



Instalaciones de gas

Al petróleo gaseoso se le llama "gas natural" y está formado por los hidrocarburos más ligeros, los cuales permanecen en estado gaseoso en sus condiciones de ocurrencia, o se convierten en gaseosos al llegar a la superficie. El gas está formado por metano, etano, propano y butano, de los cuales el primero constituye el 90% o más del total. El gas se presenta normalmente abajo de la superficie, aunque, al igual que el petróleo crudo, escapa en ocasiones hasta la superficie y se mezcla con la atmósfera.

Las reservas naturales de gas descubiertas en nuestro país alcanzan a **52 trillones de pies cúbicos**, la segunda más importante de Sudamérica y superior a la que tienen en conjunto Argentina, Brasil, Chile y Perú. Las reservas probadas alcanzan 27 trillones de pies cúbicos y las probables a 25 trillones. Las reservas probadas de Venezuela son de 147 trillones, de Argentina 27 trillones, de Brasil 8 trillones y de Perú 13 trillones, según datos de principios del 2002 de Internacional Energy.

Los principales campos de gas son: San Alberto, San Antonio, Margarita, Itau.

La industrialización?, la exportación?. Esto tendrá que ser analizado por todos los bolivianos con amplio sentimiento nacionalista, pero el enorme potencial que tiene el GN para producir productos de valor agregado (fierro y acero, fertilizantes, plásticos base, diesel, gasolina y energía eléctrica) es un enorme paso al desarrollo de nuestro país convirtiéndolo en el corazón energético Sudamericano, pero esto se quiere truncar por presiones de las transnacionales.

10.1 Prolongación domiciliaria

La prolongación domiciliaria consiste en una cañería que debe salir perpendicularmente a la línea principal con una pendiente mínima hacia la misma del 1% sobresaliendo 0.20 m, hasta los medidores de consumo.

La profundidad a que debe quedar con respecto al nivel definitivo del cordón vereda se adecua a los requisitos de establecidos por la característica de la red de distribución, estableciéndose como mínimo una profundidad de 0.20m.

De acuerdo a la presión de la red de suministro la prolongación domiciliaria puede ser:

- Prolongación de baja presión
- Prolongación de media tensión

La prolongación domiciliaria de media tensión requiere la instalación de *un regulador de presión domiciliario* cuya misión es la de reducir y regular la presión de consumo de los elementos de la instalación que están diseñados para operar a con baja presión por ello la prolongación en estos casos se compone de dos partes:

- Tramo conexión de la red al regulador en media presión ubicado en la línea principal, en

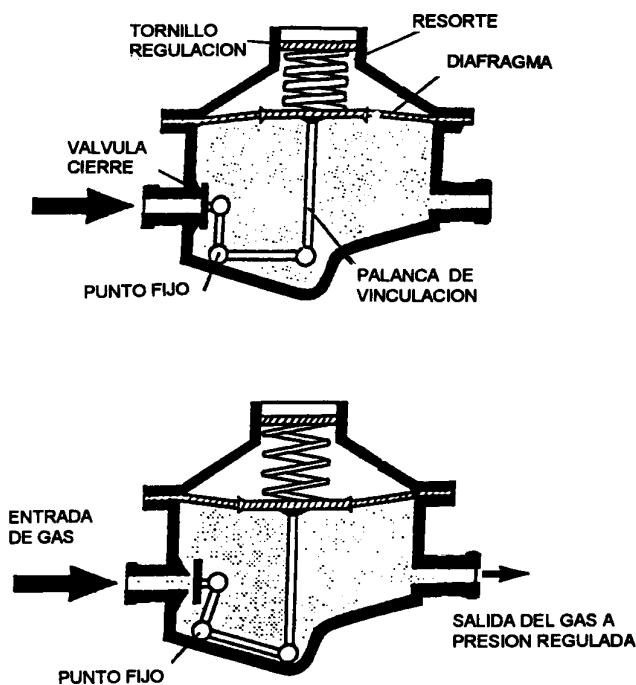
un trayecto que debe ser el mas corto posible.

- Tramo del regulador al medidor en baja presión.

Dichos reguladores son del tipo a diafragma, siendo el gas a media presión regulado por una válvula de admisión, que está vinculado por una parte a un diafragma flexible de goma sintética resistente a la acción de los hidrocarburos y por otra a un resorte, de manera que sobre una de las caras actúa la presión del gas y sobre la otra la del resorte, cuya presión puede regularse mediante un tornillo ubicado en la parte superior del aparato.

Se efectúa la regulación de modo que cuando no hay consumo de los artefactos que constituyen la instalación interna la válvula de admisión del gas a media presión permanezca cerrada como se indica en el esquema elemental de la **figura 10.1 (superior)**.

Al abrir la llave de gas de algún artefacto de la instalación se produce una disminución de la presión o depresión en el sistema que provoca una deformación del diafragma a por efecto de la presión del resorte y este efecto provoca mediante una palanca de vinculación la apertura de la válvula de admisión según se detalla en la **figura 10.1 (inferior)**.



Fuente: INST. DE GAS "PEDRO QUADRI", 1999

Fig. 10.1 Válvula de regulación a diafragma. Posición cerrada (superior); posición abierta regulando (inferior).

Cuando el gas de la red de media presión penetra en el regulador, ejerce una presión sobre el diafragma contraponiéndose a la acción del resorte, por lo que la válvula tiende a cerrarse en la medida que sea necesario para pasar el valor adecuado para el consumo de gas que se requiere.

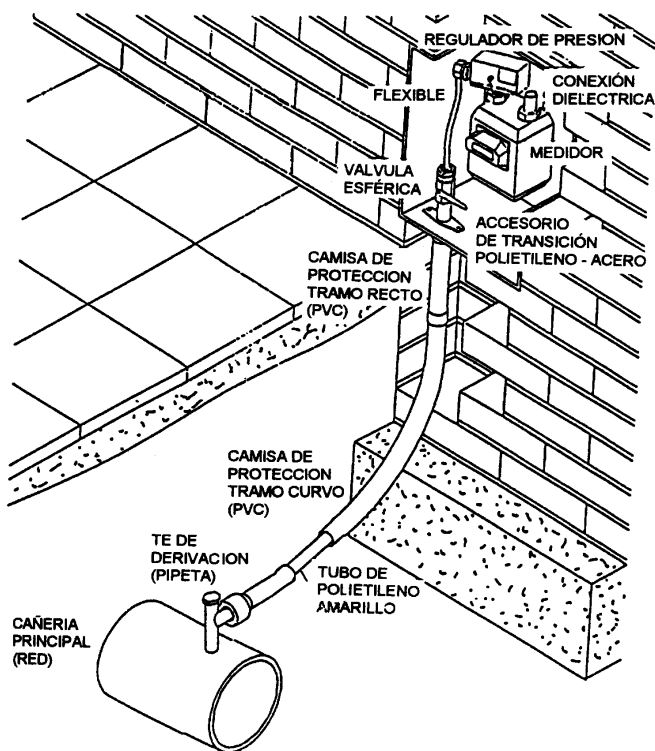
De esa manera, la función del regulador es la de actuar como fuelle para permitir reducir la presión de entrada y además mantenerla constante ante cualquier variación de las necesidades del consumo.

El valor de dicha presión regulada, se establece en función de las necesidades de la instalación, que es la requerida por los artefactos domiciliarios, cuyo valor, como ya se ha indicado es de 160 a 200 mmca. Para una mejor regulación suelen emplearse reguladores de dos etapas.

10.1.1 Característica de las prolongaciones domiciliarias

Se puede ejecutar en caño de hierro con o sin costura con protección anticorrosiva normalmente con revestimiento de cobertura epoxi o polietileno extruido.

Actualmente se exige cuando se coloca el nicho o gabinete al frente del edificio el empleo de caños de polietileno (amarillo) en diámetros de 25 y de 32 mm, lo que permite una simplificación en el montaje, evitando la propagación de corrientes parásitas por lo que en estos caso no es necesario colocar cuplas aislantes como es el caso de las prolongaciones construidas en hierro.



Fuente: INST. DE GAS "PEDRO QUADRI", 1999

Fig. 10.2 Detalle de prolongación con caño de polietileno.

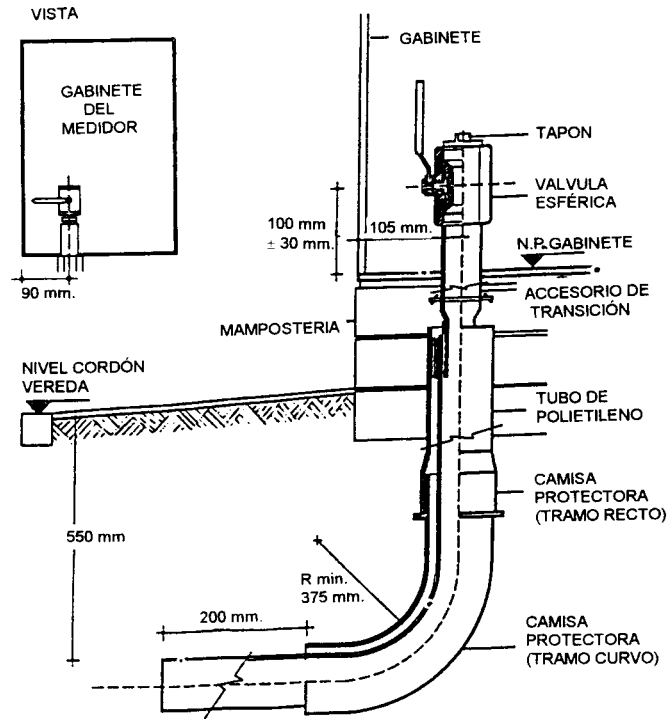
Estos caños deben contar con protección mecánica exterior por razones de seguridad que consiste en una camisa de vaina exterior de PVC, colocándose en el gabinete un accesorio de transición de polietileno de 25 o 32 mm a acero de 3/4" y 1" respectivamente para vinculación de acuerdo a los detalles que se indican en las **figuras 10.2 y 10.3**.

En caso de conexiones a profundidades menores de 55 cm deben protegerse mecánicamente en la acera el caño con ladrillos colocados longitudinalmente enteros y contiguos con una malla o elemento de advertencia, para mayor seguridad.

La conexión no debe enfrentar columnas, árboles, etc. debiendo quedar expedito el extremo del caño de conexión con otras instalaciones y no estar ubicada debajo de conexiones de agua, electricidad, albañales, etc.

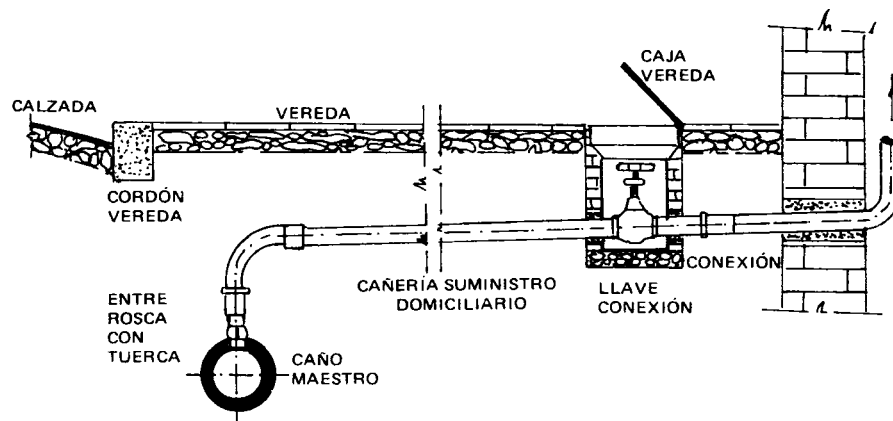
Dentro del gabinete se instala una válvula precintada de cierre esférica de accionamiento rápido aprobada por la Compañía Distribuidora, que se debe colocar a la entrada a fin de que por alguna emergencia la instalación interna pueda desvincularse de la red desde el exterior del edificio. Esta válvula debe quedar rígidamente vinculada al gabinete por medio de un dispositivo adecuado que impida la transmisión de esfuerzos mecánicos a la tubería de polietileno.

Para prolongaciones de mas de 32 mm se coloca la llave en la vereda para cierre como se indica en la **figura 10.4**, que es el caso de edificios de envergadura.



Fuente: INST. DE GAS "PEDRO QUADRI", 1999

Fig. 10.3 Esquema de montaje de prolongación con caño plástico de polietileno.



