech Peruana, en el año 1994. Como en el caso anterior, es un gas asociado.

Las reservas de gas natural de Aguaytía están ubicadas en la selva central y en las cercanías de la ciudad de Pucallpa. Este yacimiento constituye el primer desarrollo industrial y comercial de un campo de gas en el Perú.

El yacimiento de gas natural de Aguaytía fue descubierto en 1961 por la Mobil y luego revirtió al Estado, hasta que en el año 1993 la compañía Maple Gas Corporation obtiene, en licitación, los derechos de explotación exclusiva por 40 años.

Maple Gas Corporation ha constituido la empresa Aguaytía Energy la cual ha efectuado las siguientes operaciones:

- Extracción del gas en volúmenes de hasta 65 millones de pies cúbicos diarios.

- Planta de procesamiento e instalaciones de fraccionamiento del gas licuado de petróleo – GLP – en un equivalente a 3,800 barriles diarios.
- Instalación de Aguaytía a Pucallpa de un gasoducto de 210 kilómetros para el gas natural y un poliducto de 112 kilómetros para el transporte de líquidos de gas natural – LGN – y,
- Una central termoeléctrica de 160 Megawatts que consume 36 millones de pies cúbicos de gas natural al día.

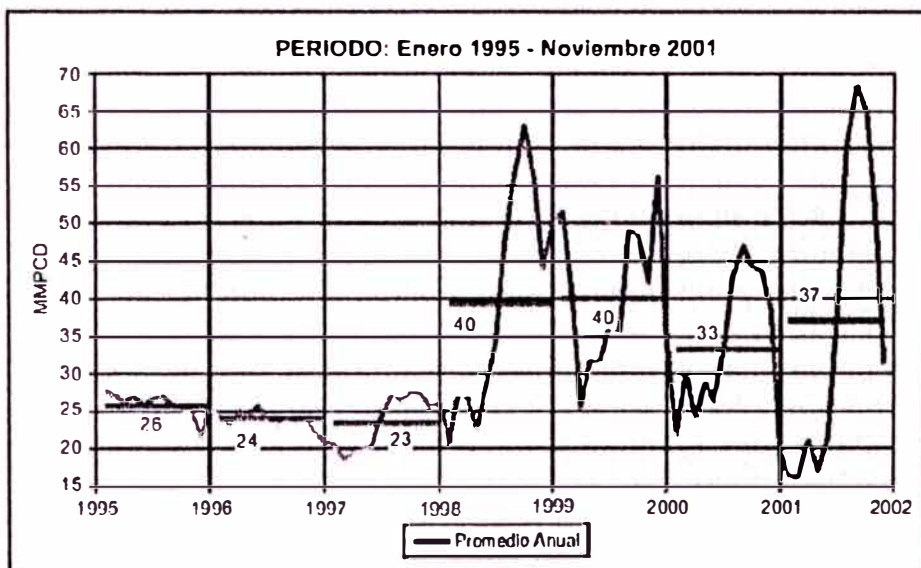
La energía eléctrica producida en la central mencionada es enviada mediante una línea de transmisión hasta la ciudad de Paramonga, en la costa, con una longitud de unos 400 kilómetros. A su paso por los Andes, suministra energía eléctrica a asentos mineros como Antamina, Santa Luisa, Pucarrajo, entre otros.

Actualmente, el gas licuado de petróleo – GLP – de Aguaytía llega también a la ciudad de Lima por intermedio de camiones tanque, que cruzan la cordillera y ya en su primer año de operación han transportado más de 15 millones de galones de GLP al mercado limeño.

La producción fiscalizada<sup>(1)</sup> promedio (ver figura 2.4) de diciembre 2001 fue de 22.45 millones de pies cúbicos diarios; hay una disminución respecto al mes de noviembre debido a un menor volumen fiscalizado en el Lote 31C – en la selva central, Aguaytía – para generación eléctrica. En el primer semestre de 1999 la producción de gas fue de 36.33 millones de pies

cúbicos diarios y en el mismo periodo del año anterior, en 1998, la producción fue menor e igual a 26.38 millones de pies cúbicos diarios. El incremento de la producción en 1999 se debe al inicio de la venta de gas por Aguaytía Energy en la selva central.

**Figura 2.4**  
Producción Fiscalizada Promedio



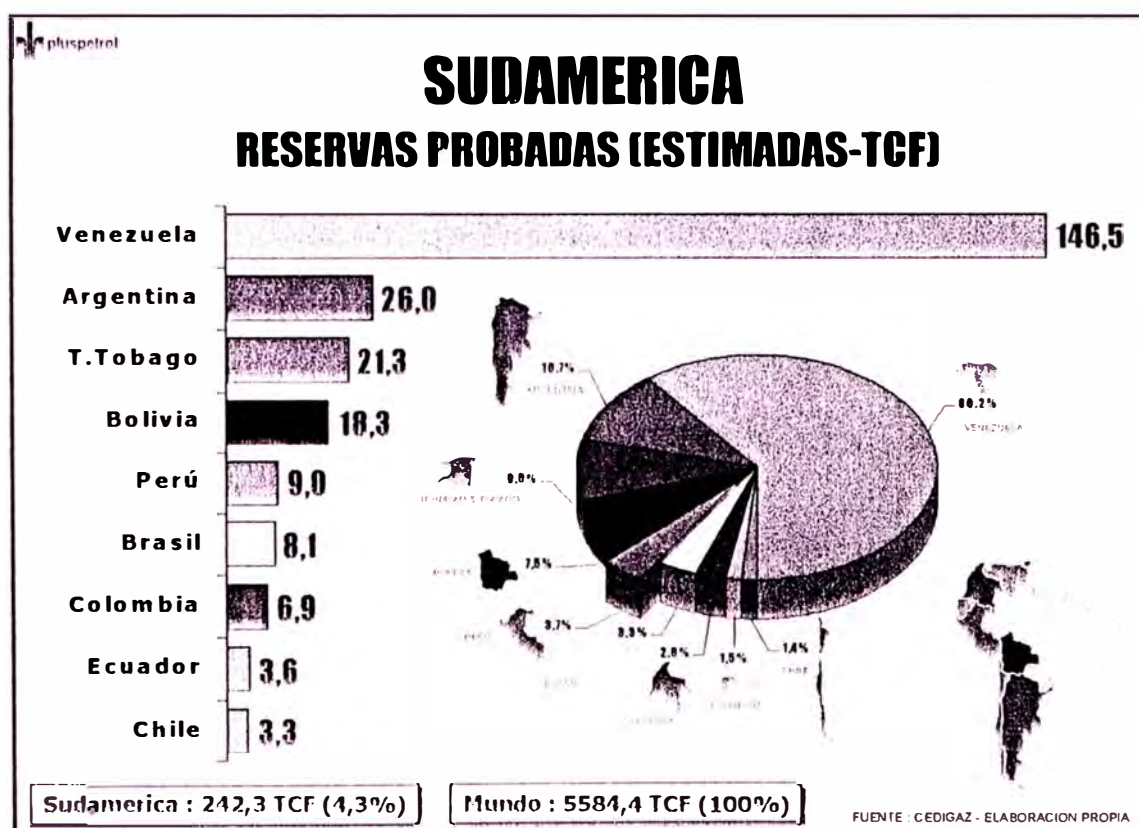
Fuente: Operación del Sector Hidrocarburos – Ministerio de Energía y Minas

En el caso de las costa, zona noroeste, la producción de gas corresponde a las empresas Pérez Companc de Argentina, Graña & Montero del Perú y Sapet de China. Esta producción es de pequeña escala.

En el zócalo continental el productor es únicamente Petrotech y que vende gas a la generadora eléctrica en Piura.

Las reservas de gas natural en Camisea constituyen el yacimiento más importante del Perú. Nuestra posición en cuanto a reservas probadas de gas (ver figura 2.5) nos coloca en quinta posición en Sud – América luego de Venezuela, Trinidad y Tobago, Argentina y Bolivia.

Figura 2.5



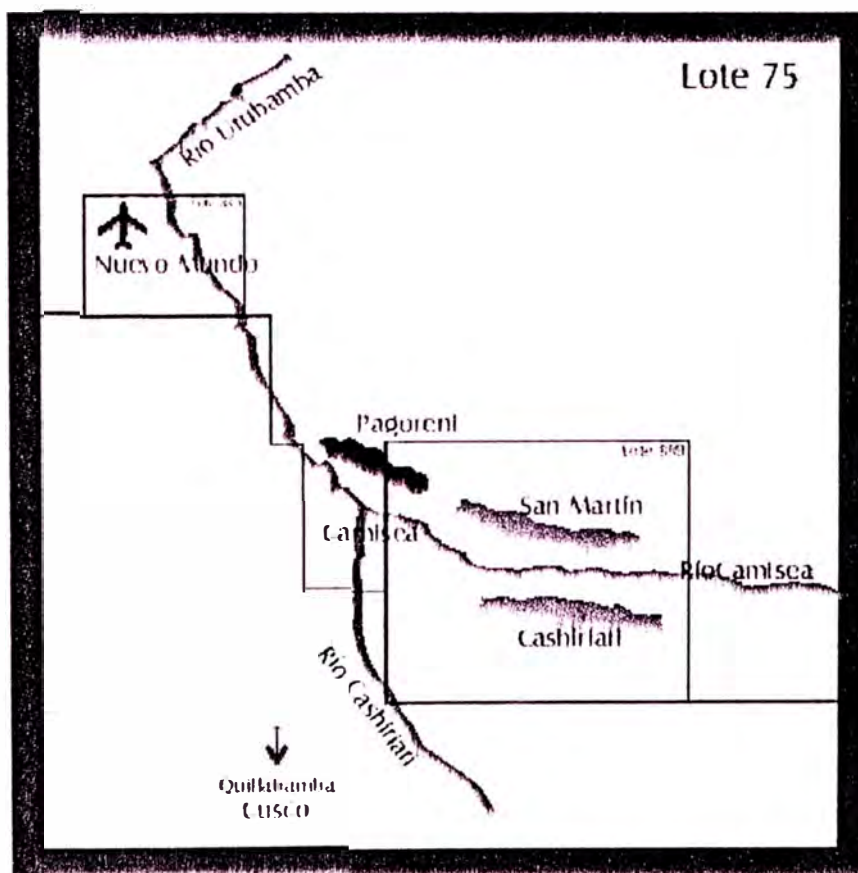
Fuente: Simposio Internacional Gas de Camisea: Retos y Perspectivas

El yacimiento de Camisea está ubicado en el lado oriental de la cordillera de los Andes, en el departamento del Cuzco, en el valle del Urubamba, provincia de La Convención y en el distrito de Echearate.

Posterior al descubrimiento de Camisea está el yacimiento de Pagoreni, contiguo al anterior, ubicado en la zona de Candamo, y que se vislumbra como un buen prospecto de gas natural.

Propiamente en Camisea, en el Lote 88 (ver figura 2.6), existen los yacimientos San Martín y Cashiri ubicados en ambas márgenes del río Camisea. El yacimiento Pagoreni está ubicado parcialmente sobre el Lote 88 y propiamente sobre la confluencia de los ríos Camisea y Cashiri.

**Figura 2.6**  
Ubicación del Yacimiento Camisea



Fuente: El Gas Natural – Luis F. Cáceres Graziani



Camisea es un yacimiento de gas natural no asociado cuya relación de líquidos de gas natural a gas natural es de 55 a 75 barriles por millón de pies cúbicos de gas, lo que le da un mayor valor a este yacimiento por su reserva de líquidos que da la posibilidad de obtener unos 60,000 barriles diarios de condensados. Esta cantidad de condensados representa más del 50% de nuestra producción de petróleo crudo. Por eso su importancia, pues como se dijo anteriormente, los condensados de Camisea son los que financiarán dicho proyecto, actualmente en ejecución.

Los hidrocarburos de Camisea (ver figura 2.2) se encuentran en estado gaseoso. Las pruebas efectuadas con los condensados han determinado que poseen un buen porcentaje de propano, butano y condensados, lo que le da un importante valor comercial, de extraerse solamente unos 50,000 barriles diarios.

Por último, se pueden expresar las siguientes consideraciones:

- Camisea constituye un gran prospecto de gas natural en Latinoamérica.
- El Perú es un país dependiente del petróleo.
- Las reservas de gas natural de Camisea equivalen alrededor de nueve veces las reservas actuales de petróleo.

- El déficit en nuestra balanza comercial de hidrocarburos excede ya los 710 millones de dólares anuales. En 1981 nuestra balanza comercial era positiva con 521 millones de dólares.
- Una energía barata para la transformación de nuestras materias primas en productos elaborados es necesaria en nuestro país. El gas natural significa eso: energía barata.
- El gas de Camisea debe entenderse que debe ser un medio para lograr nuestro desarrollo y no un fin para enriquecer a muchos burócratas.

## 2.5 LOS USOS DEL GAS NATURAL

El gas natural se utiliza en numerosas actividades económicas agrupadas (ver figura 2.7) en residencial o doméstico, comercial, industrial, petroquímica, generación de energía y transporte.

En el área residencial, el gas natural se consume en la calefacción de ambientes (salas, comedores, habitaciones, etc.) y en los gasodomésticos (cocinas, calentadores de agua, secadoras, acondicionadores de ambiente, grilles, etc.)

En la actividad comercial, se consume en lavanderías, tintorerías, hoteles, restaurantes, hospitales, centros comerciales, etc.

En la industria se usa como combustible y como insumo:

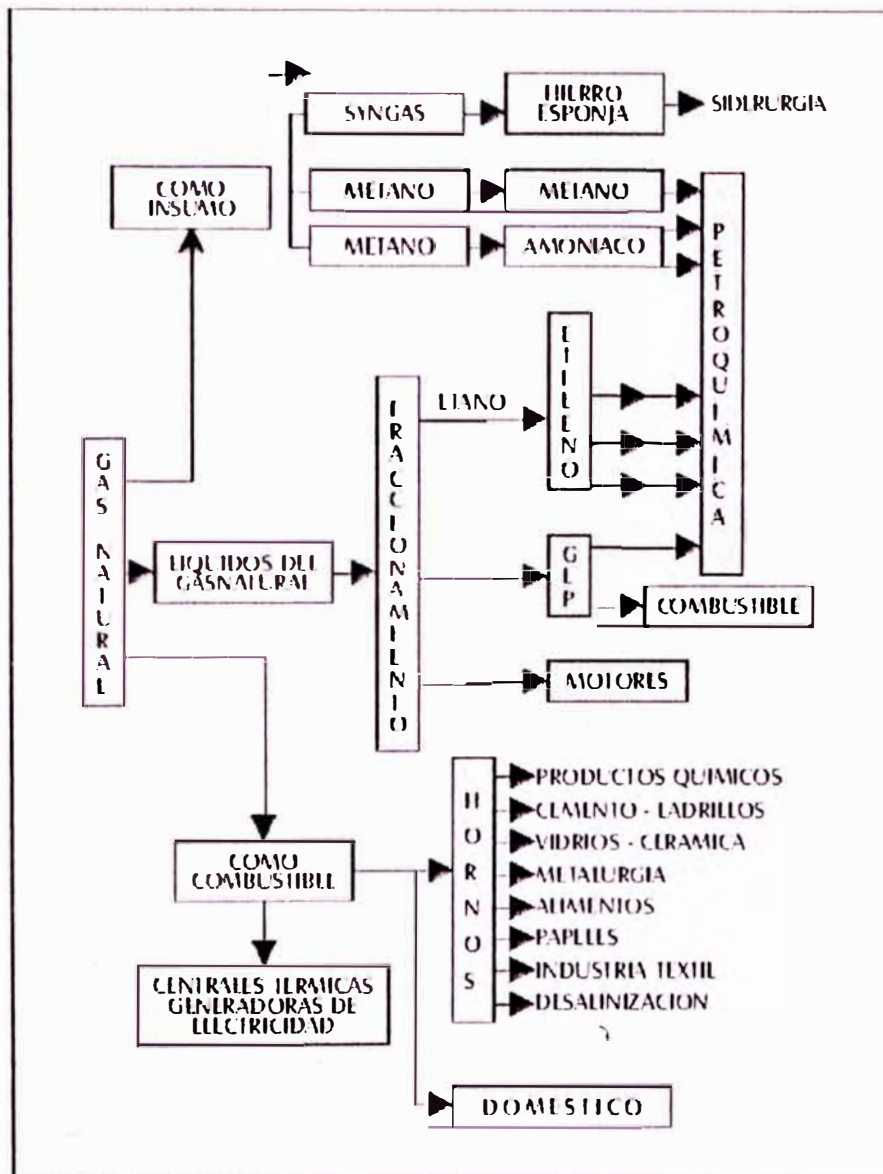
- Como combustible se quema en hornos de cemento, ladrillos, cerámica, metalurgia; en la industria alimenticia, papeles, textiles, en la desalinización, etc. Su uso en las calderas industriales es importante como sustituto de los residuales, para la generación de vapor.
- Como insumo para la producción de hierro esponja para la fabricación del acero.

En la actividad petroquímica se utiliza para obtener un sinnúmero de productos petroquímicos como el amoníaco, urea, negro de humo, alcohol isopropílico, metanol, etileno, propileno, acetileno, butadieno, adhesivos, etc.

En la generación de energía, se convierte la energía calorífica contenida en el gas natural en energía eléctrica, básicamente mediante compresoras, cámaras de combustión, turbinas y generadores eléctricos. Hay dos formas de realizar esto; el primero se denomina ciclo simple en el cual los gases calientes de la combustión se echan al medio ambiente luego de pasar por la turbina; el segundo se llama ciclo combinado (ver figura 2.8) en el que los gases calientes luego de impulsar a la turbina, pasan al interior de un caldero para que con su alta temperatura produzcan vapor de agua que impulsará una turbina a vapor que generará también electricidad. Si con

el ciclo simple obtenemos una eficiencia de planta del 33%, con el ciclo combinado se podrá alcanzar más allá del 55%.

**Figura 2.7**  
Utilización del Gas Natural

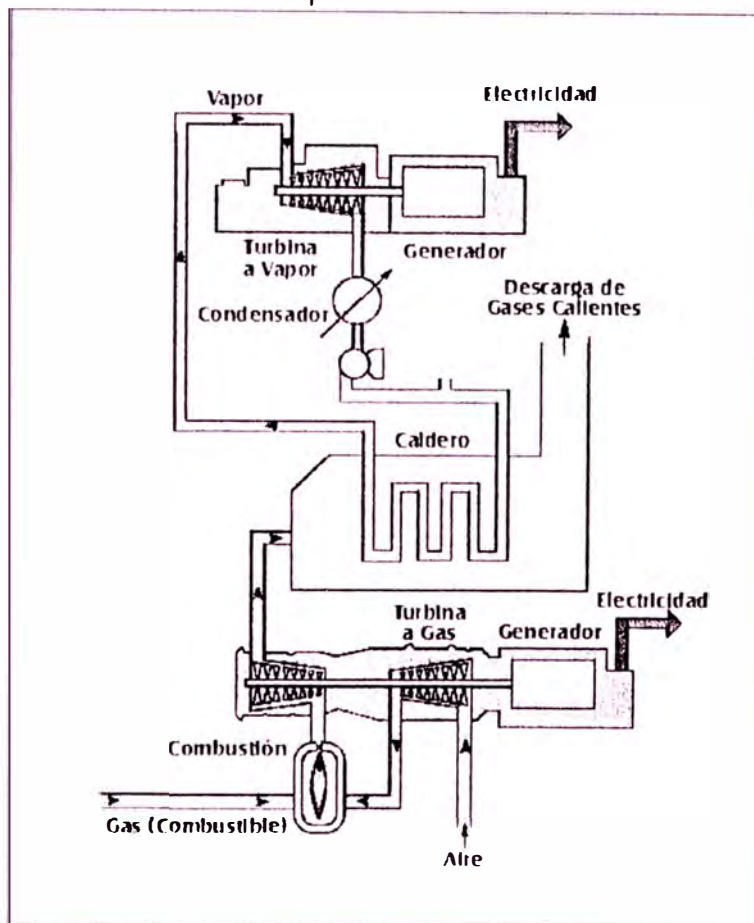


Fuente: Simposio Internacional Gas de Camisea: Retos y Perspectivas

En la actividad del transporte la sustitución de los diesel y gasolinas por el gas natural comprimido (GNC) así como el gas licuado (GLP del

petróleo o como subproducto de los condensados del gas natural) se hace muy oportuna, sobretodo en el transporte público.

**Figura 2.8**  
Ciclo Combinado para la Generación Eléctrica



Fuente: El Gas Natural – Luis F. Cáceres Graziani

Empresas estatales y privadas (ver tabla 2.5) han firmado contratos de compra de gas natural acogiéndose a los beneficios que da la Ley de Promoción y Desarrollo del Gas Natural. Tales clientes se denominan Consumidores Iniciales (C.I.).

De Camisea se debe explotar no solamente el gas natural en sí sino también los líquidos que se extraen de dicho yacimiento. Según un escenario muy conservador (ver figura 2.9) de producción de líquidos y ventas de gas se estima que la venta de líquidos sería de 25 mil barriles diarios para los primeros dos años y se elevaría a 50 mil barriles diarios para los siguientes años hasta acabar con las reservas de líquidos (781 millones de barriles).

**Tabla 2.5**

CONSUMIDORES INICIALES (C.I.) DE GAS NATURAL PROCEDENTE DE CAMISEA			
Empresa	Nº Plantas	MSCMD(**)	MMSCFD(***)
Electro Perú S.A.	(*)	1,982.00	69.99
Cerámica Lima S.A.	2	100.00	3.53
Sudamericana de Fibras S.A.	1	79.00	2.79
Vidrios Industriales S.A.	2	58.20	2.06
Alicorp S.A.	2	56.45	1.99
Cerámicas San Lorenzo S.A.C.	1	36.80	1.30
Corporación Cerámica S.A.	2	31.00	1.09
Total		2,343.45	82.75
(*) Nº de plantas a determinarse posteriormente			
Capacidad Diaria Contratada Total, según contrato de suministro de gas con el productor:			
(**) MSCMD: miles de metros cúbicos estándar por día.			
(***) MMSCMD: millones de pies cúbicos estándar por día.			

Fuente: Balance Nacional de Energía 2000 – OTERG Ministerio de Energía y Minas.

## 2.6 IMPACTO EN LA ECONOMIA DEL PERU

### 2.6.1 GENERACION DE EMPLEO

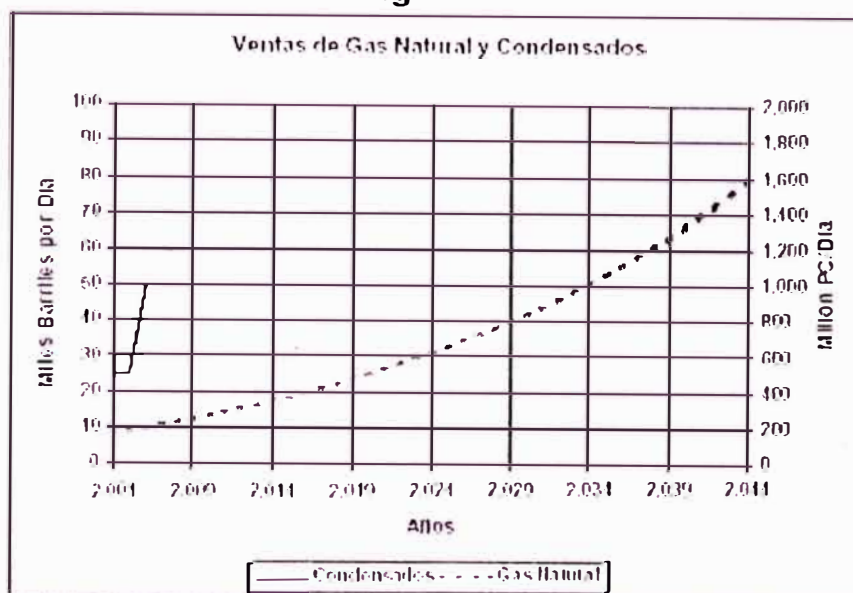
Se generará empleo directo:

- Durante la construcción del gasoducto. Se requerirán alrededor de 1200 empleos.
- Para el transporte del gas durante 30 años, se requerirán alrededor de 100 empleos.
- Para la distribución del gas durante 30 años, se requerirán alrededor de 150 empleos.

De igual forma, se generará empleo indirecto::

- Durante la construcción del gasoducto deberán emplearse alrededor de 5000 personas.
- Para las redes de distribución, se requerirán alrededor de 500 empleos.
- Para proyectos industriales, comerciales y domiciliarios, se requerirán de ingenieros, técnicos y personal obrero.

Figura 2.9



Fuente: Simposio Internacional Gas de Camisea: Retos y Perspectivas

## 2.6.2 INVERSIONES DIRECTAS

- En el yacimiento de Camisea y en el transporte del gas se invertirán aproximadamente 1500 millones de dólares americanos.
- Durante la producción comercial del yacimiento de Camisea habrá ingresos por regalías de unos 4000 millones de dólares americanos durante la vida del proyecto que se estima en 40 años.
- Habrá ingresos de divisas por exportaciones de hidrocarburos, por ejemplo, los que se generen por la exportación de los condensados y el gas natural licuefactado (GNL) al mercado norteamericano.
- Generación de nuevos proyectos industriales, por ejemplo en el sector de la industria petroquímica o también el desarrollo de parques



industriales promoviendo su conversión mediante líneas de crédito. Por lo tanto, habrá más inversiones, más empleo y mayor recaudación fiscal.

### 2.6.3 EFFECTOS

- Energía Eléctrica: si generar energía eléctrica en centrales térmicas que queman petróleo cuesta alrededor de los 750 \$/MW de capacidad instalada, la conversión de las turbinas a gas natural en dichas centrales acarreará una disminución en sus costos en alrededor del 15%.
- En la Industria: debido al menor costo del gas natural, hace que las empresas sean más competitivas y les abre la posibilidad de futuras expansiones y la creación de nuevos proyectos.
- El sector Residencial: tendrá la ventaja de contar con un combustible siempre disponible, seguro, de mayor confort y a menor precio.
- Para el Estado Peruano: mayor ingresos de divisas por exportación del GNC y el GNL; mayor recaudación fiscal y mejor balanza comercial.
- Se estima que al 2006 que la balanza comercial de hidrocarburos tendrá un superávit de 380 millones de dólares americanos.

## 2.7 AVANCES EN LA NORMALIZACIÓN DE LA INDUSTRIA DEL GAS EN EL PERU

Un avance sobre la elaboración de normas técnicas peruanas como proyectos de normas (PNTP) está siendo llevada a cabo por el Comité Técnico de Gas Natural Seco, cuya Secretaría la desempeña el IPEGA que es el Instituto de Petróleo y Gas, un órgano técnico desconcentrado de la Universidad Nacional de Ingeniería, vinculado a la Facultad de Ingeniería de Petróleo. El IPEGA identifica entonces la necesidad de contar con un Comité Técnico de Estandarización del Gas Natural, que pueda ayudar a modelar variables técnicas que beneficien con menores costos, mayor desarrollo y mejores servicios a los usuarios finales.

Otros integrantes del Comité Técnico son los representantes del sector Producción, Consumo y Técnico.

Los integrantes del Sector Producción son:

- Aguaytia Energy del Perú SRL
- Empresa Eléctrica de Piura – EEPISA
- Petro Tech Peruana S.A.
- Pluspetrol Perú Corporation S.A.

Los integrantes del Sector Consumo son:

- Gas Natural de Lima y Callao
- Cerámica Lima – CELIMA
- Cerámica San Lorenzo

- Doe Run Perú SRL – División La Oroya
- Petroperú S.A. – Operaciones Talara
- Sudamericana de Fibras S.A.
- Transportadora de Gas del Perú

Los representantes del Sector Técnico son:

- Ministerio de Energía y Minas – Dirección General de Hidrocarburos
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía – OSINERG
- CERTIPETRO – Universidad Nacional de Ingeniería
- Instromet Perú S.A.C.
- SGS del Perú S.A.C.
- UNIGAS – FIM – Universidad Nacional de Ingeniería
- Química Suiza
- Mega Total Ingeniería S.A.C.
- Pro – Cobre
- Consultores

Los objetivos del Comité Técnico son:

- Definir Normas Técnicas acorde a nuestra realidad, las mismas que serán un medio sobre el cual se desarrolle la industria del gas natural en el Perú.
- Promover un desarrollo tecnológico uniforme de las aplicaciones del gas natural seco de forma que sea competitivo y eficiente.

El campo de actividad del Comité consiste en lo siguiente:

- Terminología Básica en la Industria del Gas.
- Especificaciones de Calidad, Características, Análisis y Métodos de Ensayo, Odorización y Muestreo.
- Gas Natural para uso Industrial, Comercial y Residencial.
- Métodos de Medición y Calibración.
- Gas Natural para uso Automotor.

El Comité cuenta con lo siguiente:

- PNTP 101.001: Terminología Básica.
- PNTP 101.002: Calidad del Gas Natural Seco – Requisitos.
- PNTP 101.003: Calidad del Gas Natural Seco – Odorización.
- PNTP 101.004: Calidad del Gas Natural Seco – Directrices para la Toma de Muestras.

Falta elaborar la PNTP 101.005 referida a Instalaciones Internas de Gas Residencial, Comercial e Industrial.

---

**(1)Producción Fiscalizada:** Es el Gas Natural producido en el Área de Contrato y medido en un Punto de Fiscalización de la Producción. El Punto de Fiscalización es el lugar o lugares ubicados por el Contratista en el Área de Contrato o ubicado(s) fuera de ella, por acuerdo de las Partes, entre el Contratista y el representante PERUPETRO, en este caso el OSINERG (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía), donde se realizarán las mediciones y determinaciones volumétricas, determinaciones del contenido

de agua y sedimentos y otras mediciones, a fin de establecer el volumen y calidad de los Hidrocarburos Fiscalizados, de acuerdo a las respectivas normas API y ASTM. Los Puntos de Fiscalización de la Producción para el Gas Natural y los Líquidos del Gas Natural estarán ubicados en las inmediaciones de "Las Malvinas", cuyas coordenadas referenciales U.T.M. son N= 8,690,200.00 y E=722,120.00 o en otro lugar que las Partes acuerden.

## 3.0 DISEÑO Y CALCULO

### 3.1 REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD

La seguridad de las instalaciones y de los equipos está referida en relación al de las personas principalmente, tanto si son usuarios directos o que por su proximidad a los mismos podrían resultar afectados.

Dentro de lo que es la seguridad que debe guardar la instalación domiciliaria, según como lo especifica la Instrucción Técnica Complementaria (ITC) del Ministerio de Industria y Energía de España<sup>(1)</sup> relativa a las Instalaciones Receptoras de Gas **MI IRG 05**: Locales destinados a contener aparatos a gas. Condiciones de Ventilación y Configuración, se explicará:

- Los conductos de evacuación de humos de la combustión de los equipos conectados a ellos.

- Las condiciones de ventilación que deben reunir los ambientes donde haya instalado equipos de gas natural; incluye las dimensiones y ubicación de las entradas y salidas de aire; y

Lo que especifica la Instrucción Técnica Complementaria (ITC) **MI IRG 06**: Diseño y Construcción, se explicará:

- Las condiciones de instalación de la red de tuberías internas en los domicilios.

En cuanto a los equipos se explicará sus características según tipo y requisitos de seguridad, tal como lo establece la Instrucción Técnica Complementaria (ITC) **MIR IRG 11**: Instalación, conexión y puesta en marcha de aparatos a gas; la Recomendación Sedigas<sup>(2)</sup> RS-U-03 – Guía Práctica, y el Manual de Instalaciones Receptoras del Grupo Gas-Natural<sup>(3)</sup>.

### 3.1.1 DE LA INSTALACIÓN

#### A) CONDUCTOS DE EVACUACIÓN DE LOS HUMOS DE LA COMBUSTIÓN

Los humos de la combustión son los encargados de aportar la energía térmica para que sea transferida a otros medios. Luego del aporte de dicha energía, los gases deben ser evacuados del

ambiente donde está ubicado el equipo para que haya una adecuada renovación de aire y niveles adecuados para respirar.

La evacuación de los humos de la combustión se hace a través de conductos conectados a aquellos equipos que así lo requieran, tal como se explica más adelante.

El conducto de evacuación de los humos de la combustión debe cumplir ciertos requisitos:

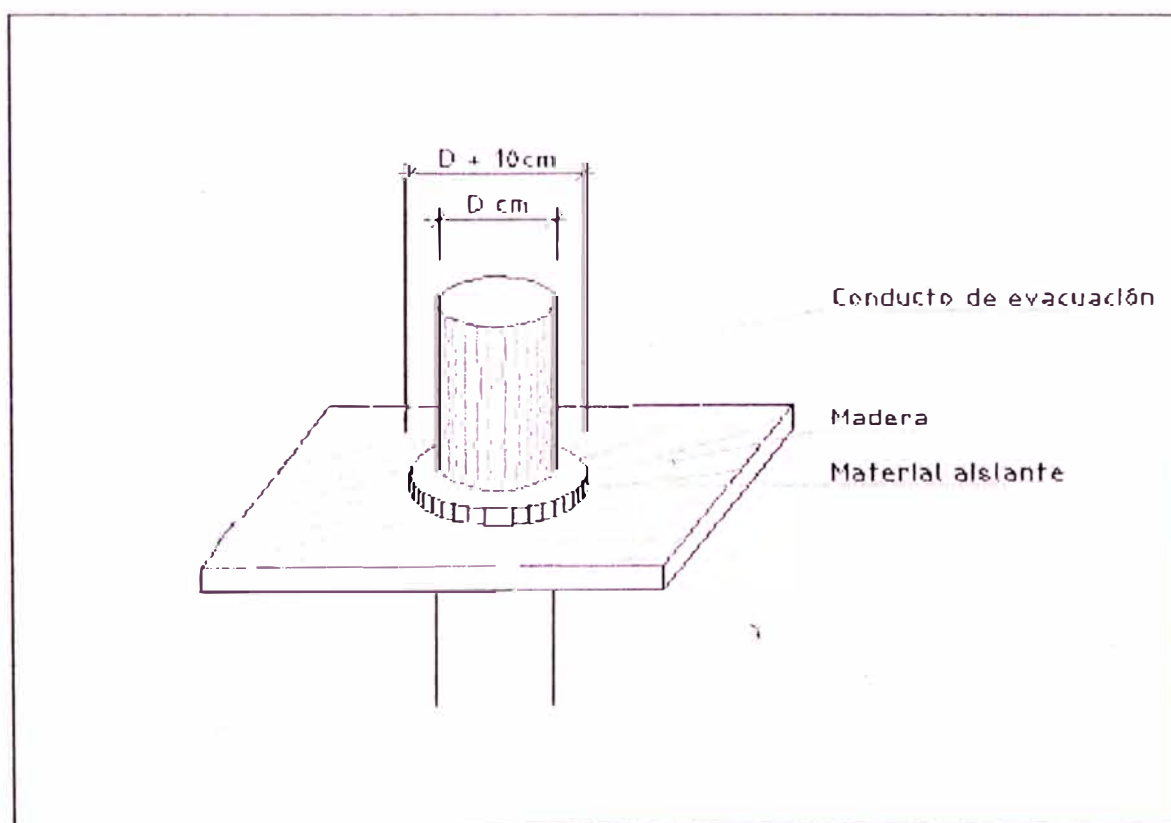
- No deben tener la salida estrangulada.
- Debe estar hecho de láminas de fierro o acero galvanizado, material cerámico y / o cualquier otro material incombustible, apto para temperaturas mínimas de 200 °C, además debe ser resistente a la corrosión.
- Debe desembocar en el exterior del domicilio, del edificio o a un patio de ventilación o estar conectado a un conducto general. Si va atravesar tabiquerías, paredes o techos de madera, el orificio a practicar en estos deberá tener un diámetro 10 cm. mayor que el conducto, tal como se ve en la figura 3.1, y tener un revestimiento de material aislante.
- El conducto de evacuación no debe estar conectado a otros conductos de evacuación para combustibles líquidos o sólidos.



Los requisitos que cumplirá el tramo de unión del equipo al conducto de evacuación:

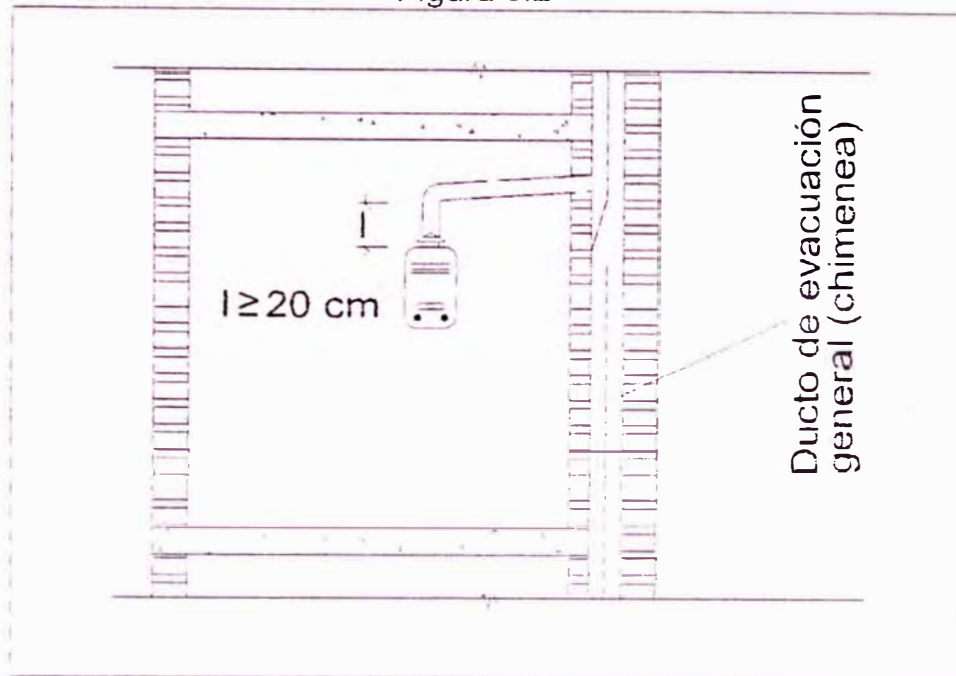
- Debe ser recto y vertical por encima del cortatiros<sup>(4)</sup> en una longitud no inferior a 20 cm para un adecuado tiro (ver Apéndice I.), tal como se muestra en la figura 3.2.
- De haber un tramo horizontal que venga después, tendrá una pendiente ascendente, al menos del 3%.

Figura 3.1



Ducto de evacuación, al atravesar un techo de madera.

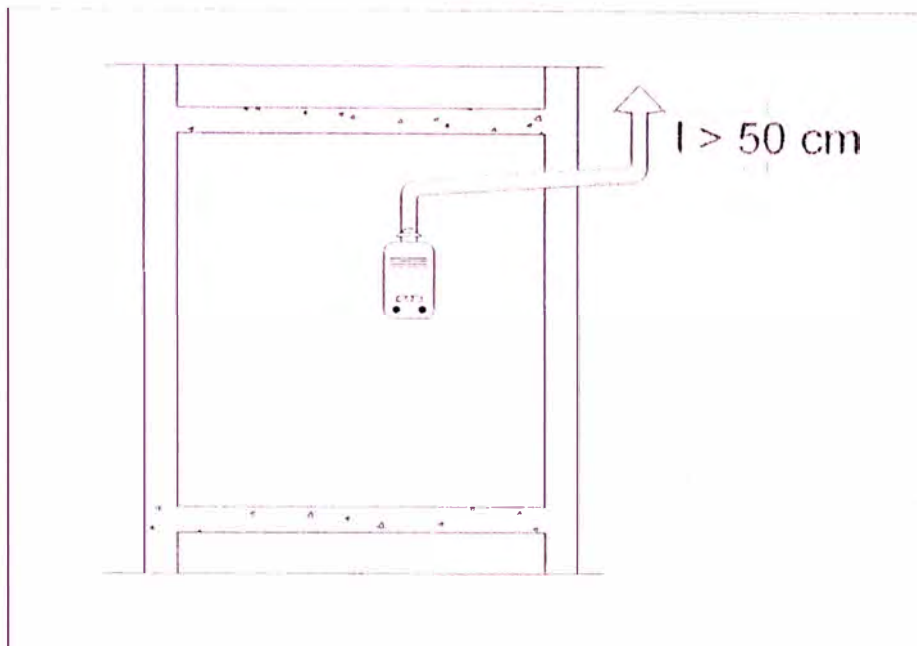
Figura 3.2



Longitud "l" mínima en el tramo vertical interior.

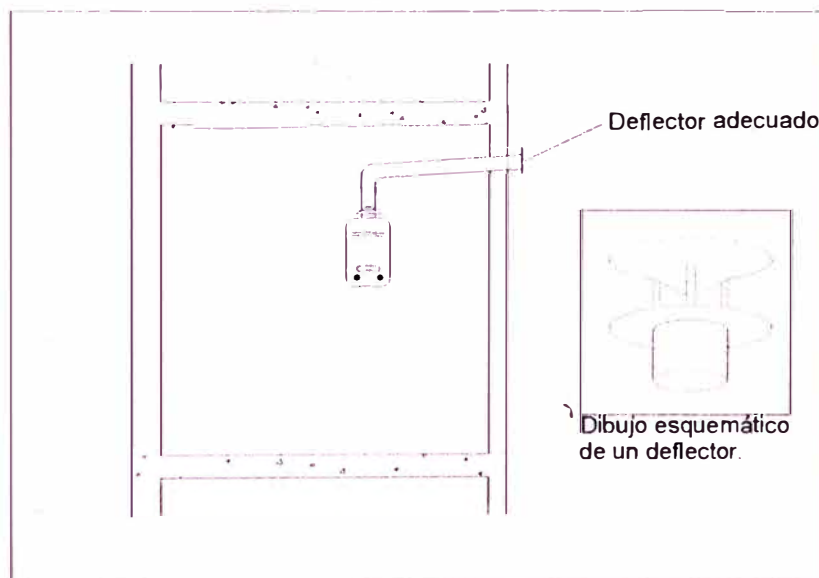
- Si el equipo no puede estar unido a una chimenea general, el conducto de evacuación particular del equipo deberá salir al exterior y tener una prolongación vertical de 50 cm. de altura como mínimo. En extremo superior se colocará un sombrero para evitar la entrada de lluvia, objetos extraños y atenuar el efecto de los remolinos de viento. En sustitución a aquel tramo de 50 cm. puede colocarse un deflector, tal como se muestra en las figuras 3.3a y 3.3b. En ambos casos, la salida al exterior deberá quedar a más de 40 cm. de cualquier abertura de entrada de aire.

Figura 3.3a



Longitud mínima  $l$ , del tramo vertical exterior.

Figura 3.3b



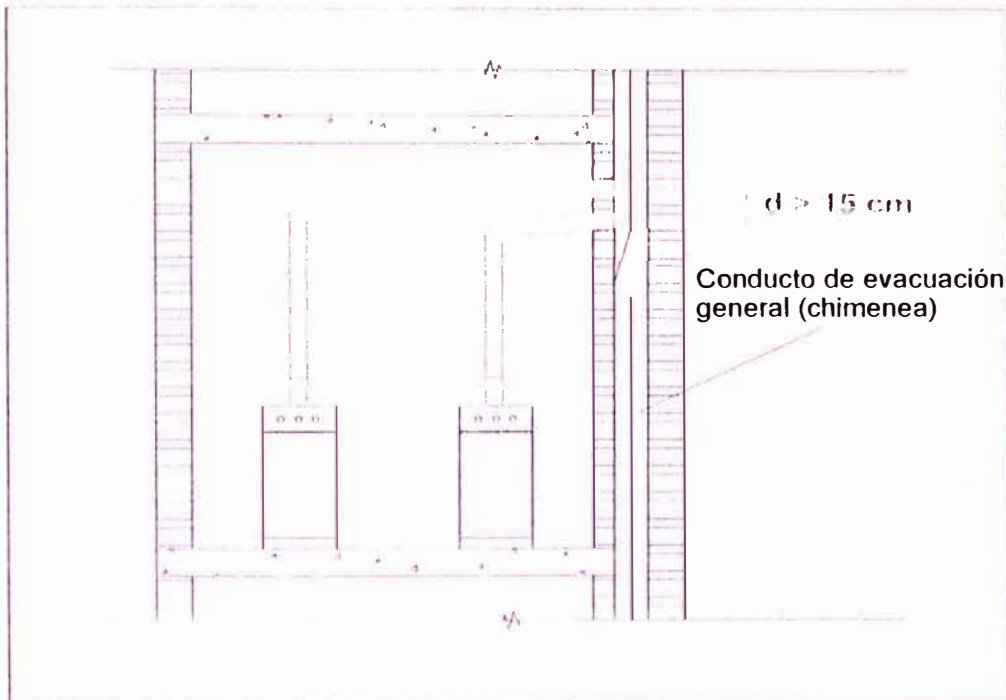
Alternativa con la colocación de un deflector.

- De disponer de un cortatiros, este deberá ser construido en concordancia a una norma UNE, como la UNE 123.001 o lo que especifica la ITC MI – IRG – 05.

Requisitos a seguir cuando hay más de un equipo:

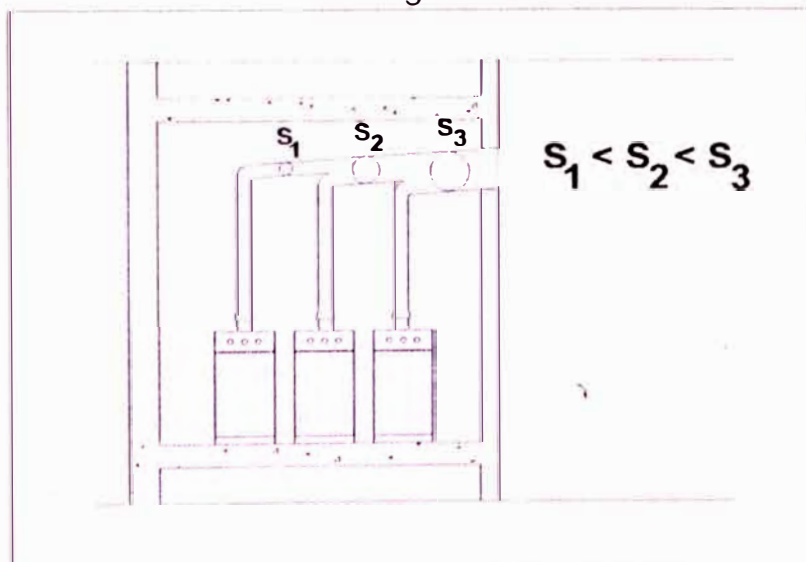
- Cada equipo puede tener su propio conducto de evacuación con la condición de que sus generatrices más próximas tengan una distancia mínima entre ellas de 15 cm. tal como se muestra en la figura 3.4.
- Puede haber una conexión común cuya sección será lo suficiente para permitir la salida de los gases; también puede aumentarse el diámetro progresivamente a partir de cada tramo de conexión, tal como se muestra en la figura 3.5.
- El tramo común será siempre ascendente y su conexión al exterior cumplirá con los requisitos ya señalados para tal fin.

Figura 3.4



Separación "d" mínima entre las salidas de conductos de evacuación.

Figura 3.5



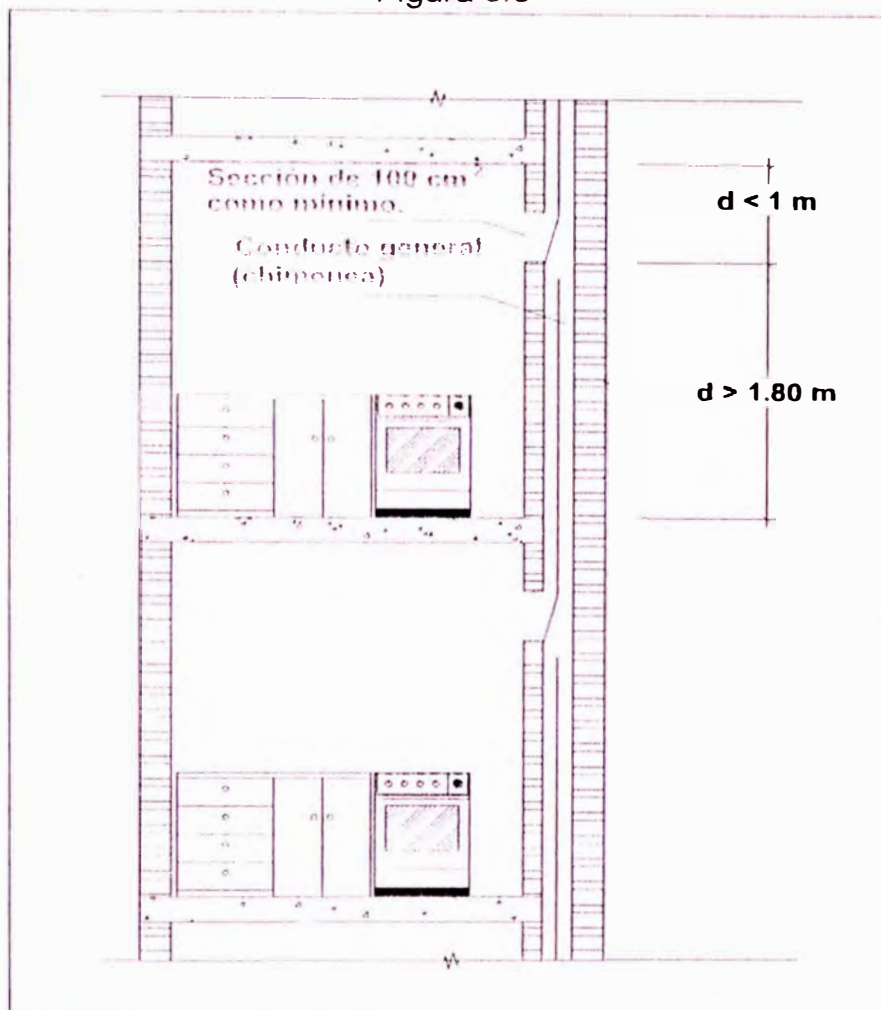
Aumento de la sección del tubo común de evacuación.

A.1) EVACUACION DE HUMOS DE LA COMBUSTIÓN CUANDO EL EQUIPO NO ESTA CONECTADO A UN CONDUCTO GENERAL DE EVACUACIÓN

Cualquiera de los sistemas mencionados aquí es válido:

- Practicando un orificio de al menos  $100 \text{ cm}^2$  con un conducto general de evacuación de humos, respetando la posición y distancias mínimas, tal como se indica en la figura 3.6.
- Puede utilizarse el cortatiros de evacuación de un equipo que esté conectado al conducto general, siempre que la sección del conducto sea mayor a  $100 \text{ cm}^2$  y que se respeten las distancias indicadas en el ítem anterior. Se muestra la figura 3.7.
- En el caso que la base de la campana del cortatiros esté por debajo de los 1,80 m. sobre el nivel del suelo y que el conducto evacue hacia una chimenea general, deberá practicarse una abertura de al menos  $50 \text{ cm}^2$  que conecte con la chimenea general (el esquema de una chimenea general tipo "shunt" se da en el Apéndice B), respetando las medidas y distancias tal como se muestran en la figura 3.8.

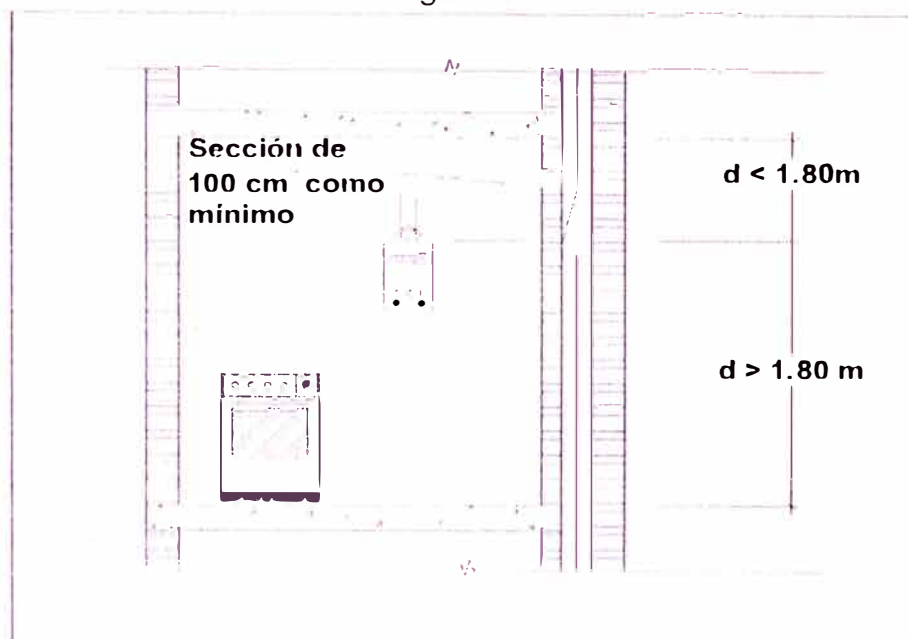
Figura 3.6



Distancias "d" que cumplirá la ubicación de la abertura.

- Con un extractor mecánico individual instalado en la parte superior de una pared que dé al exterior, a un patio de ventilación o a un conducto general de evacuación. Las medidas y distancias se dan en la figura 3.9. La sección mínima libre de paso debe ser de  $80 \text{ cm}^2$  con el extractor parado.