Fuente: INST. DE GAS "PEDRO QUADRI", 1999

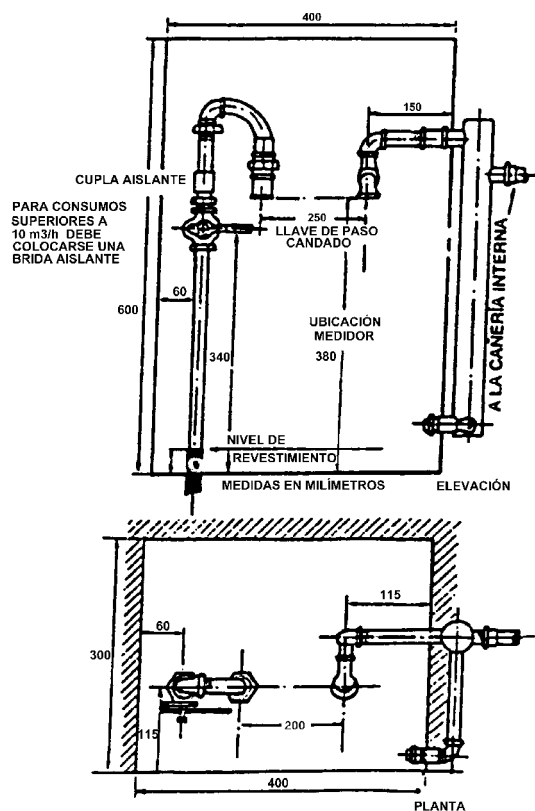
Fig. 10.4 Llave en caja de vereda.

10.1.2 Prolongaciones con medidores al frente del edificio

Cuando se trata de viviendas individuales, los medidores se colocan al frente del edificio y los nichos deben ajustarse a ciertas condiciones para el adecuado montaje de los medidores debiéndose ejecutar de modo de poder ejecutar posteriormente el montaje de los medidores por la compañía distribuidora sin dificultad.

En la **figura 10.5** se indica las características de instalación del medidor para prolongación

domiciliaria con caño de hierro negro para redes de distribución en baja presión y en la **figura 10.6** en el caso de que se contemple la posibilidad de futuras ampliaciones.



Fuente: INST. DE GAS "PEDRO QUADRI", 1999

Fig. 10.5 Gabinete con medidor individual de baja presión, al frente del edificio.

En el caso de acometida de caño de polietileno deberá efectuarse de acuerdo a los detalles indicados en las **figuras 10.2 y 10.3** anteriores, no siendo necesario la cupla o brida aislante y a partir de la llave de cierre las cañerías son de hierro galvanizado.

Se observa en la figura la instalación de un sifón con tapón de drenaje para vincular con la cañería interna del edificio, con una capacidad mínima de 300 cm³ cuyas características se detalla posteriormente en la **tabla 10.1**.

Actualmente el caso mas común es la distribución en gas en redes de gas en media presión, por lo que en el nicho debe instalarse un regulador de presión domiciliario aprobado por la compañía distribuidora.

En la **figura 10.6** se indican las características de montaje de los nichos para conexión de media presión con cano de polietileno, donde no es necesario la instalación del sifón.

10.1.3 Prolongaciones con medidores al interior del edificio

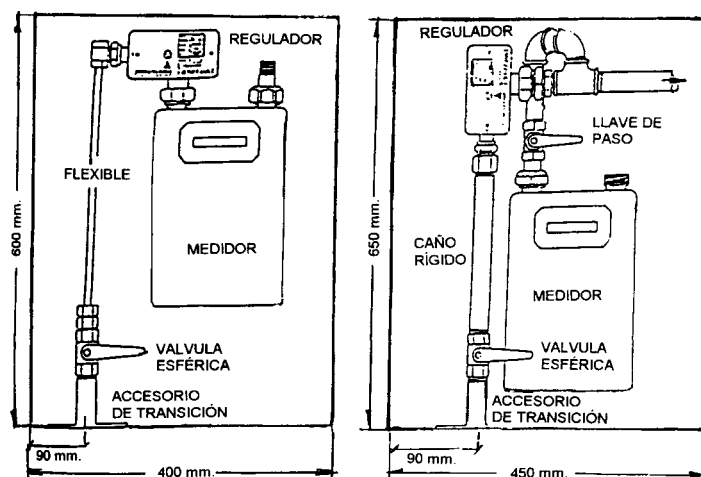
Para prolongaciones de cañerías de diámetro hasta 32 mm inclusive en suministro a baja presión, con medidores en el interior de los edificios se debe colocar un nicho en el frente de 25 x 35 cm de altura y 25 cm de profundidad, provista de ventilación en chapa de hierro N° 20 con llave de tubo para acceso donde se vincula la cañería de polietileno con el interior.

En dicho gabinete se instala una llave de corte para precintar, y desde allí se distribuye con cañería de hierro negro soldado por el interior del edificio, con protección generalmente de epoxi hasta los medidores.

En el caso de prolongación de media presión en el nicho se coloca una llave precintada esférica y además, se instala el regulador de presión, de acuerdo al caudal de gas a suministrar.

En la en la **figura 10.6 (derecha)**, se indica el montaje de un gabinete con un regulador de media presión sobre línea municipal apto para 2 medidores, uno de los cuales puede instalarse en el mismo gabinete, con acometida de polietileno, de 45 x 65 cm de altura.

La puerta de los nichos deben contar con una llave de cuadro y disponer de abertura inferior y superior de 10 cm² de sección cada una para ventilación, y construida con chapa de hierro de espesor no menor de 1.27 mm (N° 18).



Fuente: INST. DE GAS "PEDRO QUADRI", 1999

Fig. 10.6 Gabinete con medidor, red de media presión con regulador y prolongación de polietileno al frente del edificio (previsto para dos medidores en la figura derecha).

En la en la **figura 10.7** se indica el montaje de un gabinete con un regulador de media presión sobre línea municipal apto para 5 medidores con acometida de polietileno de 40 x 50 cm de altura.

En la **figura 10.8** se consigna un detalle de una planta reguladora con dos reguladores sobre el frente del edificio.

En la **figura 10.9 (izquierda)** se muestra la conexión a un gabinete en el interior del edificio en caso de prolongación con cañería de hierro de baja presión, para el caso de prolongaciones de mas de 32 mm donde como la llave de corte se ubica en la vereda, no es necesario el gabinete sobre la línea municipal, donde se ha previsto un "T" para abastecer un futuro aumento de consumo futuro; en el esquema de la **figura 10.9 (derecha)** se indica una variante en caso de no preverse ampliaciones.

Cuando se desplazan por el interior de los edificios, las cañerías de la prolongación son de hierro con protección epoxi, no debiendo pasar por pasillos de entrada, circulaciones, etc., instalándose bajo tierra, en sótanos o embutidos en las paredes. No se admite el tendido de cañerías por dormitorios o ambientes habitables, por razones de seguridad.

En caso de pasar las cañerías por locales de negocios, cocinas, etc. cuando resulta inevitable efectuaría por insalvables razones constructivas la prolongación debe efectuarse encamisada o se

aloja en una cámara de ladrillos revocada interiormente y ventilada en ambos extremos de acuerdo a lo indicado en la **figura 10.10**.

Cuando la prolongación se efectúa en sótanos y locales sin acceso directo desde el exterior o que no permitan su visualización, debe ser revestida y embutida en todos los casos.

Cuando pasa por jardines, parques, etc., deben instalarse a una profundidad mínima de 0.30 m con respecto al terreno natural con protección mecánica de encamisado o ladrillos.

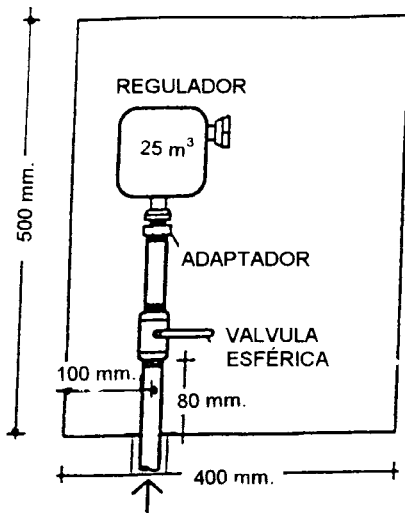
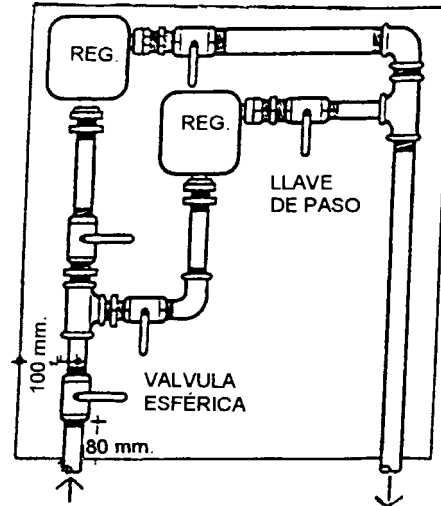
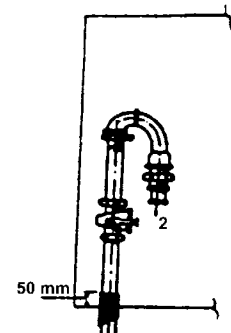
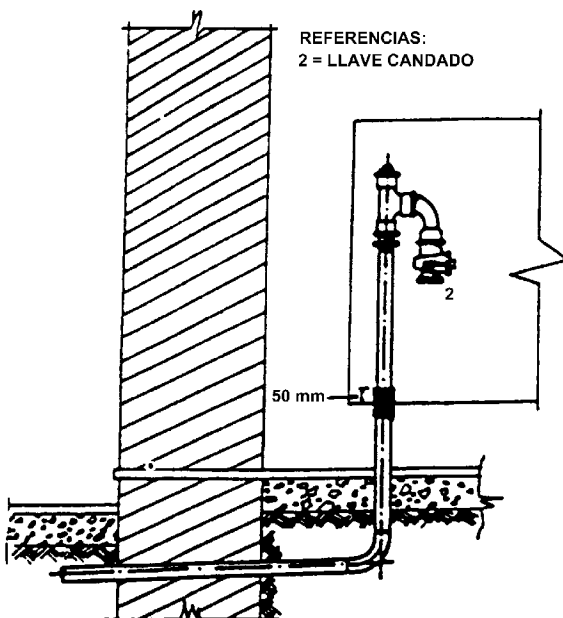


Fig. 10.7 Montaje de regulador al frente del edificio apto para 5 medidores.



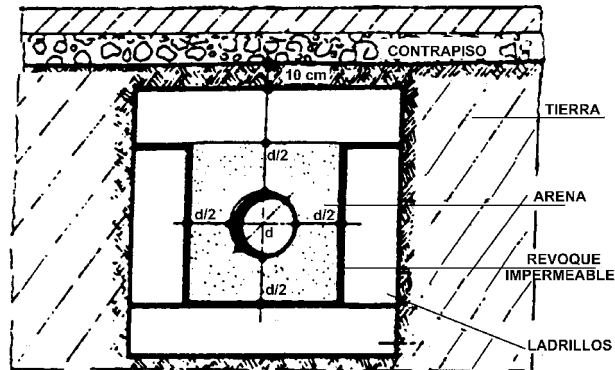
Fuente: INST. DE GAS "PEDRO QUADRI", 1999

Fig. 10.8 Montaje de planta de regulación doble al frente del edificio.



Fuente: INST. DE GAS "PEDRO QUADRI", 1999

Fig. 10.9 Prolongación de mas de 0.032 mm. En el interior del edificio para futura ampliación (figura derecha), variante ubicación de llave candado sin aplicación (figura izquierda).

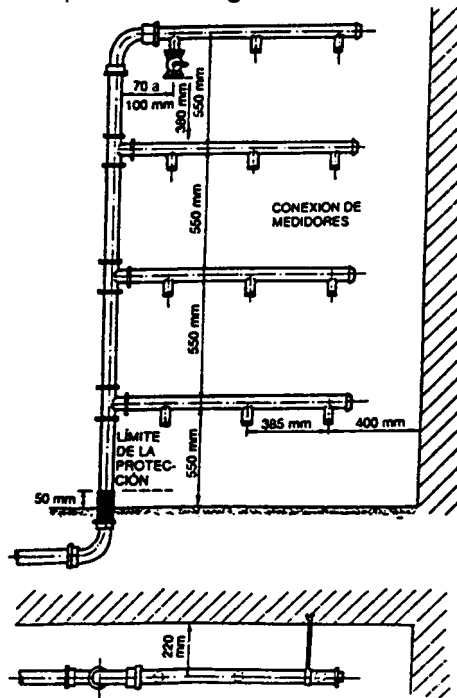


Fuente: INST. DE GAS "PEDRO QUADRI", 1999

Fig. 10.10 Detalle de protección prolongación en cámara de ladrillos.