Figura 3.7



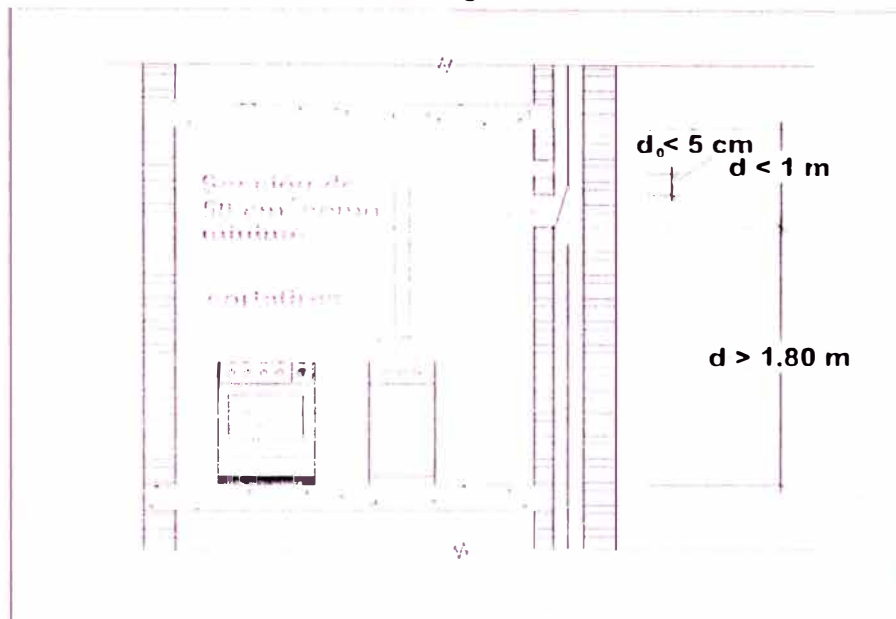
Distancias "d" que cumplirá la campana cortatiros de un aparato que se utiliza como elemento extractor para un segundo aparato.

- Por una abertura practicada en la parte superior de una puerta o ventana que dé directamente al exterior o a un patio de ventilación, tal como se muestra en la figura 3.10. Las aberturas podrán protegerse con rejillas o deflectores fijos, teniendo siempre presente la sección mínima neta como se indica en el ítem anterior.

En todos los casos las aberturas de evacuación deberán estar situadas a más de 40 cm. de cualquier ventana u orificio de entrada de aire.

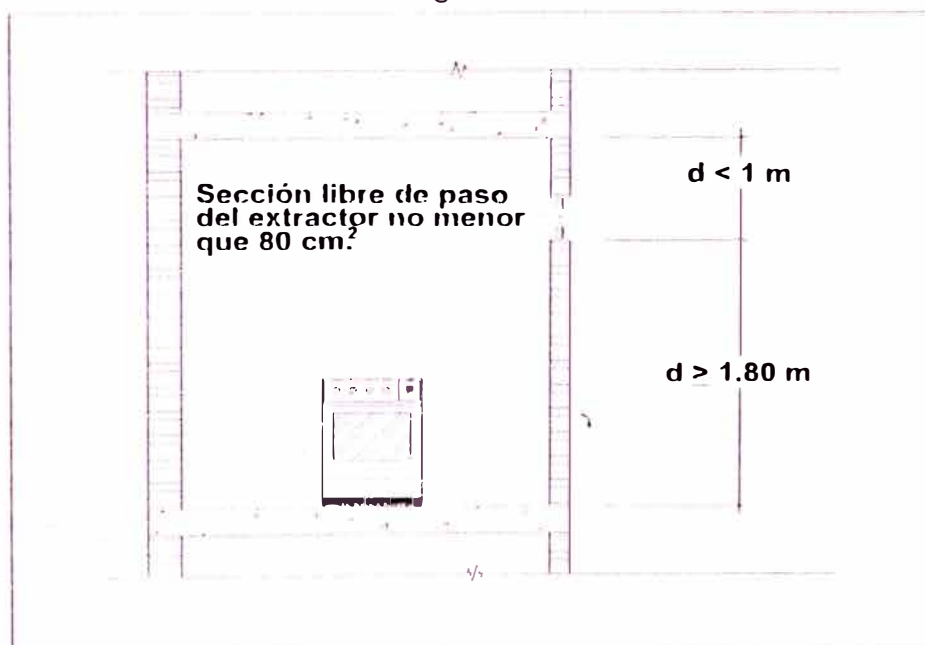


Figura 3.8



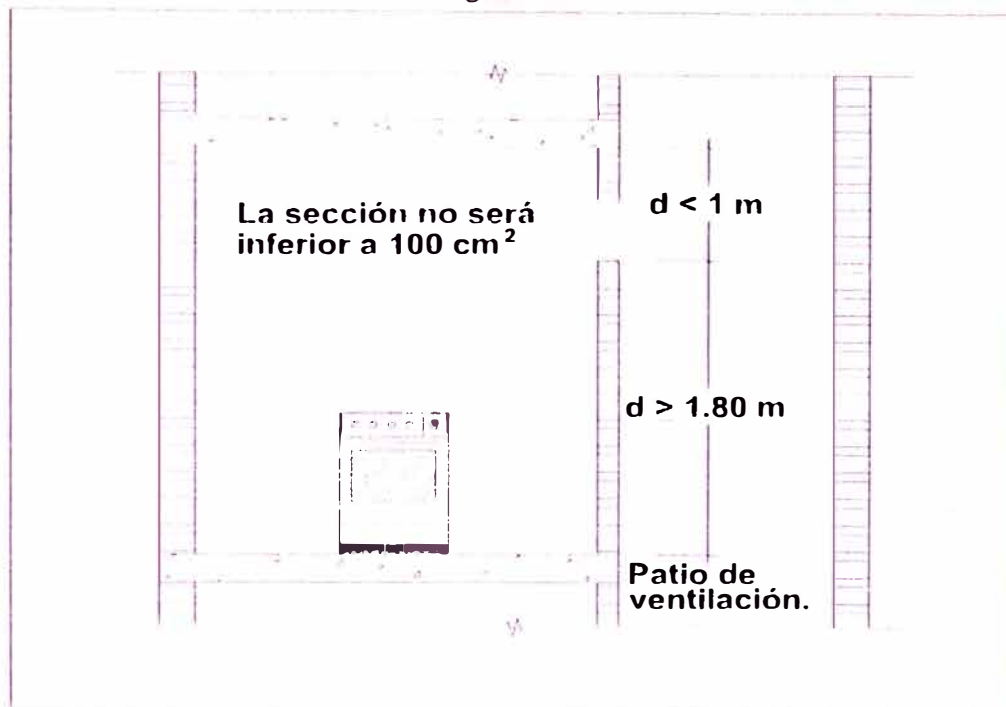
Condiciones que debe cumplirse cuando la campana cortatiros del aparato que se utiliza como elemento extractor de un segundo aparato, no cumple con el requisito de la distancia.

Figura 3.9



Distancias "d" y sección libre de paso para la abertura del extractor.

Figura 3.10

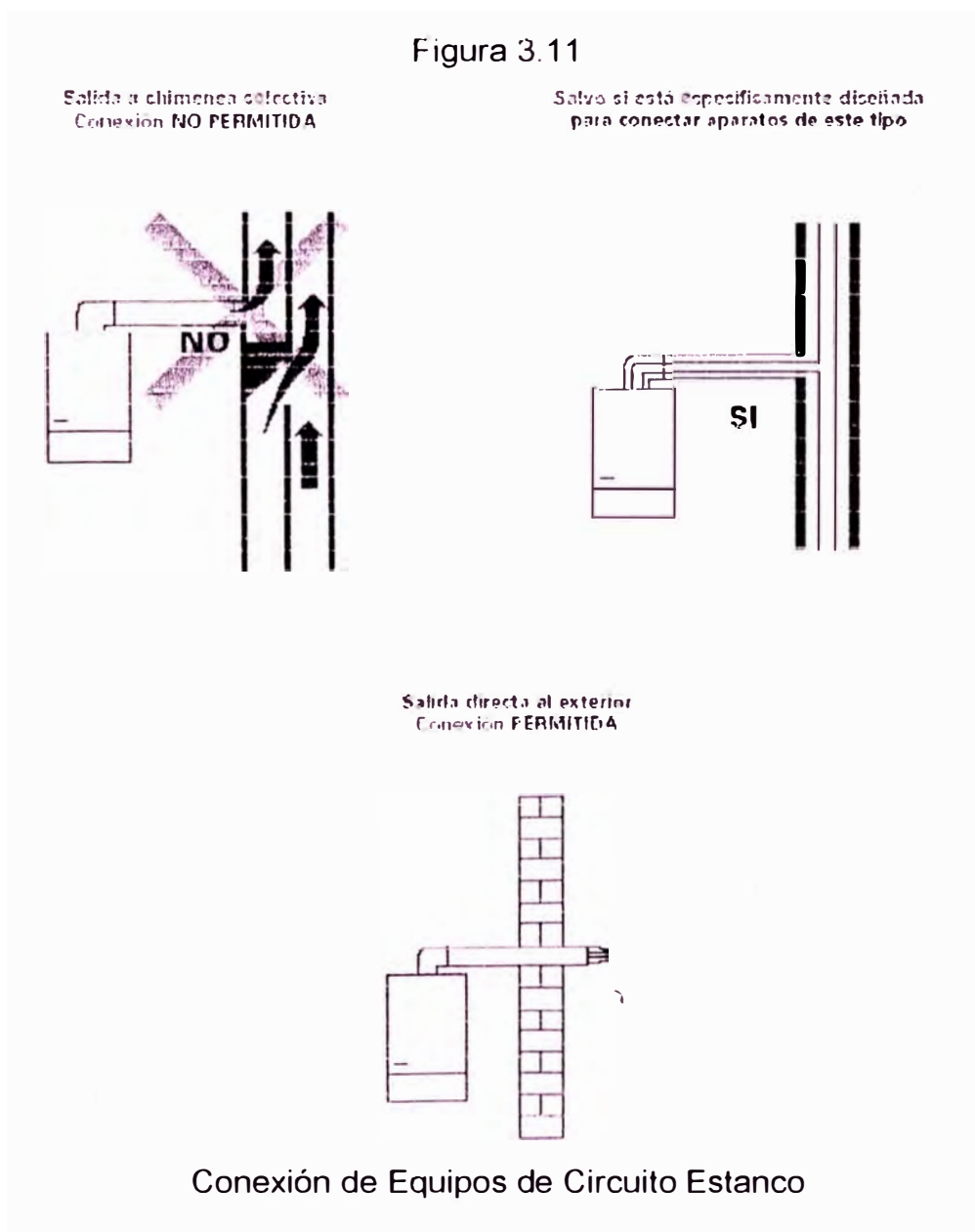


Distancias "d" y sección libre de paso cuando la abertura no está provista de extractor.

## A.2) EVACUACION DE LOS HUMOS DE COMBUSTIÓN EN EL CASO DE EQUIPOS DE CIRCUITO ESTANCO

Los equipos de circuito estanco, aquellos cuya toma de aire y evacuación de humos de la combustión se realiza mediante ductos desde el exterior, son los únicos que pueden ser colocados en dormitorios y cuartos de baño. El ambiente donde se instalen debe tener necesariamente una pared que comunique con el exterior o un patio de ventilación. Podría pasar que no tengan comunicación con el exterior o patio de ventilación y que la evacuación se realice a través de un conducto de evacuación general diseñado expresamente para tal

fin. El extremo final del conducto de evacuación estará situado a 40 cm. de cualquier abertura destinada para ventilación y deberá tener colocado un deflector. En la figura 3.11 se dan algunas indicaciones.



## B) LAS CONDICIONES DE VENTILACIÓN

Las condiciones de ventilación está referida a aquellos ambientes donde haya un equipo de gas. Es importante distinguir si el ambiente tiene equipos conectados a conductos de evacuación de humos. Las variables que pueden darse son:

- El ambiente dispone sólo de equipos conectados a conductos de evacuación.
- El ambiente dispone sólo de equipos no conectados a conductos de evacuación.
- El ambiente dispone de las dos clases de equipos citados en los ítem anteriores.
- El ambiente dispone de equipos de circuito estanco.

Las condiciones de ventilación para cada caso es diferente.

#### B.1) CONFIGURACION DE LOS AMBIENTES DESTINADOS A TENER EQUIPOS A GAS

En concordancia con la ITC MI IRG 05 que debe aplicarse a las instalaciones de gas e incluso a los recintos que contienen equipos a gas, distingue entre:

- ambientes únicos e independientes.

- ambientes que por estar contiguos a otros y tener una abertura común, pueden considerarse en su conjunto como un ambiente único.

El Manual de Instalaciones Receptoras del Grupo Gas-Natural de España establece que:

- Dos ambientes se podrán considerar como un único ambiente si se comunican entre sí mediante aberturas permanentes con una superficie mínima de 3 m<sup>2</sup>.
- Se considera zona exterior una terraza o galería si tiene una superficie abierta permanente que como mínimo igual al 40 % de la superficie de sus paredes que den al exterior o a un patio de ventilación. En cualquier caso, la superficie mínima abierta ha de ser de 2 m<sup>2</sup>.

El manual hace referencias a los patios de ventilación: han de tener una superficie mínima de 4 m<sup>2</sup> en su sección transversal el menor de sus lados ha de medir al menos 2 m.

## B.2) CONDICIONES DE VENTILACIÓN DE LOS AMBIENTES QUE CONTIENEN EQUIPOS A GAS

Tenemos 3 condiciones de ventilación en función del tipo de equipo:

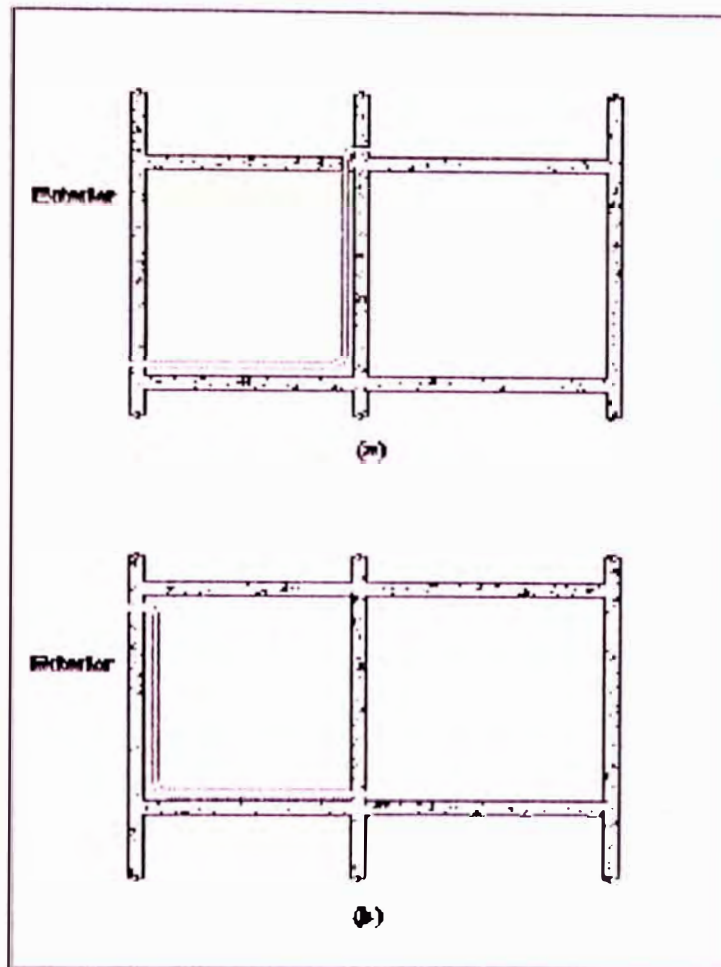
- I. Para ambientes que tengan equipos a gas conectados a un conducto de evacuación.

Estos ambientes deben disponer de entradas de aire directas o indirectas.

- i. Entrada directa: la entrada de aire es directa cuando se trata de:
  - Aberturas permanentes practicadas en la pared.
  - Aberturas permanentes practicadas en puertas y ventanas.
  - Conductos individuales y colectivos que comuniquen con el exterior.

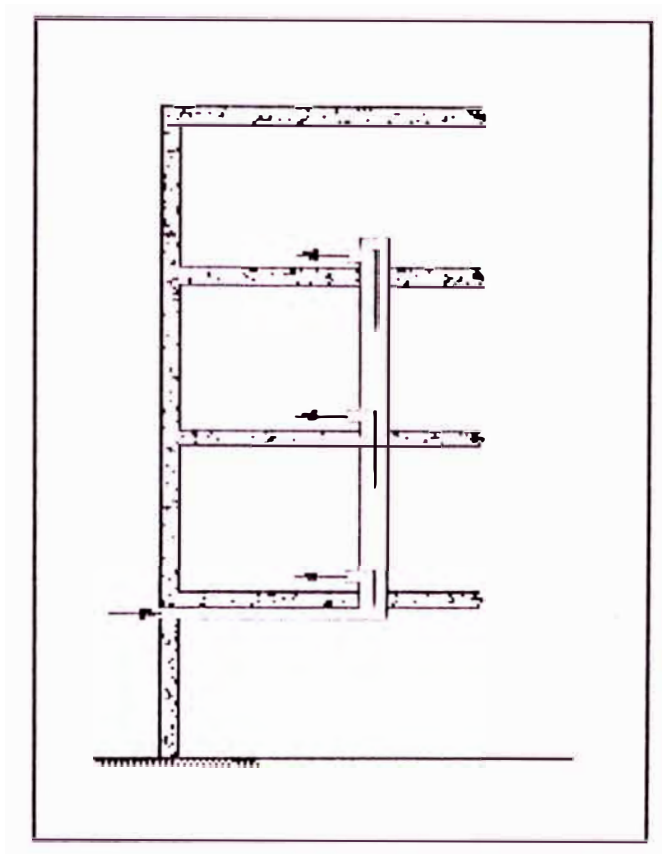
Los conductos individuales pueden ser horizontales o verticales, tal como se indica en las figuras 3 12a y 3 12b. Si son verticales, el sentido de circulación de aire podrá ser ascendente o descendente. Tratándose de gases menos densos que el aire, el conducto será descendente asegurándose la recirculación por tiro natural o con extractor mecánico.

Figura 3.12



Si el conducto es colectivo, sólo se admite la circulación ascendente, siendo el colector del tipo "shunt" invertido o equivalente, tal como se muestra en la figura 3.13. Este "shunt" invertido viene a ser el conducto general diseñado para proporcionar aire a los ambientes de cada planta. Como se indica en la figura, es vertical ascendente y toma de aire por la base. El aire se toma del piso anterior mediante un conducto auxiliar que se bifurca del conducto colectivo.

Figura 3.13  
Colector tipo Shunt Invertido

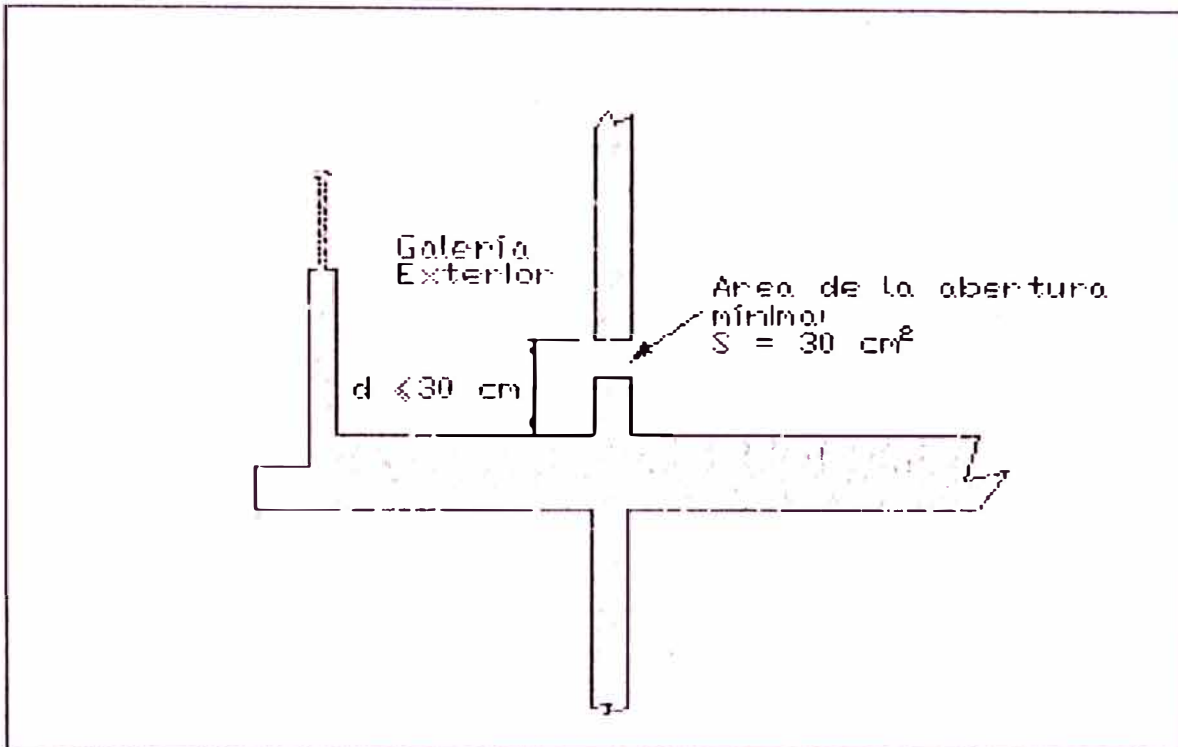


Cuando el equipo utilice un gas mas denso que el aire, si la ventilación es con abertura, ésta deberá estar a una distancia del suelo menor o igual a 30 cm. contados desde el borde superior de la abertura.

Si el equipo utiliza un gas menos denso que el aire, no se establece altura alguna para la ubicación de la abertura de entrada de aire.



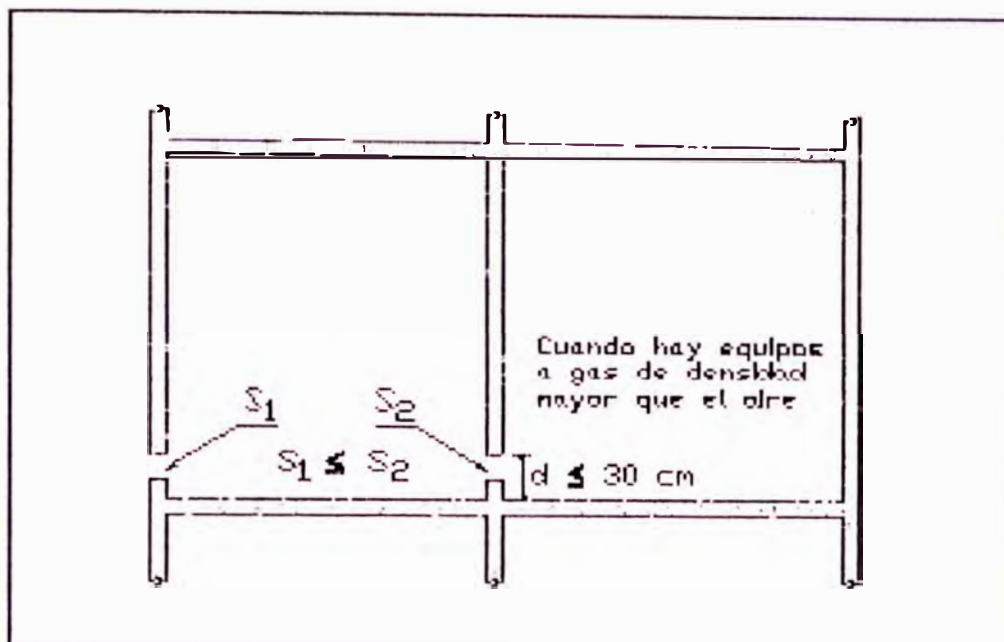
Figura 3.14  
Abertura de Ventilación – Requisitos



Si el ambiente contiene equipos que funcionan con gases más densos que el aire, y es contiguo a una terraza o galería que sea considerada zona exterior, deberá tener una abertura de sección mínima de  $30 \text{ cm}^2$  que cumpla el requisito anterior de hallarse a una distancia mínima del suelo del ambiente o local.

Remitirse a la figura 3.14.

Figura 3.15



- ii. Entrada indirecta: la entrada de aire es indirecta cuando se toma aire de un ambiente que disponga de una entrada directa de aire. Estos ambientes deben ser contiguos. El ambiente que tenga la entrada directa no podrá ser dormitorio, cuarto de baño, de ducha o de aseo (ver figura 3.15). La abertura de comunicación entre ambos ambientes debe ser igual o mayor que la especificada en la tabla 3.1, extraída de la I.T.C. MI-IRG 05. Con respecto a esta tabla, cuando el consumo es mayor de 60.200 kcal/h (70 kW) se empleará la fórmula:

$$S_{\text{libre}} = 5 * CT / 1.000$$

Donde:

\*: indica operación de multiplicación.

$S_{\text{libre}}$ : sección libre de la entrada de aire en  $\text{cm}^2$ .

CT: es el consumo total en kcal/h.

Tabla 3.1  
Aberturas de ventilación cuando los equipos están conectados a un conducto de evacuación.

CONSUMO TOTAL NOMINAL DE LOS EQUIPOS INSTALADOS (CT)		SECCION LIBRE DE LA ABERTURA (S) ( $\text{cm}^2$ )
(Kw)	(Kcal/h)	
$CT \leq 25$	$CT \leq 21.500$	$S \geq 30$
$25 < CT \leq 70$	$21.500 < CT \leq 60.200$	$S \geq 70$
$CT > 70$	$CT > 60.200$	$S = 5 * CT \text{ (kcal/h)} / 1.000$

- iii. Dimensiones de la entrada de aire: en la tabla 3.1 se indica la sección mínima libre que debe tener una abertura de ventilación ya sea esta una entrada de aire directa o indirecta. La abertura puede dividirse en varias, de forma que la sección libre total sea la especificada en dicha tabla. Las aberturas podrán protegerse con rejillas o deflectores pero siempre preservando que el área libre o neta sea la indicada en dicha tabla.

Tratándose de un conducto individual, la sección libre de la entrada será de  $100 \text{ cm}^2$  como mínimo si existe un máximo de

dos cambios de dirección, y de 150 cm<sup>2</sup> si el número de cambios de dirección es mayor. No deberá tener ángulos vivos los cambios de dirección, mejor es el uso de las curvas.

- II. Para ambientes que tengan equipos a gas no conectados a conductos de evacuación.

Los equipos a gas que no les es necesario que estén conectados a conductos de evacuación son:

- Equipos de cocción.
- Equipos de calefacción que utilicen el calor generado para calentar directamente el ambiente o local., con un consumo menor a 4,65 kW (4.000 kcal/h) y que tengan un dispositivo automático de seguridad en caso de extinción de la llama y un dispositivo analizador de atmósfera.
- Equipos de calefacción con un consumo comprendido entre 4,65 y 6,97 kW siempre que el volumen del ambiente sea al menos de 70 m<sup>3</sup>.
- Secadoras o lavadoras de ropa, lavavajillas, refrigeradoras y otros equipos siempre que sus consumos no superen los 4,65 kW.

Si el ambiente posee más de 70 m<sup>3</sup>, podrán instalarse equipos a gas no conectados a conductos de evacuación siempre que el volumen sea mayor que el que corresponda por 25 m<sup>3</sup> para cada 2.000 kcal/h (2,32 kW) y que tenga los mecanismos de seguridad citados anteriormente.

La entrada de aire debe ser directa. Esta podrá ser indirecta sólo en los casos siguientes:

1. Equipos de cocción de alimentos: la entrada de aire podrá ser indirecta si se hace a través de una terraza o galería contigua al ambiente. Tiene que cumplirse el requisito siguiente: la distancia desde el borde superior de la abertura al suelo debe ser menor de 30 cm. cuando el gas sea más denso que el aire.
2. Equipos de calefacción: cuando utilicen directamente el calor generado para calentar el ambiente donde están instalados y con un consumo nominal que no supere los 4.000 kcal/h (4,65 kW).

Para las dimensiones de las aberturas, se presentan dos situaciones:

- a) En el ambiente haya únicamente equipos que no están conectados a conductos de evacuación.

- b) En el ambiente se encuentran equipos no conectados a conductos de evacuación junto a otros que si lo están.

Para las dimensiones nos basamos en la tabla 3.1 o la tabla 3.2, bajo cierto requisitos: se indica en la tabla 3.3 para la situación a) y en la tabla 3.4 para la situación b).

Tabla 3.2

Aberturas de ventilación para determinados casos de equipos no conectados a conductos de evacuación.

TIPO DE EQUIPO A GAS	SECCION LIBRE DE LA ABERTURA — POR EQUIPO —
Equipos de cocción	$S \geq 70 \text{ cm}^2$
Cualquier equipo (excepto los de cocción) con un consumo calorífico total hasta de 4,65 kW (4.000 kcal/h)	$S \geq 30 \text{ cm}^2$
Equipos de calefacción con un consumo entre 4,64 y 6,97 kW, instalados en ambientes de al menos $70 \text{ m}^3$	$S \geq 45 \text{ cm}^2$

Tabla 3.3  
Situación A: dimensiones de las aberturas de aire para ambientes que tengan sólo equipos no conectados.

REQUISITOS	DIMENSIONES
Si la evacuación se hace según un orificio de 100 cm <sup>2</sup> que comunique con la chimenea general.	Tabla 3.1
Si la evacuación se hace a través del cortatiro de un conducto de evacuación.	
Si la evacuación se hace con un extractor mecánico situado en una pared que dé al exterior o a un patio de ventilación.	Tabla 3.2 El valor de S dado en esta tabla es por equipo.
Si la evacuación se hace a través de una abertura que dé al exterior o a un patio de ventilación.	
Cuando se disponga de una entrada de aire indirecta según la excepción 1 del apartado II, en el ítem B.2	

Puede haber varias aberturas para la de aire en la misma o diferentes paredes, pero debe cumplirse que la suma de las áreas netas sea al menos que la total exigida. Tomar en cuenta el área libre o neta si se instalan deflectores o rejillas. Si se utilizan conductos individuales, en los cambios de dirección se usarán curvas y no codos; si hay hasta dos cambios de dirección, el área libre o neta será como mínimo de 100 cm<sup>2</sup> y de al menos 150 cm<sup>2</sup> para más de dos cambios de dirección.

Tabla 3.4

Situación B: dimensiones de las aberturas de aire para ambientes que tengan equipos no conectados y equipos conectados.

REQUISITOS	DIMENSIONES
Si la evacuación se hace según un orificio de 100 cm <sup>2</sup> que comunique con la chimenea general.	<p data-bbox="1037 537 1181 571">Tabla 3.1</p> <p data-bbox="845 616 1356 761">El consumo calorífico total incluye todos los aparatos conectados y los no conectados a conductos de evacuación.</p>
Si la evacuación se hace a través del cortatiros de un conducto de evacuación.	
Si la evacuación se hace con un extractor mecánico situado en la pared que dé al exterior o a un patio de ventilación.	<p data-bbox="845 884 1356 1534">La dimensión de la entrada de aire se obtendrá como suma de dos valores: el Primero de ellos se obtendrá aplicando los criterios de la tabla 3.1, entendiéndose por consumo total instalado la suma de los consumos totales de todos los equipos instalados en el ambiente y conectados a conductos de evacuación. El Segundo valor se obtendrá sumando los valores expuestos en la tabla 3.2 para cada uno de los equipos existentes en el ambiente no conectados a conductos de evacuación.</p>
Si la evacuación se hace a través de una abertura que dé al exterior o a un patio de ventilación.	
Cuando se disponga de una entrada de aire indirecta según la excepción 2 del apartado II, en el ítem B.2	

El ambiente debe tener un volumen total de al menos 8 m<sup>3</sup>, sin restar el que ocupan los muebles. Asimismo, para una rápida ventilación deberá disponer de una o dos aberturas, cuya sección será de al



menos  $0,4 \text{ m}^2$ . De no ser posible, se comunicará con un ambiente contiguo que disponga de las aberturas con las áreas citadas antes.

Hay algunas excepciones:

1. Si los ambientes tienen equipos a gas con dispositivo de seguridad en los quemadores que evite la salida de gas sin quemar en caso de extinción de llama, no será necesario el requisito de ventilación rápida.
2. Los armarios – cocina no necesitan cumplir los requisitos referentes al volumen mínimo y la ventilación rápida, siempre que se abran a un ambiente que satisfaga dichos requisitos. La definición de armario – cocina se refiere a aquel ambiente destinado a usos de cocción y cuya superficie utilizable, estando la puerta cerrada, sea una franja de menos de 30 cm. en su lado menor.

### III. Para los ambientes que tengan equipos a gas de circuito estanco

Estos equipos son los únicos que pueden ser instalados en ambientes destinados para dormitorios, cuartos de baño, de ducha o aseo.

Estos ambientes deberán tener una pared que comunique directamente con el exterior o un patio de ventilación o que el

contacto con el medio exterior se haga mediante un conducto individual o colectivo diseñado específicamente para tal fin.

### C) CONDICIONES DE INSTALACIÓN DE LA RED DE TUBERÍAS

El gas se puede suministrar a baja presión (BP), a media presión A (MPA) y a media presión B (MPB) desde la red de distribución (ver tabla 3.5) a través de una línea de acometida o línea de distribución hasta el sistema de medición y/o regulación, que incluye una válvula de servicio o de accmetida.

Tabla 3.5

<b>CLASIFICACION</b>	<b>PRESION MÁXIMA DE SERVICIO EN DIVERSAS UNIDADES</b>
Baja Presión (BP)	Hasta 5 kPa Hasta 0.05 kg/cm <sup>2</sup> Hasta 0.05 bar Hasta 500 mm c.a.
Media Presión A (MPA)	Entre 5 y 40 kPa Entre 0.05 y 0.4 kg/cm <sup>2</sup> Entre 0.05 y 0.4 bar Entre 500 y 4,000 mm c.a.
Media Presión B (MPB)	Entre 40 y 400 kPa Entre 0.4 y 4 kg/cm <sup>2</sup> Entre 0.4 y 4 bar Entre 4,000 y 40,000 mm c.a.

Fuente: Combustión Industrial del Gas Natural – Ing. Percy Castillo Neyra.

El material de la red de tuberías (ver tabla.3.6 y Apéndice C) se seleccionará según la familia de gases (ver Apéndice D), la presión de servicio y el tipo de empalmes a realizar con o sin soldadura (ver Apéndice E).

Tabla 3.6

<b>TIPO DE TUBERIA</b>	<b>FAMILIA DE GASES Y PRESIONES AUTORIZADAS</b>	<b>NORMAS UNE</b>	<b>CARACTERISTICAS</b>
Tuberías de plomo	1ª y 2ª familias BP	37.202	
Tuberías de cobre	1ª, 2ª y 3ª familias BP, MPA, MPB	37.141	Soldadura Fuerte
	1ª, 2ª y 3ª familias BP	37.141	Soldadura Blanda
Tuberías de acero	1ª, 2ª y 3ª familias BP, MPA, MPB	19.040 19.045 19.046	Las uniones pueden ser con soldadura fuerte o roscadas
Tubería de acero inoxidable	1ª, 2ª y 3ª familias BP, MPA, MPB	19.049	Las uniones con soldadura fuerte

Fuente: Curso Instalaciones de Gas – Pedro Giner Llinares

La red de tuberías que forman parte de la instalación domiciliaria de gas, serán tendidas en su mayor parte por el interior del mismo. Esto no implica el tener que afectar la parte estructural del inmueble a riesgo de afectar su solidez.

Las modalidades de instalación de la red de tuberías al interior de los domicilios son:

- Tuberías expuestas: cuando son visibles en todo su recorrido.
- Tuberías alojadas en conductos: cuando están protegidas del medio exterior por conductos de sección circular u otros, y también por vainas llamadas también "contratubos".
- Tuberías empotradas: pueden ser parcial o totalmente empotradas en todo su recorrido.

La red de tuberías no podrán pasar por los siguientes sitios:

- Por el cimientado o losa de los pisos de las viviendas.
- Las bocas de aireación o ventilación.
- Conductos de evacuación de basura o desagües.
- Conductos de chimeneas, ascensores o montacargas.
- Por locales que contienen transformadores o depósitos de combustibles.

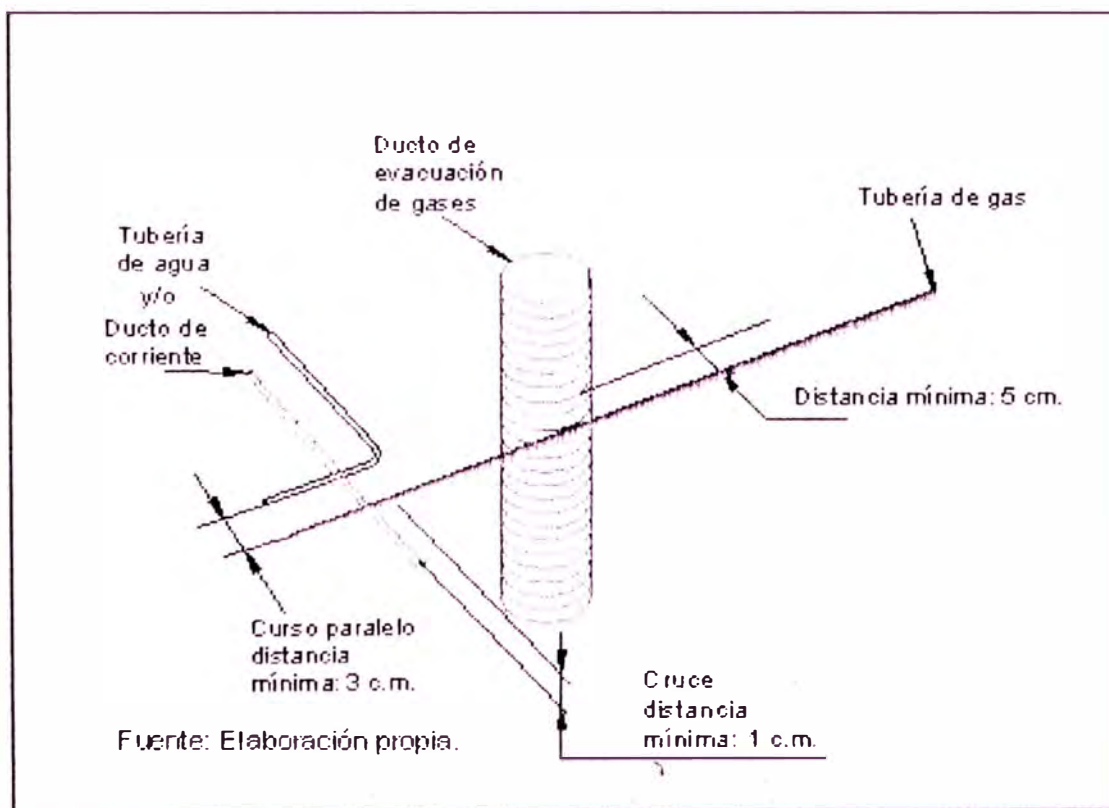
### **C.1) TIPOS DE TUBERÍAS PARA BP Y MPA**

Lo que sigue es la descripción de los distintos tipos de tuberías para baja presión (BP) y media presión A (MPA).

## 1) INSTALACION DE TUBERÍAS EXPUESTAS

La tubería expuesta o descubierta, según directivas del la I.T.C. MI-IRG 06, debe pasar a ciertas distancias de las tuberías de agua caliente, las conducciones eléctricas y los conductos de evacuación de gases (ver figura 3.16).

Figura 3.16



Si el gas natural tuviese cierta cantidad de humedad, la tubería se ha de instalar con una pendiente del 0,5% (5 mm. por cada metro de longitud de bajada), excepto si las

tuberías pasan por habitaciones o descansos, en cuyo caso será horizontal hasta un máximo 6 metros.

## 2) INSTALACION DE TUBERÍAS ALOJADAS EN VAINAS O CONDUCTOS

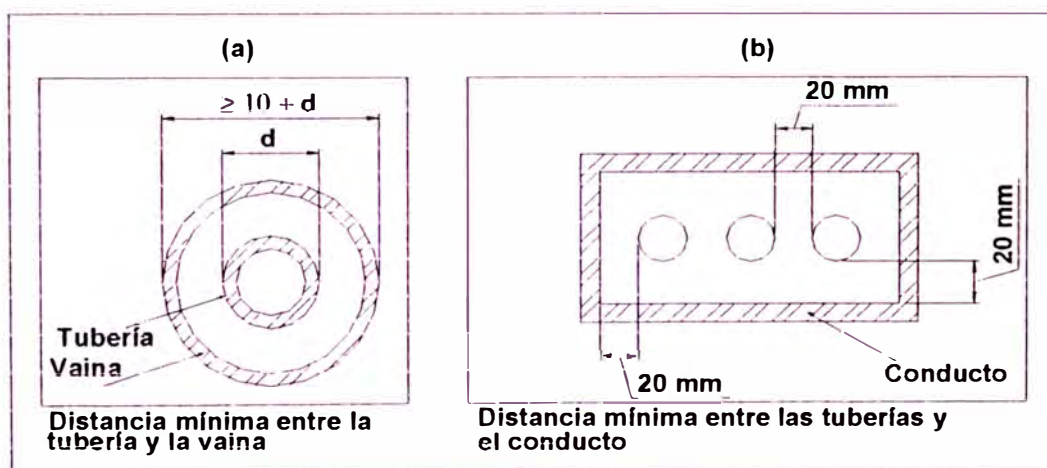
La vaina es un tubo cuyo diámetro interior debe ser como mínimo 10 mm. mayor que el diámetro exterior de la tubería (ver figura 3.17a). Las vainas son de acero en aquellos casos en que deben dar protección mecánica a la tubería o cuando tengan que discurrir por cielos rasos, falsos techos, cámaras aislantes, huecos de elementos de la construcción o tuberías colocadas entre el pavimento y el nivel superior del forjado<sup>(5)</sup>, o en el subsuelo existiendo un local debajo de ellas cuyo nivel superior del forjado esté próximo a la tubería.

Cuando por motivos anteriormente citados deben instalarse vainas o conductos, estos deben conducir las eventuales fugas de gas a los extremos previstos para ventilación y serán metálicos o de obra, debiendo presentar la rigidez suficiente en función de la exigencia requerida. La superficie exterior de la vaina o conducto metálico está recubierta de una protección eficaz que la proteja del medio exterior, y no

tendrá contacto con armaduras metálicas de la edificación ni con cualquier otra tubería.

El conducto es un canal que puede contener una o más tuberías (ver figura 3.17b). La separación mínima entre las tuberías y las paredes del canal debe ser como mínimo 20 mm. La separación entre tuberías también debe ser como mínimo 20 mm. La sección transversal del conducto deberá

Figura 3.17



ser como máximo de  $0,3 \text{ m}^2$ . El tipo de material de construcción del conducto (ver tabla 3.7) está de acuerdo a la función que deban cumplir. Para facilitar el mantenimiento, se colocarán registros con grados de accesibilidad 2 o 3 (ver Apéndice F). El espesor de la pared del conductor será de 1,5 mm si es de plancha y de 5 cm si es de obra.

Tabla 3.7

<b>FUNCIONES</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>CARACTERISTICAS</b>
	Conducto metálico de chapa o con perfiles	1.5 mm – espesor mínimo
	Conducto de obra	5 cm – espesor mínimo
Para ventilación	Metálicos o de obra	Las mismas que en el caso anterior
Para decoración	Cualquier material indeformable	Las necesarias para que no se produzca deformación
Para varias funciones simultáneamente	Se utilizará el material para la función más exigente	

Fuente: Curso Instalaciones de Gas – Pedro Giner Llinares

Con respecto a la colocación de vainas o conductos, el Manual de Instalaciones Receptoras, del Grupo Gas Natural, establece una serie de condicionamientos y/o excepciones:

#### 2.1) Como protección mecánica:

- La vaina debe ser continua en todo su recorrido como es el caso si están ubicadas en garajes para vehículos. La distancia mínima entre la protección y la tubería será de 50 mm.



- Cuando una tubería deba discurrir a menos de 1 metro del suelo, se considera una situación peligrosa, por lo que se pondrá protección mecánica.
- Si la tubería pasa a menos de 300 mm por sobre el mostrador de la cocina, se considera una situación peligrosa, por lo que se colocará una protección mecánica.
- Según la conveniencia, podrá usarse una vaina entera o una media caña.

#### 2.2) Cuando las tuberías deban pasar por un primer sótano:

- Sólo se permitirá esta situación cuando debido a la naturaleza de la edificación, no exista otra posibilidad. Para esto el sótano debe estar suficientemente ventilado según lo especifique el Manual de Instalaciones Receptoras del Grupo gas Natural (ver ítem 3).

##### 2.2.1) Tuberías a gas para baja presión (BP):

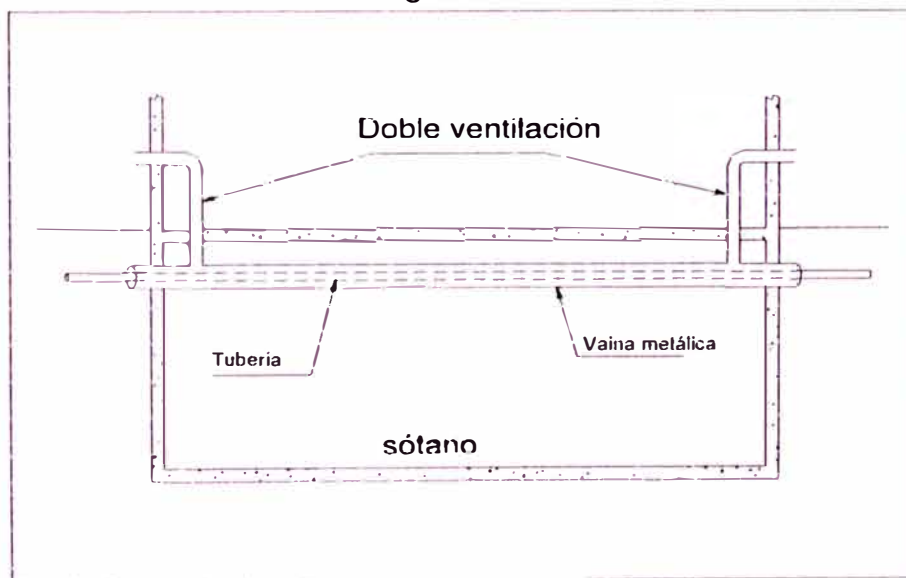
El material debe ser de acero con uniones soldadas o cobre con uniones por soldadura fuerte.

- Si la densidad relativa del gas es mayor que 1, la tubería será continua, sin llaves de cierre, ni derivaciones ni uniones, excepto en el caso en que sean soldadas. La tubería deberá llevar vaina metálica

con ventilación por los dos extremos o por lo menos en uno de sus extremos ventilado y el otro soldado a la tubería (ver figura 3.18).

- Si la densidad relativa del gas es menor que 1 y el sótano está suficientemente ventilado, no se usará una vaina; la tubería será continua sin llaves o uniones que no sean soldadas. Si el sótano no está suficientemente ventilado, la tubería llevará una vaina metálica como en el caso anterior.

Figura 3.18



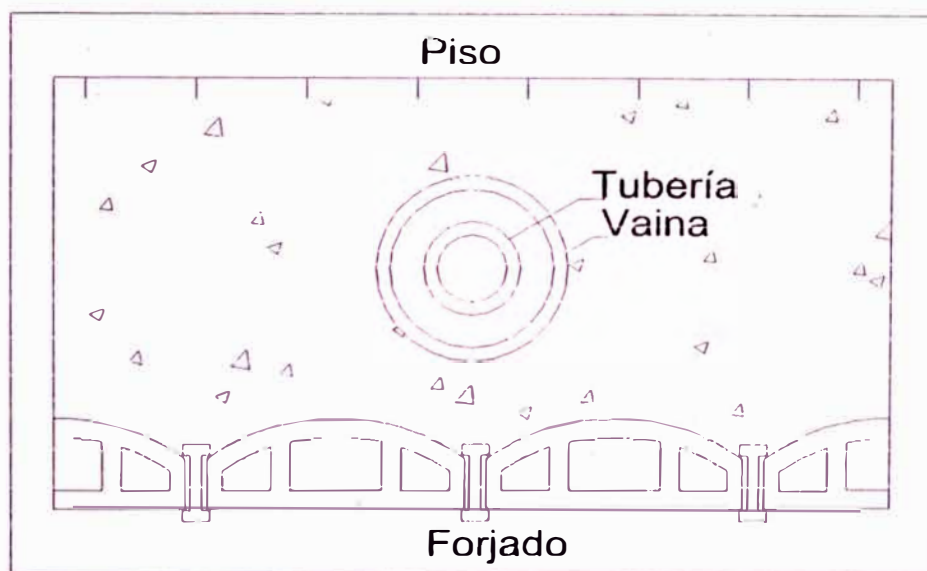
### 2.2.2) Tuberías para gas a media presión (MPA):

La tubería debe ir siempre contenida en una vaina metálica, con los extremos conectados al exterior o a un patio de ventilación. Si no fuese posible conectar los dos extremos, bastará hacerlo en uno sólo y el otro sellado.

2.3) Cuando las tuberías deban pasar entre el pavimento y el nivel superior de un forjado:

Las tuberías tendrán que ir alojadas en vainas. Si es un gas a MPA, el uso de la vaina es obligatorio y por lo menos uno de sus extremos comunicará con el exterior (ver figura 3.19).

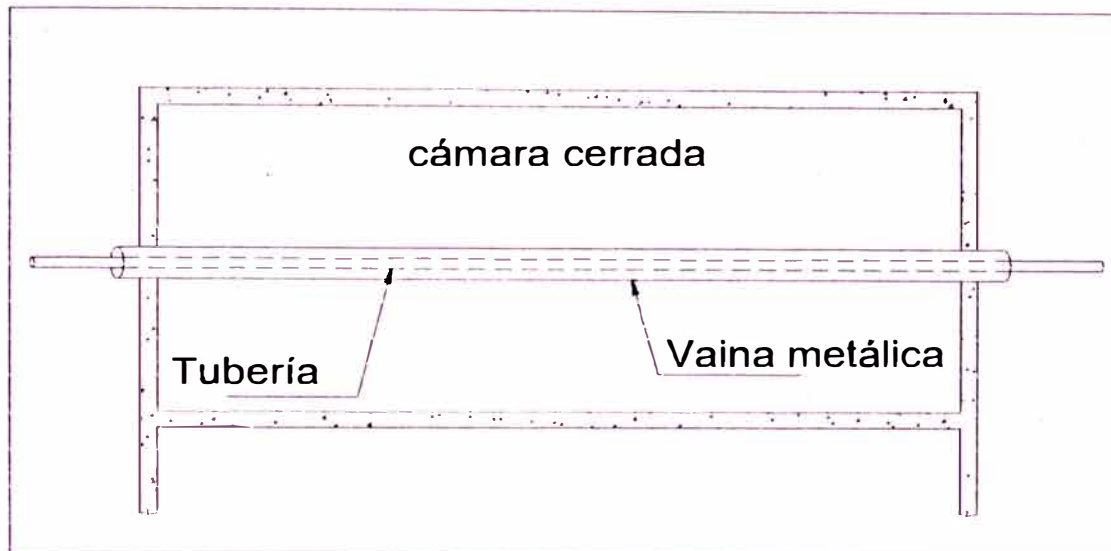
Figura 3.19



2.4) Cuando las tuberías deban pasar por cámaras cerradas:

Cuando deban pasar por cámaras cerradas, las tuberías deben ser continuas y estar alojadas en vainas o conductos ventilados en al menos uno de sus extremos (ver figura 3.20).

Figura 3.20



Cuando se trate de conductos, por estos sólo podrán pasar tuberías de gas. Se podrá disponer de registros estancos para acceder a las tuberías en caso de avería.

#### 2.5) Por la estética:

Si una tubería pasa por el interior de una habitación, habrá el deseo de ocultarla por motivos estéticos. Luego, se empleará cualquier material que no sufra deformaciones. De no haber ventilación natural, el conducto tendrá rejillas de ventilación.

### 3) TUBERIAS QUE PASAN POR SOTANOS SUFICIENTEMENTE VENTILADOS

Se considera sótano suficientemente ventilado al que tiene aberturas que comunican directamente con el exterior situadas en paredes opuestas y separadas por una distancia mínima horizontal de 2 metros, y verticalmente por un desnivel mínimo igualmente de 2 metros.

La I.T.C. MI-IRG 06 expresa que la superficie de las aberturas debe ser al menos igual a una milésima parte de la superficie en planta del recinto y no menor que 200 cm<sup>2</sup>. Esto significa que la superficie de las aberturas, en centímetros cuadrados (cm<sup>2</sup>), será igual o mayor que 10 veces el área de la planta del recinto en metros cuadrados (m<sup>2</sup>). Expresado esto mediante una fórmula:

$$S_a \geq 10 * A$$

Donde:

$S_a$  = área total de las aberturas en centímetros cuadrados (cm<sup>2</sup>)

$A$  = área de la planta del recinto en metros cuadrados (m<sup>2</sup>)

\* = denota operación de multiplicación

Si  $S_a$  resultase en un valor menor a 200 cm<sup>2</sup>, se tomará este último valor. Si el valor de  $S_a$  es mayor a 200 cm<sup>2</sup>, se podrá subdividirse en

dos aberturas, cada una siempre de 200 cm<sup>2</sup>. Si la abertura es rectangular, de lados a y b, estos deberán cumplir la relación siguiente:

$$1 < a / b \leq 1,5$$

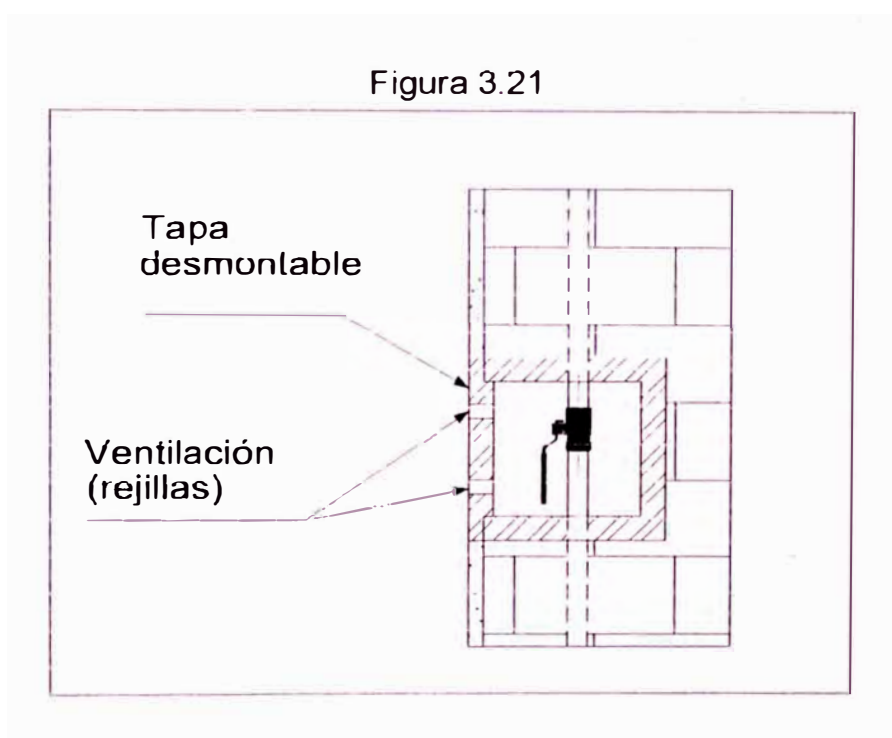
Si la ventilación se hace a través de conductos que comuniquen con el exterior, entonces el área de la abertura será mayor. El nuevo valor se obtiene, según la longitud del conducto, de la siguiente forma:

- $S_0 = 1,5 * 10 * A$ , si la longitud está comprendida entre 3 y 10 m.
- $S_0 = 2 * 10 * A$ , si la longitud está comprendida entre 10 y 26 m.
- $S_0 = 2,5 * 10 * A$ , si la longitud está comprendida entre 26 y 50 m.