10.1.4 Prolongaciones para baterías de medidores domésticos

Las baterías de medidores se ejecutan con cañerías verticales denominadas montantes y horizontales, denominadas *colectores o barrales*, que son las prolongaciones que abastecen a los medidores instalados de acuerdo al esquema de la **figura 10.11**.



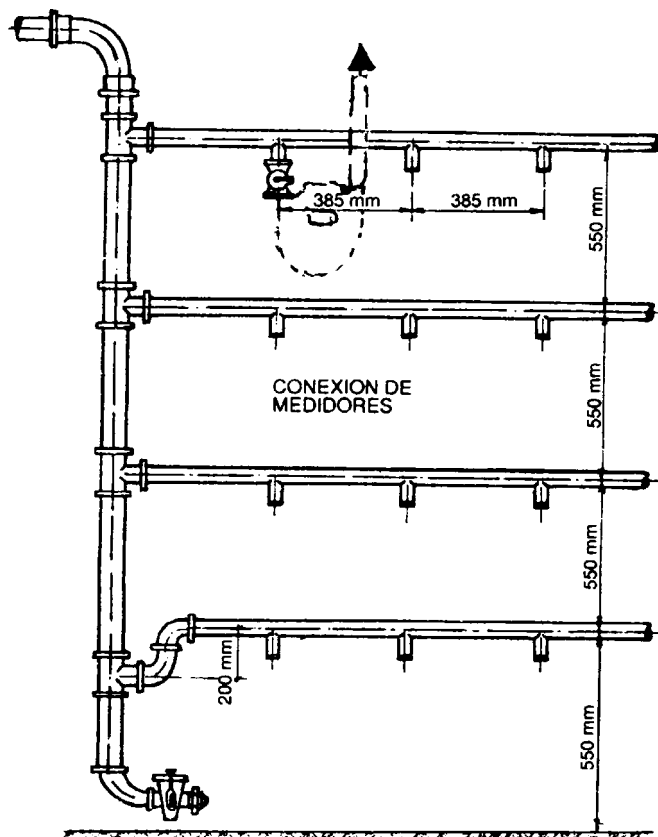
Fuente: INST. DE GAS "PEDRO QUADRI", 1999

Fig. 10.11 Baterías de medidores. Montante ascendente.

Pueden ser de hierro negro, con tomas soldadas de 0.019 m de diámetro y 50 mm de longitud y una separación entre sí de 385 mm. La separación de filas para montante ascendente, como mínimo, se establece en 550 mm no debiéndose colocar mas de cuatro para facilitar la lectura. La separación de la pared de las barras de lectura no debe ser mayor de 220 mm.

En el caso de montantes descendentes a baja presión, según se indica en la **figura 10.12**, se

instala un sifón del mismo diámetro del montante, con una longitud mínima de 400 mm, con llave tipo candado en su extremo y tapón roscado de bronce de 13 mm de diámetro para su desagüe.



Fuente: INST. DE GAS "PEDRO QUADRI", 1999

Fig. 10.12 Baterías de medidores. Montante descendente.

Como se observa en la **figura 10.12**, al primer barral se le debe elevar 200 mm, para evitar que los medidores de esa fila se llenen de agua, en caso que se colme el sifón.

Los montantes y barrales de hierro negro deben unirse al montante mediante roscado o soldado, siendo protegidos con dos manos de pintura anticorrosiva, al cromato de zinc, debido a que los mismos no se empotran en la mampostería.

Los barrales deben fijarse con grapa cada 1.50 m, con un mínimo de 2 grapas para longitudes inferiores, las que se aíslan del caño con 2 medias cañas de material aislante (micarta) con el fin de prevenir contra la corrosión, como se verá posteriormente.

En el barral y en correspondencia con cada toma se marca el número o letra que identifica a cada piso o departamento.

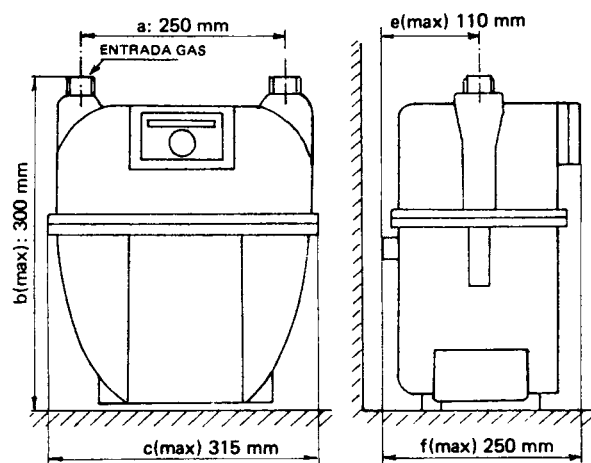
10.2 Medidores de gas

La necesidad de facturación de los consumos ha promovido el desarrollo de artefactos de medición, que se instalan de acuerdo a normas establecidas.

La selección del instrumento de medición queda condicionado a la variable del consumo, su magnitud y las condiciones de presión regulada.

Se define al medidor como el instrumento destinado a registrar el volumen de gas que consumen los artefactos de una instalación.

Básicamente se utilizan los medidores, según se detalla en la **figura 10.13** que se aplican para pequeños caudales y bajas presiones.



Fuente: INST. DE GAS "PEDRO QUADRI", 1999

Fig. 10.13 Medidor de gas.

Hasta que en nuestro país no haya una norma sobre instalaciones de gas se establece las características que deben cumplir los medidores de gas para uso doméstico, para caudales hasta 9 m³/h.

Los mismos son del tipo a diafragma, consistente en un dispositivo que mide el volumen de gas que pasa a través del medidor, por medio de diafragmas flexibles, los cuales son alternativamente desplazados por el flujo de gas circulante.

El aparato contiene un mecanismo integrador compuesto por un dispositivo indicador con visor, para una lectura adecuada.

Se deben ubicar sobre la línea municipal, salvo excepciones debidamente justificadas, como el caso de baterías de medidores.

El medidor se aloja en nichos, destinados a él en forma exclusiva, contruidos en material incombustible, provisto de puerta construida de chapa de hierro de 1.27 mm (N° 18) de espesor, con llave de cuadro. Debe ser debidamente ventilado y aislado de instalaciones eléctricas e inflamables por razones de seguridad.

Los nichos deben estar alojados 0.50 m como mínimo de toda instalación eléctrica que entrañe riesgo de chispas, por ejemplo tablero, medidor, etc.

Puede reducirse esa distancia a 0.30 m en el caso en que el nicho disponga de ventilación al exterior o esté ubicado en un espacio exterior.

En las **figura 10.14** se indica dicha instalación.

Las dimensiones de los nichos para medidores a baja o media presión son consignadas en la **tabla 10.1**.

TABLA 10.1 DIMENSIONES PARA NICHOS HASTA 10 m³/h.

PRESIÓN DE LA PARED	ALTO [m]	ANCHO [m]	PROF. [m]	OBSERVACIONES
BAJA	0.60	0.40	0.30	
BAJA En zonas previstas para futura conexión a media presión.	0.65	0.45	0.30	
MEDIA	0.65	0.45	0.30	
MEDIA Vivienda unifamiliar sin posibilidad de añadir otro medidor, regulador conectado con flexible.	0.50	0.40	0.30	Llave de paso
	0.50	0.40	0.25	Únicamente llave de paso esférica.

Fuente: INST. DE GAS "PEDRO QUADRI", 1999

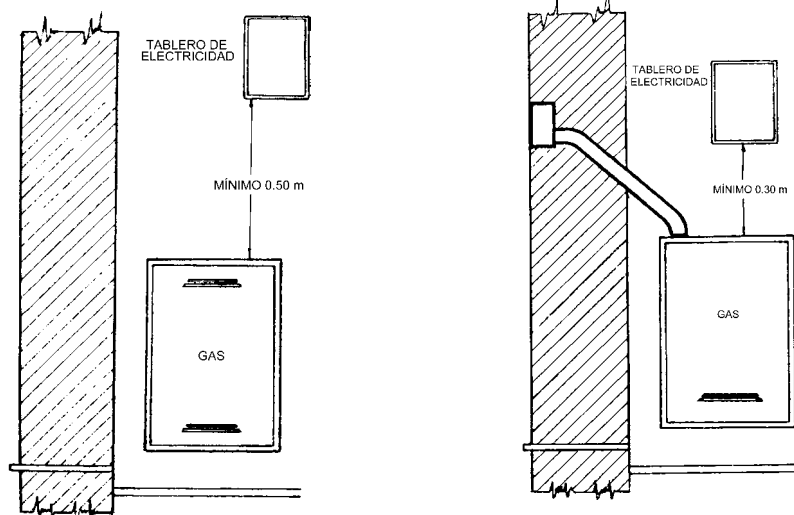
10.2.1 Ventilación de los nichos

La ventilación de los nichos para medidores individuales se efectúa de la siguiente manera:

MEDIDORES INDIVIDUALES HASTA UN CONSUMO DE 10 m³/h

Se consideran dos casos:

- Espacios abiertos como ser jardín, paso o corredor abierto, frente del edificio, zaguán a patio abierto, etc., por medio de orificios o aberturas en la parte superior o inferior de las puertas. Sección mínima 10 cm² c/u.
- En lugar cerrado mediante conducto al exterior de sección de 1.5 veces el diámetro de la prolongación domiciliaria (mínimo 0.038 m). Ver **figura 10.14 (derecha)**.



Fuente: INST. DE GAS "PEDRO QUADRI", 1999

Fig. 10.14 Distancia del nicho del medidor a instalación eléctrica, en la figura derecha con ventilación.

MEDIDORES INDIVIDUALES PARA CONSUMOS MAYORES DE 150 cm² O CON REGULADORES

La puerta del nicho debe tener aberturas con una sección mínima de 150 cm^2 para cada una.

10.2.2 Batería para medidores (de hasta $10 \text{ m}^3/\text{h}$)

BATERÍA PARA MEDIDORES EN PATIO ABIERTO

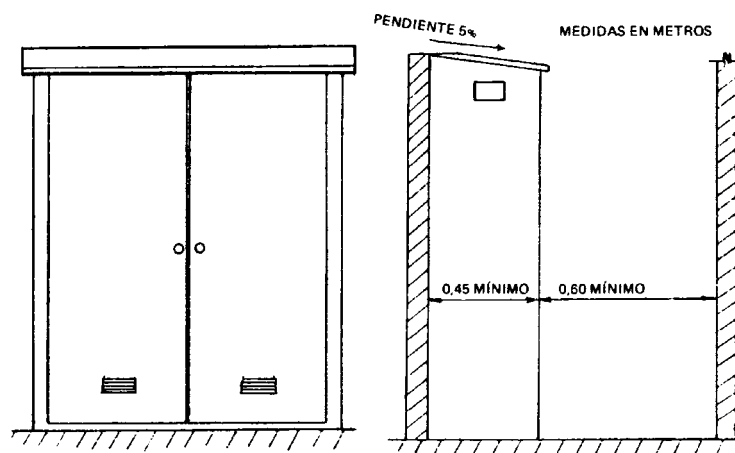
Las baterías de medidores pueden instalarse en patios abiertos, alojándose en un *armario* o compartimiento con puertas de material incombustible.

Dicho armario debe contar con ventilación en la parte superior, de 1.5 veces el diámetro de la prolongación domiciliaria, con un diámetro mínimo de 0.10 m o sección equivalente y aberturas de entrada de aire en la parte inferior de igual sección.

Al frente de la puerta del armario debe quedar un espacio libre mínimo de 0.60 m, tal como se observa en la **figura 10.15**.

La profundidad mínima del armario debe ser de 0.45 m.

El patio debe tener acceso directo desde la circulación de entrada del edificio, no debiendo pertenecer a ningún local o departamento.



Fuente: INST. DE GAS "PEDRO QUADRI", 1999

Fig. 10.15 Armario de medidores.

COMPARTIMIENTO O LOCALES PARA MEDIDORES

Cuando se instalen medidores en baterías en locales o compartimientos éstos deben ser exclusivos, de acuerdo a las **figuras 10.16 y 10.17**.

Debe ser perfectamente terminado con revoque, pintura, etc. y estar aislado de instalaciones eléctricas o térmicas inflamables.