#### 4) INSTALACION DE TUBERÍAS EMPOTRADAS

Es preferible no empotrar las tuberías. Si no queda más remedio, los tramos empotrados no excederán los 40 cm y solo en el interior de muros o paredes. Sólo se permitirán las uniones soldadas en el tramo empotrado. Las tuberías serán de acero protegido contra la corrosión y encintadas (ver Apéndice G).

No debe haber contacto con partes metálicas. Los tramos empotrados pueden ser verticales y horizontales, en este último caso respetando la pendiente si circulan gases húmedos. Al realizar un empotramiento vertical en una pared de ladrillos, antes de realizar el resane de la pared, los huecos de los ladrillos deben ser tapados.



Si la tubería empotrada lleva una válvula o unión mecánica, esta debe estar situada en un alojamiento o registro que sea accesible (grado de accesibilidad 1 o 2) y que esté ventilado (ver figura 3.21).

## C.2) INSTALACION DE TUBERÍAS PARA MEDIA PRESION B (MPB)

En este informe solamente se hará una descripción general de este tema desde que no está dentro de sus alcances.

Las características técnicas de la instalación de tuberías dependen si la instalación receptora está conectada a una red de distribución con una presión máxima de 4 bar o, está alimentada desde tanques de gas licuado de petróleo (GLP), que en este caso se tendrá que regular a una presión máxima de servicio de 2 bar.

a) Red de Tuberías conectadas a una Red de Distribución:

Las tuberías deben pasar de preferencia por el exterior del edificio o patios interiores. Si esto no fuera posible, se alojarán en vaina de acero con ambos extremos ventilados o al menos uno de ellos, y el otro sellado. Cuando el recorrido deba ser interior, el instalador deberá comunicarlo a la empresa suministradora de gas.

Es frecuente la instalación de un regulador de MPB; en este caso puede prescindirse de la vaina metálica. El regulador debe instalarse lo más cerca posible de la entrada de gas.



El regulador se puede instalar en un gabinete empotrado en la pared de la fachada; es así que en este caso se permite el empotrado de la tubería de alimentación en una longitud máxima de 2.50 metros con la condición de que la tubería sea de polietileno insertado en una vaina de acero o cobre. Pero, en cualquier otro caso, que no sea la pared exterior, el empotrado de la tubería será como máximo 40 cm.

Antes de empotrar la tubería se deberá limpiarla con esmero, luego pintarla con dos manos pintura imprimadora (protección anticorrosiva) de base asfáltica y recubrirla con doble capa de cinta protectora<sup>(6)</sup>, realizando un traslape del 50% en cada pasada o vuelta.

b) Red de tuberías Alimentadas desde Tanques a Gas Licuado de Petróleo (GLP):

Las tuberías deben pasar por el exterior del edificio o por un patio interior ventilado. Para acceder a los gabinetes donde se encuentran los contadores, se podrá hacer el tendido por el interior de las viviendas con una tubería de MPB que opere con una presión máxima de 2 bar. El tendido por el interior del edificio debe ser lo más corto posible. Por el interior de una vivienda, la presión máxima de servicio no será superior a 2 bar.

De esta disposición están excluidas las viviendas unifamiliares; en este caso, el diámetro de la tubería no será superior a 20 mm. Si el trazado se ha de realizar por un primer sótano, la tubería se insertará en una vaina metálica cuyos extremos ventilen hacia el exterior y, si esto no es posible al menos uno de sus extremos ventilados y el otro sellado. La tubería será continua, sin cortes ni uniones que no sean soldadas.

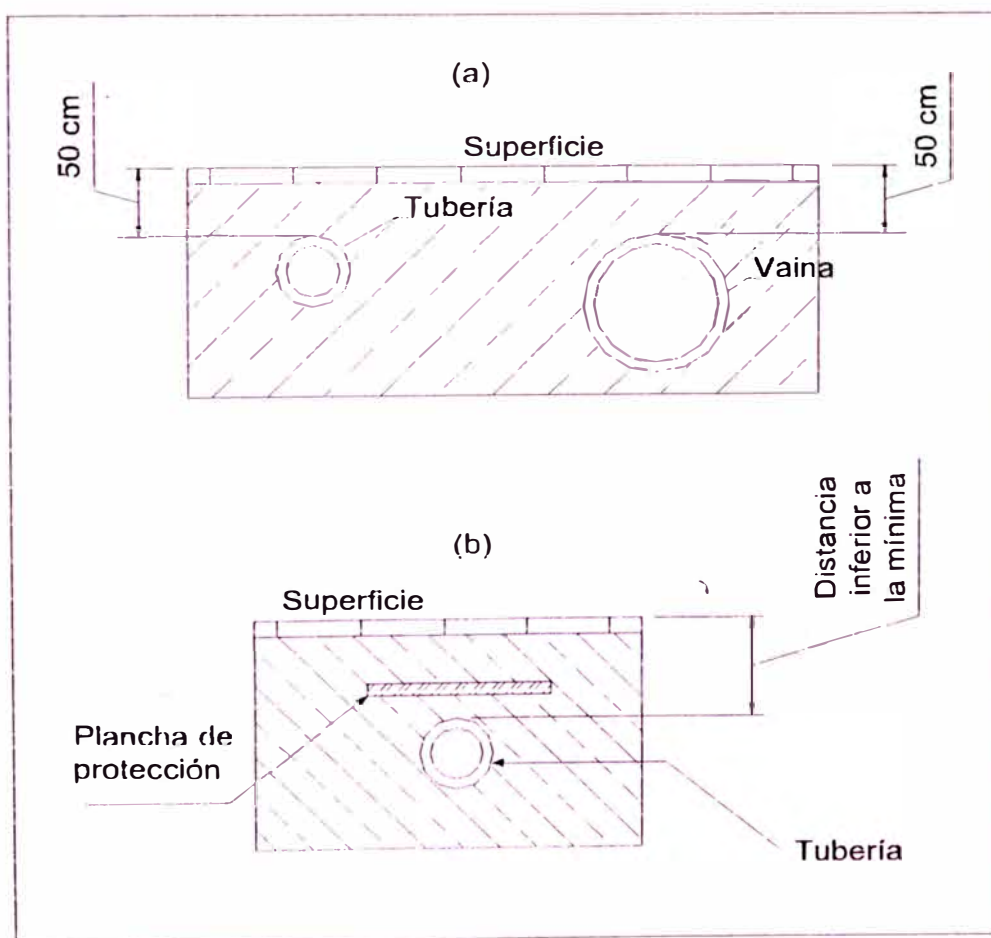
#### c) Tuberías Enterradas:

Una tubería está enterrada cuando pasa por el subsuelo sin que exista un local o sótano por debajo. Las condiciones técnica requeridas están especificadas en el "Reglamento de Instalaciones de Gas en Locales Destinados a usos Domésticos, Colectivos o Comerciales", dado en octubre de 1993, en Madrid, España.

Las tuberías no pueden pasar en el subsuelo de una vivienda o local. Cuando la tubería tenga que atravesar un muro, lo hará con un pasamuros: un tubo de metal (a modo de vaina y/o como elemento de sujeción) empotrado en la pared, de lado a lado, por cuyo eje pasa la tubería de gas.

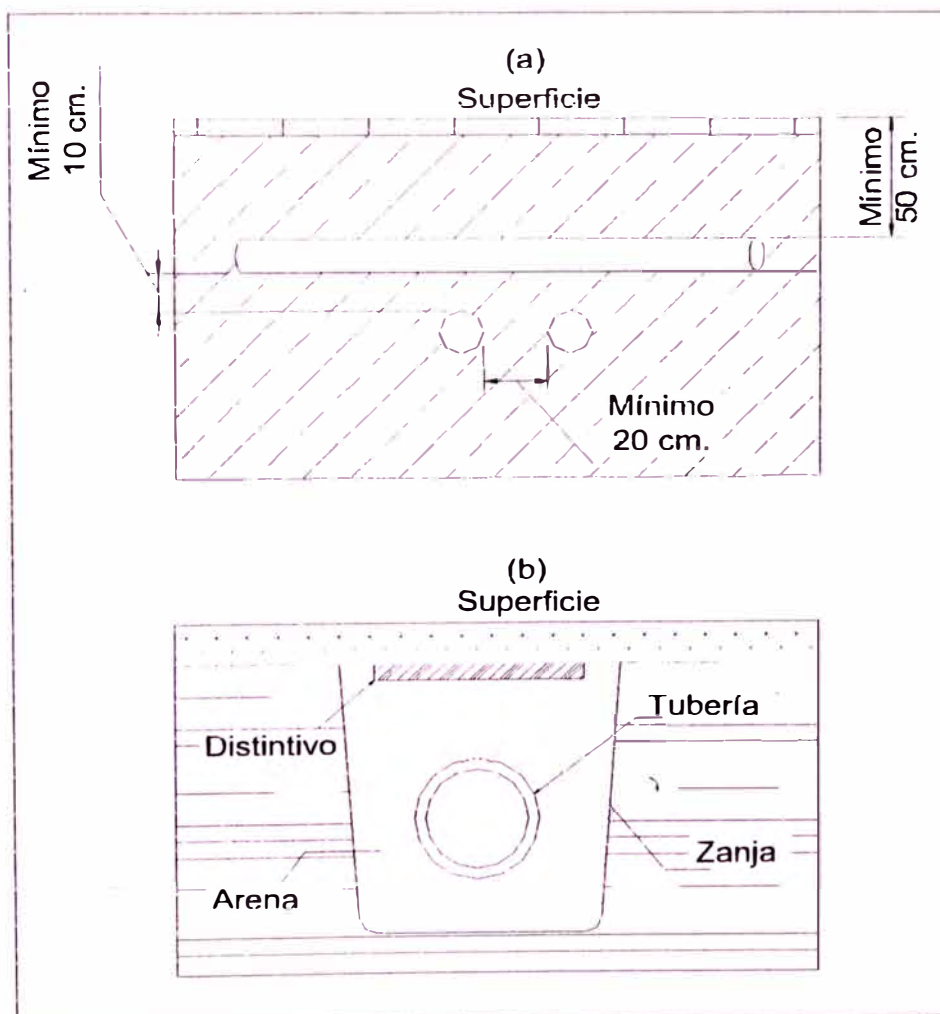
La profundidad del enterramiento debe ser de 50 cm como mínimo medido desde la superficie hasta la generatriz de la tubería o de la vaina si aquella está alojada en una vaina (ver figura 3.22a). Si no se puede respetar la distancia mínima indicada, se deberá interponer entre la tubería y la superficie una plancha metálica o una losa de hormigón que reduzca la carga sobre la tubería; no será necesario hacerlo si la tubería instalada es suficientemente resistente (ver figura 3.22b).

Figura 3.22



Si se cruzan unas tuberías con otras, estando todas ellas enterradas deben respetarse ciertas distancias mínimas (ver figura 3.23a). Pero, de no ser posible respetar aquellas distancias, deberá interponerse una pantalla de material cerámico, plástico, amianto u otro material con las mismas características mecánicas y que sea aislante.

Figura 3.23



La metodología del enterramiento consiste en cavar una zanja con un espacio suficiente para que la tubería quepa holgadamente. Luego de instalada, la zanja se rellena con arena cernida y lavada. La tubería se le debe aplicar la correspondiente protección anticorrosiva y a una distancia de 20 a 30 cm irá un distintivo par indicar su existencia; este puede ser una hilera de ladrillos, una tira de tela metálica o una banda plástica (ver figura 3.23b).

### 3.1.2 DE LOS EQUIPOS

Los equipos a gas son los dispositivos que aprovechan el calor generado en la combustión completa del gas para su utilización en diversas actividades, como pueden ser la cocción, la producción de agua caliente, la calefacción, etc.

Los equipos a gas que se conecten a instalaciones individuales en locales destinados a usos domésticos, colectivos o comerciales deberán cumplir lo dispuesto en el Reglamento de Aparatos que Utilizan Gas como Combustible, aprobado en España por Real Decreto 494/198 del 20 de mayo, que en su artículo 1º indica que tiene por objeto establecer las condiciones que deben cumplir los aparatos que utilizan gases

como combustible en orden a la seguridad de las personas y los bienes.

Todos los equipos a gas deben disponer de un dispositivo de seguridad por extinción o detección de llama en todos sus quemadores que impida la salida del gas sin quemar, a excepción de los quemadores superiores y descubiertos de los aparatos domésticos de cocción cuyo uso presupone vigilancia continua.

Antes de instalar cualquier equipo a gas en un ambiente o local debemos asegurarnos de que se cumplan los requisitos de evacuación de los humos de la combustión y de ventilación enunciados anteriormente.

Cada equipo debe tener su válvula de paso que esté a la vista y sea fácilmente accesible. Debe de permitir cerrar el paso del gas en caso de realizar un mantenimiento o para cualquier contingencia.

Cuando los equipos a gas se coloquen contiguos a muros o tabiques de madera, se debe instalar un material aislante incombustible apropiado y que sea aprobado por la compañía instaladora de gas.

Todo equipo que funcione con gas natural debe haber sido diseñado para emplear dicho combustible o haber sido convertido, con la aprobación de una empresa instaladora, para tal efecto. Las pautas para la conversión de equipos para su uso con gas natural se dan el Apéndice H.

Todos los medidores, reguladores de presión, válvulas de paso, tuberías, equipos y conductos de evacuación de gases deben estar fijos. Al estar sueltos es posible provocar escapes de gas o la evacuación inadecuada de los gases por la combustión.

Todo equipo instalado debe permitir visualizar la placa de identificación o características, que el fabricante del mismo está en la obligación de colocar en forma soldada o remachada, que nos debe permitir conocer el modelo, número de serie, matrícula, tipo de gas que utiliza, consumo, potencia nominal, eficiencia, etc., al margen de un sello que indique haber pasado las pruebas de calidad y /o seguridad.

La forma de conexión de los equipos a gas:

- Cuando se efectúe en forma rígida, se hará mediante una unión doble o universal, la que deberá ser accesible a las herramientas comunes.
- Cuando se efectúe por medio de conexiones flexibles permitidas por las Normas (ver Apéndice I), la longitud de las mismas no excederá de 0,50 m., y los equipos serán fijados en forma rígida para evitar desplazamientos.

Los requisitos que deben tenerse en cuenta sobre la ubicación de los equipos a gas:

- No deben ofrecer peligro a las personas o a la propiedad.
- No deben estar expuestos a corrientes de aire.
- Que el ambiente donde se instalen tenga las aberturas de aire para la evacuación de humos y ventilación, tal como se explicó antes.
- Los equipos a gas de circuito estanco se podrán colocar en cualquier ambiente.
- Los equipos a gas de circuito abierto no podrán colocarse en dormitorios, baños, cuartos de aseo, etc.
- Equipos que usen gases con densidades relativas mayores que 1, no podrán ser instalados en sótanos.

### 3.2 EQUIPOS DE USO FRECUENTE



Los equipos a gas que comúnmente encontramos en las viviendas se clasifican en función de las características de combustión de los mismos, y pueden ser equipos de circuito abierto de tiro natural o forzado y equipos de circuito estanco.

### 3.2.1 EQUIPOS A GAS DE CIRCUITO ABIERTO

Los equipos a gas de circuito abierto son aquellos en los cuales el aire necesario para realizar la combustión completa del gas se toma de la atmósfera del ambiente donde se encuentran instalados, por lo que necesitan de las condiciones de ventilación ya enunciadas.

Los equipos a gas de circuito abierto para uso doméstico en las viviendas son aquellos que han sido concebidos esencialmente para cubrir las necesidades de cocción, agua caliente, calefacción, secado de ropa, etc.

En función de su utilización, configuración y potencia de los equipos a gas de circuito abierto, éstos deberán estar o no conectados a un conducto de evacuación de los productos de la combustión y necesitarán unas determinadas aportaciones de aire para la combustión.

Los equipos a gas de circuito abierto que no necesitan estar conectados a conductos de evacuación de los productos de la combustión son los siguientes:

- Equipos de cocción, como pueden ser cocinas-horno, hornos independientes, secadora de platos, etc.
- Equipos de calefacción que utilicen directamente el calor generado, como pueden ser radiadores infrarrojos, que cumplan los siguientes requisitos:
  - Que su potencia nominal no sea superior a 4,7 kW (4.000 kcal/h).
  - Que su potencia nominal esté comprendida entre 4,7 y 7 kW (entre 4.000 y 6.000 kcal/h) y el volumen del local sea superior a 70 m<sup>3</sup>.
  - Que la potencia nominal total de los equipos instalados en un local de volumen superior a 70 m<sup>3</sup> no supere los 2,4 kW (2.000 kcal/h) por cada 25 m<sup>3</sup> de volumen del local.

No obstante, estos equipos deberán incorporar, además del dispositivo de seguridad por extinción de llama, un dispositivo analizador de atmósfera que interrumpa el paso de gas cuando la concentración de anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) supere el valor establecido en el Reglamento de Aparatos que Utilizan Gas como Combustible, a excepción de los aparatos de este tipo instalados en locales de más de 1.000 m<sup>3</sup> de volumen bruto cuya potencia

total instalada por cada 25 m<sup>3</sup> de local no supere los 1,2 kW (1.000 kcal/h), que podrán no incorporarlo.

- Máquinas de lavar o secar ropa y lavavajillas, que incorpora quemadores de gas, neveras y otros aparatos cuya potencia nominal no supere los 4,7 kW (4.000 kcal/h).

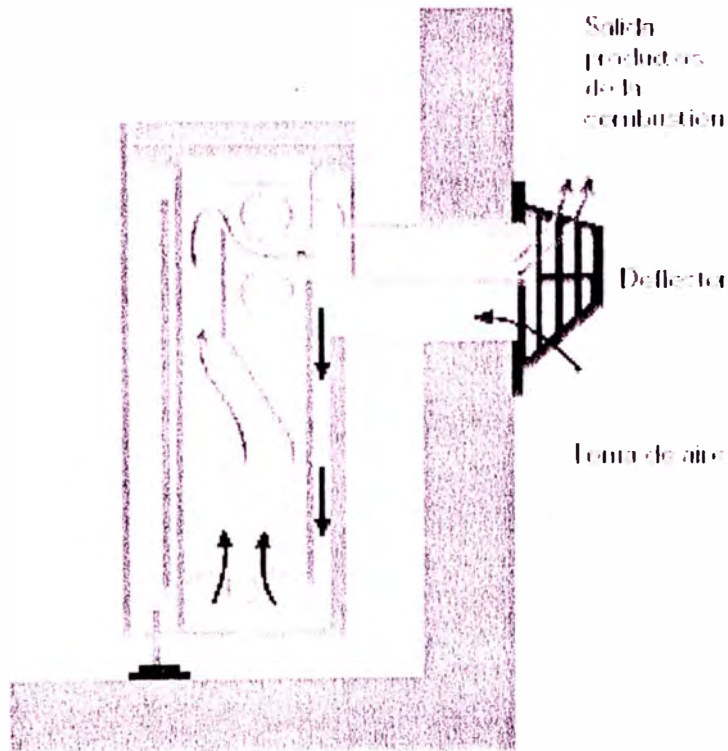
El resto de equipos a gas de circuito abierto precisan estar conectados a conducto de evacuación de los productos de la combustión, es decir, los calentadores de agua, las calderas de calefacción, los generadores de aire caliente, etc.

Los equipos de circuito abierto que necesitan estar conectados a conducto de evacuación de los productos de la combustión pueden ser de tiro natural o forzado. En los de tiro natural, la evacuación de los productos de la combustión se efectúa sin necesidad de medios mecánicos que los impulsen, mientras que en los de tiro forzado, los productos de la combustión son impulsados mediante un dispositivo mecánico.

### **3.2.2 EQUIPOS A GAS DE CIRCUITO ESTANCO**

Los equipos a gas de circuito estanco (figura 3.24) son aquellos en los cuales el circuito de combustión (entrada de aire y salida de los productos de la combustión) no tienen comunicación alguna con la atmósfera del ambiente en el que se encuentran instalados.

Figura 3.24  
Equipo a Gas de Circuito Estanco



Este tipo de equipos son habitualmente de uso doméstico, básicamente radiadores murales, calderas de calefacción y calentadores de agua.

Los equipos a gas de circuito estanco deberán estar fijados a una pared o al suelo del local mediante un sistema de sujeción adecuado, de acuerdo con las instrucciones que para ello dé el fabricante del aparato.

Los ambientes donde se instalen equipos a gas de circuito estanco deberán tener conectada la entrada de aire y la salida de los productos de la combustión a conductos, individuales o colectivos, especialmente diseñados para ello, o bien tener, al menos, una pared que comunique directamente con el exterior o con un patio de ventilación para realizar la entrada de aire y salida de productos de la combustión.

Cuando los conductos de entrada de aire y salida de productos de la combustión den directamente al exterior o a un patio de ventilación, la salida al exterior del ambiente sólo podrá hacerse a través de las paredes.

Además, cuando los equipos de circuito estanco realicen la toma de aire y/o la evacuación de los productos de la combustión de una galería o terraza que tenga la consideración de espacio exterior, se procurará que al menos el conducto de evacuación de los productos de la combustión se prolongue hasta el límite de la mencionada superficie libre de la galería o

terrazza con el exterior, siempre que sea posible según las instrucciones del fabricante o la configuración de la galería (ver figuras 3.25a y 3.25b ).

El extremo final del conducto de evacuación de los productos de la combustión deberá estar situado a una distancia mínima de 40 cm de cualquier abertura destinada a la ventilación de locales (entrada de aire o salida de aire viciado) o puerta o ventana de un local distinto del que se encuentren instalados los equipos a gas (ver figura 3.26).

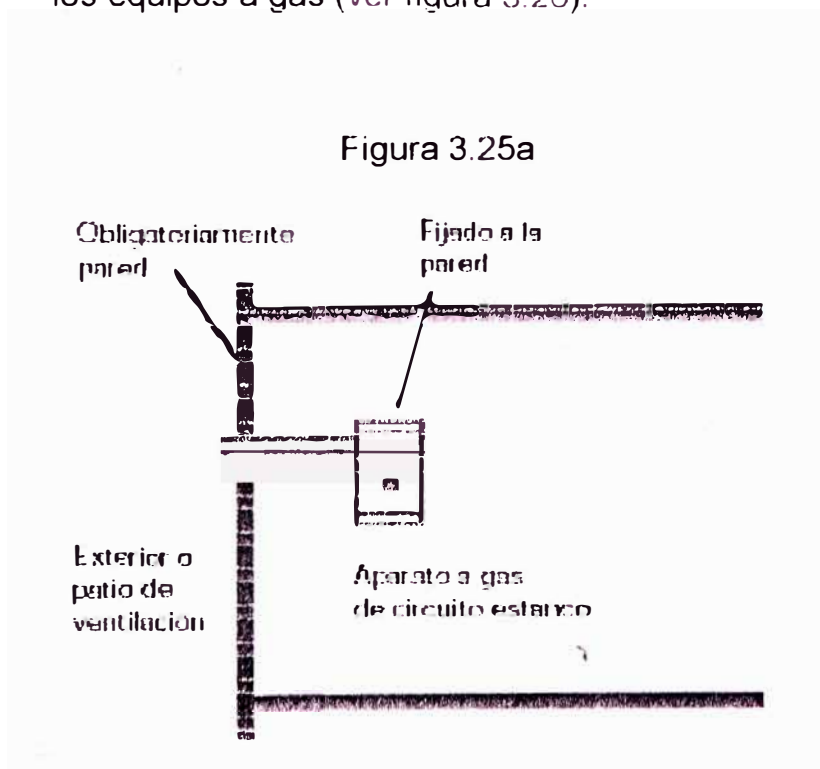


Figura 3.25b

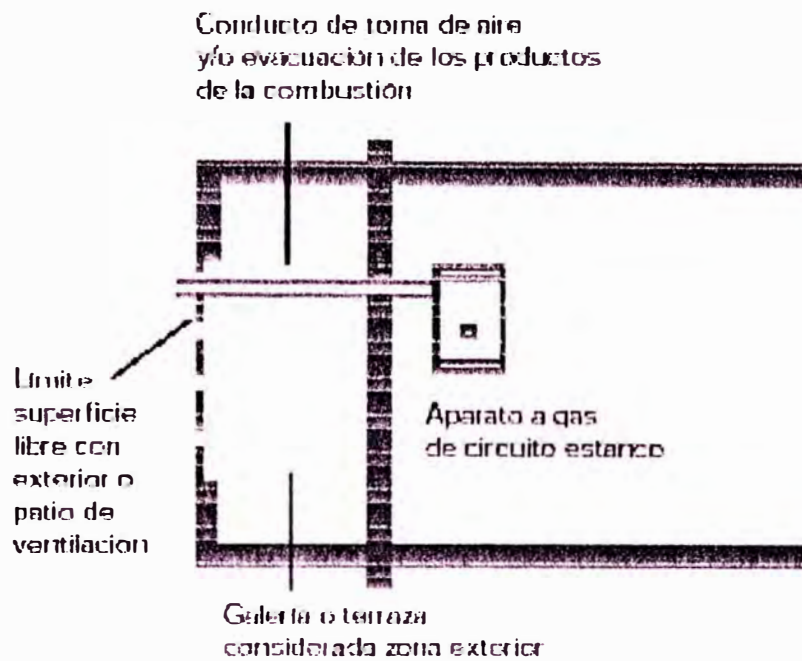
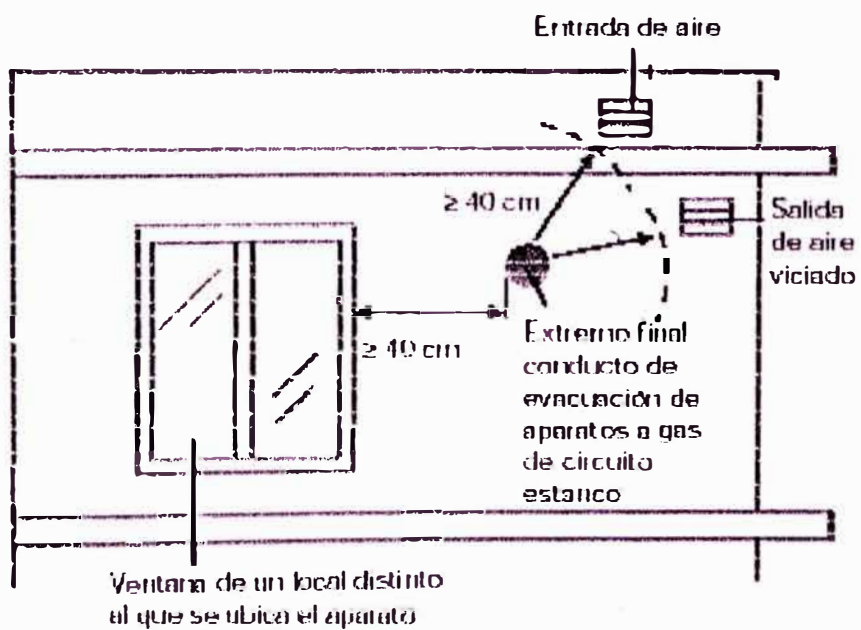


Figura 3.26



### 3.3 DISEÑO DE LA DISTRIBUCION

#### 3.3.1 METODO DE CALCULO

##### A) ALCANCES

Para el cálculo de la red de tuberías para distribuir el gas se debe considerar el consumo de gas de los aparatos que conforman la instalación, teniendo presente todos ellos no siempre funcionan simultáneamente.

El calcular la red de tuberías con un caudal de gas necesario para alimentar a todos los aparatos al mismo tiempo, la red resultaría sobredimensionada y en consecuencia, se usarían mayores diámetros de tuberías que los necesarios y por tanto mayores costos de inversión.

Por lo tanto, el criterio a emplear es el de reducir el caudal haciendo uso de un caudal probable o caudal de simultaneidad.

En cuanto al caudal del gas, puede expresarse en masa por unidad de tiempo (kilogramos por segundo o kilogramos por hora) o en volumen por unidad de tiempo (metros cúbicos por



segundo o metros cúbicos por hora). Las unidades más utilizadas, con el método de cálculo que se empleará, son expresadas así:

$m$  = caudal másico, en kg/s o en kg/h

$\dot{V}$  = caudal volumétrico en  $m^3/s$  o en  $m^3/h$

El caudal másico es independiente de las condiciones de presión y temperatura, pero no así el volumétrico. Es necesario indicar el caudal volumétrico bajo ciertas condiciones de presión y temperatura porque de lo contrario cometeremos un error.

Para resolver el problema, el caudal volumétrico puede expresarse en referencia a dos condiciones determinadas:

- **Condiciones Normales:** se representa con el símbolo (n) y se establece a la temperatura de 0 °C y una presión de 1 atmósfera (atm) o 1,033 kg/cm<sup>2</sup> o 1,013 bar.
- **Condiciones Estándares:** se representa por el símbolo (st) y se establece a la temperatura de 15 °C y una presión de 1 atmósfera.

En cuanto a la potencia consumida por los equipos se tienen los conceptos de potencia nominal y potencia útil.

Las potencias nominal  $P_n$  y útil  $P_u$  son dos conceptos diferentes y tienen relación con el principio de que la energía recibida y consumida por todo aparato no va a ser igual a aquella que la cede. La energía recibida será siempre mayor que la cedida.

Todo equipo consumirá una determinada cantidad de energía según las instrucciones de funcionamiento proporcionadas por el fabricante. Esa energía por unidad de tiempo es la potencia nominal. Por lo general, el valor de esta potencia va indicada en la placa de especificaciones adosada al equipo.

La potencia útil es la energía por unidad de tiempo cedida por el equipo, y es la que realmente se aprovecha para los fines previstos.

La relación entre ambas potencias se denomina eficiencia o rendimiento del aparato y se expresa así:

$$\eta = (P_u) / (P_n)$$

La potencia de los equipos viene expresada, por lo general, en kilocalorías por hora (kcal/h), convertible fácilmente a

kilowatts o kilovatios (kW) mediante las siguientes equivalencias:

$$1.000 \text{ kcal/h} = 1,163 \text{ kW}$$

$$1,0 \text{ kW} = 860 \text{ kcal/h}$$

En cuanto al caudal nominal del equipo o consumo de gas es un dato que al igual que la potencia nominal, debe estar indicada en la placa de características del aparato. Como referencia para su cálculo puede usarse la fórmula siguiente:

$$V_n = (P_n) / (P.C.S.)$$

$V_n$  = caudal nominal volumétrico.

$P_n$  = potencia nominal del aparato.

P.C.S. = poder calorífico superior del combustible, en unidades de volumen estándar.

Las unidades en que  $\dot{V}_n$  puede expresarse:

$$\dot{V}_n [\text{m}^3(\text{n}) / \text{h}] = (P_n [\text{kcal} / \text{h}]) / (P.C.S. [\text{kcal} / \text{m}^3]); \text{ o}$$

$$\dot{V}_n [\text{m}^3(\text{n}) / \text{s}] = (P_n [\text{kW}]) / (P.C.S. [\text{kJ} / \text{m}^3])$$

Expresando el P.C.S. en unidad de masa, se obtiene el caudal másico nominal del gas:

$$m_n = P_n / (\text{P.C.S.})$$

$m_n$  = caudal másico nominal.

$P_n$  = potencia nominal.

P.C.S. = poder calorífico superior referido a la unidad de masa.

Las unidades en las cuales  $\dot{m}_n$  pueden expresarse son:

$$m_n \text{ [kg / h]} = P_n \text{ [kcal / h]} / \text{P.C.S. [kcal / kg]; o}$$

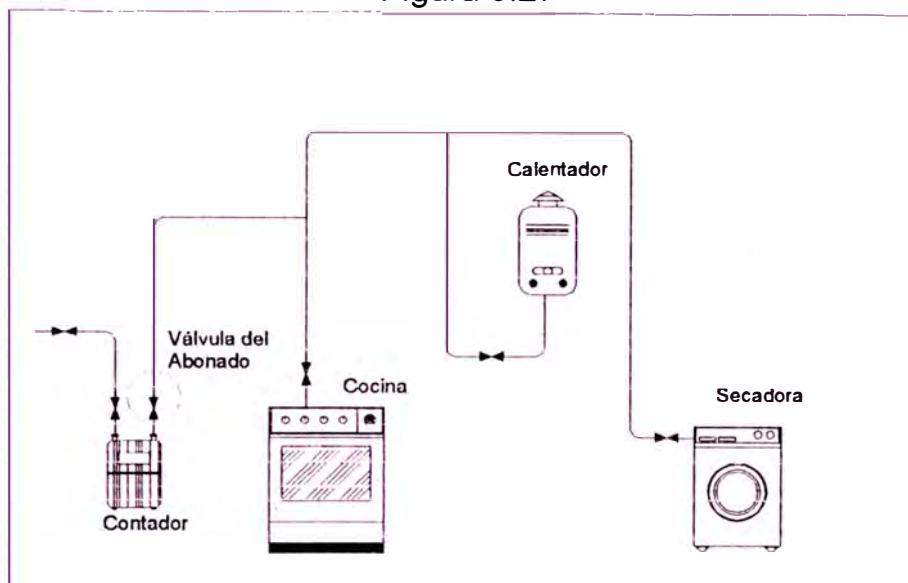
$$\dot{m}_n \text{ [kg / s]} = P_n \text{ [kW]} / \text{P.C.S. [kJ / kg]}$$

## B) REALIZACION DE UN ESQUEMA INICIAL

Como primer paso para proceder a realizar el cálculo de la instalación, será necesario realizar un esquema de la misma, indicando la tuberías, los accesorios y los aparatos. No se hará a escala pero el trazo de las tuberías debe representar el recorrido real del gas, con las derivaciones, curvas y codos. Debe de indicarse la longitud de cada tramo recto. Tratándose de una vivienda unifamiliar, el esquema (ver

figura 3.27) se inicia desde la válvula del abonado para terminar en los aparatos o gasodomésticos consumidores.

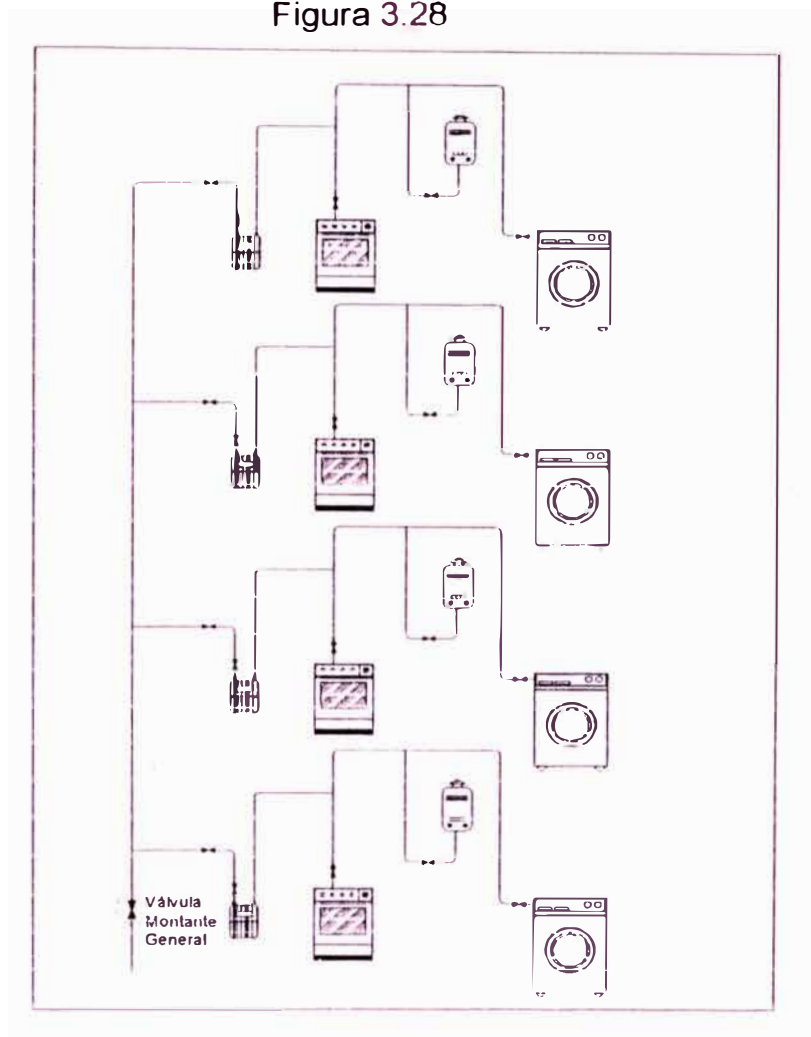
Figura 3.27



Tratándose de una instalación multifamiliar, el esquema (ver figura 3.28) debe dibujarse desde la válvula de montante general.

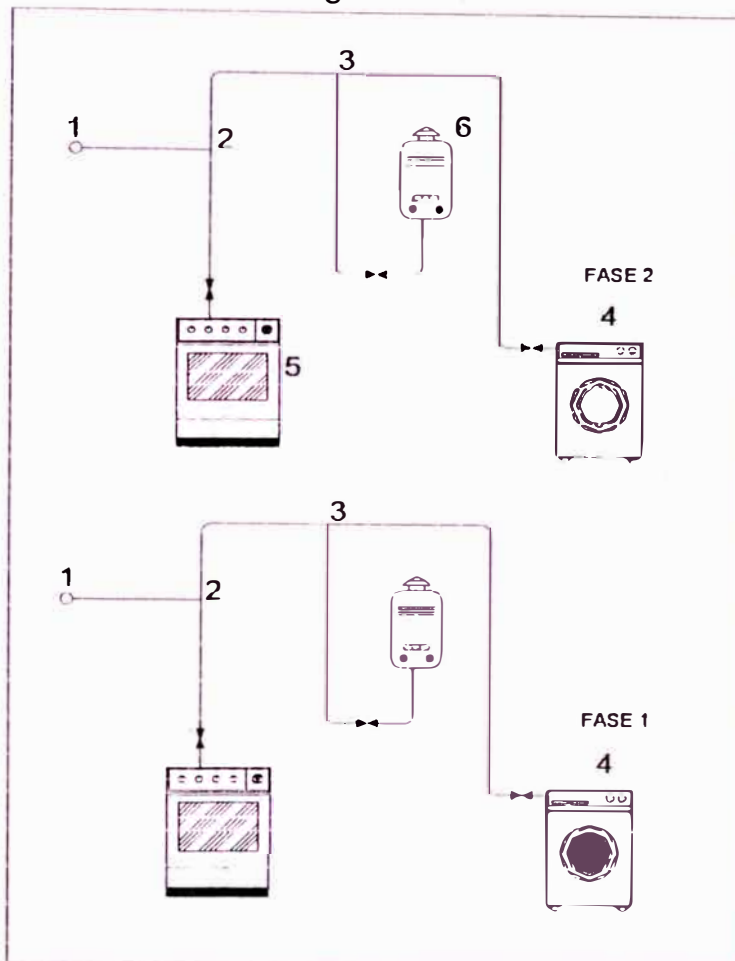
No es necesario que se coloquen los dibujos de los gasodomésticos, válvulas, contadores, etc. Se pueden colocar representaciones simbólicas de los mismos, para hacer aún más simple el esquema, pero no se deben obviar en el cálculo de la instalación.

Figura 3.28



A continuación se ponen letras o números, colocando una letra o número en cada derivación, empezando por el principio y siguiendo por la línea más larga. En la figura 3.29 se indican las etapas para numerar los tramos de la red: el tramo más largo que va de la 1 a la 4 se le llama línea principal. Las líneas 2 – 5 y 3 – 6 se les llama derivaciones.

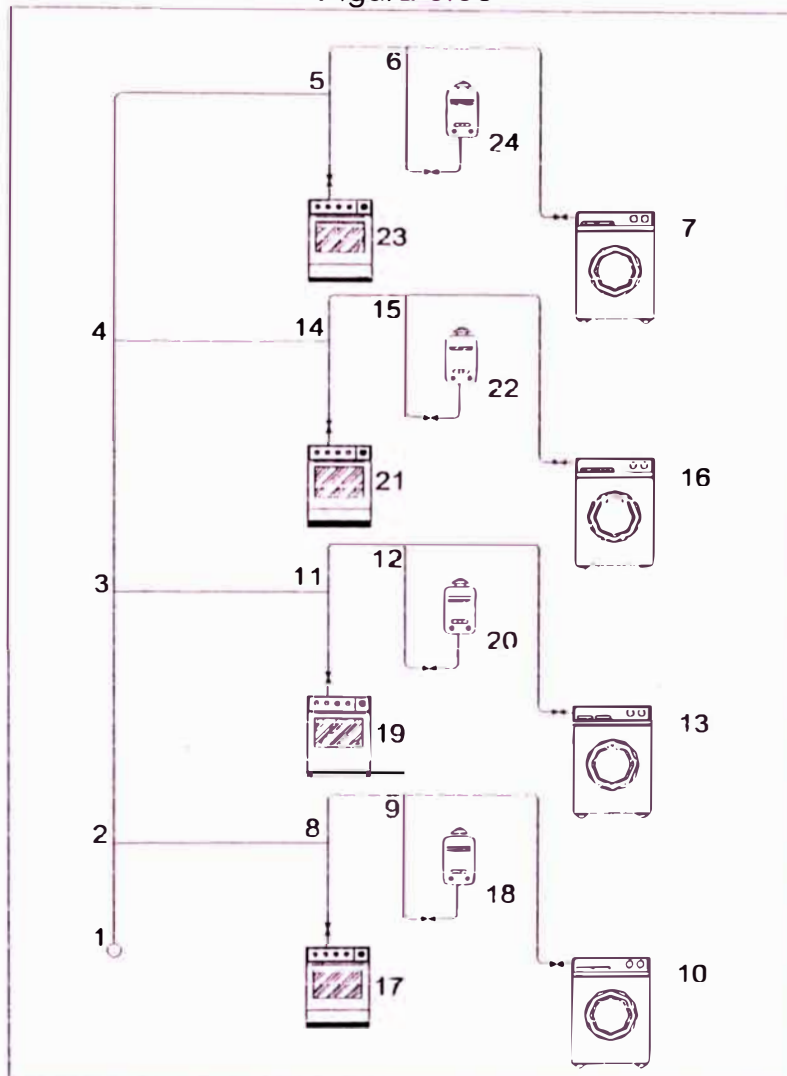
Figura 3.29



Para el caso multifamiliar, en la figura 3.30, se muestra la numeración de los tramos según el siguiente orden:

- Primero: la línea principal: 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7
- Segundo: la primera derivación: 8 – 9 – 10
- Tercero: la segunda derivación: 11 – 12 – 13
- Cuarto: la tercera derivación: 14 – 15 – 16
- Quinto: las derivaciones secundarias, empezando por la primera derivación: 17 – 18 – 19 – 20 – 21 – 22 – 23 y 24

Figura 3.30



### C) CAUDAL PROBABLE POR TRAMO

Para una instalación individual domiciliar se aplicará la fórmula propuesta por el Manual de Instalaciones Receptoras del Grupo Gas Natural de España, que es la siguiente:

$$\dot{V}_p = A + B + (C + D + E + \dots) / 2$$



Donde:

- A y B: caudales nominales de los dos equipos de mayor caudal
- C, D, E...: son todos los demás caudales

Cuando en la instalación hay más de dos equipos, es poco probable que todos ellos estén funcionando a la vez. En todo caso, ese valor debe tomarse como mínimo si la suma de la potencia nominal de todos los equipos es menor de 30 kW.

Para hallar el valor del caudal por tramo, se debe tener presente que los equipos pertenecen a dicho tramo y tomar todos los datos necesarios de la placa de características de los mismos.

Tomando un ejemplo, a modo de Ejercicio Nº 1, de una instalación unifamiliar, en base a la figura 3.29, y leyendo de la placa de características el caudal nominal de los elementos que la conforman encontramos:

- Cocina:  $2,8 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$
- Calentador:  $5,0 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$
- Secadora:  $6,5 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$

Utilizando la numeración indicada para obtener el caudal probable de cada tramo:

Tramo 1 – 2: este tramo alimenta a los tres aparatos.

$$\dot{V}_{1-2} = 6,5 + 5,0 + (2,8) / 2 = 12,90 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

Tramo 2 – 3: este tramo alimenta la calentador y a la secadora.

$$\dot{V}_{2-3} = 5,0 + 6,5 = 11,50 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

Tramo 3 – 4: alimenta sólo a la secadora.

$$\dot{V}_{3-4} = 6,50 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

Tramo 2 – 5: alimenta sólo a la cocina.

$$\dot{V}_{2-5} = 2,80 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

Tramo 3 – 6: alimenta solo al calentador.

$$\dot{V}_{3-6} = 5,00 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

En la tabla 3.8 se consignan los resultados ordenadamente donde se muestran el caudal probable y el caudal máximo. El caudal máximo es viene a ser la suma directa de todos los caudales nominales, indicados en la placa de características,

de los aparatos que pertenecen a cada tramo. Para este ejemplo, solo para el tramo principal los caudales máximo y probable son diferentes.

Tabla 3.8  
Resultados del Ejercicio N° 1

<b>Tramo</b>	<b>Caudal máximo [m<sup>3</sup>(n) / h]</b>	<b>Caudal probable [m<sup>3</sup>(n) / h]</b>
1 - 2	14.30	12.90
2 - 3	11.50	11.50
3 - 4	6.50	6.50
2 - 5	2.80	2.80
3 - 6	5.00	5.00

#### D) FACTOR DE SIMULTANEIDAD

El factor de simultaneidad es la relación de la demanda máxima probable con la demanda máxima posible. Esta relación depende del uso de la instalación y de la característica del proyecto.

Para el uso doméstico, instalación domiciliaria unifamiliar, se fija en 1 dicha relación, lo que implica calcular la instalación como si todos los aparatos estuvieran conectados, funcionando simultáneamente.

Cuando una instalación suministra gas a más de una vivienda, se utilizan unos factores de simultaneidad para diferentes números de viviendas (ver tabla 3.9).

Para hallar el caudal de gas por tramo aplicando factores de simultaneidad en el caso de una instalación domiciliaria multifamiliar, se emplearán las siguientes relaciones:

Tabla 3.9  
Factores de Simultaneidad

Nº de Viviendas	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>
1	1	1
2	0.50	0.70
3	0.40	0.60
4	0.40	0.55
5	0.40	0.50
6	0.30	0.50
7	0.30	0.50
8	0.30	0.45
9	0.25	0.45
10	0.25	0.45
S <sub>1</sub> : sin calentador		
S <sub>2</sub> : con calentador		

$$V_{x \ y} = N^{\circ} \text{ de viviendas} * \text{Caudal simultáneo por vivienda} * (S_1 \text{ o } S_2)$$

Donde:

$x - y$ : son dos posiciones en un mismo tramo, línea principal.

$S_1$ : factor de simultaneidad - instalación sin calentador.

$S_2$ : factor de simultaneidad - instalación con calentador.

$S_1$  o  $S_2$ : condiciones excluyentes, una de ambas.

\*: símbolo de operación de multiplicación.

Para resolver otro ejemplo, a modo de Ejercicio N° 2, de una instalación multifamiliar cuyo esquema, con la numeración indicada, se toma en base a la figura 3.30, compuesta por aparatos cuyos datos de placa, caudales nominales, serán los mismos que las del Ejercicio N° 1. Tenemos que los caudales por tramo son:

Tramo 1 – 2: este tramo alimenta a todo el complejo multifamiliar.

$$\dot{V}_{1-2} = 4 * 12,90 * 0,55 = 28,40 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

Tramo 2 – 3: alimenta a 3 viviendas.

$$\dot{V}_{2-3} = 3 * 12,90 * 0,60 = 23,20 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

Tramo 3 – 4: alimenta a 2 viviendas.

$$\dot{V}_{3-4} = 2 * 12,90 * 0,70 = 18,10 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

Tramo 4 – 5: alimenta solo a una vivienda.  $S_2$  vale 1.

$$\dot{V}_{4-5} = 1 * 12,90 * 1 = 12,90 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

En este ejemplo, todos los tramos homólogos o semejantes tienen los mismos valores. Es así que:

$$\dot{V}_{4-5} = \dot{V}_{4-14} = \dot{V}_{3-11} = \dot{V}_{2-8} = 12,90 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

$$\dot{V}_{5-6} = \dot{V}_{14-15} = \dot{V}_{11-12} = \dot{V}_{8-9} = 11,50 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

$$\dot{V}_{5-23} = \dot{V}_{14-21} = \dot{V}_{11-19} = \dot{V}_{8-17} = 2,80 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

$$\dot{V}_{6-24} = \dot{V}_{15-22} = \dot{V}_{12-20} = \dot{V}_{9-18} = 5,00 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

$$\dot{V}_{6-7} = \dot{V}_{15-16} = \dot{V}_{12-13} = \dot{V}_{9-10} = 6,50 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

## E) PERDIDAS DE PRESION

A las ya conocidas pérdidas de presión debidas a la fricción del gas en su desplazamiento por la red de tuberías, válvulas, accesorios, etc., tenemos que tomar en cuenta las pérdidas de presión o de carga debida a la altura (h). En base a esto último y con el uso de tablas, realizaremos el cálculo de las instalaciones.

Tanto en instalaciones unifamiliares como multifamiliares el trazado de la red de tuberías sigue rutas ascendentes o descendentes; se presentan con mayor frecuencia los casos ascendentes sobretodo si la red de tuberías alimenta a varias viviendas en edificios, por ejemplo.

Las pérdidas de presión relativa de un gas en una tubería debidas a la altura tiene un concepto diferente a aquellas debidas al rozamiento, se calculan según el desnivel ascendente o descendente.

La expresión, obtenida del Manual de Cálculo y Diseño de Instalaciones, de A. L. Miranda Barreras y R. Oliver Pujol, que nos permite calcular la variación de la presión relativa en función de la altura es:

$$\Delta p = 1,29 * h * (1 - \delta_r)$$

Donde:

- $\Delta p$ : variación de la presión en milímetros de columna de agua (mm c.a.) o en kilogramos por metro cuadrado ( $\text{kg/m}^2$ )
- 1,29: densidad del aire en kilogramos por metro cúbico ( $\text{kg/m}^3$ (st))
- h: altura o desnivel ascendente o descendente en metros (m).
- $\delta_r$ : es la densidad relativa del gas respecto al aire.

Para expresar  $\Delta p$  en pascales (Pa) multiplicamos el término a la derecha del signo igual por el valor de la aceleración de la gravedad  $g = 9.81$  metros por segundo al cuadrado ( $\text{m/s}^2$ ):

$$\Delta p = 1,29 * h * (1 - \delta_r) * g$$

El término  $(1 - \delta_r)$  se hace positivo o negativo según si la densidad relativa del gas es menor o mayor que 1 (ver tablas 3.10a y 3.10b). Para  $\delta_r < 1$  (el gas más ligero que el aire), la variación de la presión por la altura se sumará a la presión disponible en el tramo. Para  $\delta_r > 1$  (el gas más pesado que el aire), habrá que restarla de la presión disponible en el tramo.



Tabla 3.10a  
Variación de la presión por la altura – Cuando sumar o restar

Características del Gas	Tramo Ascendente	Tramo Descendente
Gas más ligero que el aire ( $\delta_r < 1$ )	La variación de la presión se suma a la presión disponible	La variación de la presión se resta a la presión disponible
Gas más pesado que el aire ( $\delta_r > 1$ )	La variación de la presión se resta a la presión disponible	La variación de la presión se suma a la presión disponible

Tabla 3.10b

Tipo de Gas	Densidad Corregida o Ficticia ( $\delta_l$ )	Densidad Relativa ( $\delta_r$ )
Gas de Ciudad	0.5	0.6
Gas Natural	0.54 – 0.63	0.6
Gas Propano	1.16	1.62
Gas Butano	1.44	2.03

Si la magnitud de  $\Delta p$  (positiva o negativa) es pequeña, no tendría porque ser tomada en cuenta para afectarla a la presión disponible.

## F) EL USO DE TABLAS EN EL CALCULO DE INSTALACIONES

Como se dijo desde un inicio, es más útil, práctico y económico realizar los cálculos haciendo el uso de las tablas.

Las tablas que se presentan en el Apéndice A se utilizarán para calcular entre otras cosas, la pérdida de carga o presión, los diámetros de las tuberías, etc. No solamente están incluidas las de gas natural sino también las de los otros gases comerciales como el propano butano y gas de ciudad. Las tablas están hechas en base a las fórmulas de **Renouard** (ver Apéndice .I) y están agrupadas en las de baja presión (tablas 1 a la 4) y las de media presión (tablas 5 a la 11). El uso de ellas en baja o media presión es diferente, tal como se explicará.

#### F.1) EL USO DE TABLAS PARA BAJA PRESION (BP)

En el encabezado de estas tablas se indican los diámetros en milímetros (mm) de los **tubos de cobre** normalizados más usuales, y debajo, los diámetros en pulgadas de las **tuberías de acero** equivalentes. La presencia de puntos sucesivos (...) indica que no existe la correspondencia señalada antes.

En la primera columna, la de la izquierda, se indican los valores de la pérdida de carga en milímetros de columna de agua por metro de longitud equivalente (mm c.a./m); en las

siguientes columnas se dan los caudales en metros cúbicos estándar por hora [ $m^3(st)/h$ ] o en kilogramos por hora (kg/h).

Con la ayuda de estas tablas podemos conocer cualquiera de estos tres datos: la caída de presión o carga, el caudal y el diámetro de la tubería. Bastará con conocer dos de esos datos para hallar el tercero.

La longitud equivalente ( $L_E$ ) dada en las tablas del Apéndice A viene a ser en buena cuenta una longitud total ( $L_T$ ), y se calcula como un 20% más de la longitud real ( $L$ ) de la tubería: las pérdidas secundarias<sup>(7)</sup> no suelen calcularse pues se estima que incrementando como máximo en un 20% la longitud real de las tuberías quedan cubiertas dichas pérdidas.

$$L_T = L * 1.2$$

La pérdida de carga total ( $\Delta p_{total}$ ) viene a ser:

$$\Delta p_{total} = \Delta p * L_T$$

En las tablas, al seleccionar el caudal y no encontrar la cantidad exacta, se escogerá el valor más próximo por

exceso. Es así que en el cálculo de las pérdidas de carga total, el valor obtenido será algo superior al real. Pues bien, es preferible que sea así, porque habrá la seguridad que el valor real no sobrepasará la establecida.

## F.2) EL USO DE TABLAS PARA MEDIA PRESION (MP)

Estas tablas (Apéndice A – tablas 5 a la 11) funcionan con la longitud equivalente, los diámetros y el caudal. Cada tabla está elaborada para una pérdida de carga determinada. Para gas natural a media presión B (MPB), en la tabla 5, la pérdida de carga máxima admitida es de 50 mm c.a.

Entonces, la pérdida de carga máxima admitida, en todo tramo, no debe sobrepasar los 50 mm c.a.

Así, conociendo la longitud equivalente y el caudal podrá conocerse el diámetro de la tubería. De no hallarse valores exactos, se seleccionarán los más próximos por exceso.

Como en el caso de baja presión (BP), las tablas nos permiten hallar diámetros de tuberías de cobre en milímetros o su equivalente (en la misma columna) en acero cuyos diámetros se dan en pulgadas.

### G) VELOCIDAD DEL GAS EN LAS TUBERÍAS

Para que nuestros cálculos sean buenos, luego de obtener los diámetros en función de los caudales, se ha de tener presente que la velocidad del gas en cualquiera de los tramos, no sobrepase los 20 metros por segundo (m/s) para evitar diversas perturbaciones.

Una buena fórmula a emplear, obtenida del Manual de Cálculo y Diseño de Instalaciones, de A. L. Miranda Barreras y R. Oliver Pujol, para poder chequear la velocidad está dada por:

$$c = 360,86 * \dot{V} / (p * D^2)$$

Donde:

c: velocidad del gas en la tubería en m/s.

$\dot{V}$ : caudal en m<sup>3</sup>(st)/h.

p: presión media absoluta en kg/cm<sup>2</sup>.

D: diámetro de la tubería en mm.

Si nos proporcionan el flujo másico del gas ( $\dot{m}$ ) en kg/h, podemos convertirlo a  $\text{m}^3(\text{st})/\text{h}$  dividiendo aquel valor entre su densidad absoluta en condiciones estándares:

$$\dot{V} = \dot{m} / \delta_{\text{st}}$$

Donde:

$\dot{m}$ : caudal o flujo másico del gas en kg/h.

$\dot{V}$ : caudal del gas en  $\text{m}^3(\text{st})/\text{h}$ .

$\delta_{\text{st}}$ : densidad del gas en  $\text{kg}/\text{m}^3(\text{st})$ .

#### H) LAS FORMULAS DE RENOUARD

Siempre que sea posible se usarán tablas para el cálculo del diámetro de las tuberías en baja presión. Si existiese alguna duda sobre algún cálculo o si se desea hacer comprobaciones en alguno de los tramos de la red de tuberías, puede emplearse la fórmula de Renouard, obtenida del Manual de Instalaciones Receptoras del Grupo Gas Natural de España:

$$d = [232.000 * \delta_r * L_T * \dot{V}^{1,82} / (p_1 - p_2)]^{0,2075}$$

donde  $d$  es el diámetro interior de la tubería en milímetros.

Los otros términos vienen a ser:

$\delta_r$ : densidad relativa del gas.

$L_T$ : longitud total del tramo considerado, en metros.

$\dot{V}$ : caudal del gas en  $m^3(st)/h$

$p_1$ : presión del gas al inicio del tramo en mm c.a.

$p_2$ : presión del gas al final del tramo en mm c.a.

Además, suceder que para el cálculo de instalaciones en media y alta presión (MP y MA), no se podrían disponer de las tablas adecuadas. Es en este momento que para calcular los diámetros deben de utilizarse las fórmulas de Renouard, cuya descripción se da en el Apéndice J.

## I) LA MARCACIÓN DE LOS TRAMOS EN LA RED DE TUBERÍAS

Para el diseño de redes de gas en instalaciones domiciliarias se tiene que seguir un método de trabajo. Para esto se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Emplear la tabla adecuada para el tipo de gas.

- Diferenciar una instalación colectiva de una individual. Los cálculos son parecidos pero se debe empezar por calcular la instalación individual para después pasar al cálculo de la instalación colectiva.
- Se debe tener bien en claro con que presión se trabaja: si es baja presión (BP) o media presión (MP). Aquí los cálculos de los tramos en BP o en MP son diferentes.

Para aclarar la terminología anterior:

- Instalación colectiva: una instalación común que alimenta a varias instalaciones individuales.
- Baja presión: si la presión de trabajo es inferior a 500 mm c.a.
- Media presión: si se trabaja entre 0,05 bar (500 mm c.a.) y 4 bar.

### I.1) MARCACION DE LOS TRAMOS

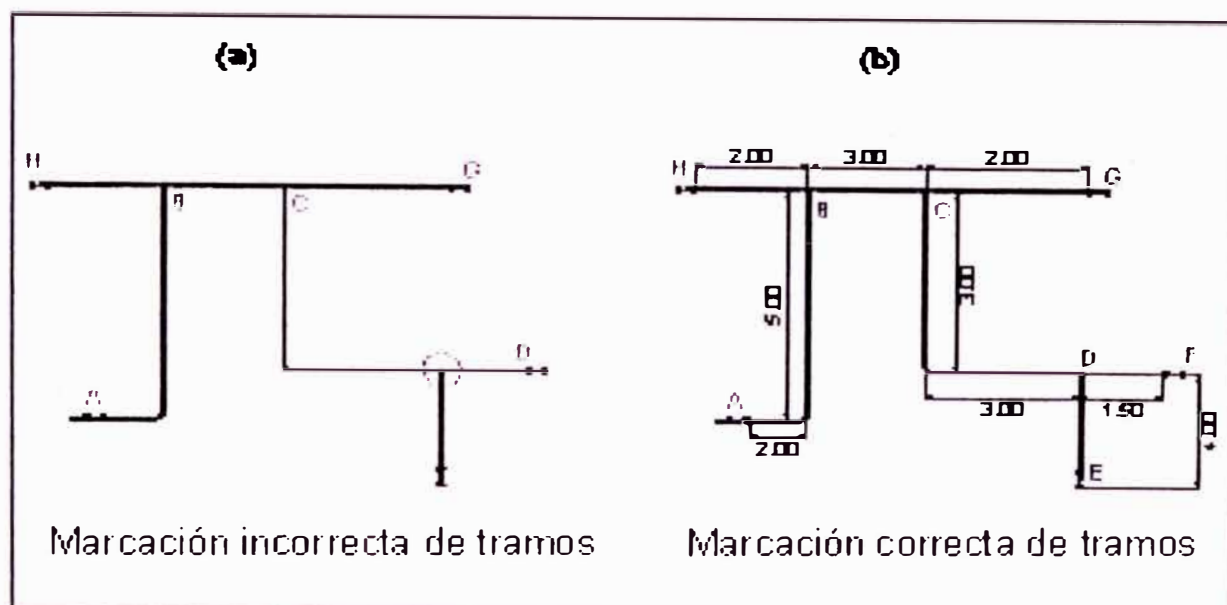
Si la red de distribución es muy compleja es mejor usar los números para marcar los tramos. Al contrario, si la red no es compleja, será conveniente usar las letras. Estas se escriben de nodo a nodo, sin dejar de señalar una derivación entre nodos.

En la figura 3.31a se indica un procedimiento incorrecto de marcación. Se está dejando sin señalar una derivación. En la



figura 3.31b se muestra una marcación correcta. El tramo principal, en esta última, es ABCDE y las derivaciones BH, CG y DF.

Figura 3.31



## 1.2) LOS CAUDALES Y LONGITUDES EQUIVALENTES

El paso siguiente después de haber realizado una marcación correcta de los tramos de la red, es <sup>1</sup>determinar los caudales nominales afectándolos por el factor de simultaneidad en cada tramo. Para esto es conveniente tener preparado una tabla (ver tabla 3.11) donde recoger los datos, pues estos serán consultados varias veces.

Tabla 3.11

TRAMO	CAUDAL NOMINAL (m <sup>3</sup> /h o kg/h)	CAUDAL PROBABLE (m <sup>3</sup> /h o kg/h)	LONGITUD REAL (m)	LONGITUD EQUIVALENTE (m)
AB				
BC				
CD				
BE				
CF				

La longitud equivalente ( $L_E$ ) – como se ve en las tablas de baja y media presión del Apéndice 1 - o longitud total ( $L_T$ ), como se define habitualmente, viene a ser la suma de la longitud real ( $L$ ) más la longitud por pérdidas secundarias. Esta última queda prácticamente cubierta si se considera como un máximo del 20% de  $L$ :

$$L_T = 1,2 * L$$

### 3.3.2 EJEMPLO DE CALCULO

Como se explicó en los alcances de este Informe, el ejemplo de cálculo se aplica a una instalación en baja presión (BP).

El cálculo se hará en base al Plano 1 de una vivienda unifamiliar de dos plantas ubicada en el Distrito de Santa Anita, en la ciudad de Lima. De este plano se ha elaborado una isometría de la red de tuberías de gas, que se muestra en la figura 3.32. Para diseñar la instalación individual, la vivienda cuenta con los siguientes equipos a gas: una cocina y dos calentadores instantáneos de agua, ambos iguales de 10 litros/minuto, de  **tiro balanceado**. Todos funcionan con GLP y se convertirán a Gas Natural, y una secadora eléctrica de ropa, que se desechará y se sustituirá por una de gas natural, cuyas características nuevas así como las del gas natural son las siguientes:

- Cocina: consumo nominal =  $0,8 \text{ m}^3(\text{st})/\text{h}$
- Calentador: consumo nominal =  $2 \text{ m}^3(\text{st})/\text{h}$
- Secadora: consumo nominal =  $0,5 \text{ m}^3(\text{st})/\text{h}$
- Gas Natural: PCS =  $10.500 \text{ kcal}/\text{m}^3$
- Densidad gas natural: 0,62

Los tres primeros datos se obtienen de la placa de características adosada a los equipos o de lo contrario se obtiene de la potencia nominal de cada equipo dividiéndolo entre el poder calorífico superior (PCS) del gas. Los datos de

la presión disponible en el punto A y la máxima pérdida de carga admitida en la instalación son conocidos.

Figura 3.32

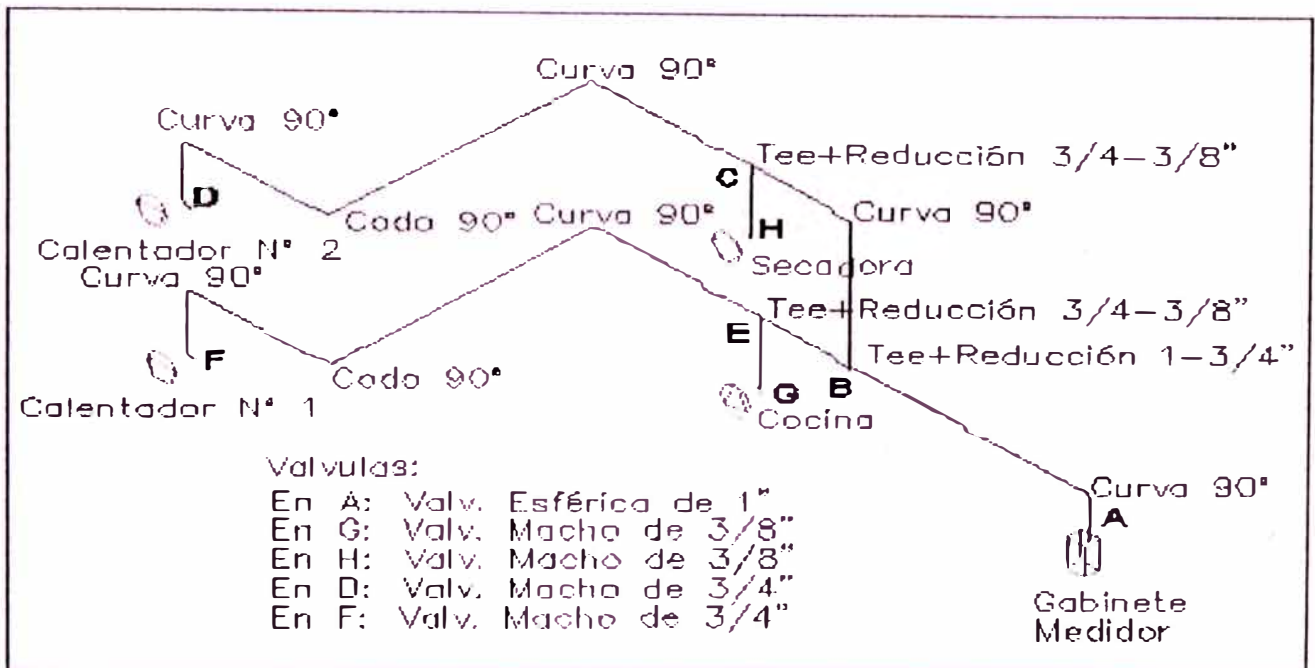


Tabla 3.12

Pérdidas admitidas en baja presión (BP) – Valores más comunes  
(La empresa distribuidora de gas debe proporcionarlas)

<p><b>Gas Natural:</b> 25 mm c.a., excluido el contador Por lo general se toma 20 mm c.a. para la parte común</p>
<p><b>Gas de Ciudad:</b> 15 mm .ca., excluido el contador Por lo general se toma 10 mm c.a. para la parte común</p>
<p>Para la Tercera Familia de Gases: 5% de la presión disponible</p>

Las pérdidas de carga admisibles para cualquier gas que se distribuye por red de tuberías en una ciudad deben ser conocidas y proporcionadas por la empresa suministradora de gas. En la tabla 3.12 se dan valores promedios suministrados por empresas españolas, que sólo sirven como referencia para nuestro caso.

a) Cálculo del caudal por tramos:

Tramo AB:

alimenta a toda la instalación. El caudal probable resulta de identificar los dos equipos de mayor consumo, los dos calentadores, y sumarlos; luego agregar la semisuma de los caudales consumidos por el resto de los equipos de la instalación, la cocina y la secadora:

$$\dot{V}_{AB} = 2,0 + 2,0 + 0,5 * (0,8 + 0,5) = 4,65 \text{ m}^3(\text{st})/\text{h}$$

Tramo BC:

Alimenta a la secadora y al calentador N° 2. El caudal probable es:

$$\dot{V}_{BC} = 0,5 + 2,0 = 2,5 \text{ m}^3(\text{st})/\text{h}$$

Tramo CD:

Alimenta al calentador N° 2. El caudal probable es:

$$\dot{V}_{CD} = 2,0 = 2,0 \text{ m}^3(\text{st})/\text{h}$$

Tramo BE:

Alimenta a la cocina y al calentador N° 1. El caudal probable es:

$$\dot{V}_{BE} = 0,8 + 2,0 = 2,8 \text{ m}^3(\text{st})/\text{h}$$

Tramo EF:

Alimenta al calentador N° 1. El caudal probable es:

$$\dot{V}_{EF} = 2,0 \text{ m}^3(\text{st})/\text{h}$$

Tramo EG:

Alimenta a la cocina. El caudal probable es:

$$\dot{V}_{EG} = 0,8 \text{ m}^3(\text{st})/\text{h}$$

Tramo CH:

Alimenta a la secadora. El caudal probable es:

$$\dot{V}_{CH} = 0,5 \text{ m}^3(\text{st})/\text{h}$$

## b) Recopilación de datos iniciales.

Los datos de las longitudes de los tramos es conocido. Teniendo ya los caudales por tramos, es conveniente elaborar la tabla 3.13. Esta nos será muy útil para el resto de los cálculos.

El caudal probable y nominal en el tramo AB difieren, por alimentar a más de dos equipos; en el resto de los tramos ambos caudales son lo mismo.

Tabla 3.13

TRAMO	CAUDAL NOMINAL (m <sup>3</sup> (st)/h)	CAUDAL PROBABLE (m <sup>3</sup> (st)/h)	LONGITUD REAL (m)	LONGITUD TOTAL (m)
AB	5,3	4,65	5,95	7,14
BC	2,5	2,5	5,15	6,18
CD	2,0	2,0	13,11	15,73
BE	2,8	2,8	1,93	2,32
EF	2,0	2,0	13,27	15,92
EG	0,8	0,8	1,40	1,68
CH	0,5	0,5	1,40	1,68

La longitud total se obtiene de multiplicar la longitud real por 1,2. Esto sirve para cubrir las pérdidas de carga en los accesorios. Es un valor bastante conservador y en todo caso el afectar a la longitud real por un 20% sería un valor máximo. Teniendo en cuenta que la red de tuberías no es muy extensa, no es muy tortuosa, no cuenta con muchos accesorios y además es de cobre, nos permite calcular la red de tuberías como para soportar futuras ampliaciones.

c) Cálculo de las pérdidas de carga y diámetros de tubería:

La longitud total del tramo más desfavorable ABCD es:

$$L_T = 1,2 * (5,95 + 5,15 + 13,11) = 1,2 * 24,21 = 29,05 \text{ m.}$$

Inicialmente, hasta el punto D podrán perderse 20 mm c.a. Si embargo, debemos tener presente los tramos ascendentes y descendentes para el cálculo de la pérdida de presión por la altura, siempre que los desniveles superen la distancia vertical de 6 m. En nuestro caso, tenemos que el mayor desnivel en la red de tuberías se produce cuando el gas va del punto B al C, con un desnivel ascendente de 2,90 m. Al inicio tenemos un desnivel en ascenso, que parte de la válvula a la salida del contador, de 0,65 m. Para alimentar al



calentador N° 2, la tubería descende 1,15 m. Entonces, la altura neta positiva será de  $h = 2,90 + 0,65 - 1,15 = 2,40$  m.

Luego, la pérdida de presión por altura será:

$$\Delta p_h = 1,29 * h * (1 - \delta_r) = 1,29 * 2,40 * (1 - 0,62) = 1,2 \text{ mm c.a.}$$

Esta presión se debería sumar, ya que se trata del gas natural que es más ligero que el aire; nos permitiría perder algo más de presión. Sin embargo, no la tomaremos en cuenta por ser pequeña. Luego, en nuestro diseño se podrán perder:  $\Delta p = 20$  mm c.a.

La tabla 3.14 es una muestra de la tabla 2 para gas natural a baja presión (BP) del Apéndice A. Nos sirve para realizar todos los cálculos que siguen, junto con la tabla 3.13:

Tramo AB:

Al comienzo, la pérdida de carga lineal es:

$$\Delta p/L_T = 20,0/29,05 = 0,688 \text{ mm c.a./m}$$

La longitud total se toma desde el punto inicial (A) hasta el correspondiente equipo más alejado (D). El caudal probable

(que alimenta a todos los equipos) de este tramo es 4,65 m<sup>3</sup>(st)/h. Consultamos la tabla 3 14: en la primera columna de la izquierda buscamos el valor de  $\Delta p/L_T$  más próximo por defecto (0,650) y siguiendo por fila hacia la derecha buscamos el caudal más próximo – si no es igual – por exceso (6,46). Siguiendo por la columna hacia arriba vemos que corresponde un tubo de cobre de 26/28 mm  $\emptyset$  o una tubería de acero de 1"  $\emptyset$ .

Hemos seleccionado la pérdida de carga lineal por defecto y el caudal por exceso; si continuamos hacia arriba hasta encontrar un caudal más aproximado por exceso, 4,78. Vemos que le corresponde una pérdida de carga lineal de 0,375 mm c.a./m.

Por tanto, en el tramo AB se perderán:  $0,375 * 7,14 = 2,68$  mm c.a.

Quedan disponibles (en B):  $20,00 - 2,68 = 17,32$  mm c.a.

Como vemos, se toma el último valor de  $\Delta p/L_T$  y la longitud total del tramo.

Tramo BC:

La nueva pérdida de carga lineal será:

$$\Delta p/L_T = 17,32/(6,18 + 15,73) = 0,791 \text{ mm c.a./m}$$

Tabla 3.14

Δp/L <sub>T</sub> Perdida de carga mm c.a./m	Diámetro de tubo de cobre (en mm)										
	8/8	8/10	10/12	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42	51/54	60/63
	Diámetro de tubo de acero (en pulgadas)										
	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	6
	Caudal en m <sup>3</sup> (st)/h										
0.025	0.02	0.05	0.09	0.17	0.30	0.54	1.08	2.03	3.38	6.43	9.28
0.050	0.03	0.07	0.13	0.25	0.44	0.79	1.58	2.97	4.94	9.41	14.46
0.075	0.04	0.09	0.16	0.31	0.55	0.99	1.97	3.71	6.18	11.75	18.07
0.100	0.05	0.10	0.18	0.37	0.64	1.15	2.31	4.35	7.23	13.77	21.17
0.125	0.05	0.12	0.21	0.42	0.72	1.30	2.61	4.91	8.19	15.56	23.93
0.150	0.06	0.13	0.23	0.46	0.80	1.44	2.99	5.43	9.04	17.23	26.45
0.175	0.06	0.14	0.25	0.50	0.87	1.57	3.14	5.91	9.94	18.72	29.79
0.200	0.07	0.15	0.27	0.54	0.94	1.69	3.38	6.36	10.56	20.15	30.99
0.225	0.07	0.16	0.29	0.58	1.00	1.80	3.61	6.79	11.29	21.49	33.05
0.250	0.08	0.17	0.30	0.61	1.09	1.91	3.82	7.19	11.97	22.77	35.02
0.275	0.08	0.19	0.32	0.64	1.11	2.01	4.03	7.58	12.61	24.00	36.91
0.300	0.09	0.19	0.34	0.67	1.17	2.11	4.23	7.95	13.23	25.17	39.71
0.325	0.09	0.19	0.35	0.70	1.22	2.20	4.42	8.31	13.82	26.31	40.16
0.350	0.10	0.20	0.37	0.73	1.27	2.30	4.60	8.65	14.40	27.10	42.14
0.375	0.10	0.21	0.38	0.76	1.32	2.39	4.78	8.98	14.96	28.16	43.76
0.400	0.10	0.22	0.39	0.79	1.37	2.47	4.95	9.31	15.49	29.48	45.14
0.425	0.11	0.23	0.41	0.82	1.41	2.56	5.12	9.62	16.02	30.46	46.38
0.450	0.11	0.23	0.42	0.84	1.46	2.64	5.23	9.93	16.53	31.48	48.33
0.475	0.11	0.24	0.43	0.87	1.50	2.72	5.44	10.23	17.03	32.40	49.93
0.500	0.12	0.25	0.45	0.90	1.55	2.79	5.60	10.52	17.52	33.23	51.29
0.550	0.13	0.26	0.47	0.94	1.61	2.94	5.90	11.09	18.46	35.12	54.01
0.600	0.13	0.27	0.49	0.99	1.71	3.09	6.19	11.63	19.36	36.94	56.65
0.650	0.13	0.29	0.51	1.03	1.75	3.23	6.46	12.16	20.23	38.50	59.21
0.700	0.14	0.30	0.54	1.07	1.86	3.36	6.73	12.66	21.07	40.10	61.57
0.750	0.14	0.31	0.56	1.12	1.93	3.50	6.99	13.15	21.89	41.65	64.05
0.800	0.15	0.32	0.58	1.16	2.00	3.62	7.25	13.62	22.68	43.15	66.36
0.850	0.15	0.33	0.60	1.19	2.07	3.74	7.49	14.09	23.44	44.51	68.61
0.900	0.16	0.34	0.62	1.23	2.14	3.86	7.73	14.54	24.19	45.84	70.80
0.950	0.16	0.35	0.63	1.27	2.20	3.98	7.96	14.97	24.92	47.12	72.93
1.000	0.17	0.36	0.65	1.31	2.26	4.09	8.19	15.40	25.63	48.36	75.03
1.500	0.21	0.45	0.81	1.53	2.83	5.11	10.24	19.24	32.03	60.55	93.74
2.000	0.25	0.53	0.98	1.91	3.31	5.98	11.99	22.54	37.52	71.39	109.79
2.500	0.29	0.60	1.09	2.16	3.75	6.75	13.55	26.19	42.11	80.72	121.11
3.000	0.31	0.66	1.19	2.39	4.14	7.48	14.99	28.17	46.88	89.21	137.19
3.500	0.34	0.72	1.30	2.60	4.51	8.14	16.30	30.65	51.02	97.09	149.32
4.000	0.36	0.77	1.40	2.80	4.85	8.76	17.54	32.89	54.91	104.48	160.58
4.500	0.39	0.83	1.49	2.99	5.17	9.34	18.72	35.19	58.58	111.47	171.43
5.000	0.41	0.87	1.58	3.16	5.49	9.90	19.83	37.29	62.07	118.11	181.54
5.500	0.43	0.92	1.66	3.33	5.79	10.43	20.90	39.30	65.41	124.46	191.41
6.000	0.45	0.97	1.75	3.50	6.06	10.94	21.92	41.22	68.51	130.56	200.78
6.500	0.47	1.01	1.82	3.65	6.33	11.44	22.91	43.07	71.49	136.43	209.81
7.000	0.49	1.05	1.90	3.81	6.60	11.91	23.86	44.86	74.37	142.10	218.53
7.500	0.51	1.09	1.97	3.95	6.85	12.37	24.78	46.60	77.16	147.59	226.97
8.000	0.53	1.13	2.04	4.10	7.10	12.82	25.68	48.28	80.36	152.91	235.17
8.500	0.55	1.17	2.11	4.23	7.34	13.25	26.55	49.91	83.08	158.09	243.13
9.000	0.58	1.21	2.19	4.37	7.57	13.67	27.39	51.51	85.73	163.14	250.89
9.500	0.58	1.24	2.25	4.50	7.80	14.09	28.22	53.06	88.31	168.06	258.45
10.000	0.59	1.28	2.31	4.63	8.02	14.49	29.03	54.58	90.84	172.86	265.84

La longitud total es desde el punto inicial (B) hasta el correspondiente al equipo más alejado (D). El caudal del tramo es:  $2,5 \text{ m}^3(\text{st})/\text{h}$ . Consultamos la tabla 3.14: como en el primer caso, buscamos un  $\Delta p/L_E$  más próximo por defecto (0,750) y un caudal más próximo por exceso (3,49) y vemos que corresponde a un tubo de cobre de 20/22 mm  $\emptyset$  o una tubería de acero de 3/4 "  $\emptyset$ . Seguimos buscando un caudal más aproximado por exceso (2,56), que corresponde a una pérdida de carga lineal de 0,425 mm c.a.

Por tanto, en este tramo se perderán:  $0,425 * 6,18 = 2,63 \text{ mm}$  c.a.

Quedan disponibles (en C):  $17,32 - 2,63 = 14,69 \text{ mm c.a.}$

#### Tramo CD:

La pérdida de carga lineal será:

$$\Delta p/L_T = 14,69/15,73 = 0,934 \text{ mm c.a./m}$$

El caudal del tramo es:  $2,0 \text{ m}^3(\text{st})/\text{h}$ . Consultamos la tabla 3.14: ubicamos el  $\Delta p/L_T$  más próximo por defecto (0,900) y el caudal más próximo por exceso (2,14) que corresponde a un tubo de cobre de 16/18 mm  $\emptyset$ . No tiene equivalencia con una

tubería de acero; la más próxima por exceso sería la de 3/4"  $\emptyset$ . En la misma columna buscamos un caudal más aproximado por exceso (2,00), que en este caso se encuentra un valor exacto, y vemos que le corresponde un  $\Delta p/L_T$  de 0,800 mm c.a./m.

En este tramo se perderán:  $0,800 * 15,73 = 12,58$  mm c.a.

Después de haber terminado con el tramo más desfavorable, comprobamos la pérdida de carga total:

$$\Delta p_{AD} = (L_T * \Delta p/L_T)_{AB} + (L_T * \Delta p/L_T)_{BC} + (L_T * \Delta p/L_T)_{CD}$$

$$\Delta p_{AD} = 7,14 * 0,375 + 6,18 * 0,425 + 15,73 * 0,800$$

$$\Delta p_{AD} = 17,89 \text{ mm c.a.}$$

Esta pérdida de carga es inferior a la admitida (20,00 mm c.a.) y por tanto el diseño es correcto.

Tramo CH:

La pérdida de carga lineal será:

$$\Delta p/L_T = 14,69/1,68 = 8,744 \text{ mm c.a./m}$$

El caudal del tramo es:  $0,50 \text{ m}^3(\text{st})/\text{h}$ . Consultamos la tabla 3.14: ubicamos el  $\Delta p/L_T$  mas próximo por defecto (8,500) y el caudal más próximo por exceso (0,55) que corresponde a un tubo de cobre de  $6/8 \text{ mm } \emptyset$ . Este valor es según las tablas. Sin embargo no constituye un diámetro comercial, por lo que se selecciona la columna cuyo diámetro es más próximo por exceso que es de  $8/10 \text{ mm } \emptyset$ . Tampoco hay una correspondencia con tubería de acero; la más próxima por defecto sería una de  $3/8'' \emptyset$ . En la última columna seleccionada buscamos un caudal más aproximado por exceso (0,53) vemos que le corresponde un  $\Delta p/L_T$  de 2,000 mm c.a./m.

En este tramo se perderán:  $2,000 * 1,68 = 3,36 \text{ mm c.a.}$

#### Tramo BE:

Es el inicio de la distribución de la red de tuberías hacia los equipos ubicados en la primera planta de la vivienda. La pérdida de carga lineal será:

$$\Delta p/L_T = 17,32/(2,32 + 15,92) = 0,948 \text{ mm c.a./m}$$

La longitud  $L_T$  se toma hasta el equipo más alejado. El caudal del tramo es:  $2,8 \text{ m}^3(\text{st})/\text{h}$ , correspondientes a los consumos de la cocina y el calentador N° 1. Consultamos la tabla 3.14 y buscamos un  $\Delta p/L_T$  más próximo por defecto (0,900) y un caudal más próximo por exceso (3,86) que corresponden a un tubo de cobre de 20/22 mm  $\emptyset$  o una tubería de acero de 3/4"  $\emptyset$ . Siguiendo por la misma columna buscamos un caudal más aproximado por exceso (2,94), vemos que le corresponde un  $\Delta p/L_T$  de 0,550 mm c.a./m.

En este tramo se perderán:  $0,550 * 2,32 = 1,28 \text{ mm c.a.}$

Quedan disponibles (en E):  $17,32 - 1,28 = 16,04 \text{ mm c.a.}$

#### Tramo EF:

La pérdida de carga lineal será:

$$\Delta p/L_T = 16,04/15,92 = 1,008 \text{ mm c.a./m.}$$

El caudal del tramo es:  $2,0 \text{ m}^3(\text{st})/\text{h}$ . Consultamos la tabla 3.14 y buscamos un  $\Delta p/L_T$  más próximo por defecto (1,000) y un caudal más próximo por exceso (2,26) que corresponde a un tubo de cobre de 16/18 mm  $\emptyset$ ; no tiene equivalencia en tubería de acero, siendo la más próxima por exceso la de 3/4"

Ø . En la misma columna buscamos un caudal más aproximado por exceso (2,00), valor exacto, y vemos que le corresponde un  $\Delta p/L_T$  de 0,800 mm c.a./m.

En este tramo se perderán:  $0,800 * 15,92 = 12,74$  mm c.a.

#### Tramo EG:

La presión disponible en E es de 17,20 mm c.a. La pérdida de carga lineal será:

$$\Delta p/L_T = 16,04/1,68 = 9,548 \text{ mm c.a./m}$$

El caudal en este tramo es  $0,8 \text{ m}^3(\text{st})/\text{h}$ . Consultamos la tabla 3.14 y buscamos un  $\Delta p/L_T$  más próximo por defecto (9,500) y un caudal más próximo por exceso (1,24) que corresponden con un tubo de cobre de 8/10 mm Ø. No tiene una correspondiente en tubería de acero. La más próxima por exceso sería la de 3/8" Ø. En la misma columna buscamos un caudal más aproximado (0,83) que le corresponde un  $\Delta p/L_T$  de 4,500 mm c.a. /m.

En este tramo se perderán:  $4,500 * 1,68 = 7,56$  mm c.a.



Todos los tramos salen bien calculados, dentro de los márgenes de pérdidas de carga admisibles.

En la tabla 3.15 se resumen los resultados de los cálculos.

Tabla 3.15

Tramo	Caudal Nominal m <sup>3</sup> (st)/h	Caudal Probable m <sup>3</sup> (st)/h	Longitud Real (m)	Longitud Total (m)	Pérdida de Carga Inicial (mm c.a./m)	Pérdida de Carga Final (mm c.a./m)	Diámetro Elegido (mm)	Diámetro Elegido (pulg)	Diámetro (Renouard) (mm)
AB	5,3	4,65	5,95	7,14	0,688	0,375	26/28	1	25,74
BC	2,5	2,5	5,15	6,18	0,791	0,425	20/22	3/4	19,84
CD	2,0	2,0	13,11	15,73	0,934	0,800	16/18	3/4*	16,0
BE	2,8	2,8	1,93	2,32	0,948	0,550	20/22	3/4	19,62
EF	2,0	2,0	13,27	15,92	1,008	0,800	16/18	3/4*	16,0
EG	0,8	0,8	1,40	1,68	9,548	4,500	8/10	3/8*	7,91
CH	0,5	0,5	1,40	1,68	8,744	2,000	6/8**	3/8*	7,84

Notas  
 \*no hay equivalencia para tubería de acero la columna de la tabla 3.14. Se ha elegido la más próxima por exceso.  
 \*\*6/8" no es una medida comercial, por lo que se torna el valor de 8/10 mm diámetro

Los datos de la última columna de la Tabla 3.15 se ha obtenido mediante la fórmula de Renouard consignada en el Acápite 3.3.1 Método de Cálculo, ítem H, para el cálculo de tuberías de gas de Baja Presión. Todas las variables de dicha fórmula son conocidas, cuyos valores están en la misma tabla 3.15, junto con la densidad del gas natural igual a 0,62 y la caída de presión por cada tramo, que también es conocida y calculada.

En buena cuenta es una forma de saber que hemos llegado a buenos resultados, como puede verse en dicha tabla. Como ejemplo, podemos escoger el tramo principal AB y calcular el diámetro interior de la tubería en milímetros:

$$d = [232.000 * \delta_r * L_T * \dot{V}^{1,82} / (p_1 - p_2)]^{0,2075}$$

$\dot{V} = 4,65 \text{ m}^3/\text{h}$  – caudal probable.

$L_T = 7,14 \text{ m}$  – longitud total

$p_1 - p_2 = 2,68 \text{ mm c.a.}$  – caída de presión en el tramo AB

Reemplazando valores:

$$d = [232.000 * 0,62 * 7,14 * (4,65)^{1,82} / (2,68)]^{0,2075}$$

$$d = 25,74 \text{ mm } \emptyset$$

Con el procedimiento de cálculo y la tabla 3,14 obtuvimos un diámetro de tubería de cobre de 26/28 mm  $\emptyset$ .

d) Comprobación Final:

La velocidad del gas en los tramos no debe exceder los 20 m/s, para no crear ruidos ni perturbaciones.

Se aplica la fórmula:  $c = 360,86 * (\dot{V}) / (p * D^2)$  [m/s]

$\dot{V}$ : caudal en  $\text{m}^3(\text{st})/\text{h}$

p: presión absoluta disponible, en  $\text{kg}/\text{cm}^2$

D: diámetro del tubo en mm.

Esta comprobación se hará sobre el tramo principal o sobre el más desfavorable. Bastará con hacerla sobre el tramo AB.

$$\dot{V}_{AB} = 5,3 \text{ m}^3(\text{st})/\text{h}$$

$$\rho_a = \rho_m + \rho_{atm} = (200 \text{ mm c.a.}) * 10^{-4} (\text{kg/cm}^2/\text{mm c.a.}) + 1,033 \text{ kg/cm}^2$$

$$\rho_a = 1,053 \text{ kg/cm}^2$$

$$D = 26 \text{ mm } \emptyset$$

$$c = 360,86 * (5,3) / (1,053 * 26^2) = 2,69 \text{ m/s.}$$

Está muy lejos de los 20 m/s, por lo que no será necesario hacer más comprobaciones.

### 3.4 PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD

#### 3.4.1 ALCANCES

Todas las instalaciones domiciliarias una vez construidas y con anterioridad a su puesta en servicio por parte de la Empresa Suministradora, deberán someterse a una prueba de

estanquidad, debiendo su resultado ser satisfactorio, es decir, no debe detectarse fuga de gas alguna.

Esta prueba de estanquidad se realizará en todos los tramos que componen la instalación, es decir, desde la llave de acometida, excluida ésta, hasta las llaves de conexión de aparato, incluidas éstas, y siempre antes de ocultar, enterrar o empotrar las tuberías.

Siempre que en una instalación existan tramos alimentados a diferentes presiones, en cada tramo se aplicarán los criterios establecidos para el rango de presión de servicio que corresponda en función del esquema de instalación, tal como se indica en el Apéndice K. En la tabla 3.16 se indican todas las características de las pruebas de estanqueidad en función de la presión de servicio (incluye media presión B y A).

Esta prueba de estanquidad deberá ser realizada por la **Empresa Instaladora** utilizando como fluido de prueba aire o gas inerte, estando prohibido el uso del gas de suministro o de cualquier otro tipo de gas o líquido.

La prueba de estanquidad no incluye a los conjuntos de regulación, reguladores de abonado, válvulas de seguridad por

defecto de presión y **contadores**, por lo que éstos deberán aislarse mediante llaves de corte o desmontarse de la instalación, colocando los correspondientes puentes o tapones extremos.

Tabla 3.16

PRESION DE SERVICIO	PRESION DE PRUEBA	TIEMPO DE PRUEBA	MANÓMETRO (CARACTERÍSTICAS)
≤ 500 mm c.a.	500 mm c.a.	≥ 15 min. si L ≥ 10 m. ≥ 10 min. si L < 10 m.	Columna en U de agua
De 500 a 1.000 mm c.a. (MPA)	150% presión de servicio	≥ 15 min.	Manómetro de mercurio de precisión adecuada
De 0,1 a 0,4 bar (MPB)	1 bar	≥ 15 min.	Manómetro con precisión de 0,5 bar
De 0,4 a 4 bar (MPB)	5 bar	≥ 1 hora si L ≥ 10 m. ≥ 0,5 h. si L < 10 m	Manómetro con precisión de 0,1 bar

Asimismo, la prueba de estanquidad **tampoco incluye los equipos a gas**, ni su conexión a la instalación receptora, estén conectados o no a la misma.

Si la prueba de estanquidad se realiza conjuntamente con la puesta en servicio que realiza la Empresa Suministradora, podrá realizarse con los conjuntos de regulación, reguladores de abonado, válvulas de seguridad por defecto de presión y

contadores montados, siguiendo el procedimiento establecido por la Empresa Suministradora para efectuar esta prueba.

Con anterioridad a la realización de la prueba de estanquidad, deberá asegurarse que están cerradas las válvulas que delimitan la parte de instalación a ensayar, colocados los puentes y tapones extremos necesarios y, además, que se encuentran abiertas las válvulas intermedias.

Para alcanzar el nivel de presión necesario en el tramo a probar, deberá conectarse en un punto del mismo, generalmente a través de una válvula, la de entrada del contador, del regulador, etc, el dispositivo adecuado para inyectar aire o gas inerte, controlando su presión mediante el elemento de medida adecuado al rango de presión de la prueba, inyectando el aire o el gas inerte hasta alcanzar el nivel de presión necesario para realizar la prueba según la presión de servicio del tramo.

Una vez alcanzado el nivel de presión necesario para la realización de la prueba de estanquidad, se deja transcurrir el tiempo preciso para que se estabilice la temperatura y se toma lectura de la presión que indica el elemento de medida, comenzando en este momento el período de ensayo.

Paralelamente, se maniobrarán las válvulas intermedias para verificar su estanquidad con relación al exterior, tanto en su posición de abiertas como en su posición de cerradas.

Una vez pasado el período de ensayo, intentando que durante este período la temperatura se mantenga lo más estable posible, se tomará de nuevo lectura de la presión en el aparato de medida y se comparará con la lectura inicial, dándose como correcta la prueba si no se observa disminución de la presión en el período de ensayo.

En el supuesto de que la prueba de estanquidad no dé un resultado satisfactorio, es decir, que se observara una disminución de presión, deberán localizarse las posibles fugas utilizando agua jabonosa o un producto similar, corregirse las mismas y repetir la prueba de estanquidad.

Si se observaran variaciones de la presión y se intuyera que puedan ser debidas a variaciones de la temperatura, deberá repetirse la prueba en horas en las que se prevea que no se producirán estas variaciones. En el supuesto de que esto no sea posible, se registrará la temperatura del fluido de prueba, aire o gas inerte, a lo largo de la misma, evaluando al final su posible repercusión.

Tanto el nivel de presión de la prueba como el tiempo del ensayo dependen de la presión de servicio del tramo. Se indicará la prueba de estanqueidad para tramos en baja presión (BP).

### 3.4.2 PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD PARA TRAMOS EN BAJA PRESION.

La prueba de estanquidad para los tramos de la instalación alimentados en baja presión debe realizarse a una presión efectiva (o relativa) mínima de 50 mbar, la cual deberá ser verificada, preferentemente, mediante un manómetro de columna de agua capaz de medir 500 mm c.a., equivalente a 50 mbar.

La duración de la prueba de estanquidad será, como mínimo, de 10 minutos si la longitud del tramo es igual o inferior a 10 m, o de 15 minutos si la longitud es superior a 10 m, contados ambos a partir de la estabilización de la presión en el tramo.

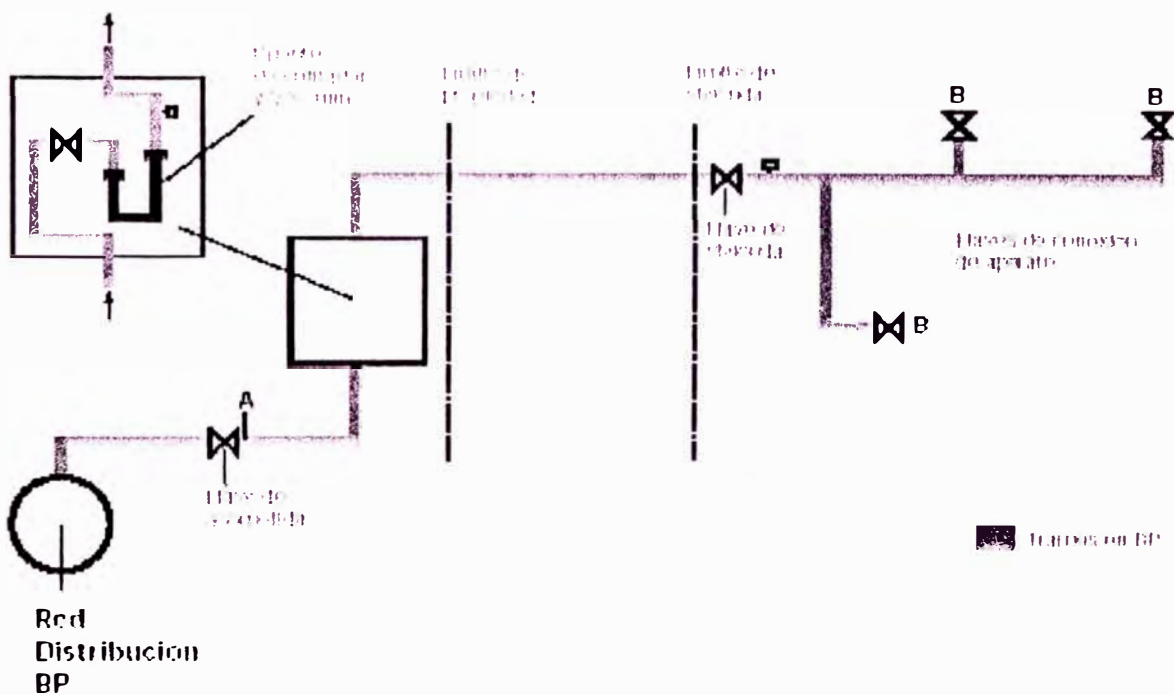
Para considerar correcta la prueba de estanquidad, no deben observarse variaciones de la presión a lo largo de toda la prueba.



- a) Prueba de estanquidad de instalaciones en viviendas unifamiliares aisladas alimentadas desde redes en baja presión:

Figura 3.33

### Instalaciones receptoras en viviendas unifamiliares aisladas o adosadas



#### NOTAS:

- (A) Consultar con la Empresa Suministradora la necesidad de instalar la válvula de seguridad por defecto de presión.
- (B) Si la prueba de estanquidad se realiza conjuntamente con la puesta en disposición de servicio que realiza la Empresa Suministradora, podrá realizarse con los conjuntos de regulación, reguladores de abonado, válvulas de seguridad por defecto de presión y contadores montados, siguiendo el procedimiento establecido por la Empresa Suministradora para efectuar esta prueba.

Tramo	Presión efectiva mínima	Duración mínima Ls 10m	
A-B	50 mbar	10 min	15 min

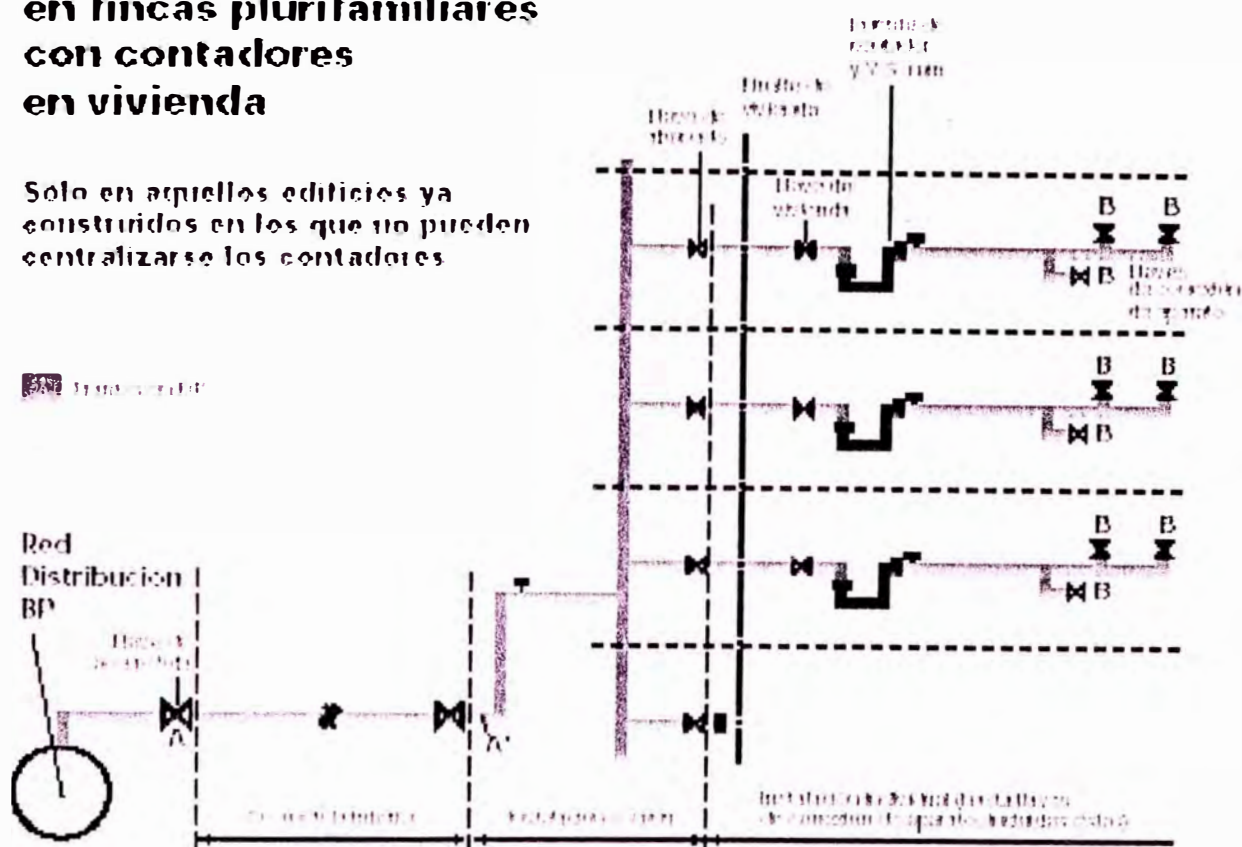


- c) Prueba de estanqueidad en viviendas plurifamiliares con contadores en viviendas:

Figura 3.35

## Instalaciones receptoras en fincas plurifamiliares con contadores en vivienda

Solo en aquellos edificios ya construidos en los que no pueden centralizarse los contadores



### NOTAS:

- (A) Si la acometida interior es accesible y visible, el tramo a probar es el A-B, y si es enterrada, el tramo a probar es el A'-B, ya que en este último caso la prueba de estanqueidad del tramo A-A' la realizará la Empresa Suministradora.
- (B) Consultar con la Empresa Suministradora la necesidad de instalar la válvula de seguridad por defecto de presión.
- (C) Si la prueba de estanqueidad se realiza conjuntamente con la puesta en disposición de servicio que realiza la Empresa Suministradora, podrá realizarse con los conjuntos de regulación, reguladores de abono, válvulas de seguridad por defecto de presión y contadores montados, siguiendo el procedimiento establecido por la Empresa Suministradora para efectuar esta prueba.

Tramo	Presión efectiva mínima	Duración mínima	
		L < 10m	L > 10m
A-B	50 mBar	10 min	15 min

### 3.5 OPERACIÓN DE LA PUES A EN SERVICIO

Este es el paso siguiente a las pruebas de estanqueidad, luego de que la empresa instaladora las ha realizado y aprobado plenamente.

En esta parte se resume la Instrucción Técnica Complementaria (ITC) con la sigla MI-IRG 10 que hace referencia a normas del Ministerio de Industria y Energía de España aplicadas a instalaciones receptoras de gas.

La empresa suministradora debe recibir de la empresa instaladora toda la documentación técnica que se indica en la “Instrucción sobre documentación y puesta en servicio de las instalaciones receptoras de gases combustibles”.

A continuación la empresa suministradora debe inspeccionar la instalación que consiste en:

- Comprobar que se cumplan las normas indicadas en el Reglamento en lo que respecta a la ventilación, materiales y dispositivos de maniobra.
- Comprobar la estanqueidad basándose en el método explicado anteriormente.

A continuación, la empresa suministradora procederá a poner en servicio la instalación realizando las siguientes operaciones:

- Verificar que queden cerradas las partes de la instalación que no estén terminadas o que no tengan contrato de suministro de gas.
- Verificar que estén cerradas las válvulas de conexión a los aparatos. Pueden existir aparatos cuya puesta en marcha deba ser realizada por el fabricante del mismo o por una persona autorizada.
- A continuación, se abre la válvula de acometida o la válvula del edificio procediendo al necesario purgado de las tuberías. Esta operación de abertura y purgado sólo podrá realizarla una persona autorizada por la empresa suministradora.

La operación de purgado debe garantizar que no quede mezcla aire – gas dentro de los límites de la inflamabilidad, en el interior de la instalación dejada en disposición de servicio.

(1) La Instrucción Técnica Complementaria "MI IRG 05" está incluida en el Apéndice del Reglamento de Instalaciones de Gas en Locales destinados a usos Domésticos, Colectivos o Comerciales, dado en Madrid – España, por el Ministro de la Presidencia, Real Decreto 1853/1993 del 22 de octubre de 1993.

(2) La Recomendación SEDIGAS RS – U – 03, Guía Práctica, está referida a las condiciones de evacuación de los productos de la combustión en aparatos de gas de producción de agua caliente sanitaria, calefacción o mixtos. Es un manual elaborado por el grupo Gas Natural de España.

(3) El Manual de Instalaciones Receptoras, elaborado por el Grupo Gas Natural de España, está basado en el Reglamento de Instalaciones de Gas en Locales destinados a usos Domésticos, Colectivos o Comerciales (Real Decreto 1853/1993 del 22 de Octubre), y recoge las experiencias de dicho Grupo en el diseño y construcción de instalaciones receptoras hasta una presión máxima de distribución de media presión B.

(4) El Cortatiros es el dispositivo que forma parte del conducto de evacuación de los humos de combustión de un aparato de gas, que puede ir incorporado o acoplado a él, y que tiene por función disminuir la influencia del tiro y de un posible revoco (retroceso de los humos de combustión que invaden el local a través del cortatiros), sobre el funcionamiento del quemador y, por ende, de la combustión.

(5) El forjado en España es el conjunto de viguetas de techo en nuestro caso. En España, al conjunto estructural de viguetas se le arma con planchas de soporte entre ellas ya sea por razones estructurales como decorativas.

(6) Una aplicación de las Cintas Protectoras son aquellas Cintas Plásticas de Polietileno que se usan para reparar tramos donde el revestimiento epoxídico o imprimante está dañado o incompleto sobre todo en el sector de las roscas o zonas soldadas. Son cintas de material sintético, compuestas por una película de polietileno recubierta en una de sus caras por una capa protectora de caucho butilo o compuestos bituminosos plastificados.