Dicho compartimiento puede ubicarse en patios de aire y luz, bajo escaleras o sótanos, debiendo en todo momento ser accesible en forma directa desde el exterior, desde la entrada del edificio a través de circulaciones comunes.

La puerta del local y el marco debe ser de material incombustible de un ancho mínimo de 0.80 m, contando con una abertura en la parte inferior para ventilación, de una sección equivalente a la salida de ventilación propia del local. Esta salida de ventilación debe comunicar la parte superior

del compartimiento en forma directa al exterior, mediante un conducto.

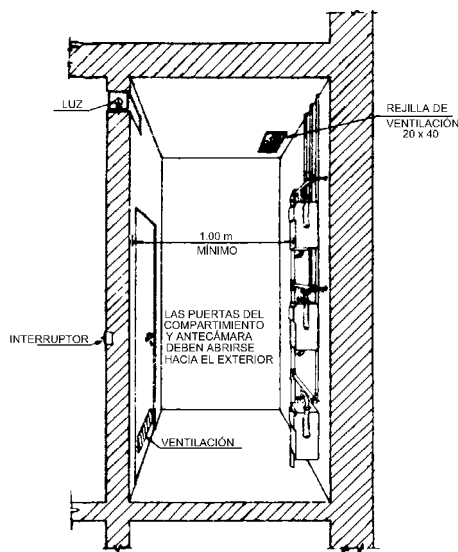


Fig. 10.16 Local o compartimiento para medidores.

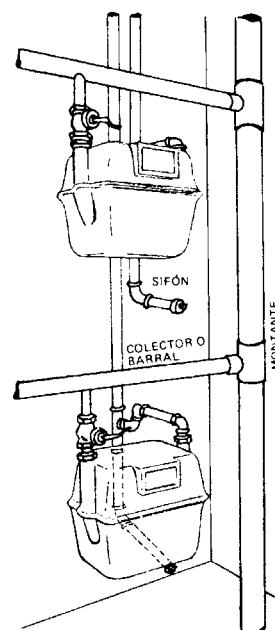


Fig. 10.17 Montaje de medidores.

Dicho conducto debe tener una sección libre no inferior a 0.001 m^2 por cada medidor, con un mínimo de 0.08 m^2 ($0.20 \times 0.40 \text{ m}$). El extremo del conducto debe quedar, por lo menos, a 2 m de altura, debiendo contar con sombrerete y tejido metálico u otro medio que impida la entrada de basura.

La iluminación eléctrica debe efectuarse con artefactos blindados a prueba de explosión, en el interior del local, e interruptor debidamente aislado en el exterior del mismo.

Si el recinto de medidores comunica en forma directa con locales donde funcionan calderas, motores, o haya instalados tableros eléctricos, debe interponerse una *antecámara*, de una superficie mínima de 1 m^2 y un ancho mínimo de 0.80 m, que debe contar con una puerta de acceso de similares características a la puerta de acceso al recinto de medidores.

En casa de departamento pueden ubicarse los medidores en lugares comunes de los distintos pisos, de manera que el acceso esté asegurado en todo momento.

Los medidores pueden alojarse en locales de acuerdo a lo señalado precedentemente, o también en armarios con frente a lugares comunes.

10.3 Cañería interna

Comprende los tramos de cañerías desde el medidor a los artefactos de consumo.

Para la conexión de artefactos *no es admitido el uso de caños de goma u otros materiales similares, por razones de seguridad.*

Cuando las cañerías van bajo tierra, se colocan como mínimo a una profundidad de 0.30 m, pudiendo descansar sobre el terreno cuando el mismo tenga suficiente consistencia. En caso contrario, deben apoyarse sobre un lecho de ladrillos comunes en todo su recorrido o en su defecto sobre pilares a una distancia no mayor de 1.50 m entre sí. Deben ser de hierro negro con

protección.

Cuando se coloquen bajo piso de mosaico, cemento, etc., los caños pueden disponerse en los contrapisos de los mismos.

En caso de edificios de varios pisos, los caños que no pertenecen a una vivienda, deben recorrer preferentemente lugares de uso común como palieres, pasillos, etc.

Las cañerías no deben estar expuestas a la humedad por proximidad de caños de agua, albañales y de todo conductor eléctrico.

Además, no deben pasar dentro de chimeneas y las que corran adosadas a la misma o a las cañerías de calefacción tienen que tener aislación térmica.

PENDIENTE DE LA CAÑERÍA

En el caso de redes de *baja presión*, como el gas tiene cierta cantidad de humedad, las cañerías tienen que tener pendiente para escurrir cualquier condensación que se produzca.

La pendiente mínima debe ser del 1 % dirigida en lo posible hacia el medidor, donde se instala un sifón.

Cuando la pendiente va hacia los artefactos, se ubica junto a los mismos el sifón correspondiente.

SIFONES EN CAÑERÍAS

Si la pendiente va hacia el medidor, el sifón se instala en la *cañería interna* a la salida del mismo, contando con cierre hidráulico en la parte superior y tapón de 13 mm de diámetro para desagüe, tal cual se indica en la **figura 10.17**, anterior.

Se establece que para medidores de hasta $10 \text{ m}^3/\text{h}$, ubicados en nichos individuales, el sifón a instalar debe tener una capacidad mínima de 300 cm^3 .

En la **tabla 10.2** se consignan la capacidad de los sifones para distintos diámetros y longitudes.

En el caso de sifones instalados junto a artefactos se debe tener las siguientes consideraciones:

- Se debe colocar sifón junto a los artefactos, *cuando la cañería que los alimenta tenga pendiente hacia ellos, en una longitud mayor de 1.50 m.*
- El sifón debe tener el mismo diámetro del caño, con una longitud mínima de 0.20 m, con tapón de 13 mm de diámetro.
- El sifón debe quedar bloqueado con la llave de paso del artefacto, y el tapón de drenaje debe ser fácilmente accesible, según se observa en la **figura 10.18**.
- En el caso de cocinas, el sifón debe poder ser accionado sin necesitar desconectar la misma para su atención.
- Se admite, cuando sea necesario, para adoptar la pendiente adecuada, un *leve curvado de los caños*. También para eludir algún obstáculo, efectuar desvíos en paredes, desniveles de la construcción, etc.
- Sin embargo, no deben ejecutarse las cañerías de modo que formen "U", ya que se puede acumular agua, originando un cierre hidráulico que impida la circulación del gas.
- En el caso de gas a *media presión*, como se distribuye gas seco, no se exige sifón en el medidor ni en los artefactos, no siendo necesario tampoco adoptar pendiente en las cañerías.

- Tampoco es necesario adoptar esas prevenciones en las localidades donde se distribuye gas seco.

TABLA 10.2 CAPACIDAD DE CAÑOS EN cm³ PARA DISTINTOS DIÁMETROS.

Ø DEL CAÑO [mm]	LONGITUD DEL SIFÓN [cm]											
	5	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90	100
13	6.25	12.15	18.75	25.00	37.50	50.00	62.50	75.00	87.50	100.00	112.50	125.00
19	14.15	28.30	42.45	56.60	84.90	113.20	141.50	169.80	198.10	226.40	254.70	283.00
25	25.00	50.00	75.00	100.00	150.00	200.00	250.00	300.00	350.00	400.00	450.00	500.00
32	40.00	80.00	120.00	160.00	240.00	320.00	400.00	480.00	560.00	640.00	720.00	800.00
38	56.50	113.20	169.80	226.40	339.60	452.80	566.00	679.20	792.40	905.60	1018.80	1132.00
51	100.00	200.00	300.00	400.00	600.00	800.00	1000.00	1200.00	1400.00	1600.00	1800.00	2000.00

Fuente: INST. DE GAS "PEDRO QUADRI", 1999

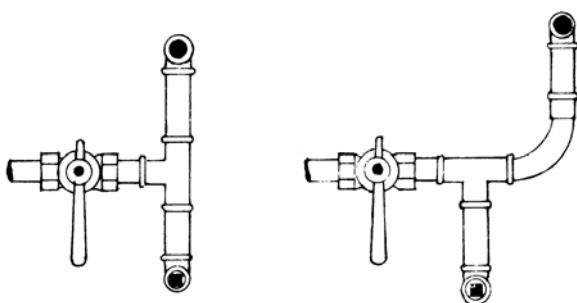
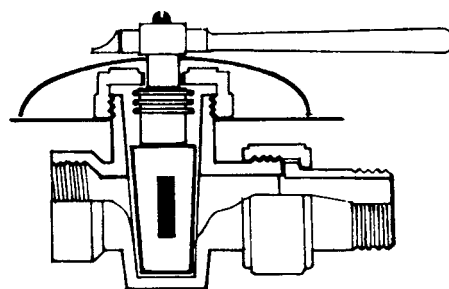


Fig. 10.18 Forma de ejecución de sifones.



Fuente: INST. DE GAS "PEDRO QUADRI", 1999
Fig. 10.19 Llave de paso.

SOPORTES DE CAÑERÍAS

Las cañerías deben ir soportadas en partes estables rígidas y seguras del edificio. Si corren adosadas a mampostería o tabiques de madera, deben ir aseguradas con grapas o atornilladas con soportes, respectivamente. Si corren sobre techo son apoyadas sobre pilares separados cada 2 m, perfectamente aseguradas.

LLAVES DE PASO

En cada artefacto de consumo se debe colocar una llave de paso de igual diámetro al de la cañería que lo alimenta, en el mismo local, accesible, a la vista y de fácil accionamiento.

Deben ser de cierre a 1/4 de vuelta con tope, del tipo denominada "macho" que se indica en la figura 10.19.

Se deben lubricar con grasa adecuada resistente al gas natural. El prensa-estopa de las llaves de paso debe quedar en tal forma que sea fácil de retirar.

ACCESORIOS

Todas las piezas de conexión deben ser de fundición maleable. Para efectuar los distintos cambios de dirección se pueden emplear curvas o codos indistintamente.

Todo artefacto después de la llave de paso, debe estar conectado con una unión doble de asiento cónico, que permita su desvinculación.

Se exceptúan aquellos casos en que el artefacto cuente ya con conexión formando parte del mismo.

No deben emplearse uniones dobles en el recorrido de la cañería. Además el asiento debe hallarse limpio al efectuarse el ajuste no debiéndose utilizar pastas fraguantes.

Las conexiones de caños con sus accesorios, deben efectuarse con roscado cónico, filetes bien tallados, en número que se indica en la **tabla 10.3**.

TABLA 10.3 NÚMERO DE FILETES A TALLAR EN TUBERÍAS

DESIGNACIÓN COMERCIAL [in]	LONGITUD ÚTIL DE ROSCA MÁXIMA [mm]	Nº DE FILETES A TALLAR
3/8	11.4	9
1/2	15	8
3/4	16.3	9
1	19.1	8
1 1/4	21.4	9
1 1/2	21.4	9
2	25.7	11

Fuente: INST. DE GAS "PEDRO QUADRI", 1999

No debe aplicarse cáñamo y/o pintura para conexiones. Se recomienda el uso de pastas sellantes o la utilización de litargiro (óxido de plomo, fundido y cristalizado) y glicerina.

Se debe aplicar sobre la rosca macho a fin de evitar que penetre en la cañería reduciendo la sección de pasaje del gas.

Los tapones de toma de sifones de artefactos o cañería interna o conexiones de medidores, deben ajustarse con cinta de teflón o pasta no fraguante.

10.3.1 Pruebas

Una vez terminados los trabajos de la instalación, deben realizarse las siguientes pruebas:

- Hermeticidad.
- Obstrucción.
- Localización de pérdidas.

HERMETICIDAD

Es un ensayo para comprobar la ausencia de pérdidas en una cañería ó instalación, lo que se demuestra por el mantenimiento de la presión durante un período determinado, una vez aislada la fuente de presión.

Para ello deben cerrarse las llaves de paso terminales, abriendo las intermedias si las hubieran, inyectándose en las cañerías aire a la presión manométrica que corresponda, la cual deberá mantenerse *sin variación durante 15 mm, como mínimo*.

Una vez verificada la hermeticidad de la cañería hasta las llaves de paso, se abren éstas y con los robinetes de los artefactos cerrados se comprueba la hermeticidad de éstos, en la misma forma que para las cañerías.