(7) Las pérdidas secundarias son aquellas pérdidas de carga producidas cuando el gas atraviesa los accesorios como las curvas, codos, tees, reducciones, etc., como también las válvulas de corte. Se estima que no deben de sobrepasar el 20% de la longitud real de cada tramo. Para gas a baja presión en redes de tuberías domiciliarias unifamiliares, cuando se aplica la fórmula de Renouard para el cálculo del diámetro de tuberías, el resultado de considerar la longitud real y luego la total (longitud real multiplicada por 1,2) hacen una diferencia de menos del 3.6%.

## 4.0

### VENTAJAS ECONOMICAS

#### 4.1 ALCANCES

El gas natural aplicado en el sector residencial puede reemplazar tanto al kerosene como al gas licuado de petróleo (GLP) y a la energía eléctrica consumida en cocinas, estufas, calentadores, secadoras de ropa, etc. Al GLP lo sustituye adaptando los equipos, como se indica en el Apéndice G, pero para los otros que funcionan con kerosene o energía eléctrica se requiere cambio de equipos.

El Contrato de Distribución del Gas de Camisea para Lima y Callao tal como está establecido, tiene el compromiso de atender a 70 mil clientes, y que en opinión de las empresas distribuidoras, esto haría que el primer suministro de gas sea para zonas como Miraflores o San Isidro, con capacidad de pago.

Pero existe otro esquema, según el cual se podría comenzar al revés, llevando el gas a las zonas marginales, donde se podría por lo menos duplicar el número de clientes, al llegar a estratos de la población donde el gas tendría un gran impacto positivo, ya que significaría un ahorro de aproximadamente 20 soles mensuales en consumo de energía.

Las empresas interesadas en la distribución ya han hecho estudios, y estiman que de esta manera crecería rápidamente el número de clientes.

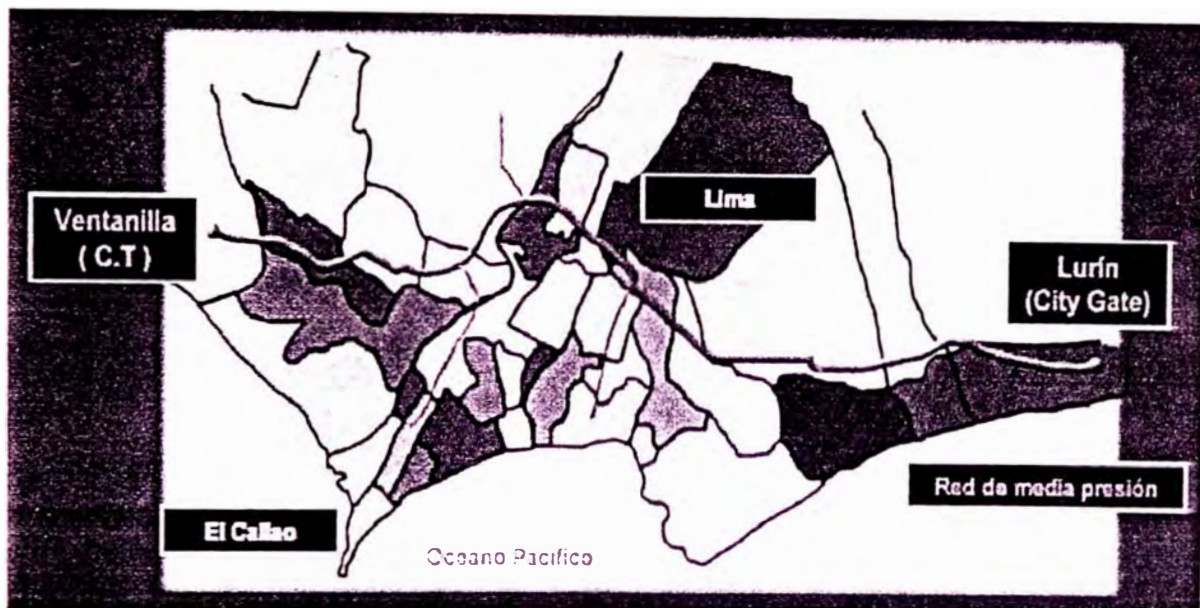
Aprovechando que el trazo inicial del gasoducto, según el esquema de la figura 4.1 proporcionado por la empresa distribuidora Tractebel, pasaría cerca de los conos sur, este y norte de Lima, creemos más importante que el tendido de la red de baja presión empiece por dichos sectores donde tendría un mercado cuyos ahorros serían de mayor significación para sus habitantes al sustituir el kerosene por el GLP y este a su vez por el gas natural.

El Kerosene se usa principalmente como combustible doméstico, en la actividad comercial y en la pequeña industria. Su consumo se viene reduciendo continuamente debido al incremento de la oferta de GLP en el mercado. En el período comprendido entre los años 1990 – 2000 el consumo de Kerosene ha disminuido en 14,36%. La tendencia es que este combustible sea sustituido totalmente por el GLP y posteriormente, en gran



medida, por el Gas Natural. La razón fundamental para ello es su alto poder contaminante

Figura 4.1  
Distribución Lima – Callao - Trazo Inicial



Con respecto al consumo del GLP en el sector residencial, según encuestas del Instituto Nacional de Estadística (INE) del año 2001 y de información de la asociación de envasadores de GLP, resulta que las zonas Este y Norte de Lima son los que tienen mayores consumos: 876 y 1.233 balones diarios respectivamente. Asimismo, por ser zonas más pobres tienen los consumos unitarios más bajos: 0,13 y 0,16 galones/día-hogar. En la tabla 4.1 se completa la información del consumo de estimado de GLP en Lima por zonas y el Callao.

Según información de las encuestas realizadas por la compañía Stone & Webster, se encontró que en los hogares de Lima usan en gran proporción el GLP en balones de 10 kg., y que la frecuencia de uso es de 1,6 balones al mes.

El GLP es un combustible del cual nuestro país actualmente es importador, aunque se espera revertir esta situación cuando se inicie la explotación del Gas Natural de Camisea, debido a que se producirá GLP de los líquidos del Gas Natural. Actualmente el mayor uso del GLP es como combustible doméstico, comercial y, en menor grado, industrial. Entre los años 1990 al 2001 su consumo se ha incrementado en 161%.

En el año 2001 la demanda interna de GLP en el Perú fue de 5,15 millones de barriles, lo cual equivale a un consumo de energía de 20,64 Tera BTU (el poder calorífico del GLP se estima en 4,01 millones de BTU por Barril – 4,01 MMBTU/Bb). Si consideramos que de los 781 millones de barriles que contiene Camisea como líquidos del gas natural, 409 millones son GLP (52%), y que los mismos se destinaran al mercado interno (el cual crecería a una tasa del 5%), entonces la vida útil de dichas reservas sería de 30 años (del 2004 al 2034). Ver figura 4.2.

En octubre de 1999, el precio del GLP en el mercado interno fue 0,857 US\$/kg (incluye el IGV) y que a diciembre del 2002 se mantiene igual. Considerando que el GLP tiene un peso específico de 2,03 kg/gal

(kilogramos por galón), es decir 85,25 kg/Bb (kilogramos por barril), entonces el precio del GLP sería de 73.1 US\$/Bb, o lo que es lo mismo 18,22 US\$/MMBTU.

**Tabla 4.1**

**CONSUMO ESTIMADO DE GLP POR ZONAS EN LIMA METROPOLITANA 1998 - SECTOR RESIDENCIAL**

Zona	Consumo Total (Bal./dia)	Consumo Medio *(gal/dia-hogar)	Consumo de GLP por Niveles Socio Económicos (Bal./dia)			
			A	B	C	D
Tienen Cocina a GLP			80%	90%	85%	47%
Compra Balones/mes			0,8	1,3	2,0	1,3
Norte	1.233	0,16	0	51,8	681,1	500,4
Este	876	0,13	0	42,0	299,4	534,7
Centro	821	0,20	0	175,4	523,1	122,1
Sur-Oeste	538	0,18	33,9	362,5	134,9	6,7
Sur-Este	324	0,15	91,2	168,7	49,7	14,8
Sur	852	0,14	1,4	44,6	387,3	468,7
Callao	689	0,20	0	95,9	468,5	124,1
Total	5.333	0,17	126,5	940,9	2.541	1.721,5
Equivalente en Gas Natural (MMPCD)	21,9	---	0,52	3,86	10,43	7,06
**Al año 2003	29,3	---	0,70	5,16	13,95	9,45

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INEI) - Asociación de Distribuidores de GLP

(\*) Un balón de GLP equivale a 4,8 galones GLP

(\*\*) La tasa de crecimiento comprende el incremento de la población (2%) y la tasa de penetración del GLP considerando que para el año 2002 el 75% de la población debe usar GLP - tasa de crecimiento 6%

Norte: Carabaylo, Comas, Independencia, Los Olivos, Puente Piedra y San Martín de Porres

Este: Ate, El Agustino, San Juan de Lurigancho y Santa Anita

Centro: Breña, Cercado, La Victoria, Rimac y San Luis

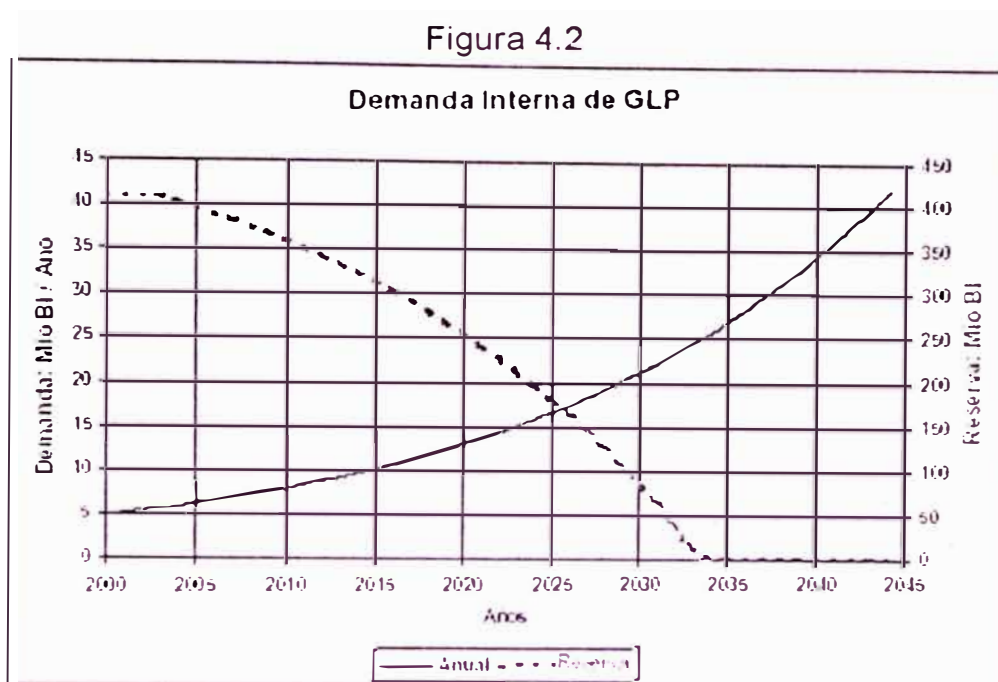
Sur-Oeste: Barranco, Jesús María, Lince, Magdalena, Miraflores, Pueblo Libre, San Isidro, San Miguel y Surquillo

Sur-Este: La Molina, Santiago de Surco y San Borja

Sur: Lurín, Chorrillos, San Juan de Miraflores, Villa María del Triunfo, Villa El Salvador y Pacacamac

Callao: Callao, Bellavista, Carmen de La Legua, La Perla y Ventanilla

Durante todo el año 2001 se importaron 536 mil barriles de GLP a un costo de 14 millones de dólares americanos.



De acuerdo con la legislación vigente, el precio al público que empleará el gas natural de Camisea mediante la red de ductos, es la suma de los costos de Producción más Transporte más Distribución. Si el precio del gas (sin incluir IGV) vendido por el Productor al Distribuidor fuera de 1,8 US\$/MMBTU (valor máximo), el costo de la red de Transporte 1,614 US\$/MMBTU (valor estimado), y la red de Distribución (margen de distribución más comercialización y **Acometida**) 7,241 US\$/MMBTU más 0,7035 US\$/mes (costo fijo de comercialización que no depende del volumen vendido), entonces el precio resultante sería de 10,655 US\$/MMBTU más 0,70 US\$/mes. Estos valores deben ser multiplicados por 1,18 para considerar el IGV.

#### 4.2 COMPARACION DE COSTOS GLP vs GAS NATURAL

Así por ejemplo, un usuario doméstico que consume 1 balón de 10 kilos por mes (10 kg/mes = 0,114 Bb/mes = 0,457 MMBTU/mes) tiene un consumo de 0,457 millones de BTU y paga en gas natural 6,5718 US\$  $[(0,457 * 10,655 + 0,70) * 1,18]$ , lo cual equivale a un precio medio de 14,3803 US\$/MMBTU. Si esta familia consumiera 2 balones de 10 kilos (0,914 MMBTU/mes), entonces el precio medio sería 13,48 US\$/MMBTU  $[(0,914 * 10,655 + 0,70) * 1,18 = 12,62 \text{ US}/\text{MMBTU}; 12,62/0,914 = 13,48]$ .

Se aprecia, que para un consumo de 1 balón al mes, el Gas Natural es más económico que el GLP (14,38 contra 18,22 US\$/MMBTU), mientras que, si el consumo fuera de 2 balones de GLP al mes, entonces, la economía del Gas Natural sería mayor (13,48 contra 18,22 US\$/MMBTU).

De la [tabla 4.2](#) se aprecia que para consumos mayores a un balón hay mayor proporcionalidad de ahorros. Si una familia consume 3 balones de GLP al mes, vemos que al cabo de 10 años y luego de 20 años, teniendo una tasa de interés efectiva ( afectada por la inflación) del 12% sus ahorros serían respectivamente:

➤  $n = 10 \text{ años: } 82,92 * 5,65022 = \text{US\$ } 468,52$

➤  $n = 20 \text{ años: } 82,92 * 7,46944 = \text{US\$ } 619,37$

Los valores de 5,65022 y 7,46944 se han obtenido de tablas financieras - factor de anualidad - con tasa de interés del 12% ([Apendice P](#)).

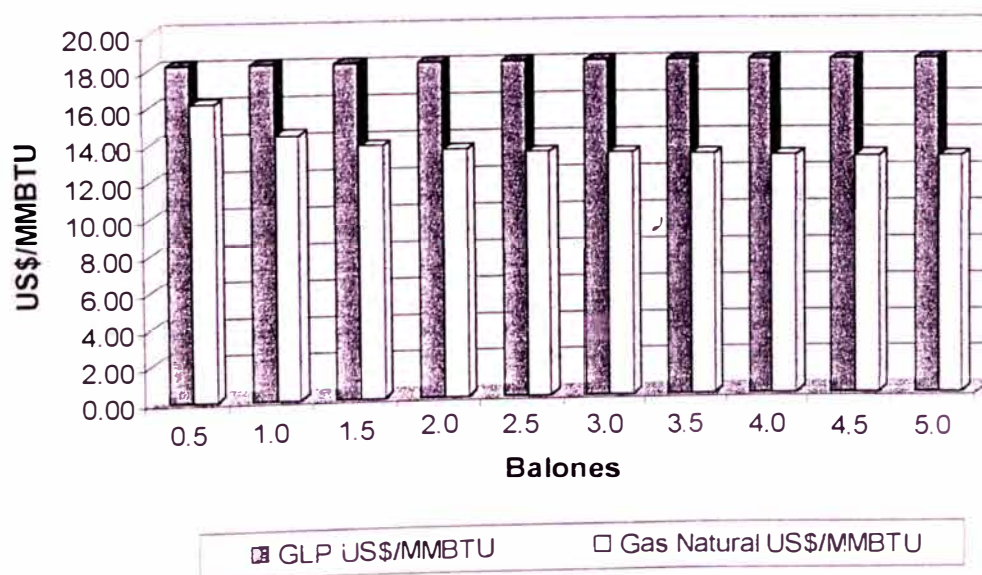
Tabla 4.2

GLP vs Gas Natural en el Sector Residencial								
Precios Noviembre 2000 - Incluye IGV								
Consumo Mensual		GLP US\$/MMBTU	Gas Natural US\$/MMBTU	Ahorro				
Balones	MMBTU			US\$/MMBTU	US\$/Mes	US\$/año	US\$/10 años	US\$/20 años
0,5	0,229	18,22	16,18	2,04	0,47	5,64	31,87	42,13
1,0	0,457	18,22	14,38	3,84	1,75	21,00	118,65	156,86
1,5	0,686	18,22	13,78	4,44	3,05	36,60	206,80	273,38
2,0	0,914	18,22	13,48	4,74	4,33	51,96	293,59	388,11
2,5	1,143	18,22	13,30	4,92	5,62	67,44	381,06	503,04
3,0	1,371	18,22	13,18	5,04	6,91	82,92	468,52	619,37
3,5	1,599	18,22	13,09	5,13	8,20	98,40	555,98	734,99
4,0	1,828	18,22	13,02	5,20	9,51	114,12	644,80	852,51
4,5	2,057	18,22	12,97	5,25	10,78	129,36	730,91	966,24
5,0	2,285	18,22	12,93	5,29	12,09	145,08	819,73	1.083,67

Para dicha familia y teniendo en cuenta que las instalaciones internas de gas tienen un tiempo de vida útil de 20 años, tendría que adoptar por usar el gas natural en su vivienda si la inversión inicial por la instalación no es más de los US\$ 619,37.

Figura 4.3

### GLP vs Gas Natural en el Sector Residencial



#### 4.3 APLICACIÓN A UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR

Veamos entonces, un proyecto de instalación de una red de tuberías en cobre tipo L expuestas o vistas para una vivienda unifamiliar, tomando como base el Plano 1 y la isometría de la figura 3.32 cuyo cálculo fue desarrollado en el acápite 3.3.2.

En la tabla 4.3 se dan precios en dólares americanos (según la fuente de información) de instalación por metro lineal para tubos de cobre tipo L o K. La instalación es bajo la modalidad de vistas o expuestas; los precios incluyen soportes de anclaje, accesorios, soldadura, mano de obra, herramientas y materiales, protección anticorrosiva, pintura de acabado final (amarillo caterpillar), pruebas de estanqueidad y finalmente, estos precios incluyen el impuesto general a las ventas (IGV). Se adjuntan precios de las válvulas de para gas natural.

**Tabla 4.3**

Precios Instalación Tubos de Cobre tipo L Vistas por metro lineal (U.S. \$ / m)				Precio Válvulas Instaladas U.S. \$)
Diámetro (pulg)	Fuente			
	(1)	(2)	(3)	
1	10,81	11,10	13,90	23,00
3/4	6,14	8,40	10,50	21,00
1/2	4,09	5,60	8,50	14,00
3/8	3,55	4,90	7,50	10,50

(1) Capeco: Compendio de julio del 2001

(2) Aliterm S.A.

(3) Repsol YPF - Repsolgas

La instalación comprende una cocina cuyo requerimiento energético es 32.800 BTU/h, dos calentadores instantáneos con consumo idéntico e igual a 82.000 BTU/h y una secadora de ropa eléctrica. La situación actual es de que la cocina y los dos calentadores funcionaban a GLP; la secadora es eléctrica con una potencia de 3000 vatios.

Los hábitos de consumo de agua y energía de la familia de cinco miembros que habita la vivienda serán iguales antes y después del cambio o conversión de los equipos mencionados, salvo por el hecho de que la secadora de ropa tendrá mayor requerimiento energético cuando se haga el cambio del equipo actual eléctrico por uno de gas pues se trata de una familia de comerciantes de ropa del Jr. Gamarra en el distrito de La Victoria y que paralelamente se dedican al negocio de lavado y secado de ropa en casa, por lo tanto desean aumentar su capacidad de 3 Kg. de ropa seca hasta un máximo de 5 Kg. cada hora. Esto quiere decir que:

- La cocina funciona 3 horas diarias.
- Cada calentador funciona 1 hora al día.
- La secadora funciona 2 horas diarias.



4.5 nos permite saber cuanto nos cuesta la conversión y/o reemplazo de equipos a GN.

El costo total del proyecto resulta de sumar el costo por instalación de la red de tubos (\$447,01) más el costo por la conversión y/o cambio de equipos (\$320) que viene a ser \$767,01.

Tramo	Diámetro (pulg.)*	Longitud Real (m)	Costo por metro (\$/m)	Costo por Tramo (\$/m)	Nº válvulas	Costo por válvula (\$)	Costo Parcial (\$)
AB	1	5,95	11,1	66,05	1	23,0	89,05
BC	3/4	5,15	8,4	43,26	-	-	43,26
CD	3/4**	13,11	8,4	110,12	1	21,0	131,12
BE	3/4	1,93	8,4	16,21	-	-	16,21
EF	3/4**	13,27	8,4	111,45	1	21,0	132,45
EG	3/8	1,40	4,9	6,86	1	10,50	17,46
CH	3/8	1,40	4,9	6,86	1	10,50	17,46
<b>Total:</b>							<b>447,01</b>

\*Para efecto de los costos se aproxima el diámetro obtenido en milímetros por tramo a su equivalente en pulgadas, según el Boletín El Tubo de Cobre -2001 #1- Procobre

\*\*Para los tramos CD y EF se toman los diámetros más próximos por exceso en pulgadas

Ahora tenemos que calcular cuanto nos cuesta usar los equipos a GN en dicha instalación y luego calcular cuanto nos costaba usarlos antes de la conversión y reemplazo.

a) Situación proyectada: de la tabla 4.5 y según los hábitos de consumo tenemos que:

Tabla 4.5

Equipos a G.N.	BTU/h	m <sup>3</sup> /h	Cantidad	Total BTU/h	Costo (\$) Conversión				
					Nuevo	Kit Conversión	Cantidad	Sub-total	
Cocina	32.800	0,8	1	32.800	200	25	1	25	
Calentador	82.000	2,0	2	164.000	220	35	2	70	
Secadora	20.500	0,5	1	20.500	225	35	1	225	
								Total (\$):	320

Equipos Eléctricos: una secadora de 3000 vatios. Consumo 3 kW-h o un equivalente de 10.250 BTU/h

Fuente de Equipos Nuevos: Solgas Artefactos y Maigas.

El poder calorífico del gas natural empleado es: 41.000 BTU/m<sup>3</sup>

- Cocina:  $0,8 \text{ m}^3/\text{h} * 3 \text{ h/día} = 2,4 \text{ m}^3/\text{día}$ .
- Calentadores:  $2,0 \text{ m}^3/\text{h} * 1 \text{ h/día} * 2 = 4,0 \text{ m}^3/\text{día}$ .
- Secadora:  $0,5 \text{ m}^3/\text{h} * 2 \text{ h/día} = 1 \text{ m}^3/\text{día}$ .

El consumo anual esperado es:

$$2,4 + 4,0 + 1 = 7,4 \text{ m}^3/\text{día} * 365 \text{ días/año} = 2.701 \text{ m}^3/\text{año}.$$

El consumo energético es:  $2.701 * 41.000 = 110,74 \text{ MMBTU/año}$ .

Según la tarifa establecida para un consumidor de gas natural en baja presión (BP) (datos obtenidos del documento "Camisea: Impacto en el Sector Energético", Noviembre del 2000, del Ing. Luis Espinoza Quiñónez - Osinerg) se tienen las siguientes variables:

- Cargo fijo mensual: U.S.\$ 0,70 + IGV
- Cargo Variable: U.S.\$/MMBTU: 10,655 + IGV

Por lo tanto, el costo anual por usar los equipos es:

Por lo tanto, el costo anual por usar los equipos es:

$$(0,70 * 12 + 10,655 * 110,74) * 1,18 = \$1.400/\text{año}.$$

b) Situación actual antes de la conversión / cambio:

- Secadora Eléctrica:  $3 \text{ kW-h} * 2 \text{ h/día} * 30 \text{ días/mes} = 180 \text{ kW-h/mes}.$

Costo del consumo de este equipo según la tarifa BT5:

Cargo fijo mensual: U.S.\$ 0,53 + IGV

Cargo Variable: U.S.\$ 0,09/kW-h + IGV

Cargo por alumbrado: 9% del consumo + IGV

Entonces,  $[0,53 + 0,09 * 180 + 0,09(0,09 * 180)] * 1,18 = \$21,5 / \text{mes}.$

Costo del consumo anual:  $21,5 * 12 = \$278 / \text{año}.$

- Cocina y Calentadores a GLP:

Sabemos que el precio del GLP incluido el IGV es 18,22 \$/MMBTU.

Cocina:  $2,4 \text{ m}^3/\text{día} * 365 \text{ días/año} = 876 \text{ m}^3/\text{año}.$

El requerimiento energético se mantiene:

$876 * 41.000 = 35,92 \text{ MMBTU/año}.$

Costo del consumo anual:  $35,92 * 18,22 = \$655 / \text{año}.$

Calentadores:  $4,0 \text{ m}^3/\text{día} * 365 \text{ días/año} = 1.460 \text{ m}^3/\text{año}$ .

El requerimiento energético se mantiene:

$1.460 * 41.000 = 59,86 \text{ MMBTU} / \text{año}$ .

Costo del consumo anual:  $59,86 * 18,22 = \$1.091 / \text{año}$ .

Por lo tanto, el costo anual por usar los equipos es:

$278 + 655 + 1.091 = \$2.024 / \text{año}$ .

Por lo tanto, el beneficio económico esperado para optar por la conversión / cambio a GN viene a ser de la diferencia de consumos anuales obtenidas antes y después:

Antes: \$2.024

Después: \$1.400

Ahorro: \$624 / año.

Los costos anuales de mantenimiento de la red de tuberías se estima en \$20,0 que incluye cada 4 años controles de estanqueidad.

#### 4.4 RENTABILIDAD DE LA INVERSION

Todos los costos obtenidos tienen diferentes valores en el tiempo. Luego, para saber la rentabilidad del proyecto integral usaremos el concepto del “valor actual neto” VAN y la “tasa interna de retorno” TIR:

➤ El VAN se define como:

$$VAN = FC * \sum [1 / (1 + i)]_{1,n} - I_0$$

Donde:

- FC: flujo de caja constante, dentro de una economía estable y con baja inflación como es actualmente la situación peruana. En este caso asumimos como valores constantes en el tiempo el ahorro obtenido por el cambio de GLP a GN restándole el valor del mantenimiento de la red de tubos:

$$FC = 624 - 20 = \$604 / \text{año}$$

- i: tasa de interés efectiva anual afectada por la inflación. Hemos tomado en este caso que la tasa de interés de 10,5% y una inflación anualizada del 1.5%. Luego:

$$i = 12\%.$$

- n: tiempo de vida útil de del proyecto. Se estima en 20 años.

$$n = 20 \text{ años.}$$

- $I_0$ : es la inversión inicial. En este caso es el valor total del proyecto, la instalación de tuberías más la conversión / cambio de los equipos.

$$I_0 = \$767,01$$

- El término  $\sum [1 / (1 + i)]_{1,n}$  es el factor de anualidad FA y se obtiene de tablas financieras (Apéndice P). En este caso ya conocemos los valores de  $i$  y de  $n$ , por lo tanto:

$$FA = 7,46944$$

Por lo tanto, el VAN =  $604 * 7,46977 - 767,01$

$$VAN = \$3.745$$

- El TIR es aquella tasa de interés que hace que el VAN sea cero. Expresa la conveniencia de realizar la inversión en comparación con tener el dinero guardado en la banca comercial.

$$VAN = FC * \sum [1 / (1 + i)]_{1,n} - I_0 = 0$$

Aquí  $n = 20$ ,  $FC = 604$  e  $I_0 = 767,01$  – valores ya conocidos – para el cálculo del VAN, caso anterior. Despejando  $FA = 1,26988$ . Esto es, hay un valor de  $i$  en  $\sum [1 / (1 + i)]_{1,n} = 1,26988$  que hace al VAN cero.

El valor del TIR, esto es "i" sale por una proporción lineal, tomando como referencia dos valores de factores de anualidad con tasas de interés de 19% y 20%. De las tablas financieras obtenemos:

<b>Tabla 4.6</b>	
Tasa interes i (%)	Factor de Anualidad FA
19	5,10086
20	4,86958
TIR	1,26988

Los datos se han obtenido del Folleto Análisis Económico -Ed. ENEA, Roma - Italia

Entonces:

$$(TIR - 20) / (TIR - 19) = (1,26988 - 4,86958) / (1,26988 - 5,10086)$$

$$TIR = 36\%$$

Como El VAN es mayor que cero y el TIR es mayor que la tasa de interés efectiva (12%), este proyecto de optar por una instalación a gas con cambio y / o conversión de equipos resultará rentable para la familia que habita dicha vivienda.

## CONCLUSIONES

1.-La llegada del gas de Camisea a las ciudades de Lima y Callao y su aplicación al sector domiciliario redundará en importantes beneficios económicos al optar por el cambio de gas GLP, usado mayoritariamente en los hogares, a gas natural. De hecho será rentable dicho cambio para aquellos usuarios que consuman más de un balón de gas GLP al mes.

2.-En la comparación de costos del gas natural con respecto a otros energéticos como el kerosene, el gas GLP y la energía eléctrica (tarifa BT5) para uso domiciliario siempre resulta más económico el uso del gas natural porque es abundante, no es contaminante, es fácilmente transportable mediante ductos y tiene garantía de suministro continuo.

3.-Si bien el impacto en la economía nacional de la aplicación del gas natural en el sector domiciliario podrá ser pequeño pero no por eso debe ser subestimado. Debemos aprender de las experiencias de los otros países que



como Argentina y Chile (este país no es productor) para manejar una política agresiva de difusión del uso gas natural en el sector domiciliario para que su adopción tenga en nuestra ciudad una tasa de crecimiento del 6% anual. La demanda por el gas natural crecerá a medida que crezcan las redes de distribución por la ciudad.

4.-De que los líquidos del gas natural se producirá el GLP que podría cubrir la demanda interna en el sector domiciliario. Si fuese esto cierto, el beneficiado sería el consumidor ya que los precios tendrían que abaratare y reflejar a aquella de exportación. Pero sera más beneficioso para el Perú el exportar todos líquidos del gas natural para disminuir nuestra deficitaria balanza de pagos en el sector de hidrocarburos que en la actualidad va más allá de los 710 millones de dólares anuales.

5.-La red de tuberías al interior de los domicilios deberá instalarse expuesta o vista. El material de las tuberías será de cobre. Aunque no es obligatorio la adopción de estas dos modalidades debería de hacerse así por razones de seguridad y para disminuir costos de instalación. Las razones de seguridad son las que gravitan más pues las pruebas de estanqueidad son de fácil control para la ubicación de fugas sobre la red de tuberías y la protección contra la corrosión y el mantenimiento se facilitan.

6.-Antes de ejecutar una instalación de red de tuberías. se deben crear las condiciones adecuadas de ventilación y evacuación de los gases

de combustión en los ambientes y locales donde se colocarán los equipos a gas natural.

7.-Conociendo las ventajas económicas del uso del gas natural en el sector domiciliario, es tiempo de iniciar campañas agresivas para difundir sus beneficios a la población de Lima y Callao. Esta campaña debe ser semejante a aquella realizada por el Programa de Ahorro de Energía (PAE) con los focos compactos ahorradores cuyos resultados exitosos están a la vista. En esta campaña de difusión deben estar involucrados todos los profesionales de ingeniería en el área del gas natural, las Universidades, el Colegio de Ingenieros del Perú y el Estado Peruano a través de una entidad semejante al PAE, cuya creación desde ya se hace necesaria.

## **BIBLIOGRAFIA**

1. Gas de Camisea: Retos y Perspectivas - 1º Simposio Internacional - Colegio de Ingenieros del Perú.
2. Combustión Industrial del Gas Natural - Ing. Percy Castillo Neyra.
3. Instalaciones de Gas - Néstor Pedro Quadri - 3ª Edición
4. Cálculo y Diseño de Instalaciones Domiciliarias para Gas Natural - Curso Internacional - Universidad Nacional de Ingeniería.
5. Instalaciones con Tubería de Cobre: Soluciones y Proyectos - Sensico, Procobre Perú y Costos.
6. Gas Natural...Su Utilización y Desarrollo - Fernando Rodrigo - Colegio de Ingenieros del Perú.
7. National Fuel Gas Code Handbook - Theodore C. Lemoff, P.E. - Second Edition.
8. Cálculo y Diseño de Instalaciones - Biblioteca del Instalador de Gas - A. L. Miranda Barreras y R. Oliver Pujol.
9. Combustión y Ecología - Año 1 N° 1 - Enero 2002

10. Energía y Negocios - Año II - º 20, Mayo del 2002
11. Catálogo de Soldaduras Tecnoweld
12. La Ventilazione Naturale - Aldo Fanchiotti - Università di Roma La Sapienza.
13. Análisi Economica - ENEA - Roma, Italia.
14. Apuntes del curso Desarrollo del Gas Natural - ciclo 2002 - I.

Páginas Web Consultadas:

1. Iconsa:  
[www.gas-training.com/index.htm](http://www.gas-training.com/index.htm)
2. AFD Fire Prevention - Gas Conectors Page:  
[www.ci.aurora.il.us/AFD/fireprevention/flexibleconector.html](http://www.ci.aurora.il.us/AFD/fireprevention/flexibleconector.html)
3. SEDIGAS:  
[www.sedigas.us/](http://www.sedigas.us/)
4. Canadian Gas Association:  
[www.cga.ca/](http://www.cga.ca/)
5. Energuia:  
[www.energuia.com/guia/profesionales/dir\\_pro.asp?tipo=1](http://www.energuia.com/guia/profesionales/dir_pro.asp?tipo=1)
6. GasNatural SDG:  
[www.gasnatural.com/grupo/espanol/grupo/quieres.htm](http://www.gasnatural.com/grupo/espanol/grupo/quieres.htm)
7. Metro Gas:  
[www.metrogas.com.ar/clientes.htm](http://www.metrogas.com.ar/clientes.htm)
8. Normas de Aplicación:

[www.buildnet.es/gasnormas/nav\\_gn\\_1.htm](http://www.buildnet.es/gasnormas/nav_gn_1.htm)

9. Registro Inti 2001:

[www.obral.com/registroiinti/Paginas/RIM2001\\_997.htm](http://www.obral.com/registroiinti/Paginas/RIM2001_997.htm)

10. Washington Gas Natural:

<http://63.111.54/cuestinfo/spanish.htm>

11. Universidad de Zaragoza:

[www.bdd.unizar.es](http://www.bdd.unizar.es)

## **APENDICE**

APENDICE A: Tablas de Cálculo para Tuberías.

APENDICE B: Chimenea General tipo Shunt, selección y diseño.

APENDICE C: Material Aceptables para la Red de Tuberías.

APENDICE D: Familia de Gases.

APENDICE E: Soldadura en Tuberías.

APENDICE F: Grados de Accesibilidad.

APENDICE G: Protección contra la Corrosión en Tuberías.

APENDICE H: Conversión Equipos de GLP a GN.

APENDICE I: Conexión de Equipos (Aparatos) a Gas.

APENDICE J: Fórmulas de Renouard para el Cálculo de Diámetros.

APENDICE K: Tramos Alimentados a Diferentes Presiones (Acometida).

APENDICE L: Valoración de Singularidades - Conducto de Evacuación  
de Gases y Diámetro Interior Mínimo.

APENDICE M: Elementos de Sujeción de Tuberías

APENDICE N: Pasamuros

APENDICE O: Poder calorífico – gas de Camisea

APENDICE P: Tablas de Factores de Anualidad

APENDICE Q: Comparación de costos GN vs otros energéticos

APENDICE R: Conversión de unidades de energía

APENDICE S: Bomba de aire para pruebas de estanqueidad

APENDICE T: Ventilación natural por diferencia de temperaturas

**APENDICE A****TABLAS DE CALCULO PARA TUBERÍAS**

Tabla 1: Pérdidas de Carga. Gas de Ciudad a baja presión.

Tabla 2: Pérdidas de Carga. Gas Natural a baja presión.

Tabla 3: Pérdidas de Carga. Gas Butano a baja presión.

Tabla 4: Pérdidas de Carga. Gas Propano a baja presión.

Tabla 5: Gas Natural a media presión B.

Tabla 6: Gas Natural a media presión B.

Tabla 7: Gas Natural a media presión B.

Tabla 8: Gas Natural a media presión B.

Tabla 9: Gas Propano a media presión B.

Tabla 10: Gas Propano a media presión B.

Tabla 11: Gas Propano a media presión B.



1. PERDIDAS DE CARGA. Gas ciudad a baja presión  
 = 4.200 kcal/m<sup>3</sup> d = 0.50

L <sub>e</sub> da carga c.a./m	Diámetro de tubo de cobre (en mm)										
	6/8	8/10	10/12	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42	48/50	60/63
	Diámetro de tubo de acero (en pulgadas)										
	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/2
	Caudal en m <sup>3</sup> (st)/h										
0.025	0.02	0.05	0.10	0.19	0.34	0.61	1.21	2.29	3.80	7.23	11.12
0.050	0.04	0.08	0.14	0.29	0.49	0.99	1.78	3.34	5.56	10.59	16.28
0.075	0.05	0.10	0.18	0.35	0.61	1.11	2.22	4.18	6.95	13.23	20.34
0.100	0.05	0.11	0.21	0.41	0.72	1.30	2.60	4.89	8.14	15.49	23.83
0.125	0.06	0.13	0.23	0.47	0.81	1.47	2.94	5.53	9.20	17.51	26.93
0.150	0.07	0.14	0.26	0.52	0.90	1.62	3.25	6.11	10.17	19.36	29.77
0.175	0.07	0.16	0.28	0.56	0.98	1.77	3.54	6.65	11.07	21.07	32.40
0.200	0.08	0.17	0.30	0.61	1.05	1.90	3.81	7.16	11.92	22.67	34.87
0.225	0.08	0.18	0.32	0.65	1.12	2.03	4.06	7.64	12.71	24.19	37.20
0.250	0.09	0.19	0.34	0.69	1.19	2.15	4.30	8.09	13.47	25.63	39.42
0.275	0.09	0.20	0.36	0.72	1.25	2.26	4.54	8.53	14.19	27.01	41.54
0.300	0.10	0.21	0.38	0.75	1.32	2.37	4.78	8.95	14.89	28.33	43.57
0.325	0.10	0.22	0.40	0.79	1.37	2.48	4.97	9.35	15.56	29.61	45.53
0.350	0.11	0.23	0.41	0.83	1.43	2.58	5.16	9.74	16.20	30.84	47.42
0.375	0.11	0.24	0.43	0.86	1.49	2.68	5.38	10.11	16.83	32.03	49.26
0.400	0.11	0.25	0.44	0.89	1.54	2.78	5.57	10.48	17.44	33.19	51.03
0.425	0.12	0.25	0.46	0.92	1.59	2.88	5.76	10.83	18.03	34.31	52.76
0.450	0.12	0.26	0.47	0.95	1.64	2.97	5.94	11.18	18.60	35.40	54.44
0.475	0.13	0.27	0.49	0.98	1.69	3.06	6.12	11.51	19.16	36.47	56.09
0.500	0.13	0.28	0.50	1.00	1.74	3.14	6.30	11.84	19.71	37.51	57.69
0.550	0.14	0.29	0.53	1.06	1.83	3.31	6.64	12.48	20.77	39.53	60.79
0.600	0.14	0.31	0.55	1.11	1.92	3.46	6.96	13.09	21.79	41.47	63.77
0.650	0.15	0.32	0.58	1.16	2.01	3.63	7.29	13.66	22.77	43.33	66.64
0.700	0.15	0.33	0.60	1.21	2.09	3.78	7.58	14.25	23.72	45.13	69.40
0.750	0.16	0.35	0.63	1.26	2.18	3.93	7.87	14.80	24.63	46.87	72.09
0.800	0.17	0.36	0.65	1.30	2.25	4.07	8.16	15.33	25.52	48.57	74.69
0.850	0.17	0.37	0.67	1.34	2.33	4.21	8.43	15.85	26.39	50.21	77.22
0.900	0.18	0.38	0.69	1.39	2.41	4.34	8.70	16.36	27.23	51.81	79.69
0.950	0.18	0.40	0.71	1.43	2.48	4.47	8.96	16.85	28.05	53.37	82.08
1.000	0.19	0.41	0.73	1.47	2.55	4.60	9.22	17.33	28.85	54.90	84.43
1.500	0.24	0.51	0.92	1.84	3.18	5.75	11.52	21.56	36.05	68.50	105.50
2.000	0.28	0.59	1.07	2.15	3.73	6.73	13.49	25.37	42.22	80.35	123.57
2.500	0.31	0.67	1.21	2.43	4.22	7.61	15.25	28.68	47.73	90.83	139.68
3.000	0.35	0.74	1.34	2.69	4.66	8.42	16.86	31.70	52.75	100.40	154.40
3.500	0.38	0.81	1.46	2.93	5.07	9.16	18.35	34.50	57.42	109.27	168.05
4.000	0.41	0.87	1.57	3.15	5.46	9.86	19.75	37.13	61.79	117.59	180.84
4.500	0.43	0.93	1.68	3.36	5.82	10.52	21.07	39.61	65.93	125.45	192.93
5.000	0.46	0.98	1.78	3.56	6.17	11.14	22.32	41.97	69.86	132.93	204.43
5.500	0.48	1.04	1.87	3.75	6.50	11.74	23.52	44.23	73.61	140.08	215.42
6.000	0.51	1.09	1.96	3.94	6.82	12.32	24.67	46.39	77.22	146.94	225.97
6.500	0.53	1.14	2.05	4.11	7.13	12.87	25.78	48.48	80.69	153.54	236.13
7.000	0.55	1.18	2.14	4.28	7.42	13.40	26.85	50.49	84.04	159.93	245.95
7.500	0.57	1.23	2.22	4.45	7.71	13.92	27.89	52.44	87.29	166.10	255.45
8.000	0.59	1.27	2.30	4.61	7.99	14.43	28.90	54.34	90.44	172.10	264.67
8.500	0.61	1.32	2.38	4.77	8.26	14.91	29.88	56.18	93.50	177.93	273.63
9.000	0.63	1.36	2.45	4.92	8.52	15.39	30.83	57.97	96.48	183.61	282.36
9.500	0.65	1.40	2.53	5.07	8.78	15.85	31.76	59.72	99.39	189.14	290.86
10.000	0.67	1.44	2.60	5.21	9.03	16.31	32.67	61.42	102.23	194.55	299.19

**IDAS DE CARGA. Gas natural a baja presión**  
 kcal/m<sup>3</sup>; d<sub>s</sub> = 0.62

Diámetro exterior de cobre (en mm)										
6/8	8/10	10/12	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42	51/54	60/63
Diámetro exterior de acero en pulgadas										
Caudal en m <sup>3</sup> (st)/h										
0.02	0.05	0.09	0.17	0.30	0.54	1.08	2.03	3.38	6.43	9.88
0.03	0.07	0.13	0.25	0.44	0.79	1.58	2.97	4.94	9.41	14.46
0.04	0.09	0.16	0.31	0.55	0.99	1.97	3.71	6.18	11.75	18.07
0.05	0.10	0.18	0.37	0.64	1.15	2.31	4.35	7.23	13.77	21.17
0.05	0.12	0.21	0.42	0.72	1.30	2.61	4.91	8.18	15.56	23.93
0.06	0.13	0.23	0.46	0.80	1.44	2.89	5.43	9.04	17.20	26.45
0.06	0.14	0.25	0.50	0.87	1.57	3.14	5.91	9.84	18.72	28.79
0.07	0.15	0.27	0.54	0.94	1.69	3.38	6.36	10.59	20.15	30.98
0.07	0.16	0.29	0.58	1.00	1.80	3.61	6.79	11.29	21.49	33.05
0.08	0.17	0.30	0.61	1.06	1.91	3.82	7.19	11.97	22.77	35.02
0.08	0.18	0.32	0.64	1.11	2.01	4.03	7.58	12.61	24.00	36.91
0.09	0.19	0.34	0.67	1.17	2.11	4.23	7.95	13.23	25.17	38.71
0.09	0.19	0.35	0.70	1.22	2.20	4.42	8.31	13.82	26.31	40.46
0.09	0.20	0.37	0.73	1.27	2.30	4.60	8.65	14.40	27.40	42.14
0.10	0.21	0.38	0.76	1.32	2.39	4.78	8.98	14.95	28.46	43.76
0.10	0.22	0.39	0.79	1.37	2.47	4.95	9.31	15.49	29.48	45.34
0.11	0.23	0.41	0.82	1.41	2.56	5.12	9.62	16.02	30.48	46.68
0.11	0.23	0.42	0.84	1.46	2.64	5.28	9.93	16.53	31.46	48.36
0.11	0.24	0.43	0.87	1.50	2.72	5.44	10.23	17.03	32.40	49.83
0.12	0.25	0.45	0.99	1.55	2.79	5.60	10.52	17.52	33.33	51.25
0.12	0.25	0.47	0.94	1.63	2.94	5.90	11.09	18.46	35.12	54.01
0.13	0.27	0.49	0.99	1.71	3.09	6.19	11.63	19.36	36.84	56.65
0.13	0.29	0.51	1.03	1.79	3.23	6.46	12.16	20.23	38.50	59.21
0.14	0.30	0.54	1.07	1.86	3.36	6.73	12.66	21.07	40.10	61.57
0.14	0.31	0.55	1.12	1.93	3.49	6.99	13.15	21.89	41.65	64.05
0.15	0.32	0.58	1.16	2.00	3.62	7.25	13.62	22.68	43.15	66.36
0.15	0.33	0.60	1.19	2.07	3.74	7.49	14.09	23.44	44.61	68.61
0.16	0.34	0.62	1.23	2.14	3.86	7.73	14.54	24.19	46.04	70.80
0.16	0.35	0.63	1.27	2.20	3.98	7.96	14.97	24.92	47.42	72.93
0.17	0.36	0.65	1.31	2.26	4.09	8.19	15.40	25.63	48.78	75.02
0.21	0.45	0.81	1.63	2.93	5.11	10.24	19.24	32.03	60.95	93.74
0.25	0.53	0.95	1.91	3.31	5.98	11.99	22.54	37.52	71.39	109.79
0.28	0.60	1.08	2.16	3.75	6.76	13.55	25.48	42.41	80.70	124.11
0.31	0.66	1.19	2.39	4.14	7.48	14.98	28.17	46.88	89.21	137.19
0.34	0.72	1.30	2.60	4.51	8.14	16.30	30.65	51.02	97.09	149.32
0.36	0.77	1.40	2.80	4.85	8.75	17.54	32.99	54.91	104.48	160.58
0.39	0.83	1.49	2.99	5.17	9.34	18.72	35.19	58.58	111.47	171.43
0.41	0.87	1.58	3.16	5.48	9.90	19.83	37.29	62.07	118.11	181.64
0.43	0.92	1.66	3.33	5.78	10.43	20.90	39.30	65.41	124.46	191.41
0.45	0.97	1.75	3.50	6.06	10.94	21.92	41.22	68.61	130.56	200.78
0.47	1.01	1.82	3.65	6.33	11.44	22.91	43.07	71.69	136.43	209.81
0.49	1.05	1.90	3.81	6.60	11.91	23.86	44.86	74.67	142.10	218.53
0.51	1.09	1.97	3.95	6.85	12.37	24.78	46.60	77.56	147.59	226.97
0.53	1.13	2.04	4.10	7.10	12.82	25.68	48.28	80.36	152.91	235.17
0.55	1.17	2.11	4.23	7.34	13.25	26.55	49.91	83.08	158.09	243.13
0.56	1.21	2.18	4.37	7.57	13.67	27.39	51.51	85.73	163.14	250.89
0.58	1.24	2.25	4.50	7.80	14.09	28.22	53.06	88.31	168.06	258.45
0.60	1.28	2.31	4.63	8.02	14.49	29.03	54.58	90.84	172.86	265.84

LA 3. PERDIDAS DE CARGA. Gas butano a baja presión  
 = 10.800 kcal/kg;  $d_v = 1.44$ ; presión= 300 mm c.a.