Se establecen las siguientes presiones neumáticas manométricas de prueba:

- Tramos correspondientes a media presión: 4 kg/cm^2 .
- Tramos correspondientes a baja presión: 0.2 kg/cm^2

La prueba debe medirse con un manómetro de diámetro de cuadrante de 100 mm, con vidrio irrompible, hermético al agua y al polvo, de los siguientes rangos:

- 0 a 5 kg/cm^2 para media presión.
- 0 a 1 kg/cm^2 para baja presión.

OBSTRUCCIÓN

Terminada la prueba de presión se sacan sucesivamente los tapones y se abren los robinetes de cada uno de los artefactos, comprobándose por la falta de salida de aire, las obstrucciones que pudiera haber.

Deben tomarse los recaudos necesarios para asegurar que dentro de la prolongación no quede ningún tipo de obstrucción, tanto para las instalaciones nuevas como para aquellas que hayan quedado temporalmente interrumpidas.

LOCALIZACIÓN DE PÉRDIDAS

La misma se realiza empleando agua jabonosa aplicada con pincel sobre la superficie exterior de los caños, accesorios, llaves y juntas.

No debe usarse llamas para localizar pérdidas en instalaciones de gas, o el llenado con agua u otro fluido para la detección de aquellas en instalaciones nuevas.

No debe utilizarse igualmente oxígeno o soluciones corrosivas, admitiéndose sólo como excepción el empleo de agua a presión, para localizar perdidas que no pueden detectarse por los procedimientos comunes.

10.4 Accesorios, simbología e interpretación de planos

A continuación algunos de los accesorios mas utilizados:

DESIGNACIÓN PARA CONEXIONES DE GAS STRAMLINE EN mm



CU-500

CODO UNIÓN DE 90° FLARE MACHO A FLARE HECHO

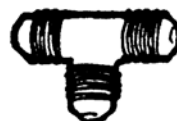
6 x 6
8 x 8
10 x 10
13 x 13



CT-501

CODO TERMINAL DE 90° FLARE MACHO A TUBO MACHO

6 x 3 8 x 13
6 x 6 10 x 6
8 x 3 10 x 10
8 x 6 10 x 13



TU-600

TE UNIÓN FLARE MACHO A FLARE MACHO A TUBO MACHO

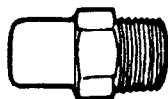
6 x 6 x 6 8 x 8 x 8
10 x 10 x 10 13 x 13 x 13



TTC-601

TE TERMINAL AL CENTRO
FLARE MACHO A FLARE MACHO A TUBO MACHO

6 x 6 x 3	6 x 6 x 6
8 x 8 x 3	8 x 8 x 6
10 x 10 x 3	10 x 10 x 6



E-400

ESPREA PARA QUEMADOR

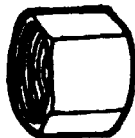
Perforación 0.793
Rosca de tubo macho 2.18

BARRIL



B-800

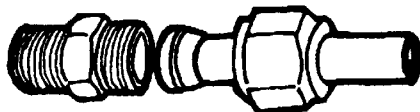
4
6
8
10
13



TB-801

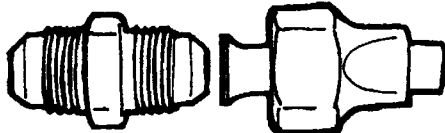
TUERCA DE COMPRESIÓN

4
6
8
10
13

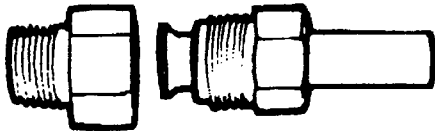


NU-200

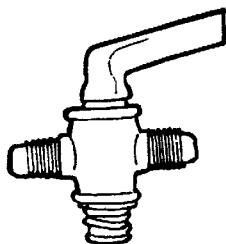
T-100



T-102



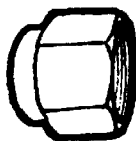
VÁLVULA DE PASO UNIÓN



VPU-900

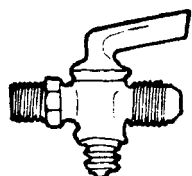
FLARE MACHO A FLARE MACHO

6 x 6
8 x 8
10 x 10
13 x 13



TAPÓN PARA CONEXIÓN FLARE HEMBRA

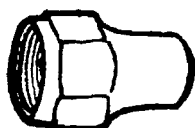
6
10
13



VPT-1000

VÁLVULA DE PASO TERMINAL
FLARE MACHO A TUBO MACHO

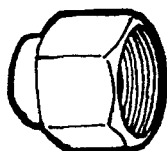
(8 x 6)	516 x 14
(10 x 6)	38 x 14
(13 x 10)	12 x 38



T-100

TUERCA CÓNICA
FLARE HEMBRA A TUBO DE COBRE

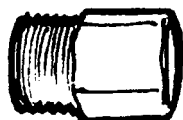
316 x 316 – (5 x 5)
14 x 14 – (6 x 6)
516 x 916 – (8 x 8)
38 x 38 – (10 x 10)
12 x 12 – (13 x 13)



TR-101

TUERCA REDUCIDA
FLARE HEMBRA A TUBO DE COBRE

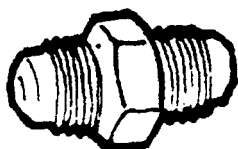
516 x 14
38 x 516 (10 x 8)



TI-102

TUERCA INVERTIDA
FLARE MACHO A TUBO DE COBRE

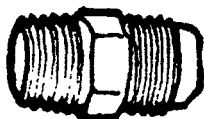
516 x 516 (8 x 8)



UN-200

NIPLE UNIÓN
FLARE MACHO A FLARE MACHO

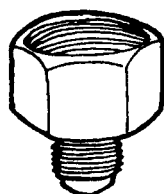
5 x 5	10 x 8
6 x 6	10 x 10
8 x 6	12 x 10
8 x 8	13 x 13



NT-201

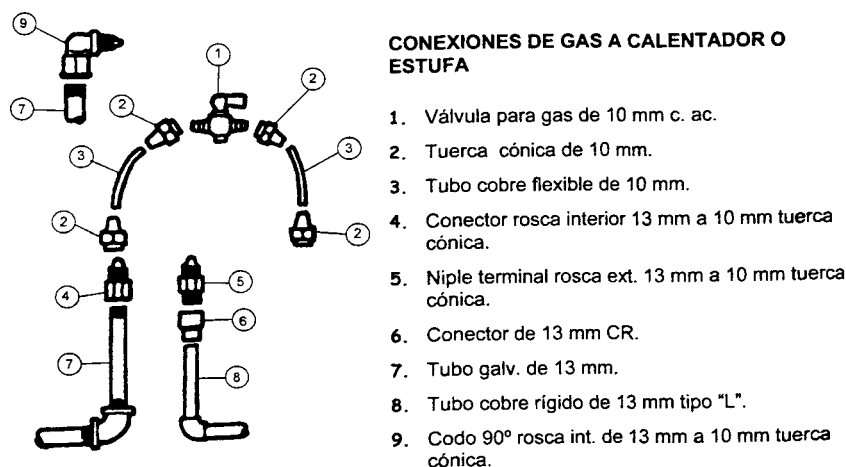
NIPLE TERMINAL
FLARE MACHO A TUBO MACHO

5 x 5	8 x 10	13 x 13
6 x 3	8 x 13	
6 x 6	10 x 3	
6 x 10	10 x 6	
8 x 3	10 x 10	
8 x 6	10 x 13	
13 x 10	13 x 6	



NIPLE AUMENTO
O CAMPANA NIPLE

(Las mismas medidas de la anterior)
FLARE MACHO A TUBO HEMBRA



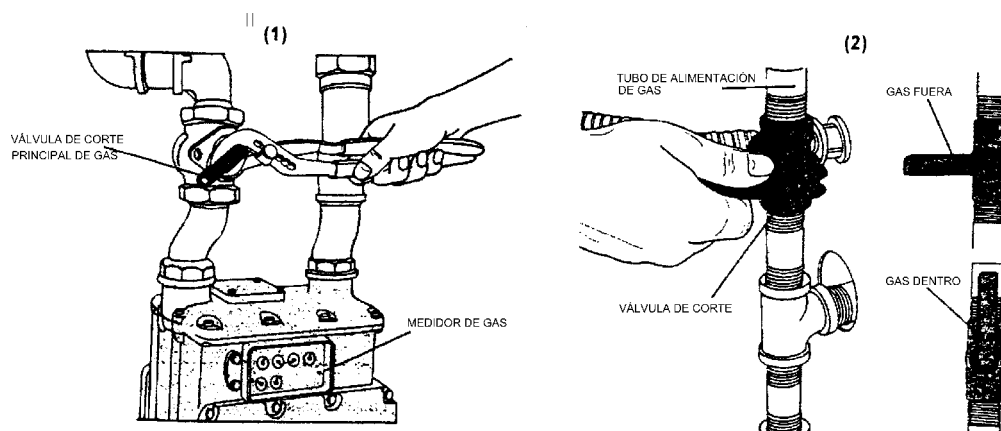
Fuente: INSTALACIONES "E. HARPER", 2000

10.4.1 Válvulas y llaves

Existen distintos tipos de llaves y válvulas usadas en las instalaciones de gas, su uso generalmente se asocia al tipo de recipiente por utilizar, así por ejemplo: para los cilindros o recipientes portátiles, se usan *válvulas de operación manual de paso* para el llenado de los recipientes con gas L.P. y para suministrar el gas a las instalaciones de servicio. Este tipo de válvulas trae incorporada una válvula de seguridad, cuya función es proteger a los recipientes en el caso que se presenten sobrepresiones interiores peligrosas. Estas válvulas, la de paso y la de seguridad, tienen un diseño que no permite que estén en contacto con el gas líquido y sólo con la zona de vapor, por lo que es importante que los recipientes portátiles que contienen gas deben estar en posición vertical.

LLAVES DE PASO

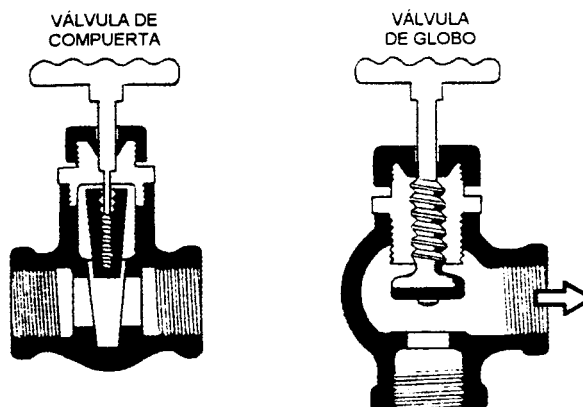
A estas llaves, también se les conoce como llaves de corte con maneral de cierre manual, se instalan para el control de servicio en forma individual en cada aparato o equipo de consumo, o bien, en ciertas secciones de la instalación.



Fuente: INSTALACIONES "E. HARPER", 2000

Fig. 10.20 Para instalaciones de gas natural se coloca válvulas de corte en la alimentación (1), y en la alimentación a algún otro aparato a gas (2); estas válvulas son de seguridad cuando se detectan fugas o se hacen reparaciones.

Para la instalación de recipientes portátiles ejemplo un calentador y de algunos aparatos de consumo también se usan válvulas de compuerta o de globo como los de la **figura 10.21**.



Fuente: INSTALACIONES "E. HARPER", 2000

Fig. 10.21 Válvulas de compuerta o de globo.

VÁLVULAS DE SERVICIO PARA RECIPIENTES ESTACIONARIOS

Estas válvulas cumplen la misma función que aquellas usadas en los recipientes o cilindros portátiles, la válvula de seguridad está interconstruida con la válvula de servicio, pero tiene un área de descarga mayor que la usada en los tanques o recipientes portátiles, estas válvulas de servicio se pueden fabricar en cualquiera las formas siguientes:

- Con válvula de máximo llenado.
- Con válvula de seguridad interconstruida.
- Con válvula de máximo llenado y de seguridad en una sola.