L <sub>2</sub> c.a. m	de tubo de cobre (en mm)										
	8	10	0/12	3/15	7/18	0/22	6/28	3/35	0	0 3	
	tro de tubo de acero (en gadas)										
	1/8				1/4						
	Caudal en k/h										
0.025	0.03	0.07	0.13	0.26	0.45	0.81	1.62	3.05	5.08	9.57	14.87
0.050	0.05	0.10	0.19	0.38	0.66	1.19	2.38	4.47	7.44	14.15	21.76
0.075	0.06	0.13	0.24	0.47	0.82	1.48	2.97	5.58	9.29	17.68	27.19
0.100	0.07	0.15	0.28	0.55	0.96	1.74	3.48	6.54	10.88	20.71	31.84
0.125	0.08	0.17	0.31	0.63	1.09	1.96	3.93	7.39	12.30	23.41	36.00
0.150	0.09	0.19	0.35	0.69	1.20	2.17	4.34	8.17	13.60	25.87	39.79
0.175	0.10	0.21	0.38	0.75	1.31	2.36	4.73	8.89	14.80	28.15	43.31
0.200	0.10	0.22	0.41	0.81	1.41	2.54	5.09	9.57	15.93	30.30	46.61
0.225	0.11	0.24	0.43	0.87	1.50	2.71	5.43	10.21	16.99	32.33	49.72
0.250	0.12	0.25	0.46	0.92	1.59	2.87	5.75	10.82	18.00	34.26	52.68
0.275	0.12	0.27	0.48	0.97	1.68	3.03	6.06	11.40	18.97	36.10	55.52
0.300	0.13	0.28	0.51	1.01	1.76	3.17	6.36	11.96	19.90	37.87	58.24
0.325	0.14	0.29	0.53	1.06	1.84	3.32	6.64	12.49	20.79	39.57	60.85
0.350	0.14	0.31	0.55	1.10	1.91	3.45	6.92	13.01	21.66	41.21	63.38
0.375	0.15	0.32	0.57	1.15	1.99	3.59	7.19	13.52	22.49	42.81	65.83
0.400	0.15	0.33	0.59	1.19	2.06	3.72	7.45	14.00	23.31	44.35	68.21
0.425	0.16	0.34	0.61	1.23	2.13	3.84	7.70	14.48	24.10	45.85	70.52
0.450	0.16	0.35	0.63	1.27	2.20	3.97	7.95	14.94	24.87	47.32	72.77
0.475	0.17	0.36	0.65	1.31	2.26	4.09	8.19	15.39	25.61	48.74	74.96
0.500	0.17	0.37	0.67	1.34	2.33	4.20	8.42	15.83	26.35	50.14	77.11
0.550	0.18	0.39	0.71	1.42	2.45	4.43	8.87	16.68	27.76	52.83	81.25
0.600	0.19	0.41	0.74	1.48	2.57	4.65	9.31	17.50	29.12	55.42	85.23
0.650	0.20	0.43	0.77	1.55	2.69	4.85	9.72	18.28	30.43	57.91	89.06
0.700	0.21	0.45	0.81	1.62	2.80	5.06	10.13	19.04	31.70	60.32	92.76
0.750	0.22	0.46	0.84	1.68	2.91	5.25	10.52	19.78	32.92	62.65	96.35
0.800	0.22	0.48	0.87	1.74	3.01	5.44	10.90	20.49	34.11	64.91	99.82
0.850	0.23	0.50	0.90	1.80	3.12	5.62	11.27	21.19	35.27	67.11	103.21
0.900	0.24	0.51	0.93	1.85	3.21	5.80	11.63	21.86	36.39	69.25	106.50
0.950	0.25	0.53	0.95	1.91	3.31	5.98	11.98	22.52	37.49	71.34	109.71
1.000	0.25	0.54	0.98	1.97	3.41	6.15	12.32	23.17	38.56	73.38	112.85
1.500	0.32	0.68	1.23	2.46	4.26	7.69	15.40	28.95	48.18	91.69	141.01
2.000	0.37	0.80	1.44	2.88	4.98	9.00	18.03	33.91	56.43	107.39	165.15
2.500	0.42	0.90	1.62	3.25	5.64	10.18	20.38	38.33	63.79	121.40	186.70
3.000	0.46	0.99	1.79	3.59	6.23	11.25	22.53	42.37	70.52	134.19	206.37
3.500	0.50	1.08	1.95	3.91	6.78	12.24	24.52	46.11	76.75	146.05	224.61
4.000	0.54	1.16	2.10	4.21	7.30	13.17	26.39	49.62	82.59	157.17	241.71
4.500	0.58	1.24	2.24	4.49	7.78	14.05	28.16	52.94	88.11	167.68	257.87
5.000	0.61	1.32	2.38	4.76	8.25	14.89	29.83	56.09	93.36	177.67	273.23
5.500	0.65	1.39	2.50	5.01	8.69	15.69	31.44	59.11	98.38	187.22	287.92
6.000	0.68	1.45	2.63	5.26	9.12	16.46	32.98	62.01	103.20	196.39	302.02
6.500	0.71	1.52	2.74	5.50	9.53	17.20	34.46	64.79	107.84	205.22	315.60
7.000	0.74	1.58	2.86	5.72	9.92	17.92	35.89	67.49	112.32	213.75	328.72
7.500	0.77	1.64	2.97	5.95	10.31	18.61	37.28	70.09	116.66	222.01	341.42
8.000	0.79	1.70	3.08	6.16	10.68	19.28	38.62	72.62	120.88	230.02	353.74
8.500	0.82	1.76	3.18	6.37	11.04	19.93	39.93	75.08	124.97	237.81	365.73
9.000	0.85	1.82	3.28	6.57	11.39	20.57	41.21	77.48	128.96	245.40	377.39
9.500	0.87	1.87	3.38	6.77	11.73	21.19	42.45	79.82	132.84	252.80	388.77
10.000	0.90	1.93	3.48	6.96	12.07	21.79	43.66	82.10	136.64	260.02	399.89

**PÉRDIDAS DE CARGA Gas propano a baja presión**  
 1.900 Kcal/kg;  $d_s = 1.16$ ; presión = 370 mm c.a.

Carga	Diámetro de tubo de cobre (en mm)										
	6/8	8/1	10/1	13/1	16/1	20/22	26/2	33/3	40/4	51/5	60/6
Carga	Diámetro de tubo de acero (en pulgadas)										
	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	6
	Caudal en $k/h$										
025	0.03	0.06	0.11	0.23	0.39	0.71	1.42	2.66	4.43	8.43	12.96
50	0.04	0.09	0.16	0.33	0.57	1.03	2.07	3.99	6.48	12.33	18.97
75	0.05	0.11	0.21	0.41	0.72	1.29	2.59	4.87	8.10	15.41	23.70
100	0.06	0.13	0.24	0.48	0.84	1.51	3.03	5.70	9.49	18.05	27.76
0.125	0.07	0.15	0.27	0.55	0.95	1.71	3.43	6.44	10.72	20.40	31.38
0.150	0.08	0.17	0.30	0.60	1.05	1.89	3.79	7.12	11.85	22.55	34.69
0.175	0.08	0.18	0.33	0.66	1.14	2.06	4.12	7.75	12.90	24.55	37.75
0.200	0.09	0.20	0.35	0.71	1.23	2.21	4.44	8.34	13.88	26.42	40.63
0.225	0.10	0.21	0.38	0.75	1.31	2.36	4.73	8.90	14.81	28.18	43.34
0.250	0.10	0.22	0.40	0.80	1.39	2.50	5.01	9.43	15.69	29.86	45.93
0.275	0.11	0.23	0.42	0.84	1.46	2.64	5.28	9.94	16.54	31.47	48.39
0.300	0.11	0.24	0.44	0.88	1.53	2.77	5.54	10.42	17.35	33.01	50.76
0.325	0.12	0.25	0.46	0.92	1.60	2.89	5.79	10.89	18.13	34.49	53.05
0.350	0.12	0.27	0.48	0.96	1.67	3.01	6.03	11.34	18.88	35.93	55.25
0.375	0.13	0.28	0.50	1.00	1.73	3.13	6.27	11.78	19.61	37.31	57.39
0.400	0.13	0.29	0.52	1.04	1.79	3.24	6.49	12.21	20.32	38.66	59.46
0.425	0.14	0.30	0.53	1.07	1.86	3.35	6.71	12.62	21.00	39.97	61.47
0.450	0.14	0.31	0.55	1.10	1.91	3.46	6.93	13.02	21.68	41.25	63.43
0.475	0.15	0.31	0.57	1.14	1.97	3.56	7.13	13.42	22.33	42.49	65.35
0.500	0.15	0.32	0.58	1.17	2.03	3.66	7.34	13.80	22.97	43.70	67.21
0.550	0.16	0.34	0.62	1.23	2.14	3.86	7.73	14.54	24.20	46.05	70.33
0.600	0.17	0.36	0.65	1.29	2.24	4.05	8.11	15.25	25.39	48.31	74.30
0.650	0.17	0.37	0.67	1.35	2.34	4.23	8.48	15.94	26.53	50.48	77.54
0.700	0.18	0.39	0.70	1.41	2.44	4.41	8.83	16.60	27.63	52.58	80.86
0.750	0.19	0.40	0.73	1.46	2.53	4.58	9.17	17.24	28.70	54.61	83.99
0.800	0.20	0.42	0.76	1.52	2.63	4.74	9.50	17.86	29.73	56.58	87.02
0.850	0.20	0.43	0.78	1.57	2.72	4.90	9.82	18.47	30.74	58.50	89.97
0.900	0.21	0.45	0.81	1.62	2.80	5.06	10.14	19.06	31.72	60.37	92.84
0.950	0.21	0.46	0.83	1.67	2.89	5.21	10.44	19.63	32.68	62.19	95.63
1.000	0.22	0.47	0.86	1.71	2.97	5.36	10.74	20.19	33.61	63.96	98.37
1.500	0.28	0.59	1.07	2.14	3.71	6.70	13.42	25.23	42.00	79.93	122.92
2.000	0.32	0.69	1.25	2.51	4.35	7.85	15.72	29.56	49.19	93.61	143.96
2.500	0.37	0.78	1.41	2.83	4.91	8.87	17.77	33.41	55.51	105.82	162.74
3.000	0.40	0.87	1.56	3.13	5.43	9.80	19.54	36.93	61.47	116.97	179.89
3.500	0.44	0.94	1.70	3.41	5.91	10.67	21.38	40.20	66.90	127.31	195.79
4.000	0.47	1.01	1.83	3.67	6.36	11.48	23.01	43.26	72.00	137.00	210.70
4.500	0.51	1.08	1.95	3.91	6.78	12.25	24.54	46.15	76.81	146.16	224.78
5.000	0.54	1.15	2.07	4.15	7.19	12.98	26.01	48.90	81.39	154.87	238.18
5.500	0.56	1.21	2.18	4.37	7.58	13.68	27.40	51.53	85.76	163.20	250.98
6.000	0.59	1.27	2.29	4.59	7.95	14.35	28.75	54.05	89.96	171.19	263.28
6.500	0.62	1.32	2.39	4.79	8.30	14.99	30.04	56.48	94.01	178.89	275.11
7.000	0.64	1.38	2.49	4.99	8.65	15.62	31.29	58.83	97.91	186.32	286.55
7.500	0.67	1.43	2.59	5.18	8.98	16.22	32.50	61.10	101.70	193.52	297.62
8.000	0.69	1.48	2.68	5.37	9.31	16.81	33.67	63.31	105.37	200.51	308.36
8.500	0.72	1.53	2.77	5.55	9.62	17.38	34.81	65.45	108.94	207.30	318.80
9.000	0.74	1.58	2.86	5.73	9.93	17.93	35.92	67.54	112.41	213.91	328.98
9.500	0.76	1.63	2.95	5.90	10.23	18.47	37.00	69.58	115.80	220.36	338.90
10.000	0.78	1.68	3.03	6.07	10.52	19.00	38.06	71.56	119.11	226.66	348.58

GAS NATURAL A MEDIA PRESION B.

es relativas:  $p_1 = 1.500$  bares;  $p_2 = 1.450$  bares; pérdida de carga: 0,05 bares

ros)	Caudal en m <sup>3</sup> (st)/h																
	6/8	10	15	6/18	0/	6/28	3/35	40/42	51/54	60/63	78	72	74	74	72	74	72
1.00	8.37	17.93	32.37	64.86	112.40	202.96	406.60	764.49	1.272.41	2.421.32	3.723.66						
.00	5.72	12.25	22.12	44.31	76.80	138.68	277.82	522.37	869.42	1.654.45	2.544.33						
.00	4.58	9.80	17.70	35.46	61.46	110.98	222.34	418.05	695.79	1.324.04	2.036.21						
.00	3.91	8.37	15.11	30.28	52.48	94.76	189.83	356.92	594.06	1.130.46	1.738.50						
5.00	3.46	7.40	13.37	26.79	46.42	83.82	167.93	315.74	525.52	1.000.02	1.537.90						
6.00	3.13	6.70	12.10	24.23	42.00	75.83	151.92	285.64	475.42	904.70	1.391.31						
7.00	2.87	6.15	11.11	22.26	38.59	69.68	139.58	262.45	436.61	831.23	1.278.32						
8.00	2.67	5.72	10.33	20.69	35.86	64.75	129.71	243.88	405.91	772.43	1.187.39						
9.00	2.50	5.36	9.68	19.39	33.61	60.69	121.58	228.60	380.48	724.02	1.113.45						
0.00	2.36	5.06	9.14	18.30	31.72	57.28	114.74	215.74	369.08	683.30	1.050.83						
2.00	2.14	4.59	8.27	16.58	29.70	54.82	108.91	195.18	324.85	618.17	950.66						
4.00	1.96	4.21	7.59	15.21	26.97	47.61	95.38	179.03	298.47	567.97	873.46						
6.00	1.82	3.91	7.06	14.14	24.90	44.24	88.83	166.64	277.36	527.79	811.67						
8.00	1.71	3.66	6.61	13.25	22.95	41.47	83.07	156.20	259.97	494.71	760.31						
0.00	1.61	3.46	6.24	12.51	21.07	39.14	78.40	147.41	245.35	460.89	718.01						
2.00	1.53	3.28	5.92	11.67	20.37	37.14	74.40	139.89	232.83	443.07	681.36						
4.00	1.46	3.13	5.65	11.01	19.61	35.41	70.93	133.36	221.96	422.38	649.57						
6.00	1.40	2.99	5.40	10.63	18.76	33.88	67.88	127.62	212.41	404.21	621.62						
8.00	1.34	2.87	5.19	10.39	18.01	32.53	65.17	122.53	203.94	388.08	596.62						
30.00	1.29	2.77	5.00	10.01	17.34	31.32	62.74	117.97	196.35	373.63	574.62						
35.00	1.19	2.54	4.59	9.20	15.94	28.78	57.65	108.39	180.41	348.00	527.90						
40.00	1.10	2.36	4.27	8.54	14.81	25.74	53.57	100.72	167.65	319.02	490.91						
45.00	1.03	2.21	4.00	8.01	13.88	23.06	50.21	94.41	157.14	299.03	459.96						
50.00	0.98	2.09	3.77	7.56	13.10	23.66	47.39	89.10	148.30	282.21	434.00						
55.00	0.93	1.98	3.58	7.17	12.43	22.45	44.97	84.55	140.73	267.81	411.96						
60.00	0.88	1.89	3.41	6.84	11.85	21.40	42.87	80.61	134.17	255.31	392.63						
65.00	0.84	1.81	3.27	6.54	11.34	20.48	41.03	77.14	129.39	244.32	375.74						
70.00	0.81	1.74	3.14	6.28	10.89	19.66	39.39	74.06	123.27	234.57	360.74						
75.00	0.78	1.67	3.02	6.05	10.48	18.93	37.93	71.31	118.53	225.85	347.33						
80.00	0.75	1.61	2.91	5.84	10.12	18.27	36.60	68.82	114.55	217.98	335.22						
85.00	0.73	1.56	2.82	5.65	9.79	17.67	35.40	66.57	110.80	210.84	324.24						
90.00	0.71	1.51	2.73	5.47	9.48	17.13	34.31	64.51	107.37	204.32	314.22						
95.00	0.69	1.47	2.65	5.31	9.21	16.63	33.31	62.62	104.23	198.34	305.02						
00.00	0.67	1.43	2.58	5.16	8.95	16.16	32.38	60.88	101.33	192.83	296.54						
5.00	0.65	1.39	2.51	5.03	8.71	15.74	31.52	59.27	98.65	187.73	288.70						
10.00	0.63	1.35	2.45	4.90	8.49	15.34	30.73	57.78	96.16	182.99	281.41						
115.00	0.62	1.32	2.39	4.78	8.29	14.97	29.99	56.38	93.84	178.57	274.63						
20.00	0.60	1.29	2.33	4.67	8.10	14.62	29.29	55.08	91.67	174.45	268.28						
25.00	0.59	1.26	2.28	4.57	7.92	14.30	28.64	53.86	89.64	170.58	262.33						
30.00	0.58	1.24	2.23	4.47	7.75	13.99	28.03	52.71	87.73	166.94	256.73						
.00	0.57	1.21	2.19	4.38	7.59	13.71	27.46	51.63	85.93	163.52	251.47						
40.00	0.55	1.19	2.14	4.29	7.44	13.44	26.92	50.61	84.23	160.28	246.49						
5.00	0.54	1.16	2.10	4.21	7.30	13.18	26.40	49.64	82.62	157.22	241.78						
.00	0.53	1.14	2.06	4.13	7.16	12.94	25.91	48.72	81.10	154.32	237.32						
155.00	0.52	1.12	2.03	4.06	7.04	12.70	25.45	47.85	79.65	151.56	233.08						
160.00	0.51	1.10	1.99	3.99	6.91	12.48	25.01	47.03	78.27	148.94	229.05						
65.00	0.51	1.08	1.96	3.92	6.80	12.28	24.59	46.24	76.96	146.45	225.21						
170.00	0.50	1.07	1.93	3.86	6.69	12.08	24.19	45.49	75.71	144.06	221.55						

GAS NATURAL A MEDIA PRESIÓN B.

relativas:  $p_1 = 1.600$  bares;  $p_2 = 1.200$  bares; pérdida de carga: 0.4 bares

d te	6/8	8/10	10/12	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42	51/54	60/63
	3/8	1/2	3/4	I	I <sup>1/2</sup>	I <sup>3/4</sup>	2	2 1/2	3	4	5
) Caudal en m <sup>3</sup> (st)/h											
25.82	55.31	99.87	200.07	346.73	626.09	1.254.29	2.358.32	3.925.17	7.469.34	11.486.89	
17.64	37.79	68.24	136.70	236.92	427.80	857.03	1.611.41	2.682.01	5.103.69	7.848.81	
14.12	30.24	54.61	109.40	189.60	342.37	685.88	1.289.60	2.146.39	4.084.44	6.281.34	
12.05	25.82	46.63	93.41	161.88	292.31	585.60	1.101.05	1.832.58	3.487.27	5.362.98	
10.66	22.84	41.25	82.63	143.20	258.58	518.03	974.00	1.621.12	3.084.89	4.744.16	
9.65	20.66	37.31	74.75	129.55	233.93	468.65	881.16	1.466.60	2.790.83	4.291.95	
8.86	18.99	34.28	68.68	119.03	214.94	430.59	809.60	1.347.50	2.564.19	3.943.40	
8.24	17.64	31.86	63.82	110.61	199.73	400.13	752.33	1.252.17	2.382.80	3.664.44	
7.72	16.54	29.86	59.82	103.68	187.21	375.06	705.19	1.173.71	2.233.48	3.434.81	
7.29	15.61	28.18	56.46	97.85	176.68	353.96	665.52	1.107.69	2.107.86	3.241.61	
6.59	14.12	25.50	51.08	88.52	159.84	320.22	602.08	1.002.10	1.906.93	2.932.62	
6.06	12.97	23.43	46.93	81.33	146.86	294.22	553.19	920.72	1.752.07	2.694.47	
5.63	12.06	21.77	43.61	75.58	136.47	273.40	514.06	855.59	1.528.13	2.503.86	
5.27	11.30	20.40	40.88	70.84	127.92	256.27	481.84	801.98	1.526.10	2.346.95	
4.98	10.66	19.26	38.58	66.86	120.73	241.86	454.74	756.87	1.440.27	2.214.95	
4.72	10.12	18.27	36.61	63.45	114.57	229.52	431.54	718.25	1.366.78	2.101.94	
4.50	9.65	17.42	34.90	60.49	109.22	218.80	411.39	684.72	1.302.98	2.003.82	
4.31	9.23	16.57	33.40	57.88	104.52	209.39	393.69	655.26	1.246.92	1.917.50	
4.14	8.86	16.01	32.07	55.57	100.35	201.03	377.99	629.12	1.197.17	1.841.09	
3.98	8.53	15.41	30.87	53.51	96.62	193.56	363.93	605.71	1.152.63	1.772.60	
3.86	8.24	15.01	29.87	51.81	93.21	187.21	351.33	584.11	1.118.81	1.714.44	
3.76	7.99	14.66	29.06	50.31	90.11	181.21	340.11	564.71	1.089.41	1.663.65	
3.66	7.84	14.16	28.37	49.16	88.77	177.84	334.37	556.53	1.059.03	1.628.65	
3.40	7.29	13.16	26.36	45.68	82.49	165.26	310.72	517.16	984.11	1.513.44	
3.19	6.83	12.33	24.71	42.82	77.32	154.90	291.25	484.75	922.44	1.418.60	
3.01	6.45	11.64	23.32	40.41	72.97	146.19	274.87	457.48	870.56	1.338.31	
2.96	6.17	11.05	22.13	38.35	69.25	138.73	260.84	434.14	825.14	1.270.50	
2.72	5.83	10.53	21.10	36.56	66.02	132.25	248.66	413.88	787.58	1.211.19	
2.61	5.58	10.08	20.19	34.99	63.18	126.56	237.97	396.07	753.69	1.159.08	
2.50	5.36	9.57	19.38	33.59	60.66	121.51	228.47	380.27	723.62	1.112.83	
2.41	5.15	9.32	18.66	32.34	58.40	116.99	219.07	366.12	696.70	1.071.44	
2.32	4.98	8.99	18.01	31.21	56.36	112.92	212.31	353.36	672.43	1.034.11	
2.25	4.82	8.70	17.42	30.19	54.52	109.22	205.35	341.79	650.40	1.000.23	
2.18	4.67	8.43	16.88	29.26	52.83	105.84	199.00	331.22	630.29	969.31	
2.11	4.53	8.18	16.39	28.40	51.29	102.74	193.18	321.53	611.84	940.94	
2.06	4.40	7.95	15.93	27.61	49.86	99.39	187.81	312.59	594.34	914.79	
2.00	4.29	7.74	15.51	26.38	48.54	97.25	182.84	304.32	579.11	890.59	
1.95	4.18	7.55	15.12	25.20	47.32	94.79	178.23	296.64	564.49	868.12	
1.90	4.08	7.37	14.76	25.57	46.18	92.50	173.93	289.49	550.87	847.17	
1.86	3.98	7.20	14.41	24.98	45.11	90.37	169.91	282.79	538.14	827.59	
1.82	3.90	7.04	14.09	24.43	44.11	88.36	166.14	276.52	526.20	809.23	
1.78	3.81	6.89	13.79	23.91	43.17	86.48	162.60	270.63	514.99	791.98	
1.74	3.73	6.74	13.51	23.42	42.28	84.70	159.26	265.07	504.42	775.73	
1.71	3.66	6.61	13.24	22.95	41.44	83.03	156.11	259.83	494.44	760.38	
1.68	3.59	6.48	12.99	22.51	40.65	81.44	153.13	254.87	485.00	745.86	
1.65	3.52	6.36	12.75	22.10	39.90	79.94	150.30	250.16	476.05	732.10	
1.62	3.46	6.25	12.52	21.70	39.19	78.51	147.62	245.70	467.55	719.03	
1.59	3.40	6.14	12.31	21.33	38.51	77.15	145.07	241.45	459.46	706.59	
1.56	3.35	6.04	12.10	20.97	37.87	75.86	142.64	237.40	451.76	694.75	
1.54	3.29	5.94	11.90	20.63	37.25	74.63	140.31	233.54	444.41	683.44	

**BLA 7. GAS NATURAL A MEDIA PRESIÓN B.**

condiciones relativas:  $p_1 = 1.700$  bares;  $p_2 = 1.650$  bares; Pérdida de presión: 0.05 bares

Longitud equivalente (en metros)	Diámetro de tubo de cobre (en mm)										
	6/8	8/10	10/12	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42	51/54	60/63
Longitud equivalente (en metros)	Diámetro de tubo de acero (en pulgadas)										
	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4
Caudal en m <sup>3</sup> (st)/h											
1.00	8.73	18.71	33.78	67.68	117.30	211.81	424.33	797.82	1.327.89	2.526.88	3.886.02
2.00	5.97	12.78	23.08	46.25	80.15	144.73	289.94	545.14	907.33	1.726.58	2.655.26
3.00	4.78	10.23	18.47	37.01	64.14	115.82	232.03	436.27	726.13	1.381.77	2.124.98
4.00	4.08	8.74	15.77	31.60	54.76	98.89	198.11	372.49	619.96	1.179.75	1.814.30
5.00	3.61	7.73	13.95	27.95	48.45	87.48	175.25	329.51	548.43	1.043.62	1.604.96
6.00	3.26	6.99	12.62	25.29	43.83	79.14	158.54	298.10	496.15	944.14	1.451.97
7.00	3.00	6.42	11.60	23.24	40.27	72.71	145.67	273.89	455.86	867.47	1.334.06
8.00	2.79	5.97	10.78	21.59	37.42	67.57	135.36	254.51	423.61	806.10	1.239.58
9.00	2.61	5.59	10.10	20.24	35.07	63.33	126.88	238.57	397.07	755.59	1.162.00
10.00	2.46	5.28	9.53	19.10	33.10	59.77	119.75	225.15	374.73	713.09	1.096.64
12.00	2.22	4.78	8.63	17.28	29.95	54.08	108.33	203.69	339.01	645.12	992.11
14.00	2.05	4.39	7.92	15.88	27.51	49.68	99.53	187.14	311.48	592.73	911.54
16.00	1.90	4.08	7.36	14.75	25.57	46.17	92.49	173.91	289.45	550.80	847.06
18.00	1.78	3.82	6.90	13.83	23.97	43.28	86.70	163.01	271.31	516.28	793.98
20.00	1.68	3.61	6.51	13.05	22.62	40.84	81.82	153.84	256.05	487.24	749.32
22.00	1.60	3.42	6.18	12.39	21.46	38.76	77.65	145.99	242.99	462.38	711.09
24.00	1.52	3.26	5.89	11.81	20.46	36.95	74.02	139.18	231.64	440.80	677.99
26.00	1.46	3.12	5.64	11.30	19.58	35.36	70.34	133.19	221.68	421.83	646.73
28.00	1.40	3.00	5.41	10.85	18.80	33.95	68.01	127.67	212.83	405.00	622.84
30.00	1.35	2.89	5.21	10.44	18.10	32.69	65.48	123.12	204.91	389.94	599.67
35.00	1.24	2.65	4.79	9.60	16.63	30.03	60.16	113.12	188.27	358.27	550.97
40.00	1.15	2.47	4.45	8.92	15.45	27.91	55.91	105.12	174.95	332.93	512.00
45.00	1.08	2.31	4.17	8.36	14.49	26.16	52.40	98.53	163.99	312.06	479.91
50.00	1.02	2.18	3.94	7.89	13.67	24.69	49.46	92.99	154.77	294.51	452.92
55.00	0.97	2.07	3.74	7.49	12.97	23.43	46.93	88.24	146.87	279.49	428.81
60.00	0.92	1.97	3.56	7.14	12.37	22.33	44.74	84.12	140.01	266.44	409.75
65.00	0.86	1.89	3.41	6.83	11.84	21.37	42.62	80.50	133.99	254.97	392.12
70.00	0.85	1.81	3.27	6.56	11.36	20.52	41.11	77.29	128.64	244.80	376.47
75.00	0.81	1.75	3.15	6.31	10.94	19.76	39.58	74.42	123.86	235.69	362.47
80.00	0.79	1.68	3.04	6.09	10.56	19.07	38.20	71.82	119.54	227.48	349.84
85.00	0.76	1.63	2.94	5.89	10.21	18.44	36.95	69.47	115.63	220.03	338.38
90.00	0.74	1.58	2.85	5.71	9.90	17.87	35.61	67.32	112.05	213.23	327.92
95.00	0.72	1.53	2.77	5.54	9.61	17.35	34.76	65.35	108.77	206.99	318.32
100.00	0.70	1.49	2.69	5.39	9.34	16.87	33.79	63.54	105.75	201.24	309.47
105.00	0.68	1.45	2.62	5.25	9.09	16.42	32.90	61.86	102.95	195.91	301.29
110.00	0.66	1.41	2.55	5.12	8.86	16.01	32.07	60.30	100.35	190.97	293.68
115.00	0.64	1.38	2.49	4.99	8.65	15.62	31.29	58.84	97.93	186.36	286.60
120.00	0.63	1.35	2.43	4.88	8.45	15.26	30.57	57.48	95.67	182.05	279.97
125.00	0.62	1.32	2.38	4.77	8.26	14.92	29.89	56.21	93.55	178.02	273.76
130.00	0.60	1.29	2.33	4.67	8.09	14.60	29.26	55.01	91.55	174.22	267.93
135.00	0.59	1.26	2.28	4.57	7.92	14.30	28.66	53.88	89.67	170.64	262.43
140.00	0.58	1.24	2.24	4.48	7.76	14.02	28.09	52.81	87.90	167.27	257.24
145.00	0.57	1.21	2.19	4.39	7.62	13.75	27.55	51.80	86.22	164.07	252.33
150.00	0.56	1.19	2.15	4.31	7.48	13.50	27.04	50.85	84.63	161.05	247.67
155.00	0.55	1.17	2.11	4.24	7.34	13.26	26.56	49.94	83.12	158.17	243.25
160.00	0.54	1.15	2.08	4.16	7.22	13.03	26.10	49.08	81.68	155.44	239.04
165.00	0.53	1.13	2.04	4.09	7.09	12.81	25.66	48.25	80.31	152.83	235.03
170.00	0.52	1.11	2.01	4.03	6.98	12.60	25.25	47.47	79.01	150.34	231.21

AS NATURAL A MEDIA PRESIÓN B.

latvas:  $p_1 = 2.000$  bares;  $p_2 = 1.950$  bares; pérdida de presión: 0.05 bares

		Diámetro de tubo de cobre (en mm)										
		6/8	8/10	10/12	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42	51/54	60/63
		Diámetro de tubo de acero (en pulgadas)										
		3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2				
		Caudal en m <sup>3</sup> st /h										
		9.26	19.84	35.83	71.77	124.39	224.61	449.97	846.04	1 408.13	2 679.58	4 120.
		6.33	13.56	24.48	49.04	84.99	153.47	307.46	579.09	962.16	1 830.92	2 815.72
		5.06	10.85	19.59	39.25	68.02	122.82	246.05	462.64	770.01	1 465.27	2 253.40
		4.32	9.26	16.73	33.51	58.07	104.86	210.08	395.00	657.43	1 251.04	1 923.94
		3.83	8.19	14.80	29.64	51.37	92.76	185.84	349.42	581.57	1 106.69	1 701.94
		3.46	7.41	13.39	26.82	46.48	83.92	168.13	316.11	526.13	1 001.20	1 539.71
		3.18	6.81	12.30	24.64	42.70	77.11	154.47	290.44	483.41	919.89	1 414.67
		2.95	6.33	11.43	22.90	39.68	71.65	143.54	269.89	449.21	854.82	1 314.60
		2.77	5.93	10.71	21.46	37.19	67.16	134.55	252.98	421.06	801.25	1 232.22
		2.61	5.60	10.11	20.25	35.10	63.38	126.98	238.75	397.38	756.18	1 162.91
		2.36	5.07	9.15	18.32	31.76	57.34	114.88	215.99	359.50	684.10	1 052.06
		2.17	4.65	8.40	16.84	29.18	52.69	105.55	198.45	330.30	628.55	966.62
		2.02	4.32	7.81	15.64	27.11	48.96	98.08	184.41	306.94	584.08	898.24
		1.89	4.05	7.32	14.66	25.41	45.89	91.94	172.86	287.70	547.48	841.96
		1.79	3.83	6.91	13.84	23.98	43.31	86.76	163.14	271.52	516.69	794.60
		1.69	3.63	6.56	13.13	22.76	41.10	82.34	154.81	257.67	490.33	754.06
		1.62	3.46	6.25	12.52	21.70	39.18	78.49	147.59	245.64	467.44	718.86
		1.55	3.31	5.98	11.98	20.77	37.50	75.12	141.24	235.07	447.32	687.93
		1.48	3.18	5.74	11.50	19.94	36.00	72.12	135.60	225.69	429.48	660.48
		1.43	3.06	5.53	11.08	19.19	34.66	69.44	130.56	217.30	413.50	635.91
CO		1.31	2.81	5.08	10.18	17.64	31.85	63.80	119.95	199.65	379.92	584.27
CO		1.22	2.61	4.72	9.46	16.39	29.59	59.28	111.47	185.53	353.04	542.94
		1.14	2.45	4.42	8.86	15.36	27.74	55.57	104.48	173.90	330.92	506.91
0		1.08	2.31	4.18	8.37	14.50	26.18	52.44	98.61	164.12	312.31	480.29
		1.02	2.19	3.96	7.94	13.76	24.84	49.77	93.58	155.75	296.37	455.79
		0.98	2.09	3.78	7.57	13.12	23.68	47.45	89.21	148.48	282.54	434.51
CO		0.93	2.00	3.62	7.24	12.55	22.66	45.40	85.37	142.09	270.38	415.81
		0.90	1.92	3.47	6.95	12.05	21.76	43.59	81.96	136.42	259.59	399.22
0		0.86	1.85	3.34	6.69	11.60	20.95	41.97	78.91	131.34	249.94	384.37
CO		0.83	1.79	3.23	6.46	11.20	20.22	40.51	76.16	126.77	241.23	370.98
CO		0.81	1.73	3.12	6.25	10.83	19.56	39.13	73.67	122.61	233.33	356.83
		0.78	1.67	3.02	6.06	10.50	18.95	37.97	71.39	118.82	226.11	347.73
CO		0.75	1.63	2.93	5.88	10.19	18.40	36.86	69.30	115.35	219.50	337.56
0		0.74	1.58	2.85	5.72	9.91	17.89	35.83	67.38	112.14	213.40	328.18
CO		0.72	1.54	2.78	5.56	9.64	17.41	34.89	65.59	109.17	207.75	319.49
CO		0.70	1.50	2.71	5.42	9.40	16.97	34.01	63.94	106.42	202.51	311.43
		0.68	1.46	2.64	5.29	9.17	16.57	33.19	62.40	103.85	197.62	303.92
		0.57	1.43	2.58	5.17	8.96	16.18	32.42	60.95	101.45	193.05	296.89
0		0.55	1.40	2.52	5.06	8.76	15.82	31.70	59.60	99.20	188.77	290.31
		0.64	1.37	2.47	4.95	8.58	15.49	31.02	58.33	97.09	184.75	284.12
		0.63	1.34	2.42	4.85	8.40	15.17	30.39	57.13	95.09	180.96	278.29
		0.61	1.31	2.37	4.75	8.23	14.87	29.79	56.00	93.21	177.38	272.78
		0.60	1.29	2.33	4.66	8.08	14.58	29.22	54.93	91.43	173.99	267.57
		0.59	1.26	2.28	4.57	7.93	14.31	28.68	53.92	89.75	170.78	262.64
		0.58	1.24	2.24	4.49	7.79	14.06	28.17	52.96	88.14	167.73	257.95
		0.57	1.22	2.20	4.41	7.65	13.82	27.68	52.04	86.62	164.83	253.49
		0.56	1.20	2.17	4.34	7.52	13.58	27.21	51.17	85.17	162.07	249.24
		0.55	1.18	2.13	4.27	7.40	13.36	26.77	50.34	83.78	159.43	245.18



LA 9. GAS PROPANO A MEDIA PRESION B.

Presiones relativas:  $p_1 = 1.700$  bares;  $p_2 = 1.650$  bares; pérdida de carga: 0.05 bares

Longitud ent $L$ (en metros)	diámetro tubo de cobre (en mm)										
	6/8	7/10	10/12	13/15	16/18	0/	6/28	3/3	0/42	54	0/63
	diámetro acero en pulgadas										
	3/8	2	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4
	Caudal en $m^3(st)/h$										
1.00	6.08	13.04	23.54	47.16	81.72	147.57	295.54	555.86	925.17	1.760.53	2.707.46
2.00	4.16	8.91	16.08	32.22	55.84	100.83	202.00	379.81	632.15	1.202.94	1.849.97
3.00	3.33	7.13	12.87	25.79	44.69	80.70	161.66	303.96	505.91	962.70	1.480.51
4.00	2.84	6.09	10.99	22.02	38.16	68.90	138.03	259.52	431.94	821.95	1.264.06
5.00	2.51	5.38	9.72	19.48	33.75	60.95	122.10	229.57	382.10	727.11	1.118.20
6.00	2.27	4.87	8.79	17.62	30.54	55.14	110.46	207.69	345.68	657.80	1.011.61
7.00	2.09	4.48	8.08	16.19	28.06	50.66	101.49	190.62	317.61	604.38	929.46
8.00	1.94	4.16	7.51	15.04	26.07	47.09	94.31	177.32	295.14	561.63	863.71
9.00	1.82	3.90	7.04	14.10	24.44	44.13	88.40	166.21	276.64	526.43	809.59
10.00	1.72	3.68	6.64	13.31	23.06	41.64	83.43	156.86	261.08	496.82	754.05
12.00	1.55	3.33	6.01	12.04	20.86	37.68	75.48	141.91	236.20	449.47	681.22
14.00	1.43	3.06	5.52	11.06	19.17	34.62	69.35	130.39	217.01	412.96	635.09
16.00	1.33	2.84	5.13	10.28	17.81	32.17	64.44	121.16	201.66	393.75	590.10
18.00	1.24	2.66	4.81	9.63	16.70	30.15	60.40	113.57	189.02	359.70	553.19
20.00	1.17	2.51	4.54	9.09	15.76	28.46	57.01	107.19	178.39	339.47	522.06
22.00	1.11	2.39	4.31	8.63	14.90	27.00	54.10	101.71	169.25	322.15	495.40
24.00	1.06	2.27	4.11	8.23	14.26	25.74	51.57	96.97	161.39	307.11	472.30
26.00	1.02	2.18	3.93	7.87	13.64	24.64	49.30	92.79	154.46	293.90	451.96
28.00	0.98	2.09	3.77	7.53	13.10	23.65	47.38	89.09	148.29	282.17	433.95
30.00	0.94	2.01	3.63	7.26	12.61	22.77	45.62	85.78	142.77	271.60	417.60
35.00	0.86	1.85	3.34	6.69	11.59	20.92	41.92	78.31	131.17	249.61	383.87
40.00	0.80	1.72	3.10	6.21	10.77	19.44	38.95	73.34	121.89	231.90	356.70
45.00	0.75	1.61	2.91	5.82	10.09	18.22	36.51	68.55	114.26	217.42	334.30
50.00	0.71	1.52	2.74	5.50	9.53	17.20	34.46	64.79	107.83	205.19	315.56
55.00	0.67	1.44	2.60	5.22	9.04	16.32	32.70	61.48	102.33	194.72	299.40
60.00	0.64	1.37	2.48	4.97	8.62	15.56	31.17	58.61	97.55	185.63	285.48
65.00	0.61	1.32	2.33	4.76	8.25	14.89	29.83	56.09	93.35	177.65	273.20
70.00	0.59	1.26	2.28	4.57	7.92	14.30	28.64	53.95	89.63	170.56	262.30
75.00	0.57	1.22	2.20	4.40	7.62	13.76	27.58	51.85	86.29	164.21	252.54
80.00	0.55	1.17	2.12	4.25	7.36	13.29	26.61	50.04	83.29	158.49	243.74
85.00	0.53	1.14	2.05	4.11	7.12	12.85	25.74	48.40	80.56	153.30	235.76
90.00	0.51	1.10	1.99	3.98	6.90	12.45	24.95	46.91	78.07	148.56	228.47
95.00	0.50	1.07	1.93	3.86	6.69	12.09	24.22	45.53	75.78	144.21	221.79
100.00	0.48	1.04	1.87	3.76	6.51	11.75	23.54	44.27	73.68	140.20	215.62
105.00	0.47	1.01	1.82	3.66	6.34	11.44	22.92	43.10	71.73	136.50	209.91
110.00	0.46	0.99	1.78	3.56	6.18	11.15	22.34	42.01	69.92	133.05	204.62
115.00	0.45	0.96	1.74	3.46	6.03	10.88	21.80	41.00	68.23	129.84	199.68
120.00	0.44	0.94	1.70	3.40	5.89	10.63	21.30	40.05	66.65	126.84	195.06
125.00	0.43	0.92	1.66	3.32	5.76	10.40	20.83	39.16	65.18	124.03	190.74
130.00	0.42	0.90	1.62	3.25	5.63	10.17	20.38	38.32	63.79	121.38	186.67
135.00	0.41	0.88	1.59	3.18	5.52	9.97	19.96	37.54	62.48	118.89	182.84
140.00	0.40	0.86	1.56	3.12	5.41	9.77	19.57	36.80	61.24	116.54	179.22
145.00	0.40	0.85	1.53	3.06	5.31	9.58	19.20	36.09	60.07	114.31	175.80
150.00	0.39	0.83	1.50	3.01	5.21	9.41	18.84	35.43	58.96	112.20	172.56
155.00	0.38	0.82	1.47	2.95	5.12	9.24	18.51	34.79	57.91	110.20	169.47
160.00	0.37	0.80	1.45	2.90	5.03	9.08	18.19	34.19	56.91	108.30	166.54
165.00	0.37	0.79	1.42	2.85	4.94	8.93	17.88	33.62	55.96	106.48	163.75
170.00	0.36	0.78	1.40	2.81	4.86	8.78	17.59	33.07	55.05	104.75	161.09

10. GAS PROPANO A MEDIA PRESIÓN B.

Presiones relativas:  $p_1 = 1.700$  bares;  $p_2 = 1.400$  bares; pérdida de carga: 0,300 bares

L (metros)	Diámetro de tubo de cobre (en mm)										
	6/8	8/10	10/12	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42	51/54	60/63
L (metros)	Diámetro de tubo de acero en pulgadas										
	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1 1/8	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2
Caudal en m <sup>3</sup> st /h											
1.00	15.86	33.98	61.36	122.92	213.03	384.67	770.63	1 448.96	2 411.63	4 589.17	7 057.55
2.00	10.84	23.22	41.93	83.99	145.56	262.84	526.56	990.05	1 647.83	3 135.71	4 822.32
3.00	8.67	18.58	33.55	67.22	116.49	210.35	421.40	792.33	1 318.74	2 509.48	3 859.26
4.00	7.41	15.86	28.65	57.39	99.46	179.60	359.79	676.49	1 125.94	2 142.58	3 295.02
5.00	6.55	14.03	25.34	50.77	87.98	158.87	318.28	598.43	996.02	1 895.36	2 914.32
6.00	5.93	12.70	22.93	45.93	79.60	143.73	287.94	541.39	901.08	1 714.69	2 636.97
7.00	5.45	11.67	21.06	42.20	73.13	132.06	264.56	497.42	827.90	1 575.44	2 422.83
8.00	5.06	10.84	19.57	39.21	67.96	122.71	245.84	462.23	769.34	1 463.99	2 251.44
9.00	4.74	10.16	18.35	36.75	63.70	115.02	230.43	433.27	721.13	1 372.25	2 110.35
10.00	4.48	9.59	17.32	34.69	60.12	108.56	217.47	408.90	680.57	1 295.07	1 991.65
12.00	4.05	8.68	15.66	31.38	54.39	98.21	196.74	369.92	615.69	1 171.62	1 801.80
14.00	3.72	7.97	14.39	28.83	49.97	90.23	180.77	339.88	565.69	1 076.48	1 655.48
16.00	3.46	7.41	13.37	26.79	46.44	83.85	167.98	315.84	525.68	1 000.32	1 538.37
18.00	3.24	6.94	12.54	25.11	43.53	78.59	157.45	296.04	492.73	937.64	1 441.97
20.00	3.05	6.55	11.83	23.70	41.08	74.17	148.60	279.39	465.02	884.90	1 360.96
22.00	2.90	6.22	11.23	22.49	38.98	70.39	141.02	265.14	441.29	839.75	1 291.43
24.00	2.77	5.93	10.70	21.44	37.16	67.10	134.43	252.76	420.69	800.55	1 231.15
26.00	2.65	5.67	10.24	20.52	35.56	64.22	128.65	241.89	402.59	766.11	1 178.17
28.00	2.54	5.45	9.83	19.70	34.14	61.65	123.52	232.23	386.53	735.54	1 131.17
30.00	2.45	5.24	9.47	18.97	32.87	59.36	118.92	223.60	372.15	708.18	1 089.09
35.00	2.25	4.82	8.70	17.43	30.20	54.54	109.26	205.44	341.93	650.67	1 000.64
40.00	2.09	4.48	8.08	16.20	28.07	50.68	101.53	190.91	317.74	604.64	929.86
45.00	1.96	4.20	7.58	15.18	26.31	47.51	95.17	178.94	297.83	566.75	871.65
50.00	1.85	3.96	7.15	14.33	24.83	44.83	89.82	168.88	281.08	534.87	822.57
55.00	1.75	3.76	6.79	13.60	23.56	42.55	85.24	160.26	266.74	507.58	780.60
60.00	1.67	3.58	6.47	12.96	22.46	40.56	81.26	152.78	254.29	483.89	744.16
65.00	1.60	3.43	6.19	12.40	21.50	38.82	77.76	146.21	243.34	463.07	712.14
70.00	1.54	3.29	5.94	11.91	20.64	37.27	74.66	140.37	233.54	444.59	683.73
75.00	1.48	3.17	5.72	11.47	19.87	35.88	71.88	135.15	224.94	428.05	658.29
80.00	1.43	3.06	5.52	11.07	19.13	34.63	69.38	130.44	217.11	413.14	635.36
85.00	1.38	2.96	5.34	10.70	18.55	33.50	67.10	126.17	210.00	399.61	614.54
90.00	1.34	2.87	5.18	10.37	17.98	32.46	65.03	122.27	203.50	387.25	595.54
95.00	1.30	2.78	5.03	10.07	17.45	31.51	63.13	118.69	197.55	375.92	578.11
100.00	1.26	2.71	4.89	9.79	16.97	30.63	61.37	115.39	192.06	365.47	562.05
105.00	1.23	2.63	4.76	9.53	16.52	29.82	59.75	112.34	186.98	355.80	547.19
110.00	1.20	2.57	4.64	9.29	16.10	29.07	58.24	109.50	182.26	346.82	533.37
115.00	1.17	2.51	4.53	9.07	15.71	28.37	56.84	106.86	177.86	338.46	520.50
120.00	1.14	2.45	4.42	8.86	15.35	27.71	55.52	104.39	173.75	330.63	508.47
125.00	1.12	2.39	4.32	8.66	15.01	27.10	54.29	102.08	169.90	323.30	497.19
130.00	1.09	2.34	4.23	8.48	14.69	26.52	53.13	99.90	166.27	316.41	486.59
135.00	1.07	2.29	4.14	8.30	14.39	25.98	52.04	97.85	162.86	309.91	476.61
140.00	1.05	2.25	4.06	8.14	14.10	25.46	51.01	95.91	159.64	303.78	467.18
145.00	1.03	2.21	3.98	7.98	13.83	24.96	50.04	94.08	156.59	297.98	458.26
150.00	1.01	2.17	3.91	7.83	13.58	24.52	49.12	92.35	153.70	292.48	449.80
155.00	0.99	2.13	3.84	7.69	13.33	24.08	48.24	90.70	150.96	287.26	441.77
160.00	0.98	2.09	3.77	7.56	13.10	23.66	47.40	89.13	148.35	282.29	434.13
165.00	0.96	2.06	3.71	7.43	12.88	23.27	46.61	87.64	145.86	277.56	426.85
170.00	0.94	2.02	3.65	7.31	12.67	22.89	45.85	86.21	143.49	273.04	419.91

TABLA 11. GAS PROPANO A MEDIA PRESIÓN B.

Presiones relativas:  $p_1 = 2.000$  bares;  $p_2 = 1.900$  bares; pérdida de carga: 0.100 bares

Longitud equivalente (en metros)	Diametro de tubo de cobre (en mm)										
	6/8	8/10	10/12	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42	51/54	60/63
	Diametro de tubo de acero (en pulgadas)										
	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1 1/4	1 1/2	2		
	Caudal en m <sup>3</sup> (st)/h										
1.00	9.40	20.13	36.34	72.81	126.19	227.86	456.48	858.27	1.428.50	2.718.34	4.180.46
2.00	6.42	13.75	24.83	49.75	86.22	155.69	311.90	586.44	976.07	1.857.40	2.856.44
3.00	5.14	11.01	19.87	39.92	69.00	124.60	249.61	469.33	781.14	1.486.46	2.285.99
4.00	4.39	9.40	16.97	33.99	58.91	106.38	213.12	400.71	666.94	1.269.13	1.951.76
5.00	3.88	8.31	15.01	30.07	52.12	94.11	188.53	354.47	589.98	1.122.69	1.726.56
6.00	3.51	7.52	13.58	27.21	47.15	85.14	170.56	320.68	533.74	1.015.68	1.561.98
7.00	3.23	6.91	12.48	25.00	43.32	78.22	156.71	294.54	490.40	933.19	1.435.13
8.00	3.00	6.42	11.59	23.23	40.25	72.89	145.62	273.80	455.71	867.18	1.333.61
9.00	2.81	6.02	10.87	21.77	37.73	68.13	136.50	256.54	427.15	812.84	1.250.04
10.00	2.65	5.68	10.26	20.55	35.61	64.30	126.82	242.21	403.12	767.12	1.179.73
12.00	2.40	5.14	9.28	18.59	32.22	58.17	116.54	219.12	364.70	694.00	1.067.28
14.00	2.20	4.72	8.53	17.08	29.50	53.45	107.07	201.32	335.08	637.64	980.60
16.00	2.05	4.39	7.92	15.67	27.51	49.67	99.50	187.08	311.38	592.53	911.24
18.00	1.92	4.11	7.43	14.88	25.78	46.55	93.27	175.36	291.87	555.40	854.13
20.00	1.81	3.88	7.01	14.04	24.33	43.94	88.02	165.50	275.45	524.16	806.09
22.00	1.72	3.68	6.65	13.32	23.09	41.69	83.53	157.05	261.40	497.42	764.97
24.00	1.64	3.51	6.34	12.70	22.01	39.75	79.63	149.72	249.19	474.20	729.25
26.00	1.57	3.36	6.07	12.15	21.07	38.04	76.20	143.28	238.47	453.79	697.38
28.00	1.51	3.23	5.83	11.67	20.22	36.52	73.15	137.56	228.96	435.69	670.03
30.00	1.45	3.11	5.61	11.24	19.47	35.16	70.44	132.44	220.44	419.48	645.11
35.00	1.33	2.85	5.15	10.32	17.89	32.31	64.72	121.69	202.54	385.42	592.72
40.00	1.24	2.65	4.79	9.59	16.63	30.02	60.14	113.02	188.21	358.15	550.79
45.00	1.16	2.49	4.49	8.99	15.58	28.14	56.37	105.99	176.42	335.71	516.27
50.00	1.10	2.35	4.24	8.49	14.71	26.56	53.20	100.03	166.49	316.83	487.24
55.00	1.04	2.23	4.02	8.05	13.96	25.20	50.49	94.93	158.00	300.66	462.38
60.00	0.99	2.12	3.83	7.68	13.31	24.03	48.13	90.50	150.62	286.63	440.79
65.00	0.95	2.03	3.67	7.35	12.73	22.99	46.06	86.60	144.14	274.29	421.83
70.00	0.91	1.95	3.52	7.05	12.22	22.07	44.22	83.15	138.39	263.35	405.00
75.00	0.88	1.88	3.39	6.79	11.77	21.25	42.58	80.06	133.24	253.55	389.93
80.00	0.85	1.81	3.27	6.55	11.36	20.51	41.09	77.27	128.60	244.72	376.35
85.00	0.82	1.75	3.16	6.34	10.99	19.84	39.75	74.73	124.39	236.70	364.02
90.00	0.79	1.70	3.07	6.14	10.65	19.23	38.52	72.42	120.54	229.38	352.76
95.00	0.77	1.65	2.98	5.96	10.34	18.66	37.39	70.30	117.01	222.67	342.44
100.00	0.75	1.60	2.89	5.80	10.05	18.15	36.35	68.35	113.76	216.48	332.92
105.00	0.73	1.56	2.82	5.65	9.78	17.67	35.39	66.54	110.75	210.76	324.12
110.00	0.71	1.52	2.75	5.50	9.54	17.22	34.50	64.86	107.96	205.44	315.94
115.00	0.69	1.48	2.68	5.37	9.31	16.80	33.67	63.30	105.35	200.48	308.31
120.00	0.68	1.45	2.62	5.25	9.09	16.42	32.89	61.84	102.92	195.85	301.19
125.00	0.66	1.42	2.56	5.13	8.89	16.05	32.16	60.46	100.64	191.50	294.51
130.00	0.65	1.39	2.51	5.02	8.70	15.71	31.47	59.17	98.49	187.42	288.23
135.00	0.63	1.36	2.45	4.92	8.52	15.39	30.83	57.96	96.47	183.57	282.31
140.00	0.62	1.33	2.41	4.82	8.35	15.08	30.22	56.81	94.56	179.94	276.73
145.00	0.61	1.31	2.36	4.73	8.19	14.80	29.64	55.73	92.75	176.51	271.44
150.00	0.60	1.28	2.32	4.64	8.04	14.52	29.09	54.70	91.04	173.25	266.43
155.00	0.59	1.26	2.28	4.56	7.90	14.26	28.57	53.72	89.42	170.16	261.68
160.00	0.58	1.24	2.24	4.48	7.76	14.02	28.08	52.79	87.87	167.21	257.15
165.00	0.57	1.22	2.20	4.40	7.63	13.78	27.61	51.91	86.40	164.41	252.84
170.00	0.56	1.20	2.16	4.33	7.51	13.56	27.16	51.07	84.99	161.73	248.73

**APENDICE B****CHIMENEA GENERAL TIPO SHUNT, SELECCION Y DISEÑO**

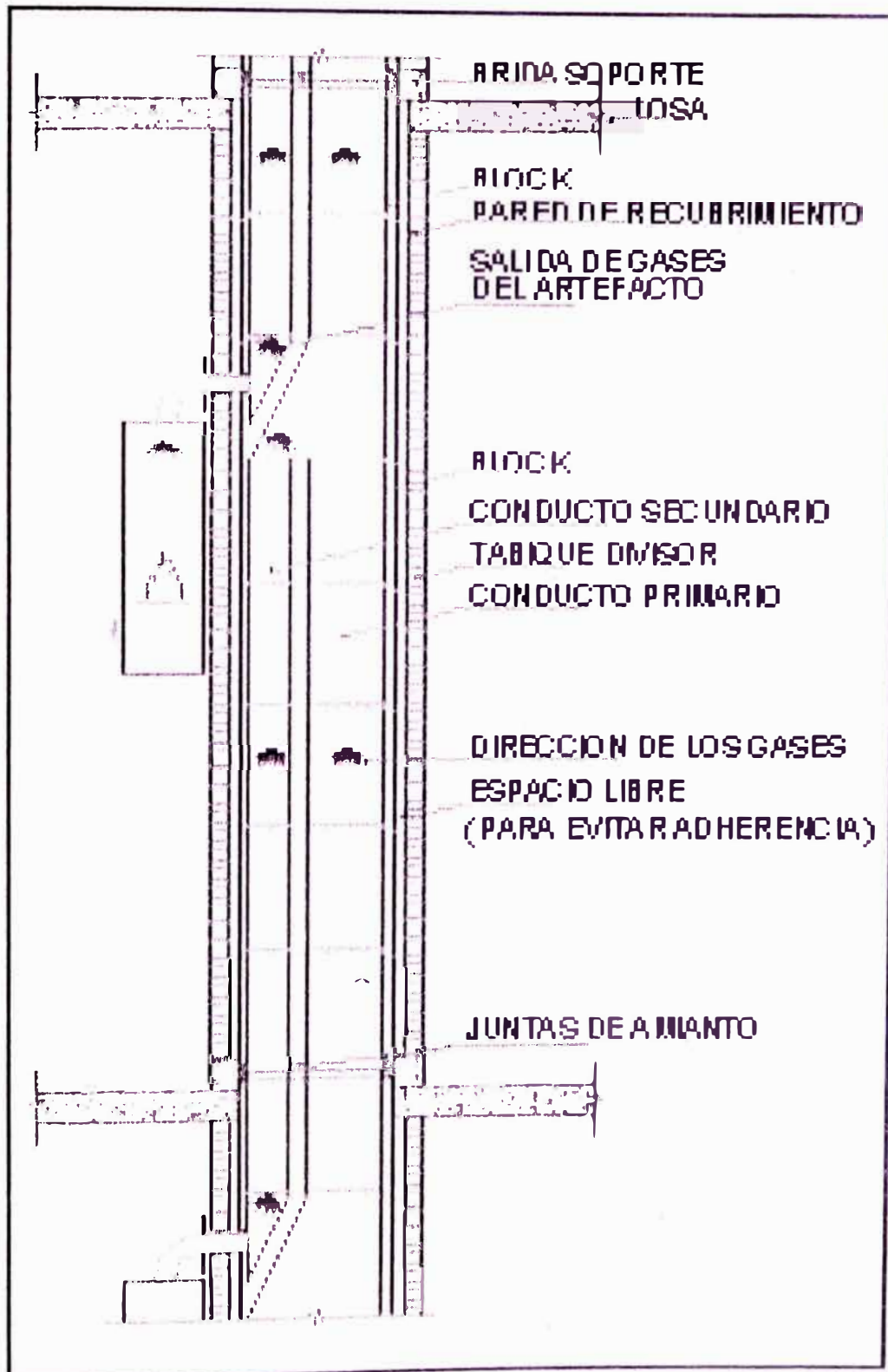
Tabla B.1

<b>Secciones Interiores Mínimas (cm<sup>2</sup>)</b>		
<b>Tipo Básico</b>	<b>Conducto Principal</b>	<b>Conducto Secundario</b>
I	400	200
II	600	250
III	1.000	400
IV	1.500	500

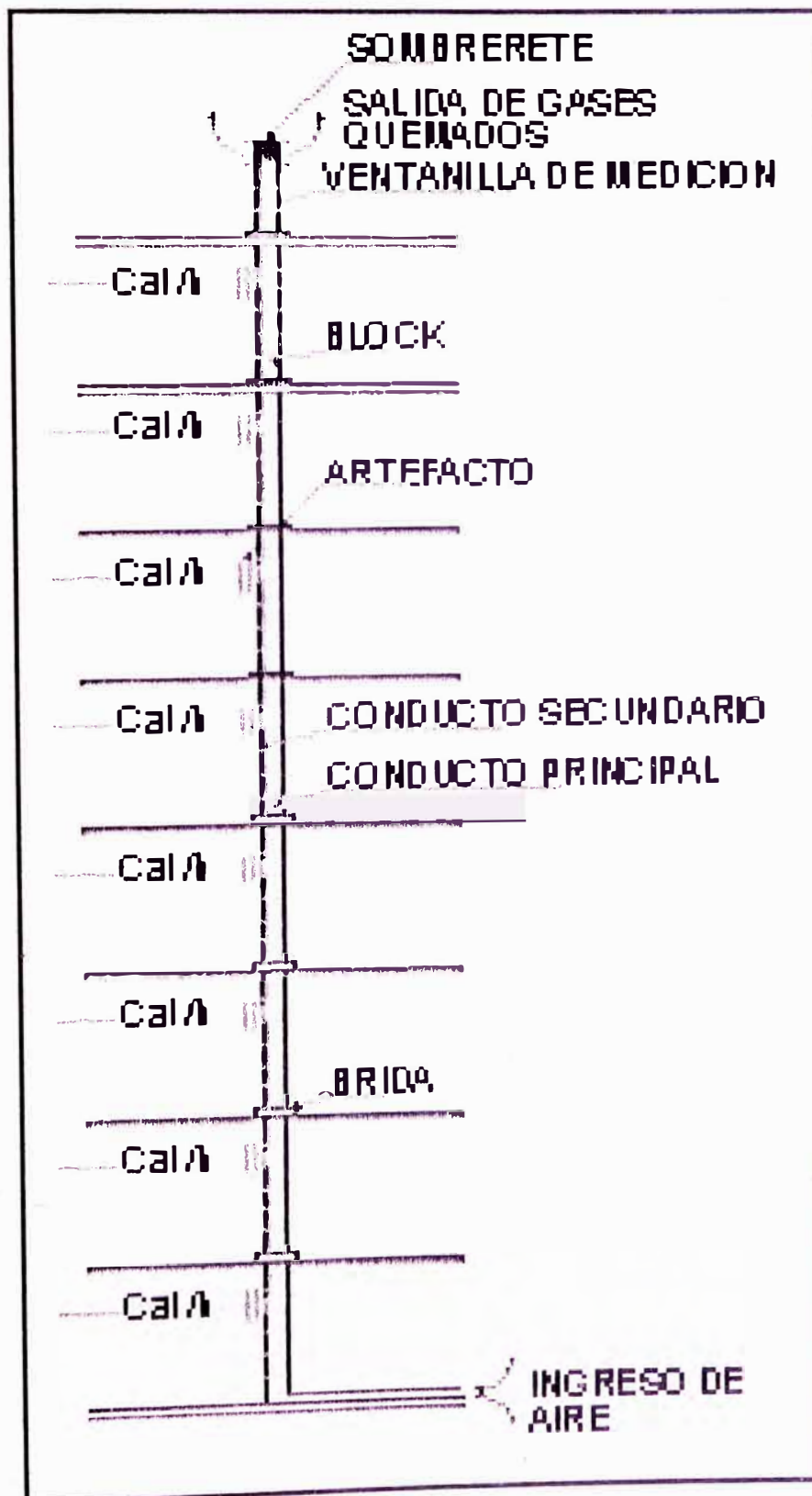
Tabla B.2

Selección del Tipo Básico de Conducto					
Tipo de Artefacto	Máximo Nº de Pisos	Carga Térmica Máxima admitida por cm <sup>2</sup> de conducto principal [(Kcal/h)/cm <sup>2</sup> ]	Tipo Básico	Carga Térmica Máxima Total por piso según sección principal (Kcal/h)	
Calentadores de agua operación continua (incluye calderas). Idem de aire para calefacción central	8	250	I	12.500	
			II	18.750	
			III	31.250	
			IV	46.275	
Calentadores de ambiente (estufas).	5 o 6	70		5 pisos	6 pisos
			I	5.600	4.670
			II	8.400	7.000
			III	14.000	11.670
			IV	21.000	17.500
Calentadores de agua instantánea.	8	640	I	32.000	
			II	48.000	
			III	80.000	
			IV	120.000	

## Chimenea Tipo Shunt - Detalles



## Chimenea Tipo Shunt – Esquema General



## APENDICE C

### MATERIALES ACEPTABLES PARA LA RED DE TUBERÍAS

#### C.1 GENERALIDADES

- **Aplicación de Materiales:** los materiales y componentes de conformidad con las normas o especificaciones listadas en este documento o aceptadas por la autoridad competente se permiten para ser usadas apropiadamente, tal como está prescrito según los alcances de la “National Fuel Gas Code”, basado en la edición 1992 de ANSI Z223.1 – NFPA 54.
- **Materiales de Segundo Uso:** tuberías, accesorios, válvulas, u otros materiales no serán usadas otra vez a no ser que ellas estén libres de materiales extraños y se hayan verificado su usos adecuados para un pretendido servicio.
- **Otros Materiales:** los materiales no cubiertos por lo que especifican las normas listadas en este documento tendrán que ser investigadas y



probadas para determinar de que es seguro y apropiado para el proyectado servicio y, en adición, serán recomendadas para aquel servicio por el fabricante y aprobadas por la autoridad competente.