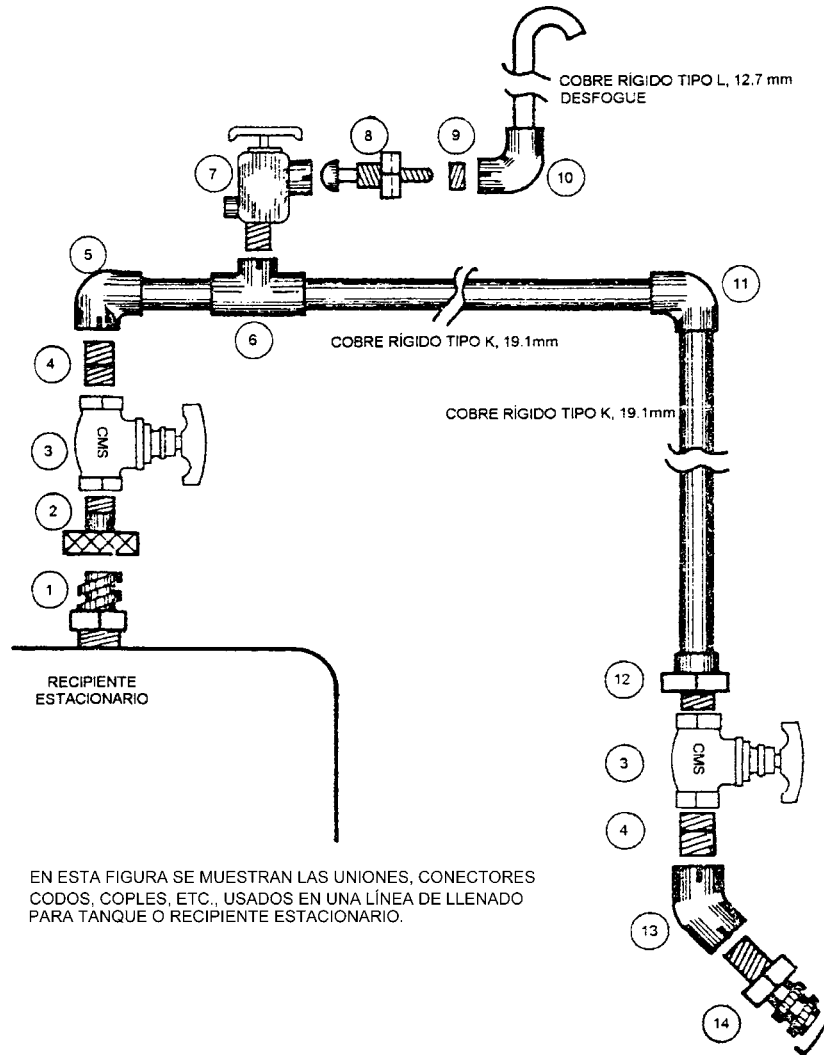
Las válvulas de seguridad usadas en los tanques estacionarios deben abrir a una presión comprendida entre 12.5 y 14 Kg/cm².

EN LAS INSTALACIONES ASOCIADAS A LOS TANQUES O RECIPIENTES ESTACIONARIOS

En forma independiente de si la aplicación de un recipiente estacionario se hace para una instalación residencial o para una comercial, se requiere de lo que se conoce como la *línea de llenado* al tanque, que es una parte de la instalación que se requiere cuando se abastece gas L.P. y por su localización no se puede hacer en forma directa con manguera del autotank de la compañía distribuidora. Esta línea de llenado debe cumplir con las disposiciones reglamentarias para obtener la máxima seguridad, que establece que la tubería debe ser de cobre rígido tipo K, las válvulas de globo especiales para el manejo de gas en estado líquido y para una presión de trabajo de hasta 28 Kg/cm², su instalación se debe hacer sobre los muros exteriores a la construcción para que sea visible, con una altura mínimo de 2.50 m sobre el nivel del suelo y separación mínima de 0.20 m con respecto a tuberías o canalizaciones de las instalaciones eléctricas o fluidos corrosivos.

Cuando el tanque estacionario se encuentra ubicado en un lugar cercano al acceso del autotank de la compañía suministradora, no es necesario la línea de llenado.

En la **figura 10.22** se puede apreciar claramente un ejemplo de instalaciones asociadas a tanques con empleo de los accesorios anteriormente descritos.

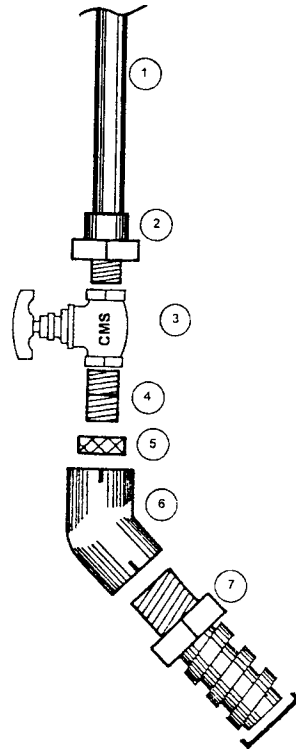


Fuente: INSTALACIONES "E. HARPER", 2000

Fig. 10.22 Elementos de la línea de llenado de tanques estacionarios.

EL MATERIAL PARA LÍNEA DE LLENADO DE LA FIGURA ANTERIOR ES EL SIGUIENTE:

1. Válvula doble check para líquidos (viene integrada al recipiente)
2. Acoplador ACME a $\varnothing 19.1$ mm.
3. Válvula de globo para líquido (28 kg/cm^2).
4. Niple galvanizado cuerda corrida $\varnothing 19.1 \times 90^\circ$.
5. Codo conector cobre rosca interior $\varnothing 19.1 \times 90^\circ$.
6. Te cobre rosca al centro $\varnothing 19.1$ mm.
7. Válvula de servicio con válvula de seguridad, integrada (para recipiente portátil 17.58 kg/cm^2).
8. Punta POL con tuerca de cuerda izquierda.
9. Reducción b. galvanizada $\varnothing 12.7$ a 6.35 mm ($1/2 \times 4$).
10. Codo conector cobre $12.7 \times 90^\circ$.
11. Codo cobre $\varnothing 19.1 \times 45^\circ$.
12. Conector cobre rosca exterior $\varnothing 19.1$ mm.
13. Codo galvanizado $\varnothing 19.1$ mm.
14. - Válvula doble check para líquido a $\varnothing 19.1$ mm.
- tubo cobre rígido tipo K $\varnothing 19.1$ mm.
- codos de cobre $\varnothing 19.1 \times 45^\circ$



Fuente: INSTALACIONES "E. HARPER", 2000

Fig. 10.23 Parte baja o toma de una línea de llenado.

MATERIAL DE LA TOMA DE UNA LÍNEA DE LLENADO

1. Tubería de cobre rígido K Ø 19.1 mm.
2. Conector de cobre rosca exterior Ø 19.1 mm.
3. Válvula globo para líquido (28 kg/cm²).
4. Niple galvanizado cuerda corrida Ø 19.1 mm.
5. Red bajada galvanizado Ø 31.8 x 45°.
6. Codo galvanizado Ø 31.8 x 45°.
7. Válvula doble check para líquido Ø 3.18 mm.

REGULADORES DE PRESIÓN

En los equipos o aparatos que usan gas para combustión, la flama del quemador debe ser azul, una flama de color amarillo indica una combustión incompleta, normalmente provocado por insuficiencia de aire primario; para que se tenga una combustión limpia o una flama libre de carbón, el 50% del aire de la combustión se debe mezclar con el gas antes de que éste encienda.

En el caso de las estufas de gas, hornos y calentadores, el orificio del quemador es un dispositivo de control que trabaja de acuerdo con los mismos principios de los equipos refrigerantes. La presión de alimentación y el diámetro del orificio determinan el flujo del gas, un orificio demasiado pequeño proporcionará una flama insignificante y poco calor. Rara vez se encuentra un motivo para reemplazar un orificio, la excepción es *cuando los equipos están diseñados para gas embotellado y se usa gas natural*.

En la **tabla 10.4** siguiente, se muestra el diámetro del orificio requerido para un cierto número de valores caloríficos, por ejemplo, si un orificio de quemador N° 48 perfora un taladro N° 44, el valor calorífico del propano cambiaría de 13.3 Kj/s a 17.7 Kj/s, debido al diámetro mayor del orificio y al aumento de flujo.

Tabla 10.4 TAMAÑOS PARA ORIFICIOS PARA GAS L.P. (AL NIVEL DEL MAR)

TAMAÑO DE LA PERFORACIÓN	PROPANO		BUTANO	
	BTU/H	KJ/S	BTU/H	KJ/S
48	45 450	13.3	50 300	14.7
44	58 050	17	64 350	18.8
40	75 400	22.09	83 500	24.4
36	89 200	26.1	98 800	28.9
32	195 800	30.7	117 000	34.2
28	154 700	45.3	171 600	50.1

Fuente: INSTALACIONES "E. HARPER", 2000

NOTA:

- Para propano: $\text{Btu/pie}^3 = 2500$; gravedad específica = 1.6; presión en orificio = 11 pulgadas (27.9 cm).
- Para Butano: $\text{Btu/pie}^3 = 3175$; gravedad específica = 2; presión en orificio = 11 pulgadas (27.9 cm).

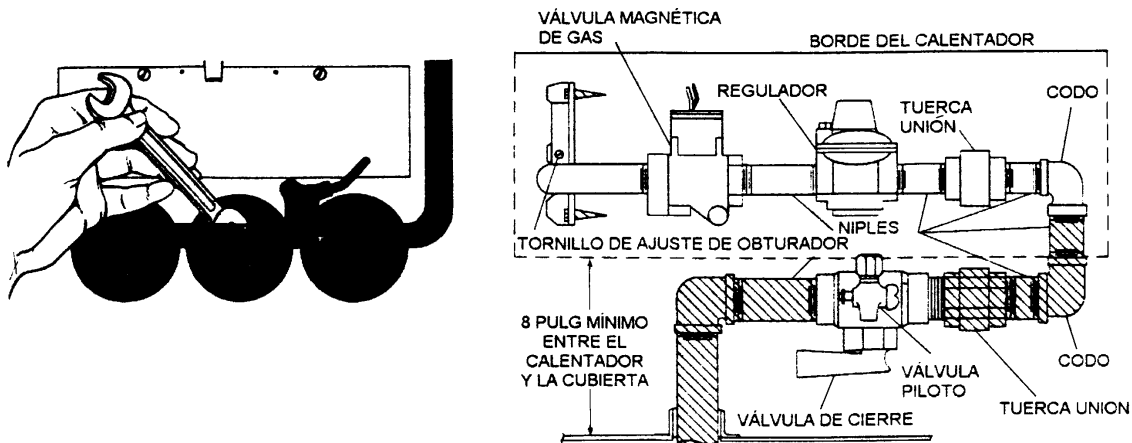
Si un horno que quema gas L.P. como combustible se cambiara para quemar gas natural, se tendrían que hacer dos cambios, el tamaño adecuado del orificio de acuerdo a la **tabla 10.5** e instalar un regulador de la presión de gas en la línea de control de gas.

TABLA 10.5 ORIFICIOS PARA QUEMADORES DE GAS NATURAL*

TAMAÑO DE LA PERFORACIÓN	CAPACIDAD POR HORA			
	PIE ³	m ³	BTU/H	KJ/S
31	40.85	1.143	44.935	13.16
30	46.87	1.312	54.557	15.1
22	70.08	1.96	77.088	22.58
15	92.02	2.576	101.222	29.6
7	114.40	3.20	125.840	36.8
2	138.76	3.88	152.636	44.7
1	147.26	4.12	161.986	47.46

Fuente: INSTALACIONES "E. HARPER", 2000

- * Las cifras dadas son para una columna de agua de 3.5 in al nivel del mar.
Gravedad específica = 0.6 y $\text{Btu/pie}^3 = 1100$ (0.029 J/m^3).

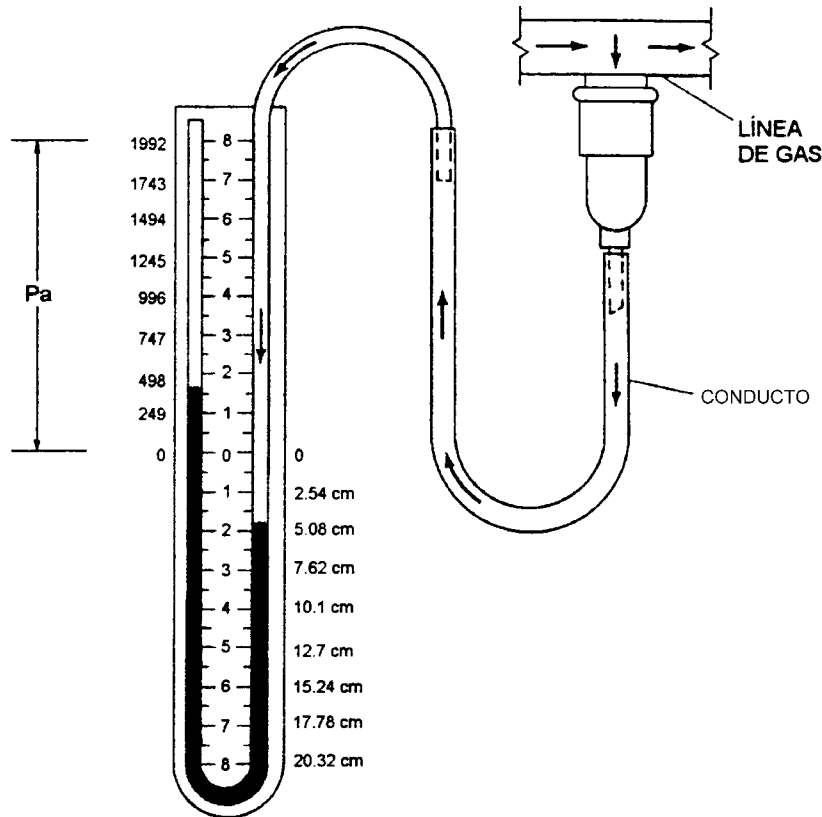


Fuente: INSTALACIONES "E. HARPER", 2000

Fig. 10.24 Instalación de orificio de tamaño apropiado con regulador en la alimentación de gas; en la parte sin encuadrar la línea de control.