La intención de este último párrafo es de proveer a la autoridad competente una base sobre el cual juzgar a aceptabilidad de los materiales de la red de tuberías no específicamente reconocidos por el Código, esto es, demandar evidencias para justificar la seguridad y la idoneidad de los nuevos materiales de tuberías y procedimientos de instalación y uso.

## C.2 TUBERIAS METALICAS

- Tuberías de Fierro Fundido: no serán usadas.
- Tuberías de Acero y Fierro Dulce o Forjado: serán al menos de peso normalizado (Schedule 40) y deberá cumplir con una de las siguientes normas:
  1. Normas para Tuberías de Acero Forjado Soldables y sin Costura: ANSI/ASME B36.10
  2. Especificación de Normas para Tuberías en acero, Negro e Inmersas en Caliente, con baño de Zinc, soldables y sin costura: ASTM A 53; o
  3. Especificación de Normas para Tuberías en Acero al Carbono sin Costura para servicios de Alta Temperatura: ASTM A 106

➤ Tuberías de Fierro Nodular (Dúctil): deberán cumplir con unas de las siguientes normas:

1. Normas para tuberías de Fierro Dúctil, vaciadas por centrifugación, en moldes metálicos o Matrices y Moldes de Arena, para Gas: ANSI A21.52; o
2. Especificación para Tuberías a Presión de Fierro Dúctil: ASTM A377

Tales tuberías no deberán ser menos de 3 pulgadas de tamaño, no deberán ser soldadas, y deberán ser usadas únicamente bajo tierra y fuera de los límites de los cimientos de las edificaciones, o sobre tierra a condición que las juntas tengan una adecuada restricción contra movimientos y separaciones.

➤ Tuberías de Cobre y Bronce: no deberán ser usadas si el gas contiene mas que un promedio de 0.3 granos de sulfuro de hidrógeno por cada 100 pies cúbicos estándar de gas (0.7 miligramos por cada 100 litros).

Tuberías con roscas en aleación de cobre, bronce o aluminio en combinación con las tuberías de fierro se permiten que sean usadas con gases no corrosivos para tales materiales.

Aquel promedio de 0.3 granos de sulfuro de hidrógeno por cada 100 pies cúbicos estándar (2.83 metros cúbicos estándar) de gas es equivalente a una traza y no debería tener ningún significativo efecto corrosivo en las tuberías de cobre o bronce.

Notar las restricciones para tuberías en aleación de aluminio, incluyendo una adecuada señal; protección de contacto con la mampostería (piedras, ladrillos, etc.), yeso, greda, material aislante, y humedad; y prohibición de uso en los exteriores o en el suelo, porque el aluminio se corroe fácilmente cuando está expuesto a tales ambientes.

- Tuberías de Aleación de Aluminio: deberán cumplir con las especificaciones para tuberías de aleaciones de aluminio sin costura y tuberías extruidas sin costura, ASTM B241 (excepto aquel del uso de la aleación 5456 no está permitido), y deberá ser marcado a lo largo en cada uno de los extremos indicando la conformidad. Las tuberías de aleación de aluminio deberán ser recubiertas para protegerlas de la corrosión externa, donde está en contacto con la mampostería, cal, yeso, greda, o material aislante, o está sometido a repetidos remojos por tales líquidos como el agua, detergentes, o aguas residuales. Estas tuberías no deben utilizarse en exteriores ni enterradas.

### C.3 ENTUBADOS METALICOS

Tubos de acero, de aleaciones de aluminio o de cobre sin costura son permitidas para su uso con gases no corrosivos para tales materiales.

Tubos de acero, de aleaciones de aluminio, o de cobre son permitidos para los tipos y grados aquí enunciados, a condición de que el gas no es corrosivo para el material del tubo. Se cumplen las mismas restricciones impuestas para las tuberías de aleación de aluminio que aquellas para los tubos de aleación de aluminio.

- Tubos de Acero: deberán cumplir con las Especificaciones de las Normas de la "Electric Resistance Welded Coiled Steel Tubing for Gas and Fuel Oil Lines", ASTM A539, o las Especificaciones de las Normas de la "Copper Brazed Steel Tubing", ASTM A254.
- Tubos de Cobre: deberán cumplir con el Estándar tipo K o L, de las Especificaciones de los tubos de cobre sin costura para agua, ASTM B88; o las Especificaciones para los tubos de cobre sin costura para el área de servicios en el aire acondicionado y refrigeración, ASTM B280.

Tubos y accesorios de cobre y bronce (excepto tubos de cobre con baños de estaño) no deberán ser usados si el gas contiene más de 0.3 granos de sulfuro de hidrógeno por cada 100 pies cúbicos estándar de gas (0.7 miligramos por cada 100 litros).

- Tubos de Aleación de Aluminio: deberán cumplir con las Especificaciones para los tubos estirados y sin costura de aleación de aluminio, ASTM B210, o las Especificaciones para las tuberías de aleación de aluminio sin costura y los tubos extruidos sin costura, ASTM B241. Los tubos de aleación de aluminio deberán ser revestidos y protegidos contra la corrosión externa si está en contacto con la mampostería, yeso, cal o material aislante, o está sometido a la humedad de líquidos tales como el agua, detergentes o desagües. Los tubos de aleación de aluminio no deben ser usados en exteriores o bajo tierra.
- Tubos Corrugados de Acero Inoxidable: deberán ser probados y puestos en lista de conformidad con los requisitos de construcción, instalación y desarrollo de la "Interior Fuel Gas Piping System Using Corrugated Stainless Steel Tubing", ANSI/AGA LC 1.

#### C.4 TUBERIAS, TUBOS Y ACCESORIOS DE PLASTICO

Tuberías, tubos y accesorios de plástico deberán ser usadas en exteriores y enterradas únicamente y estarán en conformidad con la "Standard Specification for Thermoplastic Gas Pressure Pipe, Tubing and Fittings", ASTM D2513. Las tuberías a ser usadas deberán estar marcadas con "gas" y "ASTM D2513".

El uso de tuberías, tubos y accesorios de plástico en sistemas de tuberías del no diluido Gas licuado de petróleo (GLP), deberán estar en conformidad con la “Standard for Storage and Handling of Liquefied Petroleum Gases”, ANSI/NFPA 58.

Notar que en los exteriores, en las restricciones del terreno y en las limitaciones de los materiales únicamente permisibles que tienen que concordar con la ASTM D2513. Adicionalmente la tubería debe estar marcada con “GAS” y “ASTM D2513”.

## APENDICE D

### FAMILIA DE GASES

Según normas UNE 60.002 (73), se distinguen tres familias de gases según su índice de Wobbe. La familia primera para el gas de ciudad; la segunda para el gas natural y la tercera la de los GLP.

#### D.1 Índice de Wobbe

Es el cociente entre el poder calorífico superior (P.C.S.), del gas, y la raíz cuadrada de su densidad relativa respecto al aire:

$$W = (\text{P.C.S.}) / (\delta_r)^{0.5}$$

Donde:

W = índice de Wobbe del gas, en kcal/kg o m<sup>3</sup>

P.C.S. = poder calorífico superior del gas.

$\delta_r$  = densidad relativa del gas respecto al aire.

Dos gases que tengan un mismo índice de Wobbe nos proporcionan el mismo caudal calorífico o gasto térmico al pasar a través de un mismo orificio, si la Presión y la Temperatura no varían.

#### D.2 Familia primera:

- Gas manufacturado (gas de ciudad).
- Aire propanado o butanado de bajo índice de Wobbe.
- Aire metanado.

#### D.3 Familia Segunda:

- Gas Natural.
- Aire propanado o butanado de alto índice de Wobbe.

#### D.4 Familia Tercera:

- Butano Comercial.
- Propano Comercial.



Las características de los gases serán aquellas que los identifiquen para su utilización como combustibles y entre otras, la de composición química, poder calorífico superior (P.C.S.), poder calorífico inferior (P.C.I.), índice de Wobbe y de combustión, densidad, olor, toxicidad, corrosión y humedad.

## **APENDICE E**

### **SOLDADURA EN TUBERIAS**

#### **E.1 SOLDADURA FUERTE**

La soldadura fuerte es la unión de los metales a través del uso del calor y de una aleación de aporte cuyo punto de fusión es mayor a 450 °C, pero menor que el punto de fusión de los metales a unir.

Estos procesos son empleados para unir piezas metálicas en el que un material de aporte se funde y fluye por acción capilar a través de una estrecha separación hasta solidificarse y así producir una buena junta sin llegar a fundir el metal base.

Para facilitar la acción capilar, el área de la unión debe estar libre de contaminantes diversos, para lo cual se debe aplicar un adecuado método de limpieza mecánica o químico.

Las uniones obtenidas mediante este proceso de soldadura tienen las siguientes ventajas:

- 1.- Poseen buena resistencia mecánica y son dúctiles.
- 2.- Tienen un buen acabado.

E.- Se obtienen uniones entre aleaciones ferrosas y no ferrosas, aun cuando se trate de aleaciones con gran diferencia entre sus puntos de fusión.

4.- Las bajas temperaturas de aplicación con respecto al metal base disminuyen la presencia de torceduras o sobre calentamiento de las partes a unir.

- 5.- Son económicas.

A excepción de ciertos casos, todo proceso de soldadura fuerte requiere del uso de fundente cuyas funciones son las de absorber y disolver los óxidos residuales que se encuentran sobre la superficie de la parte a soldar y aquellos óxidos que pueden formarse durante el periodo de calentamiento. Por lo tanto proporciona una superficie limpia, facilitando la fluidez de la aleación.

## METODOS DE CALENTAMIENTO

Los métodos de calentamiento más usados para la aplicación de materiales de aporte son:

**SOPLETE:** Método mediante el cual se emplean sopletes oxiacetilénicos u otros gases como propano.

**HORNO:** Calienta las partes a unir mediante resistencias eléctricas o combustión dentro de un espacio cerrado en presencia de aire o atmósfera controlada (vacío o gas reductor). Este método requiere del ensamble previo de las partes con el material de aporte.

**INDUCCION:** En este caso el calor es proporcionado por inducción de corriente eléctrica sobre las piezas a unirse sin que formen parte del circuito eléctrico. Como en el caso anterior se requiere del ensamble previo de las partes.

**RESISTENCIA:** Calentamiento de las piezas a unir que consiste en hacer fluir corriente eléctrica a través de las mismas, formando parte del circuito eléctrico. Es usual la utilización del materia de aporte en perfiles preformados.

### E.2 SOLDADURA BLANDA

La soldadura blanda es la unión de metales a través del uso del calor y de una aleación de aporte cuyo punto de fusión es menor a 450 °C. Este proceso es empleado para unir piezas metálicas entre las cuales el material de aporte se funde y fluye por acción capilar a través de una estrecha separación hasta solidificarse y así producir una buena junta sin llegar a fundir el metal base.

Estas soldaduras se usan en instalaciones de agua potable, fría y caliente, y gas a baja presión.

Actualmente el uso plomo ha sido prohibido en la mayoría de los países desarrollados por su acción nociva para la salud humana. Por lo tanto se deben usar soldaduras sin plomo.

La soldadura **Estaño / Plata** ofrece las siguientes importantes ventajas:

1. Inferior costo de materiales hasta un 60%.
2. Reduce temperatura hasta un 65%.
3. Velocidad de producción hasta 400%.
4. Rápida limpieza del área soldada.
5. Pequeña decoloración del metal base.
6. Su baja temperatura de fusión elimina la debilitación del metal base causados por la dilatación al ser sometidos a altas temperaturas.

7. Tiene una excelente afinidad para unirse a todas las aleaciones ferrosas y no ferrosas, incluyendo aceros inoxidable, níquel, cobre, latón, etc.
8. Eliminación del óxido formado por calentamiento.
9. Libre de cadmio y plomo, por tanto ecológico.

El aporte de calor puede ser proporcionado por los siguientes métodos:

- Soplete a gas
- Cautil (punta de cobre o acero).
- Horno de inmersión.
- Inducción.
- Resistencia.

Las alternativas que con mayor frecuencia se usan son:

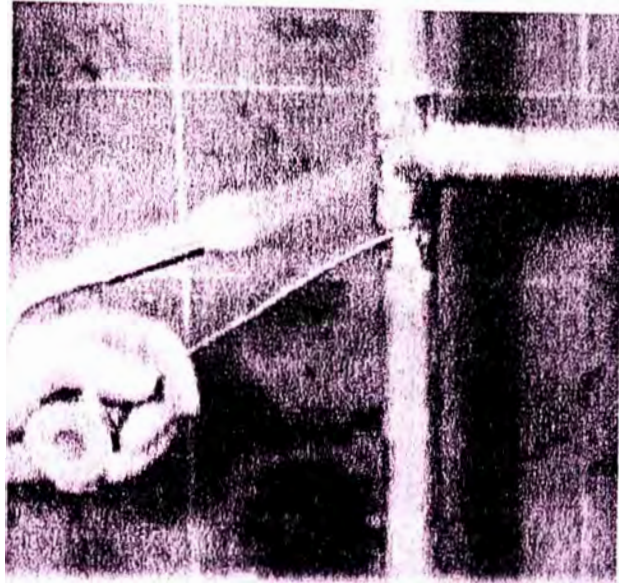
ALEACION	RANGO DE FUSION (°C)
Sn – Ag5	221 - 245
Sn – Ag4	221
Sn – Cu3	230 - 250

Sn = Estaño

Ag = Plata

Cu = Cobre

### Aporte de calor con soplete a gas



### E.3 FUNDENTES

El humedecimiento de un metal base con soldadura de plata se produce cuando parte de la soldadura en estado líquido forma una aleación con el metal base previamente calentado a la temperatura de trabajo.

Para que se pueda formar una aleación, es indispensable que el metal base y la soldadura estén en contacto directo. Ello no puede suceder cuando entre ambos materiales se interpone una capa de óxido, por muy delgada que sea.

Se sabe que en toda pieza a ser soldada es necesario eliminar óxidos, grasa o cualquier otro material extraño. Ello se hace generalmente

por medios mecánicos. Inmediatamente después de haber terminado la limpieza mecánica, el metal se recubre de una capa muy delgada de óxido, la que aumenta su espesor al elevarse la temperatura.

La única forma de eliminar ese óxido es reduciéndolo en atmósfera inerte o con un fundente adecuado. Por fundente se entiende un compuesto no metálico, capaz de disolver capas superficiales de óxido y de evitar la formación de nuevos óxidos.

#### FUNCION Y PROPIEDADES DE LOS FUNDENTES

Además de la función ya descrita, el fundente tiene por misión reducir la tensión superficial de la soldadura en estado líquido y mejorar su fluidez. Para cumplir con su objetivo, el fundente debe poseer las siguientes cualidades:

- Desplegar su máxima actividad y fundirse a una temperatura de aproximadamente  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  inferior a la temperatura de trabajo de la soldadura.
- Formar una capa protectora densa y activa a la temperatura de trabajo y permanecer activo por un periodo igual o mayor al tiempo de soldadura.
- Tener una viscosidad tal, que permita proteger superficies verticales.



- Tener a la vez una viscosidad apropiada para que pueda ser barrido totalmente por la soldadura a medida que este fluya.

Por experiencias prácticas se ha llegado a la conclusión, que tratándose de superficies metálicas limpias, se necesita una capa de fundente de aproximadamente 0.025 mm de espesor por cada cara de metal.

Se ha establecido que un fundente necesita aproximadamente 4 a 5 segundos para cumplir su objetivo y que su actividad disminuye violentamente si se actúa por más de 5 segundos, lapso después del cual ya no es capaz de disolver óxidos. Si el tiempo de soldadura es mayor debido a que se eligió una fuente de calor muy débil será necesario reiniciar el trabajo con elementos que permitan un calentamiento más rápido. No es suficiente continuar agregando mayor cantidad de fundente debido a que el fundente inicial está saturado de óxido y contamina rápidamente el material nuevo que se vaya agregando.

Cuando se proyecta cierto tipo de unión, debe tenerse en cuenta que es indispensable dejar una salida para el fundente a medida que la soldadura fluya por la junta. En caso contrario se tendrán inclusiones de restos de fundente y el grado de perfección de la unión será insatisfactorio. En algunos casos será incluso necesario proyectar salidas de emergencia por donde pueda escapar el decapante.

**APENDICE F**  
**GRADOS DE ACCESIBILIDAD**

**Accesibilidad Grado 1:**

Se entiende que un dispositivo tiene accesibilidad grado 1 cuando su manipulación puede realizarse sin abrir cerraduras, y el acceso o manipulación, sin disponer de escaleras o medios mecánicos especiales.

**Accesibilidad Grado 2:**

Se entiende que un dispositivo tiene accesibilidad grado 2 cuando está protegido por armario, registro practicable o puerta, provistos de cerradura con llave normalizada. Su manipulación debe poder realizarse sin disponer de escaleras o medios mecánicos especiales.

**Accesibilidad Grado 3:**

Se entiende que un dispositivo tiene accesibilidad grado 3 cuando para la manipulación se precisan de escaleras o medios mecánicos especiales o bien para acceder a él hay que pasar por zona privada o que aun siendo común sea de uso privado.

## **APENDICE G**

### **PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN EN TUBERÍAS**

La corrosión es la principal causa de fallas en tuberías alrededor del mundo. Cuando una tubería falla, ocasiona grandes impactos en términos de pérdidas de producción, daños a la propiedad, contaminación y riesgo a vidas humanas.

Tuberías desprotegidas, enterradas bajo tierra, expuestas a la atmósfera o sumergidas en agua son susceptibles a la corrosión. Sin el apropiado mantenimiento, cualquier sistema de tuberías eventualmente puede deteriorarse. La corrosión puede debilitar la integridad estructural de la tubería y convertirla en un vehículo inseguro de transporte de fluidos. Sin embargo existen técnicas para extender indefinidamente la vida de las líneas de transporte de fluidos

El presente documento tiene por objeto ilustrar el fenómeno de la corrosión, así como los tipos y métodos para controlarlas.

## LEY DE LA ELECTRÓLISIS

Por definición, la corrosión es la destrucción de un metal o metales, a través de la interacción con un ambiente (ejemplo: suelo o agua) por un proceso electroquímico, es decir, una reacción que envuelve un flujo de corriente eléctrica e intercambio de iones.

En tuberías enterradas, o sumergidas en elementos acuosos, el proceso de corrosión es similar a la acción que tiene lugar en una pila de linterna, formada por un electrodo de carbón que ocupa el centro de la pila y un electrodo de zinc que hace de recipiente, separados ambos electrodos por un electrolito compuesto en esencia por una solución de  $\text{CINH}_4$  (Figura 1). Una lámpara incandescente conectada a ambos electrodos se enciende continuamente debido a la energía eléctrica que suministran las reacciones químicas que tienen lugar en ambos electrodos. En el electrodo de carbón (polo positivo-cátodo), tiene lugar una reducción química y en el electrodo de zinc (polo negativo-ánodo), se realiza la oxidación por la cual el zinc metálico es convertido en iones hidratados,  $\text{Zn}^{2+} - n\text{H}_2\text{O}$ . Cuanto mayor es el flujo de electricidad a través de la pila, mayor es la cantidad de zinc que se corroe. Esta relación es cuantitativa como la demostró Michael Faraday a principios del siglo XIX (ley de Faraday):

Peso del metal reaccionante =  $kit$ .

donde  $I$  es la intensidad en amperios,  $t$  es el tiempo y  $k$  una constante llamada *equivalente electroquímico*. El valor de  $k$  en el caso del zinc es  $3,39 \times 10^{-4}$  g/C, definiéndose como culombio la cantidad de electricidad que pasa cuando una corriente de 1 A circula en 1 s.

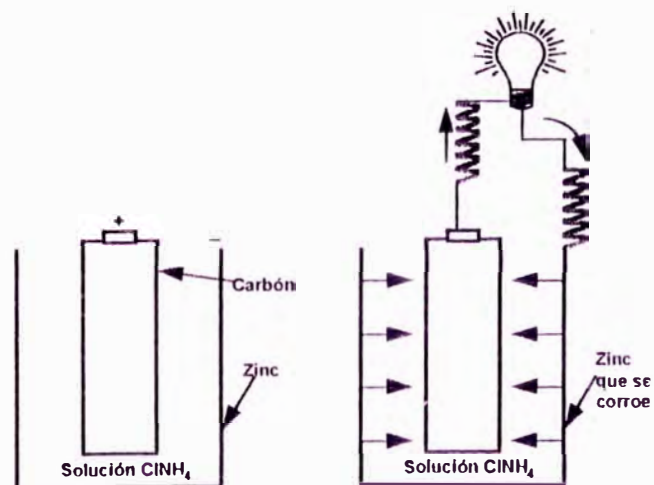


Figura 1 Pila Seca

## EL CASO DE UNA TUBERÍA DE ACERO

Una tubería de acero vista al microscopio presenta una configuración similar a la figura 2, es decir, granulada. Cada uno de estos "granos", de acuerdo al proceso de fabricación y calidad del material, se comporta como un electrodo con una tendencia anódica o catódica específica.

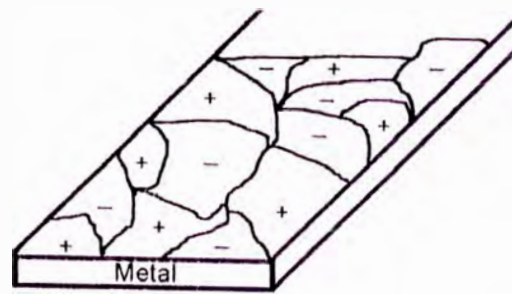


Figura 2. Vista ampliada de una superficie metálica.

Para que se conforme una pila o se cierre el circuito entre estos polos, es necesario un cable o medio electrolítico que transporte los electrones. Para el caso de la tubería enterrada este medio de transporte de electrones lo conforma el suelo y la tubería misma. (Ver figura 3).

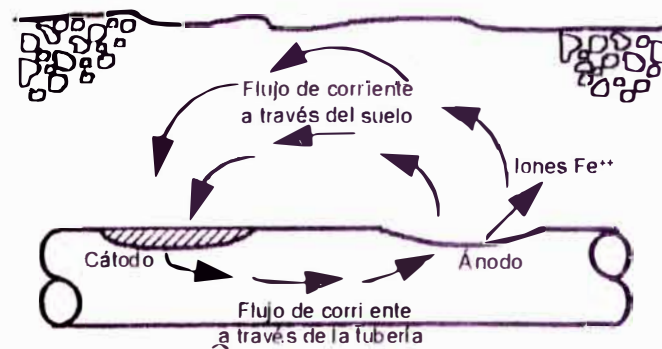


Figura 3

La zona con tendencia anódica cede electrones y la zona de tendencia catódica los recibe. El equivalente eléctrico de este circuito o celda de corrosión lo observamos en la figura 4.

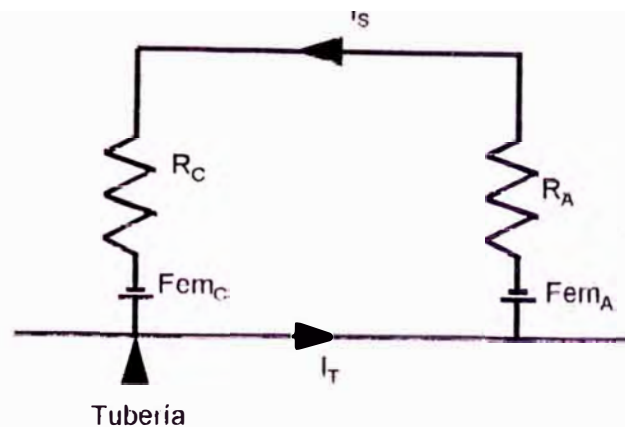


Figura 4

En el interfase entre el metal y el suelo existe una fuerza electromotriz (FEM), también llamado potencial de referencia. Cuando la corriente fluye, la fuerza electromotriz cambia de tal manera que las proximidades entre el metal y el suelo pueden ser representada por una resistencia en serie con una fuente de FEM.

Estos dos circuitos juntos representan una celda de corrosión en la cual  $Fem_C$  es el potencial del cátodo,  $R_C$  la resistencia del cátodo,  $Fem_A$  es el potencial del ánodo,  $R_A$  es la resistencia del ánodo y finalmente  $I$  es la corriente a través del circuito.

## PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN

Todo material metálico sin la debida protección y en un medio que propicie el intercambio de electrones es susceptible a corroerse.



Existen cuatro métodos comúnmente utilizados para controlar la corrosión en tuberías, estos son recubrimientos protectores y revestimientos, protección catódica, selección de materiales e inhibidores de corrosión.

1. **Recubrimientos y revestimientos:** estas son las principales herramientas contra la corrosión, a menudo son aplicados en conjunción con sistemas de protección catódica para optimizar el costo de la protección de tuberías.
2. **Protección Catódica:** es una tecnología que utiliza corriente eléctrica directa para contrarrestar la normal corrosión externa del metal del que esta constituido la tubería. La protección catódica es utilizada en los casos donde toda la tubería o parte de ella se encuentra enterrada o sumergida bajo el agua. En tuberías nuevas, la protección catódica ayuda a prevenir la corrosión desde el principio; en tuberías con un período de operación considerable puede ayudar a detener el proceso de corrosión existente y evitar un deterioro mayor.
3. **Selección de Materiales:** se refiere a la selección y empleo de materiales resistentes a la corrosión, tales como: acero inoxidable, plásticos y aleaciones especiales que alarguen la de vida útil de una estructura, por ejemplo de la tubería. Sin embargo, en la selección de materiales resistentes a la corrosión el criterio fundamental no es, en esencia, la protección de una estructura, sino la protección o conservación del medio donde esta existe.

4. **Inhibidores de Corrosión:** son sustancias que aplicadas a un medio particular, reducen el ataque del ambiente sobre el material. bien sea metal o acero de refuerzo en concreto. Los inhibidores de corrosión extienden la vida de las tuberías, previniendo fallas y evitando escapes involuntarios.

Evaluar el ambiente en el cual está la tubería o en el sitio donde se ha de colocar, es muy importante para el control de la corrosión, no importa cual método o combinación de estos se emplee. Modificar el ambiente en las inmediaciones de la tubería, como por ejemplo reducir la humedad o mejorar el drenaje, puede ser una manera simple y efectiva de reducir la potencialidad de la corrosión.

Además, emplear personal entrenado en el control de la corrosión es crucial para el éxito de cualquier programa de mitigación de corrosión.

## PROTECCIÓN DE TUBERÍAS SUPERFICIALES

Las tuberías expuestas al aire libre, son propensas al depósito o acumulación de agua, polvo, herrumbre, escapes de vapor, salitre, etc. La acumulación de estas sustancias en tuberías aéreas forma pequeñas pilas galvánicas que eventualmente corroen la superficie del metal. La aplicación de pintura y un programa de limpieza superficial y mantenimiento es suficiente para alargar la vida útil de la tubería. Sin embargo la aplicación

del recubrimiento de pintura debe hacerse con especial cuidado, para que cumpla su misión de aislante de agentes externos. A continuación se describe el tratamiento que debe aplicar.

- Eliminar la grasa y depósitos de aceite, depositada en la superficie del metal, mediante el empleo de trapos limpios saturados con un adelgazador o gasolina blanca (libre de plomo).
- Para eliminar el barniz de fábrica, escamas de laminación, herrumbre, salpicaduras de soldadura y humo, tierra, etc. deberá frotarse la tubería con un cepillo de alambre hasta obtener una superficie completamente limpia, de color gris metálico brillante. En caso de existir depósitos fuertes de óxido y escorias de fundición, se removerán, con martillo y cincel y luego se utilizará cepillo de alambre.
- Antes de aplicar el fondo o pintura base, la superficie deberá limpiarse cuidadosamente con un paño humedecido en solvente para eliminar partículas de hierro y alambre producidas al utilizar la limpieza con cepillo metálico.
- Como primera capa de recubrimiento se debe aplicar dos manos de un imprimador de agarre. Como película intermedia se utiliza comúnmente rojo óxido de plomo, igualmente a dos capas. Por último

como capa de acabado utilice dos manos de un esmalte compatible con el sistema imprimante y película intermedia.

- En aquellos puntos donde la pintura tienda a deslizarse dejando puntos propicios para la corrosión, tales como: soldadura, ángulos, bordes y esquinas se efectuarán retoques de fondo a fin de aumentar el espesor de la película.

Es recomendable que, como sistema de recubrimiento, se apliquen las películas de imprimante, capa intermedia y capa de acabado de un mismo fabricante de pintura. Igualmente conveniente es cumplir con las recomendaciones del fabricante del recubrimiento en cuanto a la preparación de la superficie, implementos de pintura, mezcla del producto y técnica de aplicación.

El cumplimiento de este proceso y un programa de inspección y mantenimiento de la línea nos garantizará la prolongación de la vida útil de la tubería.

## PROTECCIÓN DE TUBERÍAS EN ERRADAS

Las tuberías enterradas, a diferencia de las superficiales, se encuentran completamente sumergidas en un medio electrolítico. Cada suelo tiene características particulares de resistividad-conductividad específicas, y a lo largo de la longitud de la línea esta resistividad varía por

efectos de cercanías a cuerpos de agua, instalaciones enterradas, bases de edificaciones, torres de alta tensión, otras tuberías, etc.. Para garantizar la protección contra la corrosión de una tubería enterrada no es suficiente un recubrimiento de pintura. Es necesario la aplicación de revestimientos que aislen la tubería del medio en que se encuentra. Estos revestimientos pueden ser: polietileno o polipropileno, resina epóxica, brea epóxica, imprimante y cinta plástica adhesiva (teipe) , etc.. El polietileno, polipropileno y resina epóxica son de aplicación industrial y las tuberías deben enviarse a plantas de revestimiento especializadas en aplicar este tipo de protección a los tubos. La brea y la combinación de imprimantes y teipes pueden aplicarse en sitio.

Ningún revestimiento garantiza una protección del 100%. Impurezas en el material o proceso de aplicación de la capa protectora, golpes o ralladuras al momento del transporte o instalación pueden desmejorar el aislamiento. Es por esta razón que para garantizar la prolongación de la vida útil de una tubería revestida se acompaña de un sistema de protección catódica.

La manera básica como funciona un sistema de protección catódica se ilustra en la figura 5.

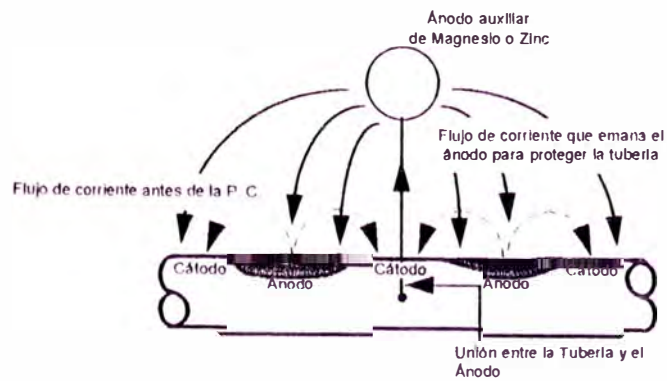


Figura 5

Esta figura muestra como el área afectada del tramo de tubería mostrado en la figura 3 es convertido en cátodo con la cancelación de todas las áreas de descarga de corriente a través de la superficie de la tubería; es decir, el ánodo auxiliar suministra la corriente que antes suministraban las áreas anódicas de la superficie del tubo. El circuito eléctrico equivalente se muestra en la figura 6.

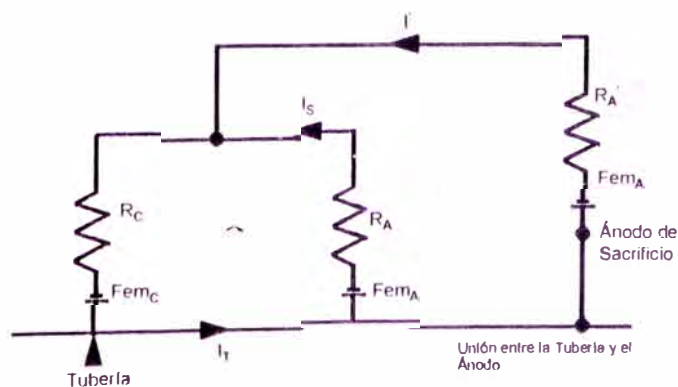


Figura 6.

A diferencia del circuito de celda de corrosión, este muestra una  $Fem_A'$  como potencial auxiliar del ánodo, una  $R_A'$  como una resistencia auxiliar entre el ánodo y el suelo e  $I'$  como la corriente proveniente del ánodo externo.

El circuito mostrado en la figura 6, puede plantearse de una manera más compleja si incluimos la resistencia del revestimiento y la resistencia de los rellenos utilizados en los lechos de ánodos para mejorar la capacidad de emisión de corriente del mismo. Igualmente pudiéramos incluir el rectificador utilizado en los sistemas de protección por corriente impresa, donde la corriente cedida por el ánodo es aportada por una fuente de corriente directa. Sin embargo para todos los casos el principio es el mismo, un elemento denominado ánodo de sacrificio, supe la corriente que, eventualmente, las zonas anódicas de la superficie de la tubería (puntos de corrosión) estarían en situación de entregar para hacer funcionar la celda de corrosión.

Otras situaciones como interferencia con estructuras metálicas, distanciamiento entre líneas enterradas y torres de alta tensión son áreas de atención especial donde debemos tomar previsiones adicionales, para evitar fugas de carga o corrosión acelerada de alguno de los dos elementos en interferencia. Igualmente cuando la tubería aflora a la superficie o se interconecta con alguna instalación superficial, debemos colocar juntas aislantes para evitar escapes de corriente de protección no necesarias en instalaciones aéreas.

Consideraciones finales

El control de la corrosión es un proceso continuo y dinámico. La clave de un efectivo control de la corrosión en tuberías está en la calidad del diseño y la instalación de los equipos; en el empleo de la tecnología apropiada, un mantenimiento continuo y monitoreo ejecutado por personal entrenado. Un efectivo programa de monitoreo e inspección puede ser la mejor garantía contra problemas relacionados con la corrosión.

El control efectivo de la corrosión extiende la vida útil de cualquier tubería. El costo de una parada inesperada por un escape supera en magnitud los gastos que acarrea la instalación de un sistema de protección contra la corrosión. Controlar el deterioro de las tuberías por corrosión ahorra dinero, preserva el ambiente, protege la integridad de las instalaciones y de las vidas humanas.



## APENDICE H

### CONVERSIÓN DE EQUIPOS PARA USO CON GAS NATURAL

La conversión de un equipo es entendida como la transformación que se realiza en un artefacto que funciona con gas manufacturado o GLP, para que funcione con gas natural (GN).

Para ejecutar la conversión se requiere que el equipo mantenga la potencia nominal para la cual fue diseñado.

La potencia nominal ( $P_n$ ) del equipo está relacionada al poder calorífico del gas (PCS) mediante el caudal de gases que consume para la combustión:

$$\dot{V} = P_n / PCS$$

El valor del caudal  $\dot{V}$  se da generalmente en  $m^3 / h$ .

Debe tenerse presente que el PCS de:

- Gas manufacturado < GN
- GLP > GN

Por lo tanto, mantener la potencia nominal de un equipo implica variar el volumen de gas para la combustión.

Para convertir un equipo que funciona con GLP a GN, se debe aumentar el caudal de gas para la combustión.

## CONVERSIÓN DE LOS ACCESORIOS

Algunos de los accesorios de los equipos tienen funciones comunes y trabajan bajo los mismos principios. Por ejemplo:

- Los quemadores
- Los inyectores
- Los reguladores
- Los comburentes

### **Los Quemadores**

Para uso domiciliario todos son del tipo atmosféricos. Estos funcionan del siguiente modo:

- Una fracción de ese aire para provocar la combustión, se hace mezclar primero con el gas, constituyendo el aire primario.
- El resto del aire, denominado aire secundario, lo recibe la llama directamente de la atmósfera.

En general, la forma constructiva de los quemadores varía de una marca a otra. Pero, básicamente se componen de un inyector o una perforación calibrada.

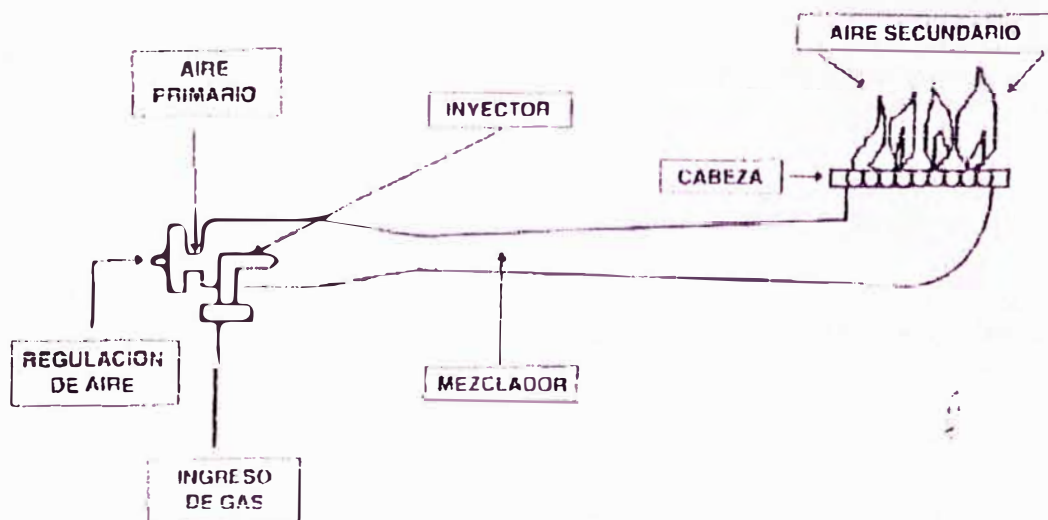
Los inyectores poseen una sección que puede ser fija o graduable, por el que sale el gas a presión con un caudal y una velocidad previamente calculados. Este gas es el llamado fluido inductor.

Al pasar desde el inyector, el fluido inductor crea dentro del cuerpo del quemador, un vacío que provoca la entrada del aire primario o fluido inducido aspirado.

Un dispositivo regula el paso del aire primario. Este dispositivo puede ser un disco que al girar se acerca o se aleja del quemador, obstruyendo, más o menos, el flujo de aire.

En el quemador se produce la turbulencia que asegura una mejor mezcla del gas con el aire.

En la cabeza del quemador se produce la salida de la mezcla hacia la atmósfera y es en ella donde se origina el fuego cuyo volumen dependerá del número de orificios de salida de mezcla.



Los quemadores de los artefactos a gas deben cumplir con una de las condiciones siguientes:

"La velocidad de la llama debe ser igual a la velocidad de salida de la mezcla combustible".

“Los quemadores deben tener un anillo de retención de llama, para que no se produzca el levantamiento de la llama”.

En caso contrario, y con mayor razón en la conversión de gas manufacturado a gas natural, se tendrá que perforar y / o agregar un anillo de retención de llama al quemador. La razón de esto es el de disminuir la velocidad con la que la mezcla abandona el quemador.

En aquellos casos en que no sea posible lo anterior, el quemador deberá ser reemplazado por otro.

### **Los Inyectores**

Para la conversión de GLP a GN, los inyectores de los quemadores como los del piloto, deben tener mayor área transversal en la perforación, ya que es necesario que dejen pasar mayor cantidad de gas para mantener los mismos requerimientos energéticos.

En el criterio de conversión de gas manufacturado a gas natural, se requiere que el área transversal de la perforación sea menor, ya que el poder calorífico es mayor.

Para estos efectos se puede perforar los mismos inyectores de GLP al diámetro necesario para GN.

En el caso de gas manufacturado, los inyectores de estos equipos deben ser encamisados y luego perforar al diámetro necesario para gas natural, o reemplazar por otro inyector con el diámetro y la sección transversal adecuada.

Además de intervenir los inyectores, en los equipos que tengan que tengan regulación del paso de gas también será necesario calibrarlo.

### **Los Reguladores**

Dado que en el proceso de conversión un alto porcentaje de trabajos considera la utilización de redes de GLP, será necesario entrar al domicilio con una presión mayor que la usual para el GLP. Esto es, desde las matrices con presión de 400 kPa, el gas entra a la red domiciliaria a través de un regulador antes del medidor, el que baja la presión a 5 kPa, presión suficiente para vencer las pérdidas de carga de la red.

Por esta razón, y ya que los equipos trabajan en su mayoría a 1,8 kPa, es que se hace necesario agregar un regulador de artefacto para obtener la presión de servicio adecuada en el equipo.

En los casos en que los equipos cuenten con reguladores y la calibración no alcance la presión requerida será necesario reemplazar el resorte y luego calibrar, o bien, cambiar el regulador.

### **El Comburente**

Al realizar la conversión, sea de gas manufacturado o GLP a GN, se deberá recalibrar el aire primario que entra en el quemador, de acuerdo a un control visual de la llama.

El control visual de la llama se realizará de acuerdo al siguiente criterio:

- Si la llama es azul, entonces la combustión es completa. Esto significa que la relación aire combustible de la mezcla es igual a la teórica y, por tanto, no será necesario variar el aire primario.
- Si la llama es amarilla, entonces la combustión es incompleta. Esto significa que la llama posee un exceso de combustible o falta de aire primario en la mezcla. La solución es aumentar el aire primario hasta que la llama tome el color azul característico de combustión incompleta.

➤ Si la llama es roja o naranja, entonces la combustión es incompleta.

En este caso, se tiene un exceso de aire o falta de combustible, por lo que se debe disminuir la regulación del aire primario.



**APENDICE I**

**CONEXIÓN DE EQUIPOS (APARATOS) A GAS**

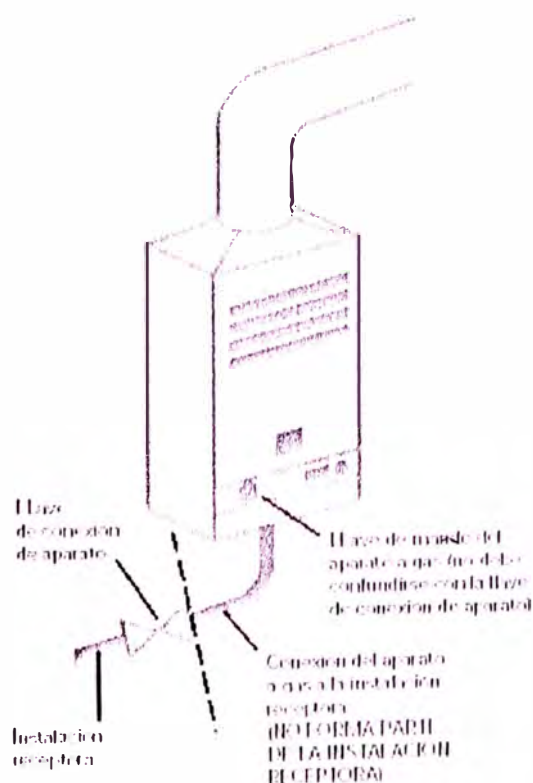
## Conexión de los aparatos a gas a la instalación receptora

La conexión de un aparato a gas a la instalación receptora es el tramo de conducción comprendido entre la llave de conexión de aparato y el aparato a gas.

**La conexión de un aparato a gas no forma parte de la instalación receptora.**

La conexión de un aparato a gas puede ser rígida, semirígida o flexible en función del tipo de aparato que ha de conectarse a la instalación receptora.

A continuación se indican las características y condiciones que han de cumplir los tres tipos de conexión del aparato a gas de la instalación receptora, es decir, la conexión rígida, la conexión semirígida y la conexión flexible.



### Conexión rígida

La conexión rígida está formada por tramos de tubería que tienen las mismas características que las tuberías utilizadas para construir la instalación individual y los mismos métodos de unión.

Por lo tanto, la conexión rígida puede ser de acero, acero inoxidable o cobre con uniones soldadas, siguiendo para su construcción los mismos criterios de instalación que para los tramos de la instalación individual.

La unión a la instalación individual, es decir a la llave de conexión de aparato, y al propio aparato se realizará, preferentemente, mediante enlace por junta plana.

Se procurará que la longitud de la conexión del aparato a la instalación individual sea lo más corta posible, habiendo instalado la llave de conexión de aparato lo más cerca posible de este manteniendo su operatividad.



Conexión rígida: mismas características que la tubería de las instalaciones receptoras (cobre, acero, o acero inoxidable)

### Conexión semirígida

La conexión semirígida está formada por un tubo de acero inoxidable corrugado, con enlaces mecánicos en sus extremos que puede adoptar formas diferentes al ser sometido a flexión.

Por lo tanto, a través de la conexión semirígida se enlaza directamente la llave de conexión de aparato y el propio aparato, no existiendo más uniones que la unión a la llave de conexión de aparato y la del propio aparato.

Este tubo de acero inoxidable corrugado con enlaces mecánicos debe cumplir lo dispuesto en la norma UNE 60.713, y sus enlaces mecánicos deben ser por rosca gas, macho o hembra, o por junta plana, pero al menos uno de ellos ha de ser enlace por junta plana.



Conexión semirrigida (acero inoxidable corrugado)

## Conexión flexible

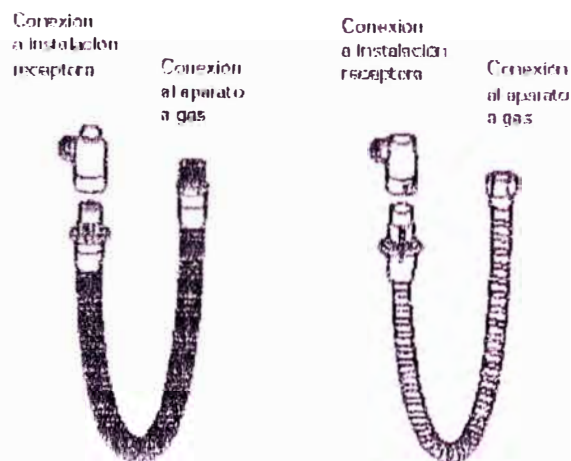
La conexión flexible está formada por un tubo espiralmetálico o de acero inoxidable corrugado provisto de una funda que le da gran flexibilidad, y de enlaces roscados en sus extremos, no admitiéndose enlaces por junta plana disponiendo, además, de un enchufe de seguridad instalado en la pieza base del enlace roscado que se conecta a la instalación individual, que interrumpe el paso de gas cuando se desprende el citado tubo.

La conexión flexible se conecta directamente al aparato a gas y puede estar conectada directamente o no a la llave de conexión de aparato. Si no se conecta directamente a la llave de conexión de aparato, el tramo de conducción comprendido entre esta y el enlace roscado del tubo flexible será de conexión rígida.

Las conexiones flexibles, estén formadas por tubo espiralmetálico o por un tubo de acero inoxidable corrugado, deben cumplir genéricamente lo dispuesto en la norma UNE 60.715 Parte 0.

Las conexiones flexibles formadas por tubos espiralmetálicos con enchufe de seguridad y enlaces roscados deben cumplir lo dispuesto en la norma UNE 60.715 Parte 1.

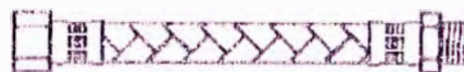
Las conexiones flexibles formadas por tubos de acero inoxidable corrugado con enchufe de seguridad y enlaces roscados deben cumplir lo dispuesto en la norma UNE 60.715 Parte 2.



Tubo flexible espiralmetálico con enchufe de seguridad (UNE 60.715 Parte 1)

Tubo flexible de acero inoxidable corrugado con enchufe de seguridad (UNE 60.715 Parte 2)

Para quemadores móviles de aparatos a gas de uso colectivo o comercial puede utilizarse la conexión flexible de tubo de elastómero con armadura interna o externa, y con enlaces mecánicos en sus extremos, debiendo cumplir lo dispuesto en la norma UNE 60.712.



Tubo flexible de elastómero con armadura externa



Tubo flexible de elastómero con armadura interna

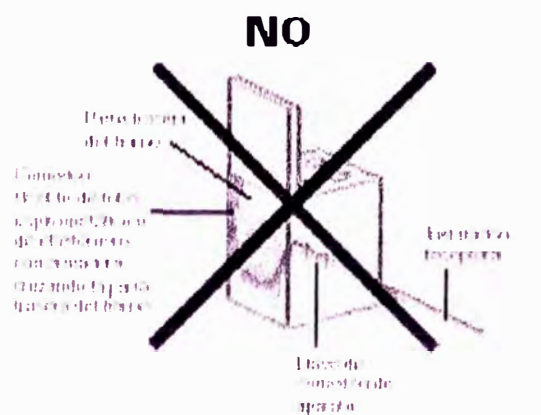
Tubos flexibles de elastómero con armadura y enlaces mecánicos móviles de aparatos a gas de uso colectivo o comercial (UNE 60.712)

La longitud de la conexión flexible será la mínima imprescindible, y en ningún caso será superior a 1,50 m, a excepción de los aparatos móviles de calefacción, en los que no podrá superar los 0,60 m.

Las conexiones flexibles formadas por tubos espiral metálicos o tubos de elastómero con armadura, deberán quedar convenientemente colocadas de manera que no puedan en ningún caso entrar en contacto con las partes calientes del aparato a gas al que alimentan, que sean fácilmente accesibles, que no puedan quedar en modo alguno bajo la acción de las llamas o de los productos de combustión producidos por el aparato y sin obstruir la salida de los mismos.

En caso de que esto no fuera posible, solo podrá instalarse con conexión flexible formada por tubo flexible de acero inoxidable.

En consecuencia, dichas conexiones flexibles, formadas por tubos espiral metálicos o tubos de elastómero con armadura, no podrán cruzar por detrás de los aparatos de cocción, a excepción de aquellos aparatos que dispongan de aislamiento térmico en la parte posterior, y esto se haya certificado en los ensayos de calentamiento propios de la homologación del mismo y así lo haga constar el fabricante del aparato en las instrucciones de montaje.



Esta configuración flexible no es válida por tubo flexible de acero inoxidable o de elastómero con armadura ya que pueden cruzar por detrás de los aparatos de cocción y así lo indica el fabricante de los mismos.

Según la consideración de movilidad, los aparatos a gas se clasifican en aparatos a gas considerados fijos y aparatos a gas considerados móviles.

## APENDICE J

### FORMULAS DE RENOUARD PARA EL CALCULO DE DIÁMETROS EN TUBERÍAS

#### J.1 FORMULA PARA BAJA PRESION (BP).

Aplicable a Baja Presión y hasta 1.000 mm c.a.

$$D = [ 232.000 * d_s * L_T * \dot{V}^{1.82} / ( p_1 - p_2 ) ]^{0.2076}$$

Donde:

D: diámetro interior de la tubería en milímetros (mm).

p<sub>1</sub>: presión inicial en milímetros de columna de agua (mm c.a.).

p<sub>2</sub>: presión final en mm c.a.

d<sub>s</sub>: densidad corregida según la tabla 3.10b

L<sub>T</sub>: longitud total en metros (m).