PRESIÓN

La capacidad por hora de los orificios indicados en la tabla anterior, se ha elaborado con relación a una presión de alimentación de 3.5 in (8.8 cm) de columna de agua para la alimentación con gas natural, la compañía comercial debería suministrar gas natural a una residencia por lo menos a una presión de columna de agua de 8.5 in (21.59 cm), que es un valor de presión muy bajo, ya que una columna de agua de 2.31 pies ejerce una presión de 1 libra/pulg² (6.89 kPa) en su base. Para leer la presión del gas se usa un manómetro de tubo en U.



Fuente: INSTALACIONES "E. HARPER", 2000

Fig. 10.25 Manómetro de tubo en U en que se lee 3.5 in (8.8 cm) en la columna de agua.

Cuando se usa un manómetro de tubo en U, primero se llena el tubo para mantener el cero en ambas columnas, la presión del gas corresponde a la diferencia de presión entre las dos columnas; por lo que 1.75 in más 1.75 in son 3.5 in , como se muestra en la **figura 10.25**.

PARA LA ALIMENTACIÓN CON GAS NATURAL

La línea principal que va por debajo de la calle puede tener mucha mas presión, debido a que las plantas industriales pueden recibir gas a presiones mayores entre 0.5 lb/pulg² (3.4 kPa) hasta 50 lb/pulg² (344.7 kPa), esta línea se reduce por medio de un regulador de presión que se localiza antes del medidor de gas.

Todos los reguladores de presión de gas para equipos y aparatos (**ver figura 10.26**), mantienen una presión constante corriente abajo, en forma independiente de las variaciones de la corriente o del flujo, como se sabe, en las líneas o tuberías de gas, mientras mas largas sean estas, mayor es la caída de presión de gas.

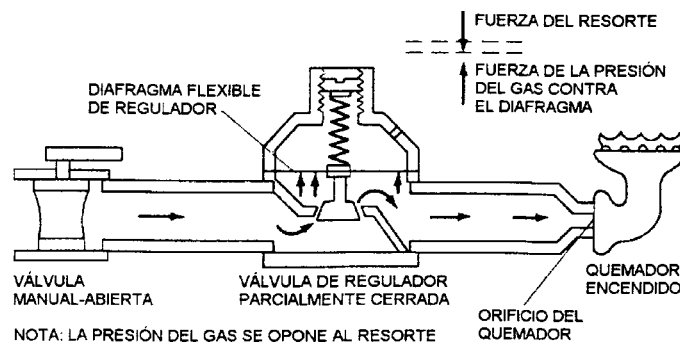
Para lograr una presión constante al orificio del quemador, se necesita un regulador de presión adicional al aparato.

Para regular la presión se inserta un desarmador y se hace girar la tuerca en sentido de las manecillas del reloj para que la presión aumente ó disminuya.

TABLA 10.6 MÁXIMA CAPACIDAD DE SUMINISTRO EN PIES CÚBICOS DE GAS POR HORA DE TUBO IPS, CONDUCIENDO GAS NATURAL DE GRAVEDAD ESPECÍFICA DE 0.65

TAMAÑO DE TUBO [in]	LONGITUD [pies]					
	10	20	30	40	50	60
1/2	170	118	95	80	71	64
3/4	360	245	198	169	150	135
1	670	430	370	318	282	255
1 1/4	1320	930	740	640	565	510
1 1/2	1990	1370	1100	950	830	760
2	3880	2680	2150	1840	1610	1480

Fuente: INSTALACIONES "E. HARPER", 2000



NOTA: LA PRESIÓN DEL GAS SE OPONE AL RESORTE

Fuente: INSTALACIONES "E. HARPER", 2000

Fig. 10.26 Regulador de presión del quemador de gas.

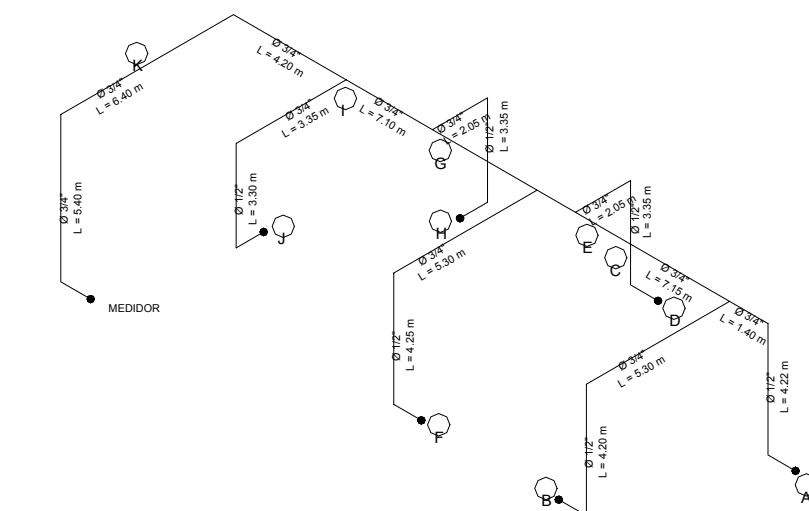
10.4.1 Simbología

+++	PARRILLA DE 3 QUEMADORES (PARR. 3Q)
++	COCINA DE 4 QUEMADORES (C 4 Q)
++ H	COCINA DE 4 QUEMADORES Y HORNO (C 4 QH)
++ HR	COCINA DE 4 QUEMADORES, HORNO Y ROSTICERO (C 4 QHR)
++ HC	COCINA DE 4 QUEMADORES, HORNO Y COMAL (C 4 QHC)
++ HRC	COCINA DE 4 QUEMADORES, HORNO, ROSTICERO Y COMAL (C 4 QHRC)
□	HORNO DOMÉSTICO
⌌	CALEFACTOR
○	CALENTADOR DE ALMACENAMIENTO DE MENOS DE 110 LTS. (CAL. ALM. < 110 LTS. Ó CA < 110 LTS.)
⊙	CALENTADOR DE ALMACENAMIENTO DE MAS DE 110 LTS. (CAL. ALM. > 110 LTS. Ó CA > 110 LTS.)
⊗	CALENTADOR DE ALMACENAMIENTO DÚPLEX (CA 2)
⊖	CALENTADOR DE AGUA AL PASO
⊕	CALENTADOR DOBLE AL PASO

	VAPORERA O BAÑO MARÍA
	CAFETERA COMERCIAL
	TORTILLADORA SENCILLA
	TORTILLADORA DOBLE
	QUEMADOR BUNSEN (Q. BUNSEN)
	CALDERA CON QUEMADOR ATMOSFÉRICO
	HORNO INDUSTRIAL CON QUEMADOR ATMOSFÉRICO (H. IND. c/Q. ATMOSF.)
	APARATO INDUSTRIAL CON QUEMADOR AIRE - GAS
	QUEMADOR
	VÁLVULA DE SEGURIDAD O RELEVO DE PRESIÓN
	VÁLVULA DE GLOBO
	VÁLVULA DE AGUJA
	LLAVE DE CUADRO
	LLAVE DE CUADRO CON OREJAS
	VÁLVULA MACHO LUBRICADA
	VÁLVULA BRIDADA
	VÁLVULA DE CIERRE RÁPIDO
	VÁLVULA CHEK SENCILLA
	VÁLVULA DE EXCESO DE FLUJO
	VÁLVULA DOBLE CHEK
	UNIÓN SOLDADA
	UNIÓN ROSCADA
	UNIÓN BRIDADA
	TUERCA UNIÓN
	PUNTA TAPONADA
	CONEXIÓN POL
	CONEXIÓN ACME
	INCINERADOR
	MANÓMETRO

10.4.2 Interpretación de planos

La interpretación de planos en instalaciones de gas al igual que en instalaciones de agua potable no varía mucho excepto por la simbología, a continuación un ejemplo:



A. 1 calentador de agua	365.000 Btu/hr
B. 1 mesa de vapor	26.000 Btu/hr
C. sección de tubo	
D. 2 salidas para freidoras	30.000 Btu/hr
1 plato de dos quemadores	25.000 Btu/hr
1 parrilla	230.000 Btu/hr
1 asador	90.000 Btu/hr
E. sección tubo	
F. 2 hornillas	94.000 Btu/hr
1 caldera de vapor	70.000 Btu/hr
1 hornillo	125.000 Btu/hr
G. sección tubo	
H. 1 rosticero	95.000 Btu/hr
I. sección tubo	
J. 1 cafetera	32.000 Btu/hr
K. sección tubo	

Si el ingeniero diseñador requiere especificar mas detalladamente en los planos, puede utilizar la simbología antes descrita.

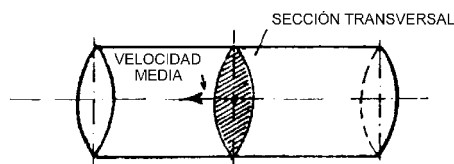
10.5 Cálculo de tuberías de gas a baja presión

Para la determinación de las dimensiones de las cañerías de gas, es necesario definir dos aspectos fundamentales, que hacen al escurrimiento del fluido que son:

- Caudal circulatorio.
- Caída de presión.

CAUDAL CIRCULATORIO

Si se supone el gas en movimiento dentro de una cañería, a través de una sección transversal S cualquiera, normal al eje, según se observa en la **figura 10.27**, pasará en un lapso determinado, una cierta cantidad de fluido.



Fuente: INST. DE GAS "P. QUADRI", 1999

Fig. 10.27 Circulación de gas por cañerías.

Se denomina *caudal*, a la cantidad de fluido que pasa a través de la sección de cañería en la unidad de tiempo y se expresa con la ecuación:

$$C = S \times v$$

Donde:

C: caudal de gas, [m³/h]

v: velocidad de circulación, [m/h]

S: sección transversal de la cañería, [m²]

CAÍDA DE PRESIÓN

Se define la *presión*, como la fuerza que se ejerce por unidad de superficie, la que se mide en kg/cm² ó kg/m².

La presión se la expresa también en milímetro de columna de agua. Así 1 mmca = 1 kg/m².

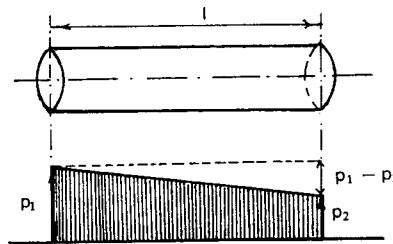
La *presión manométrica*, es, entonces, la presión que acusa el instrumento medidor o manómetro, mientras que la *presión absoluta* es igual a la presión manométrica más la presión atmosférica, cuyo valor aproximado es 1.033 kg/cm².

Los fluidos, al desplazarse por las cañerías, encuentran resistencias que son de dos tipos:

- Frotamiento del fluido con las paredes de la canalización.
- Frotamiento interno de las partículas del mismo fluido o viscosidad.

Estos frotamientos producen una caída de presión a lo largo de la red de cañerías, que suele denominarse también *pérdida de carga*.

Si se analiza un tubo recto de sección constante, por la que circula el gas, puede considerarse que esa pérdida de presión o pérdida de carga es *proporcional* a lo largo del mismo, según se indica en la **figura 10.28**.



Fuente: INST. DE GAS "P. QUADRI", 1999

Fig. 10.28 Caída de presión o pérdida de carga en cañerías.