$\dot{V}$ : caudal del gas en metros cúbicos (st) por hora ( $m^3(st)/h$ ).

## J.2 FORMULA PARA MEDIA PRESION (MP)Y ALTA PRESION (AP)

$$D = [ 48,6 * d_s * L_T * \dot{V}^{1,82} / ( p_1^2 - p_2^2 ) ]^{0,2075}$$

Donde:

D: diámetro interior de la tubería en mm.

$p_1$ : presión inicial en  $kg/cm^2$  (absoluta).

$p_2$ : presión final en  $kg/cm^2$  (absoluta).

$d_s$ : densidad corregida según la tabla 3.10b

$L_T$ : longitud total en m.

$\dot{V}$ : caudal del gas en  $m^3(st)/h$ .

Ambas fórmulas se han obtenido del Manual de Instalaciones Receptoras del Grupo Gas Natural de España.

**APENDICE K**

TRAMOS ALIMENTADOS A DIFERENTES PRESIONES

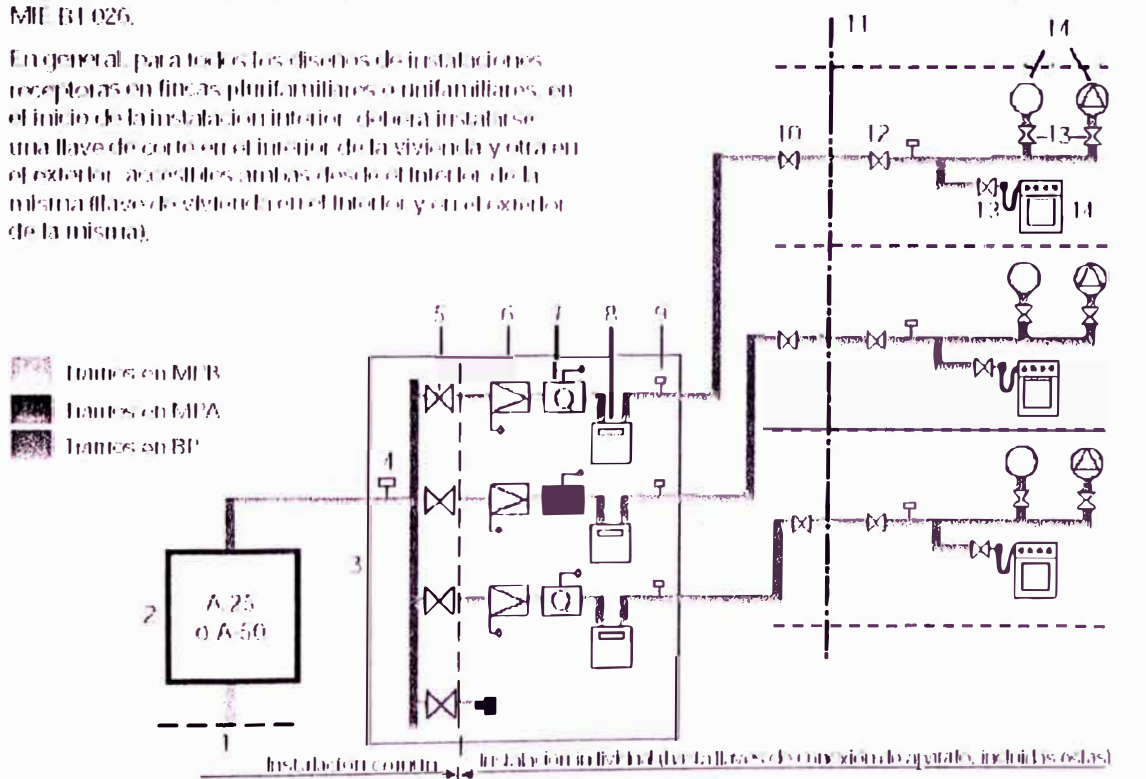
INSTALACIÓN PLURIFAMILIAR DE GAS NATURAL

## Esquema de una Instalación Plurifamiliar

En aquellas instalaciones en locales destinados a usos colectivos o comerciales que precisen regulación de presión por estar alimentadas desde redes de distribución que trabajen en media presión B, dispondrán además de lo solicitado en el Reglamento de Instalaciones de Gas de una electroválvula de corte (normalmente con la) comandada por detector de gas, que deberá cumplir las prescripciones del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión MIE BT 026.

En general, para todos los diseños de instalaciones receptoras en fincas plurifamiliares o unifamiliares, en el inicio de la instalación interior, deberá instalarse una llave de corte en el interior de la vivienda y otra en el exterior, accesibles ambas desde el interior de la misma llave de exterior en el interior y en el exterior de la misma.

A continuación se muestra un esquema de instalaciones receptoras en fincas plurifamiliares con centralización centralizada alimentadas desde una red en media presión B. Esta modificación es extensiva a todos los gráficos y textos del Manual donde aparezca la llave de vivienda.









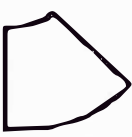
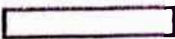
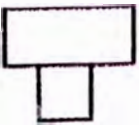
Fuente: Manual de Instalaciones Receptoras – Gas Natural.



**APENDICE L**

**CONDUCTOS DE EVACUACIÓN DIRECTA A TRAVES DE LA FACHADA**

Tabla de Valoración de Singularidades de Conductos de Evacuación

	Per cada 10 cm de cota total ganada en el conducto por cualquier concepto	+1
	<b>Codo mayor que 45° y no superior a 90°</b> vertical - horizontal	-2
	<b>Codo no superior a 45°</b> vertical ascendente	-1
	<b>Codo mayor que 45° y no superior a 90°</b> no vertical no ascendente	-2
	<b>Codo no superior a 45°</b> no vertical no ascendente	-1
	<b>Codo mayor que 45° y no superior a 90°</b> horizontal - vertical	-0,3
	<b>Codo no superior a 45°</b> horizontal ascendente	-0,1
	Per cada metro de longitud de los tramos rectos verticales u horizontales del conducto	-0,5
	Deflector de modelo aceptado	-0,3

**Diámetro Interior Mínimo de Conductos de Evacuación Directa a través de la Fachada – Aparatos a Gas Circuito Abierto Tiro Natural**

<b>Potencia nominal del aparato kW</b>	<b>Diámetro interior mínimo del conducto mm</b>
hasta 11,5	90
hasta 17,5	110
hasta 24,0	125
hasta 31,5	139
superior a 31,5	175

- El conducto estará diseñado de tal forma que partiendo de la puntuación detallada en la tabla de valoración de singularidades, otorgada para cada accesorio o tramo que puede formar parte de un potencial conducto, la suma total de los puntos de los elementos utilizados en su configuración concreta, presente un valor positivo como mínimo igual a 1.
- En el caso de que el conducto de evacuación directa a través de la fachada no pueda cumplir los requisitos citados, se optara por la instalación de un aparato de circuito abierto de tiro forzado o un aparato estanco.

- El diámetro interior mínimo del conducto será el indicado por el fabricante del aparato, sin presentar estrechamientos ni reducciones. La tabla de diámetro interior mínimo dada arriba son del Manual de Recomendaciones de Sedigas RS-U-03. En todo caso, el diámetro interior mínimo del conducto será el indicado por el fabricante del aparato, sin presentar estrechamientos ni reducciones.

## APENDICE M

### ELEMENTOS DE SUJECIÓN DE TUBERÍAS

Los elementos de sujeción más utilizados son las abrazaderas y, en algunas ocasiones las pinzas, tal como se ve en las figuras M.1 y M.2.

En las tablas M.1 y M.2 se señalan las distancias correspondientes a las separaciones máximas entre los dispositivos entre los dispositivos de sujeción para tuberías horizontales y verticales de cobre y acero.

Es importante la naturaleza del metal que está en contacto directo con la tubería. En dichas tablas se indican los materiales permitidos. Las sujeciones se utilizan para mantener firme la tubería y sujetarlas a la pared o techo, según sea su trazado.

Figura M.1

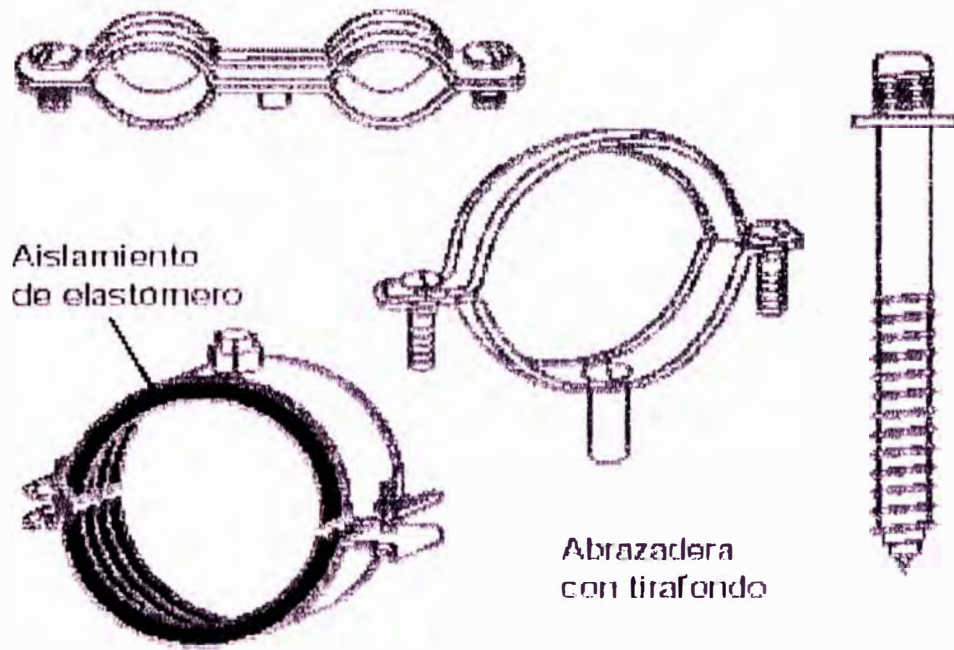


Figura M.2

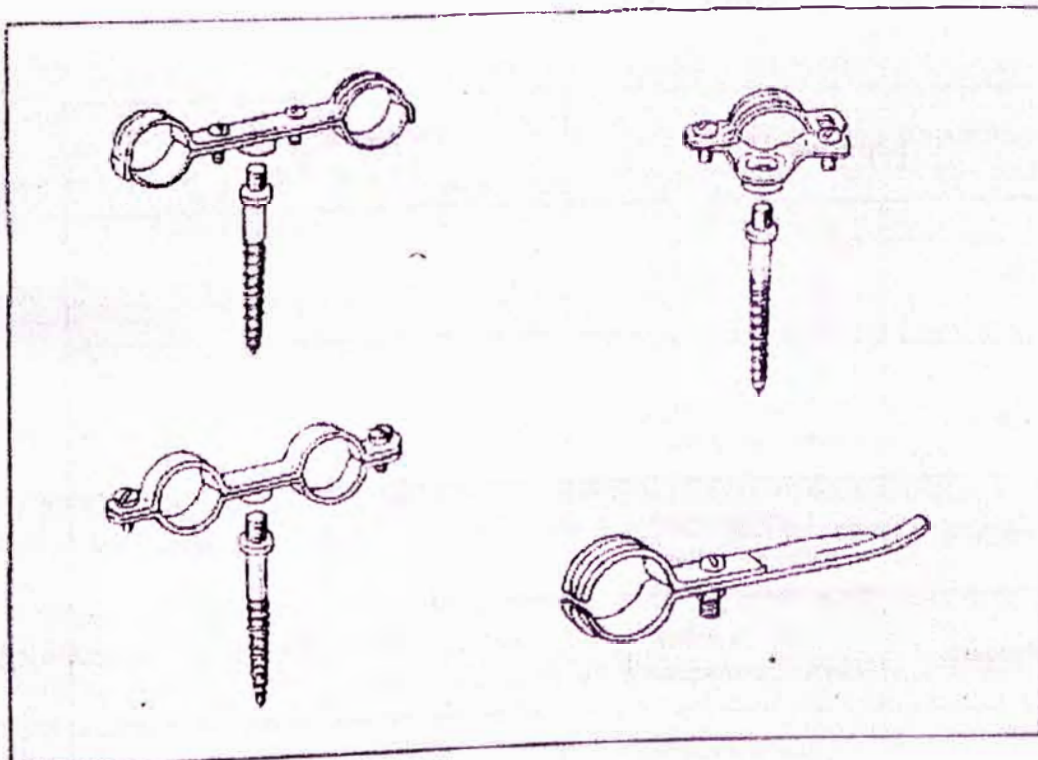


Tabla M.1  
Tuberías de Cobre

Diámetro en mm	Soportes		Separación máxima en metros	
	Tipo	Material	Horizontal	Vertical
$d \leq 15$	Abrazadera	Latón o cobre, acero galvanizado <sup>(1)</sup>	1	1,5
$15 < d \leq 25$	Abrazadera	Latón o cobre, acero galvanizado <sup>(1)</sup>	1,5	2,0
$25 < d \leq 40$	Abrazadera	Latón o cobre, acero galvanizado <sup>(1)</sup>	2,5	3,0
$d < 40$	Abrazadera	Latón o cobre, acero galvanizado <sup>(1)</sup>	3,0	3,5

(1) Deberá intercalarse entre la tubería y la abrazadera de acero galvanizado, protección contra la corrosión.

En los tramos verticales se utilizará por lo menos una fijación por planta. Cuando la tubería discorra por el techo, no debe estar en contacto con la superficie del mismo, sino a una distancia determinada, que dependerá del diámetro de la tubería.

Todas las referencias que se hagan a continuación están en relación a las tuberías de mayor uso: las de cobre y acero.

Si el diámetro del tubo es hasta 20 mm., la distancia entre la tubería y la pared, o el techo o con otro tubo, debe estar comprendida entre 20 y 40 mm.

Si el diámetro del tubo es mayor que 20 mm., la distancia debe estar comprendida entre 1 y 2 veces el diámetro del tubo.

Si un soporte sostiene varias tuberías, debe tomarse como referencia la tubería de mayor diámetro.

En una tubería de cobre, los cambios de dirección y los extremos se sujetarán mediante abrazaderas.

Cuando en una tubería de cobre o acero haya una válvula, debe colocarse un elemento de sujeción lo más cerca posible de la válvula, en el caso de que esta se encuentre fijada en la pared.



Tabla M.2  
Tuberías de Acero

Diámetro en pulgadas	Soportes		Separación máxima en metros	
	Tipo	Material	Horizontal	Vertical
$d \leq 1/2$	Abrazadera	Acero negro o acero galvanizado	1,5	2,0
$1/2 < d \leq 1$	Abrazadera	Acero negro o acero galvanizado	2,0	3,0
$1 < d \leq 1 \ 1/4$	Abrazadera	Acero negro o acero galvanizado	2,5	3,0
$d > 1 \ 1/4$	Abrazadera	Acero negro o acero galvanizado	3,0	4,0

Cuando las tuberías de cobre discurren por el exterior, deberá intercalarse entre la tubería y la abrazadera de acero galvanizado una protección aislante de cinta adhesiva.

## APENDICE N

### PASAMUROS

Un pasamuros es un tubo circular o vaina que se utiliza para alojar la tubería cuando esta deba atravesar un muro, como protección mecánica y de los materiales corrosivos. Entre el diámetro exterior de la tubería y en interior del pasamuros debe haber como mínimo una separación de 10 mm., en todo su alrededor. El material del pasamuros puede ser de acero, de fibrocemento y de plástico (PVC).

Los pasamuros deben colocarse siguiendo las instrucciones que se dan a continuación:

- 1) Pasamuros interiores a la vista
- 2) Pasamuros de techo
- 3) Pasamuros de fachada

### **Pasamuros interiores a la vista**

Son los pasamuros que atraviesan paredes interiores del mismo local, paredes interiores de un local a otro distinto y paredes que den al exterior.

Cuando el pasamuros atraviesa una pared del mismo local, puede ser abierto (figura N.1 – superior); pero cuando atraviesen paredes interiores de locales distintos, deben estar sellados con masilla plástica (pasta no endurecible), para evitar que el gas pase de un local a otro en caso de fuga (figura N.1 – inferior).

Cuando el pasamuros comunica con el exterior, pero queda protegido, a cubierto, no es necesario sellarlo con masilla (figura N.2 – superior).

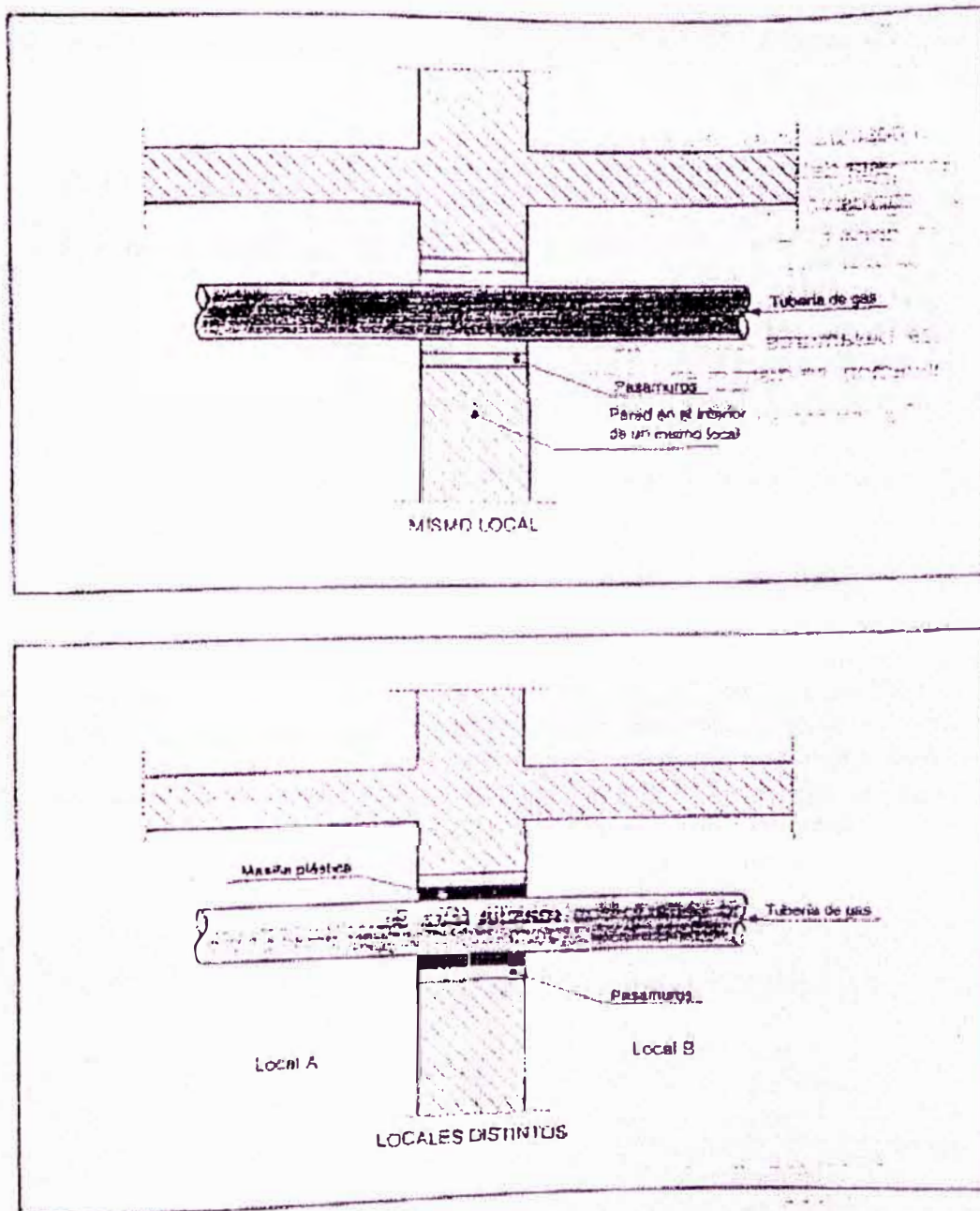
### **Pasamuros de techo**

Son los que atraviesan el techo, saliendo al exterior o a un local interior. Si el pasamuros desemboca a un local interior distinto, sobresaldrá 10 cm., y se sellará con masilla plástica (pasta no endurecible), como en la figura N.2 – inferior.

Si el pasamuros da al exterior y éste está a cubierto, no es necesario sellarlo con masilla plástica, aunque debe sobresalir los 10 cm. Si el exterior está a descubierto, el pasamuros deberá sobresalir 30 cm., como mínimo y

se pondrá una protección como se indica en la figura N.3 – superior. En este caso tampoco hace falta sellar con masilla plástica.

Figura N.1



## **Pasamuros de fachada**

Cuando una tubería ha de atravesar una fachada, irá protegida con un pasamuros para evitar que la tubería sufra daños y, al mismo tiempo, que el agua de la lluvia pase al interior.

El pasamuros estará construido en acero galvanizado en caliente, fibrocemento o plástico (PVC).

El espacio que queda entre el pasamuros y la tubería deberá estar sellado con pasta no endurecible o con anillos elásticos (figura 3 – inferior).

Cuando la tubería que atraviesa la fachada sea de acero, deberá protegerse dentro del pasamuros con cinta adhesiva, solapada al 50% y de forma que sobresalga el arrollamiento 10 cm., de los extremos del pasamuros. El pasamuros debe salir por ambos extremos de la pared, como mínimo 5 cm.

Antes hemos hablado de la masilla plástica o pasta selladora no endurecible: esta puede estar formada por brea o derivados de alquitrán.

Se da la tabla N.1 donde se recopilan todos los casos posibles, con indicación de las distancias que debe sobresalir el pasamuros y la presencia o no de masilla plástica selladora.

Figura N.2

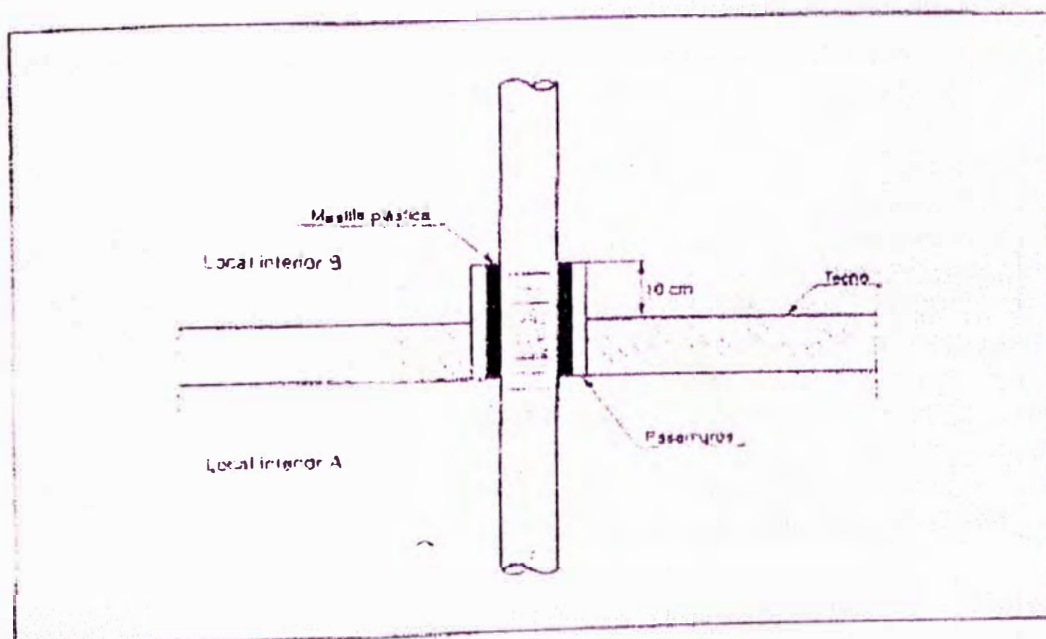
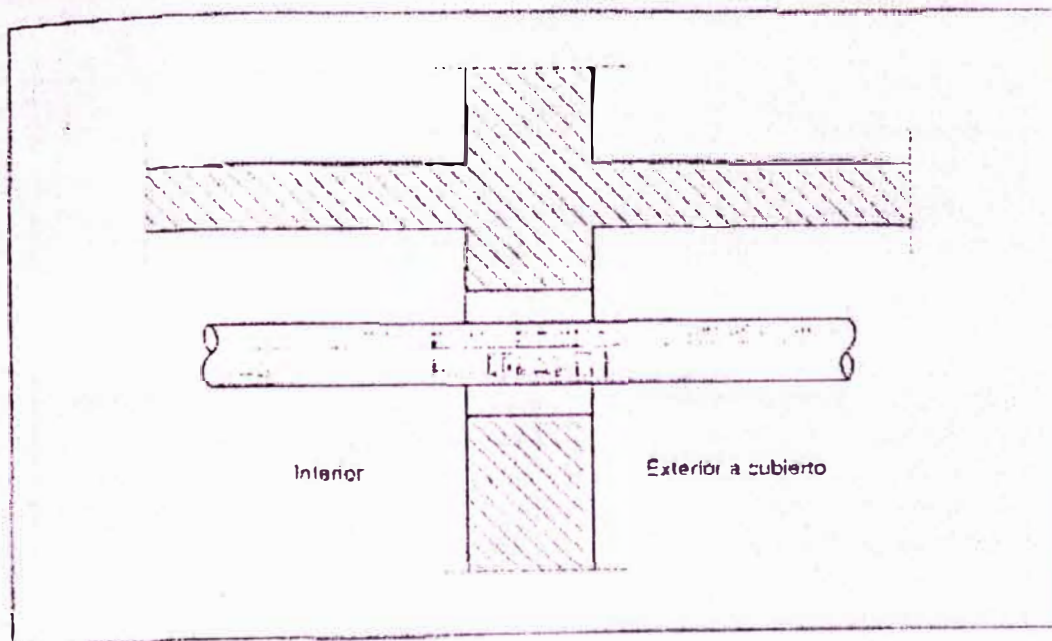
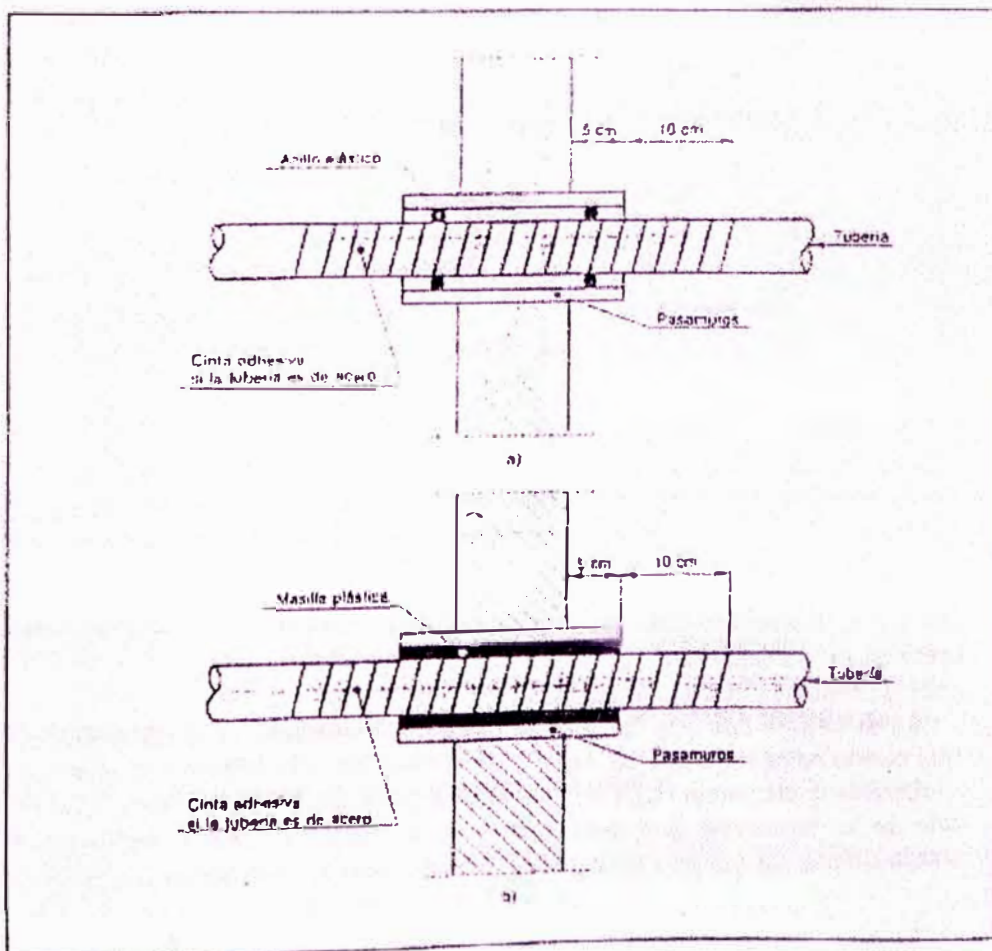
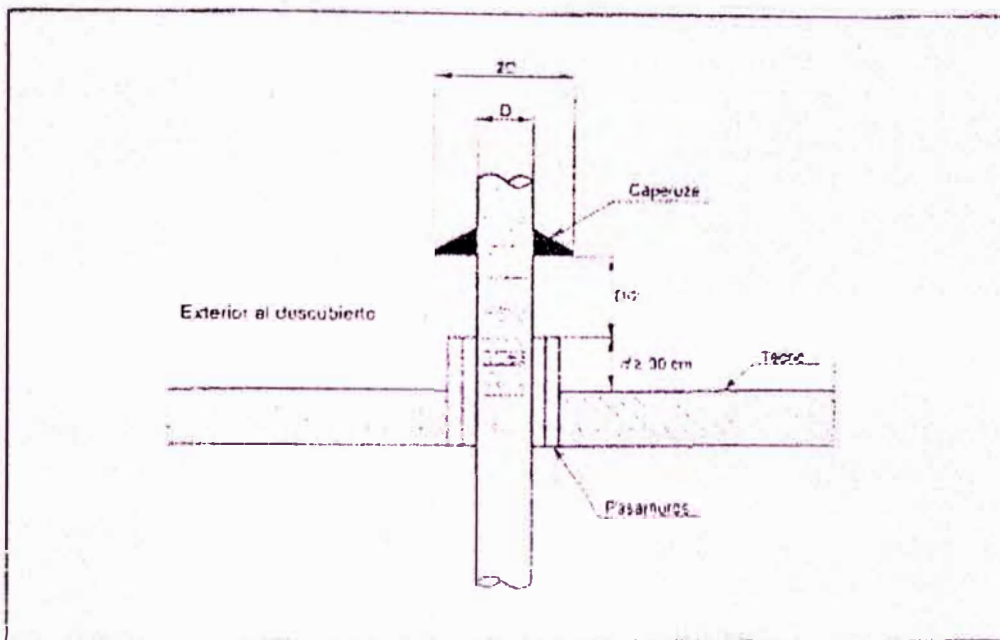


Tabla N.1  
Longitud que deben sobresalir los pasamuros y si precisan o no pasta selladora

Tipo de pasamuros	Situación de los locales conectados con el pasamuros	Distancia mínima que debe sobresalir de la pared	Pasta selladora
Pasamuros interiores a la vista	Entre dos locales diferentes	0	SI
	De un local al exterior cubierto	0	NO
	En el mismo local	0	NO
Pasamuros de techo	Entre dos locales interiores distintos	10 cm	SI
	De un local protegido de la lluvia	10 cm	NO
	De un local al exterior no protegido	30 cm	NO
Pasamuros de fachada	De un local al exterior	50 cm de la pared La cinta adhesiva 10 cm más que el pasamuros	Masilla plástica o anillos elásticos

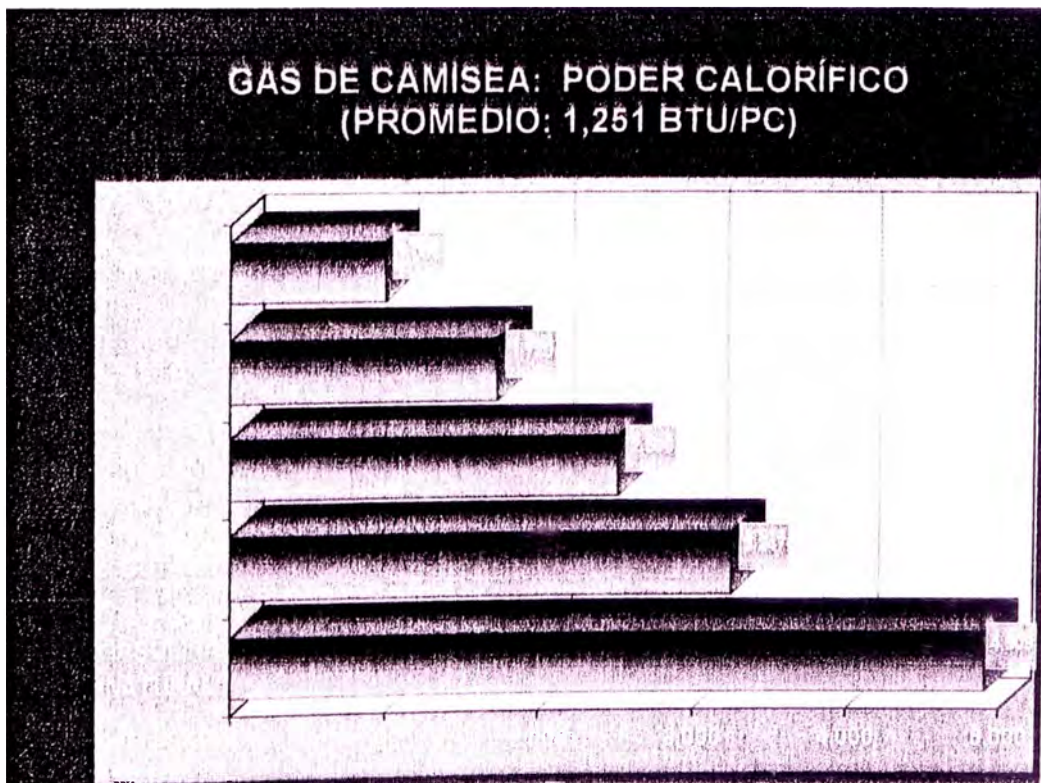
Figura N.3





APENDICE O

GAS DE CAMISEA: PODER CALORÍFICO PROMEDIO



Fuente: Simposio Internacional Gas de Camisea – Retos y Perspectivas

**APENDICE P**

**TABLAS DE FACTORES DE ANUALIDAD**

Tabella 2 Fattori di annualità

$$\text{Fattore di annualità: } \sum_{j=1}^n \frac{1}{(1+i)^j}$$

ove:  $i = r + f - f' = \text{tasso di sconto effettivo};$   
 $n = \text{numero di anni totali (vita dell'investimento)}$

<i>i</i> in %									
1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
.990099	.980392	.970374	.961538	.952381	.943396	.934579	.925926	.917431	.908091
1.97040	1.94156	1.91347	1.88609	1.85941	1.83339	1.80802	1.78326	1.75911	1.73554
2.94099	2.88388	2.82861	2.77509	2.72325	2.67301	2.62432	2.57710	2.53129	2.48685
3.90197	3.80773	3.71710	3.62990	3.54595	3.46511	3.38721	3.31213	3.23972	3.16987
4.85343	4.71346	4.57971	4.45182	4.32948	4.21236	4.10020	3.99271	3.88965	3.79079
5.79548	5.60113	5.41719	5.24214	5.07569	4.91732	4.76654	4.62288	4.48592	4.35526
6.72819	6.47199	6.23028	6.00205	5.78637	5.58238	5.38929	5.20637	5.03295	4.84842
7.65168	7.32548	7.01969	6.73274	6.46321	6.20979	5.97130	5.74664	5.53482	5.33493
8.56602	8.16224	7.78611	7.43533	7.10782	6.80169	6.51523	6.24689	5.99525	5.75902
9.47130	8.98259	8.53020	8.11090	7.72173	7.36009	7.02358	6.71008	6.41766	6.14457
10.3676	9.78685	9.25262	8.76048	8.30641	7.88657	7.49867	7.13896	6.80519	6.49500
11.2551	10.5773	9.95400	9.38507	8.86325	8.39384	7.94269	7.53608	7.16073	6.81369
12.1337	11.3484	10.6350	9.98565	9.39357	8.85268	8.35765	7.90378	7.48690	7.10336
13.0037	12.1062	11.2961	10.5631	9.89864	9.29498	8.74547	8.24424	7.78615	7.36669
13.8651	12.8493	11.9379	11.1184	10.3797	9.71225	9.10791	8.55948	8.06069	7.60608
14.7179	13.5777	12.5611	11.6523	10.8378	10.1059	9.44665	8.85137	8.31256	7.82371
15.5623	14.2919	13.1661	12.1657	11.2741	10.4773	9.76322	9.12164	8.54363	8.02155
16.3983	14.9920	13.7535	12.6593	11.6896	10.8276	10.0591	9.37189	8.75563	8.20141
17.2260	15.6785	14.3233	13.1339	12.0853	11.1581	10.3356	9.60360	8.95011	8.36492
18.0456	16.3514	14.8775	13.5903	12.4622	11.4699	10.5940	9.81815	9.12855	8.51356
18.8570	17.0112	15.4150	14.0292	12.8212	11.7641	10.8355	10.0168	9.29224	8.64869
19.6604	17.6580	15.9359	14.4511	13.1630	12.0416	11.0612	10.2007	9.44243	8.77154
20.4553	18.2922	16.4436	14.8568	13.4886	12.3034	11.2722	10.3711	9.58021	8.88322
21.2434	18.9139	16.9355	15.2470	13.7986	12.5504	11.4693	10.5288	9.70661	8.98474
22.0232	19.5235	17.4131	15.6221	14.0939	12.7834	11.6536	10.6748	9.82238	9.07704
22.7952	20.1210	17.8768	15.9828	14.3752	13.0032	11.8258	10.8100	9.92897	9.16095
23.5596	20.7069	18.3270	16.3296	14.6430	13.2105	11.9867	10.9352	10.0266	9.23722
24.3164	21.2813	18.7641	16.6631	14.8981	13.4062	12.1371	11.0511	10.1161	9.30657
25.0658	21.8444	19.1885	16.9837	15.1411	13.5907	12.2777	11.1584	10.1983	9.36961
25.8077	22.3965	19.6004	17.2920	15.3725	13.7648	12.4090	11.2578	10.2737	9.42691

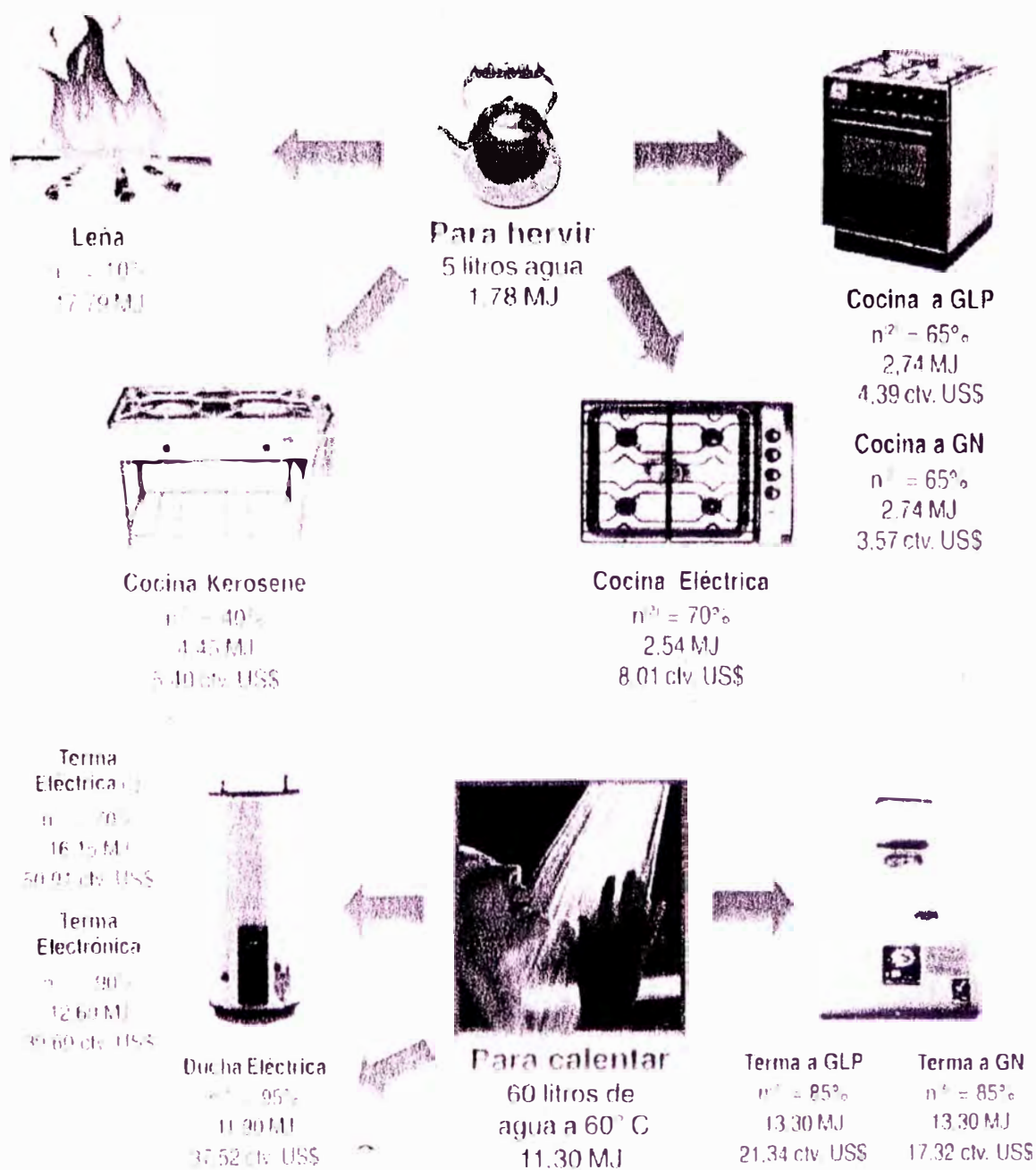
Tabella 2 (segue)

i in %									
1,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0
.900901	.892857	.884956	.877193	.869565	.862069	.854701	.847458	.849336	.833333
.71252	1.69005	1.66810	1.64666	1.62571	1.60523	1.58521	1.56564	1.54650	1.52778
.44371	2.40183	2.36115	2.32163	2.28323	2.24589	2.20958	2.17427	2.13992	2.10648
.10245	3.03735	2.97447	2.91371	2.95498	2.79818	2.74324	2.69006	2.63859	2.58873
.69590	3.60478	3.51723	3.43308	3.35216	3.27429	3.19935	3.12717	3.05763	2.99061
.23054	4.11141	3.99755	3.88867	3.78448	3.68474	3.58918	3.49760	3.40978	3.32551
.71220	4.56376	4.42261	4.28830	4.16042	4.03857	3.92238	3.81153	3.70570	3.60459
5.14612	4.96764	4.79877	4.63886	4.48732	4.34359	4.20716	4.07757	3.95437	3.83716
.53705	5.32825	5.13166	4.94637	4.77158	4.60654	4.45057	4.30302	4.16333	4.03097
5.88923	5.65022	5.42624	5.21612	5.01877	4.83323	4.65860	4.49409	4.33893	4.19247
6.20652	5.93770	5.68694	5.45273	5.23371	5.02864	4.83641	4.65601	4.48650	4.32706
6.49236	6.19437	5.91765	5.66029	5.42062	5.19711	4.98839	4.79322	4.61050	4.43922
6.74987	6.42355	6.12181	5.84236	5.58315	5.34233	5.11828	4.90951	4.71471	4.53268
6.98187	6.62817	6.30249	6.00207	5.72448	5.46753	5.22930	5.00806	4.80228	4.61057
7.19087	6.81086	6.46238	6.14217	5.84737	5.57546	5.32419	5.09158	4.87586	4.67547
7.37916	6.97399	6.60388	6.26505	5.95423	5.66350	5.405529	5.16235	4.93770	4.72956
7.54879	7.11963	6.72909	6.37386	6.04716	5.74870	5.47461	5.22233	4.98966	4.77463
7.70162	7.24967	6.83991	6.46742	6.12797	5.81785	5.53385	5.27316	5.03333	4.81219
7.83929	7.36578	6.93797	6.55037	6.19823	5.87746	5.58449	5.31624	5.07003	4.84350
7.96333	7.46944	7.02475	6.62313	6.25933	5.92884	5.62777	5.35275	5.10086	4.86958
8.07507	7.56200	7.10155	6.68696	6.31246	5.97314	5.66476	5.38368	5.12677	4.89132
8.17574	7.64465	7.16951	6.74294	6.35866	6.01133	5.69637	5.40990	5.14335	4.90943
8.26643	7.71843	7.22966	6.79206	6.39884	6.04425	5.72340	5.43212	5.16585	4.92453
8.34814	7.78432	7.28288	6.83514	6.43377	6.07263	5.74649	5.45095	5.18223	4.93710
8.42174	7.84314	7.32998	6.87293	6.46415	6.09709	5.76623	5.46691	5.19515	4.94759
8.48806	7.89566	7.37167	6.90608	6.49056	6.11818	5.78311	5.48043	5.20501	4.95632
8.54780	7.94255	7.40856	6.93515	6.51353	6.13636	5.79753	5.49189	5.21513	4.96360
8.60162	7.98442	7.44120	6.96066	6.53351	6.15204	5.80985	5.50160	5.22230	4.96467
8.65011	8.02181	7.47009	6.98304	6.55088	6.16555	5.82039	5.50983	5.22924	4.97472
8.69379	8.05518	7.49565	7.00266	6.56598	6.17720	5.82939	5.51681	5.23456	4.97894

**APENDICE Q**

**COMPARACION DE COSTOS DEL G.N. Y OTROS ENERGETICOS EN EL**

**CONSUMO DOMESTICO**



Fuente: Operación del Sector Hidrocarburos – Año 3 N° 1 Enero 2002

**APENDICE R**

**CONVERSIÓN DE UNIDADES DE ENERGIA**

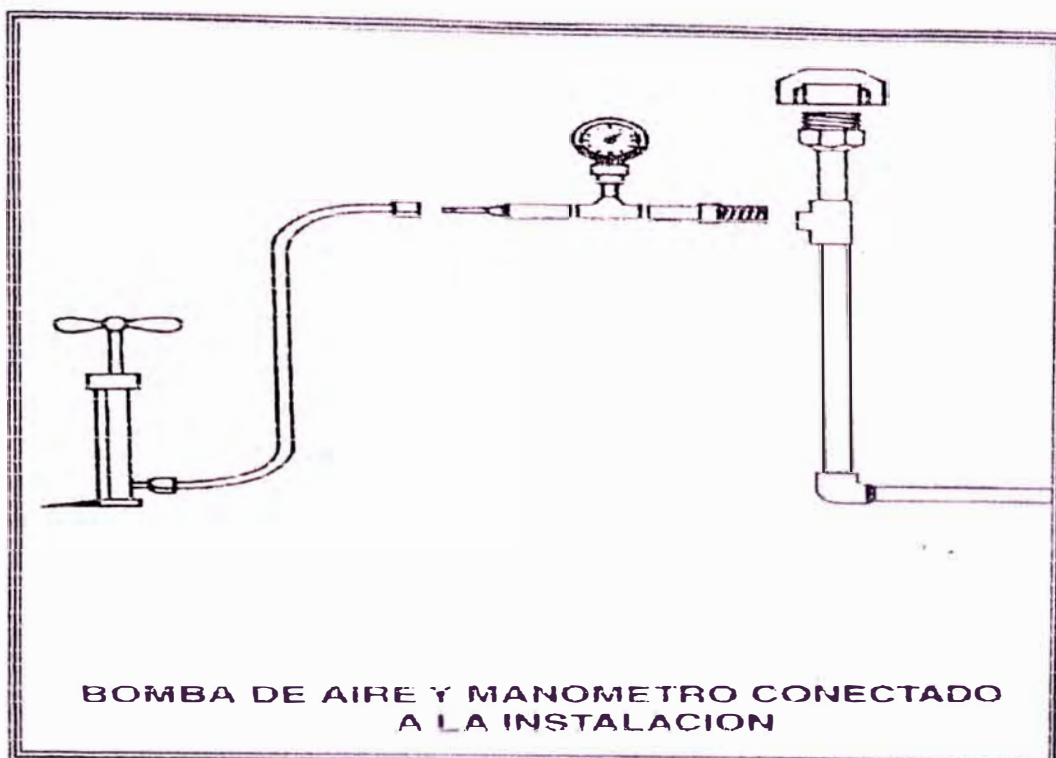
a	De	BEP	TEP	TEC	TCAL	TJOUL	103 BTU	MWh	kg GLP	m3 GAS NAT.	pie3 GAS NAT.
BEP	1	0,1387	0,1982	0,00139	0,00581	5524,86	0,6139	131,06	167,2	5917,1	
TEP	7,2056	1	1,4285	0,01	0,0418	39810,22	11,629	944,38	1204,8	42636,9	
TEC	5,0439	0,6999	1	0,007	0,0292	27866,85	8,14057	661,06	843,37	29845,5	
TCAL	720,5649	100	142,85	1	4,184	3981022	1162,952	94438,3	120483,7	4263698	
TJOUL	172,21	23,9	34,144	0,239	1	951487	277,95	22571,3	28796,2	1019048	
103 BTU	0,00018	0,00025	0,000359	2,51E-06	1,05E-05	1	0,00029	0,02372	0,030365	1,07101	
MWh	0,6196	0,08599	0,1228	0,00086	0,0036	3423,2	1	81,20577	103,6016	3666,2	
kg GLP	0,00763	0,00106	0,001513	0,000106	0,000443	42154	0,0123	1	1,2757	45,147	
m3 GAS NAT.	0,00598	0,00083	0,001186	0,000083	0,000347	33,041	0,0096	0,7838	1	35,388	
pie3 GAS NAT.	0,00017	0,000235	0,000335	2,35E-06	9,81E-06	0,9337	0,0002	0,0221	0,0282	1	

Fuente: Ministerio de Energía y Minas del Perú - Oficina Técnica de Energía

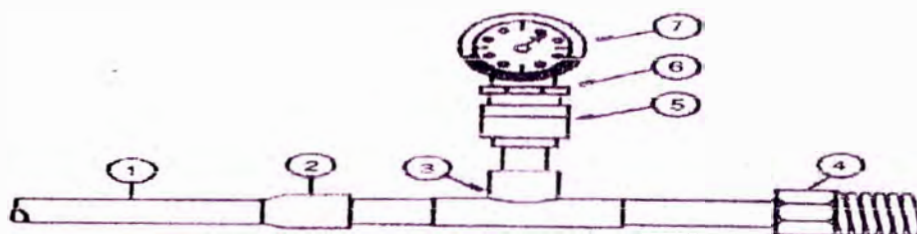


**APENDICE S**

**BOMBA DE AIRE PARA PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD**



Detalle constructivo de una bomba de prueba:



1. Válvula de aire cámara vehículo.
2. Copla reducción 3/8" x 1/4" SO.
3. Te de 3/8" SO.
4. Terminal 1/2" x 3/8" HE - SO.
5. Terminal 1/2" x 3/8" HI - SO.
6. Bushing 1/2" x 1/4" HE - HI.
7. Manómetro.

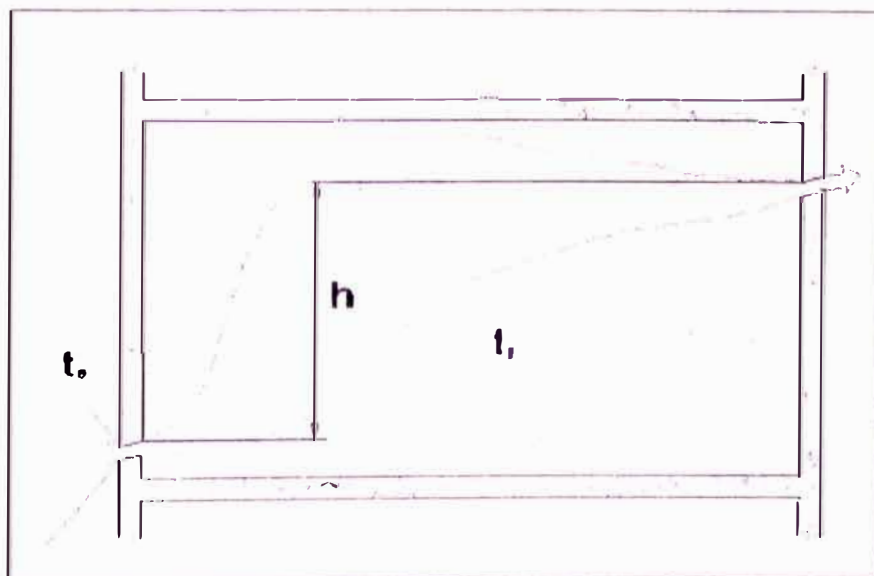
00050

Fuente: Experiencias Exitosas en el Desarrollo del Gas Natural utilizando tuberías de cobre – Sr. Jacinto Fuentes Rojas – Chile – Diciembre 2002

## APENDICE T

VENTILACIÓN NATURAL POR DIFERENCIA DE TEMPERATURAS

Figura T.1



$$Q = C * A * [h * (t_i - t_e)]^{0,5}$$

Donde:

Q: caudal de aire [m<sup>3</sup> / h]

C: coeficiente de relación entre el área de salida (S) y el área de entrada

(A) – ver tabla T.1

A: área de entrada [ $m^2$ ]

h: diferencia de cota entre la salida y la entrada [m]

$t_i$ : temperatura del aire en el interior [°C]

$t_e$ : temperatura del aire en el exterior [°C]

Tabla T.1  
Coeficientes de Relación

S/A	C
5	745
4	740
3	720
2	680
1	540
3/4	455
1/2	340
1/4	185