Si p_1 es la presión en el punto inicial y p_2 en el punto final del tramo de conducto, puede decirse que:

$$p_1 - p_2 = l \cdot R$$

donde:

p_1 : presión inicial, [kg/m² o mmca]

p_2 : presión final, [kg/m² o mmca]

R : pérdida de carga por metro o *gradiente* [mmca/m]

l : longitud del tramo de cañería, [m].

A R se lo denomina *gradiente*, dependiendo de las características físicas del gas utilizado, longitud

y diámetro, así como del material de la cañería y de la velocidad de circulación.

Sin embargo, en la red, también se producen pérdidas de carga en los distintos accesorios que la componen, como codos, tes, curvas, cambios de sección y dirección, etc., denominadas *resistencias individuales o resistencias aisladas*.

La caída de presión por dicho efecto, depende, fundamentalmente, de la forma o característica particular del accesorio o elemento de que se trate.

Hay una forma sencilla de estimar dichos frotamientos, y es establecer una relación entre la caída de presión de cada accesorio con respecto al que tendría una determinada longitud de caño del mismo diámetro, denominado *longitud equivalente*.

Así se incluye la tabla práctica que se muestra en la **tabla 10.7** en la que se expresa la longitud equivalente de accesorios de cañerías en función del diámetro.

Tabla 10.7 LONGITUDES EQUIVALENTES DE ACCESORIOS A ROSCA, EN DIÁMETROS

Codo a 45°	14 d
Codo a 90°	30 d
Curva	20 d
Te flujo a través	20 d
Reducciones	10 d menor
Te flujo a 90°	60 d
Válvula globo	333 d
Válvula esclusa	7d
Válvula macho	100 d

Fuente: INST. DE GAS "P. QUADRI", 1999

Así, por ejemplo, si se tiene una curva de 25 mm (1") de diámetro, la caída de presión será equivalente a la de un caño de 25 mm (1") de diámetro de la siguiente longitud:

$$1 \text{ curva: } 20 \text{ d} = 20 \times 0.025 \text{ m} = 0.50 \text{ [m]}$$

De esa manera, puede expresarse la caída de presión de un accesorio en función de la siguiente ecuación:

$$p_1 - p_2 = l_{eq} R$$

donde :

l_{eq} : longitud equivalente, [m]

CAIDA DE PRESIÓN TOTAL

La caída de presión total que se produce en los tramos rectos y resistencias individuales en la red de cañerías, se puede expresar, entonces, por la ecuación:

$$\Sigma (p_1 - p_2) = \Sigma l R + \Sigma l_{eq} R$$

donde:

$\Sigma (p_1 - p_2)$: sumatoria de caída de presión total de la red de cañerías, [mmca o kg/m²]

R : gradiente o pérdida de carga por metro, [mmca/m]

Σl : sumatoria de los tramos rectos del circuito, [m]

Σl_{eq} : sumatoria de la longitud equivalente por caída de presión en los accesorios de la red de cañerías, (m).

Por lo tanto:

$$\Sigma (p_1 - p_2) = \Sigma (l + l_{eq}) R$$

10.5.1 Cálculo de tuberías

La circulación del gas por las cañerías, presupone, de acuerdo a lo indicado, la existencia de un gradiente o pérdida de presión por metro (R), en el sentido de avance del fluido.

Al circular el gas por las cañerías, adquieren fundamental importancia en la determinación de las caídas de presiones, la característica del fluido, como ser: viscosidad, peso específico, temperatura, presión de trabajo, etc., así como la rugosidad de las paredes de las conducciones y el régimen de escurrimiento.

Para su determinación se emplean fórmulas matemáticas establecidas sobre la base de las leyes de la dinámica de los fluidos.

Las constantes numéricas aplicadas a dichas fórmulas, determinadas mediante ensayos, han permitido fijar con suficiente exactitud las relaciones entre los caudales, diámetros y presiones que constituyen los parámetros básicos de cálculo.

Existen numerosas ecuaciones aplicables a estos estudios de transporte de gas, por lo que se han seleccionado aquellas que han dado buenos resultados en los problemas de aplicación práctica.

Para el cálculo de cañerías de *gas a baja presión* puede adoptarse la fórmula del doctor Poole de acuerdo a lo siguiente:

$$d = \sqrt[5]{\frac{2 C^2 s l}{p_1 - p_2}}$$

donde:

d : diámetro interior, [cm]
 C: caudal del gas, [m³/h]
 s : densidad del gas (con respecto al aire s = 1)
 l : longitud del caño, [m]
 p₁ : presión en la entrada del gas [mmca o kg/m²]
 p₂ : presión en la salida del gas [mmca o kg/m²]

Con esta fórmula se han confeccionado las tablas de cálculo, que dan los diámetros de las cañerías en función del caudal y longitud de las mismas.

Las tablas se realizaron sobre la base de una caída de presión de 10 mmca, de acuerdo al detalle siguiente:

- Gas natural; densidad 0.65. Tubería de hierro (**tabla 10.8**).
- Gas envasado; densidad 1.52. Tubería de hierro (**tabla 10.9**).
- Gas; densidad 1.5. Tubería de cobre, con coeficientes para aplicar a los distintos tipos de gas que se utilizan (**tabla 10.10**).

10.5.2 Cálculo de los diámetros de tuberías en instalaciones domiciliarias

El cálculo de las tuberías de gas en el interior de los edificios se lo encara en dos partes

fundamentales:

- *Cálculo de la tubería interna:* que comprende la cañería desde el medidor hasta los artefactos de consumo.
- *Cálculo de las prolongaciones domiciliarias:* comprende las cañerías desde la conexión a la red hasta el medidor.

10.5.3 Cálculo de la cañería interna

El cálculo se basa en el supuesto de suministrar el suficiente gas como para cubrir la demanda máxima, sin superar una pérdida de presión admisible entre el medidor y el artefacto más alejado.

Para el cálculo se emplean las tablas confeccionadas con la fórmula del doctor Poole, insertas en las **tablas 10.8 a 10.11**.

El diámetro necesario de cañería para suministrar el máximo caudal de gas correspondiente a una instalación, depende de los siguientes factores:

- Caudal máximo de gas a consumir.
- Longitud de la cañería y longitud equivalente por accesorios.
- Pérdida de carga admitida.
- Densidad del gas.
- Factor de simultaneidad.

Es importante conocer la *trayectoria exacta* de los tubos para evitar cortes y perforaciones innecesarios en vigas maestras, muros y pisos. En general, los tubos deben subir en una línea continua desde el punto más bajo: un método adecuado es llevar la tubería principal de la instalación desde el medidor y hacerla avanzar en líneas radiales hacia afuera y hacia arriba partiendo de este punto. Un sifón, grifo o tapón de recepción colocado en el punto más bajo, sirve para coleccionar el polvo y la condensación que se acumulen en la tubería.

Los puntos a observar son los siguientes:

1. Deben evitarse los dobleces agudos.
2. La tubería nunca debe correr dentro de una cavidad o espacio hueco sin ventilación.
3. Debe tenerse fácil acceso a la tubería sin dañar la estructura.
4. Los tubos deben ser de material incombustible y deben estar soportados de manera adecuada.
5. Igual que para las tuberías de servicio, los tramos de la instalación que pasen a través de un piso o un muro deben contar con una manga o casquillo. Asimismo, es necesario rellenar el espacio que quede entre el casquillo y el tubo.
6. La tubería no debe pasar cerca de una fuente de calor o de humedad.
7. Cada tramo de tubería se debe instalar de manera que pueda desconectarse y

reemplazarse fácilmente.

Tabla 10.8 CAUDAL DE LITROS DE GAS POR HORA, PARA CAÑERÍAS DE DIFERENTES DIÁMETROS Y LONGITUDES (GAS NATURAL)
Densidad 0.67 Para Caída de presión h = 10 mm

LONG. DE LA CAÑERÍA [m]	DIÁMETROS DE LA CAÑERÍA EN MILÍMETROS									
	9.5 [3/8"]	13 [1/2"]	19 [3/4"]	25 [1"]	32 [1 1/4"]	38 [1 1/2"]	51 [2"]	63 [2 1/2"]	76 [3"]	101 [4"]
2	1.745	3.580	9.895	20.260	35.695	55.835	114.615	198.330	312.851	624.217
3	1.425	2.925	8.065	16.540	28.900	45.585	93.580	161.015	255.411	524.304
4	1.235	2.535	6.985	14.325	25.080	39.480	81.050	140.219	221.186	454.046
5	1.105	2.265	6.250	12.810	22.685	35.490	72.490	125.419	197.840	406.125
6	1.005	2.070	5.705	11.695	20.435	32.165	66.165	114.511	180.634	370.802
7	930	1.915	5.280	10.835	18.920	29.265	61.265	106.025	167.250	343.325
8	870	1.790	4.940	10.130	17.695	27.295	57.295	99.165	159.425	321.108
9	820	1.690	4.655	9.550	16.685	25.025	54.025	93.479	147.455	307.698
10	780	1.600	4.420	9.060	15.825	23.245	51.245	88.689	139.903	287.189
12	710	1.460	4.035	8.270	14.450	21.790	46.790	80.957	127.705	282.151
14	660	1.355	3.735	7.655	13.375	20.315	43.315	74.963	118.249	248.740
16	615	1.265	3.495	7.160	12.510	19.015	40.515	70.109	110.593	227.024
18	580	1.195	3.290	6.750	11.795	18.190	38.190	66.110	104.283	240.071
20	550	1.130	3.125	6.405	11.190	17.240	36.240	62.709	98.919	203.062
22	525	1.080	2.980	6.105	10.670	16.550	34.550	59.794	94.322	190.784
24	500	1.035	2.850	5.845	10.215	15.860	33.060	57.244	90.298	185.363
26	480	990	2.740	5.620	9.815	15.185	31.785	54.995	86.690	178.092
28	465	960	2.640	5.412	9.460	14.630	30.630	53.002	83.608	174.449
30	450	925	2.550	5.230	9.135	14.180	29.580	51.202	80.768	165.800
32	435	895	2.470	5.065	8.850	13.745	28.075	49.582	78.312	160.553
34	420	870	2.395	4.910	8.580	13.325	27.785	48.094	75.865	155.735
36	410	845	2.330	4.775	8.340	12.920	27.005	46.739	73.728	151.349
38	400	820	2.265	4.650	8.120	12.525	26.295	45.796	71.763	147.322
40	390	800	2.210	4.525	7.910	12.145	25.615	44.344	69.951	143.594
42	380	780	2.155	4.420	7.720	11.780	25.005	43.277	68.267	140.138
44	370	765	2.105	4.320	7.545	11.420	24.430	42.279	66.692	136.905
46	360	745	2.060	4.220	7.375	11.065	23.885	41.349	65.227	133.897
48	355	730	2.015	4.135	7.225	10.725	23.395	40.478	63.852	131.075
50	350	715	1.975	4.035	7.075	10.395	22.920	39.660	62.560	128.424
55	330	685	1.885	3.860	6.750	9.845	21.850	37.815	59.850	122.403
60	315	655	1.805	3.695	6.460	9.310	20.920	36.205	57.109	117.233
65	305	630	1.730	3.550	6.210	8.965	20.105	34.784	54.870	112.638
70	295	605	1.670	3.420	5.980	8.630	19.360	33.521	52.876	108.545
75	285	585	1.615	3.310	5.780	8.315	18.715	32.383	51.881	104.860
80	275	565	1.565	3.200	5.595	8.030	18.120	31.354	49.454	101.531
85	265	550	1.515	3.105	5.425	7.765	17.565	30.419	47.984	98.502
90	260	535	1.470	3.015	5.270	7.515	17.070	29.563	46.634	95.729
95	250	520	1.435	2.940	5.135	7.280	16.630	28.764	45.399	93.175
100	245	505	1.400	2.865	5.005	7.055	16.205	28.043	44.237	90.800
110	235	485	1.330	2.730	4.770	6.730	15.460	26.738	42.178	86.583
120	225	460	1.275	2.615	4.570	6.430	14.800	25.600	40.384	82.900
130	215	445	1.225	2.515	4.390	6.150	14.225	24.896	38.800	79.649
140	205	430	1.180	2.420	4.230	5.900	13.695	23.701	37.387	76.749
150	200	415	1.140	2.340	4.090	5.670	13.340	22.898	36.120	74.158
160	195	400	1.105	2.265	3.955	5.450	12.815	22.170	34.972	71.791
170	190	390	1.070	2.195	3.835	5.250	12.425	21.509	33.929	69.649
180	185	380	1.045	2.135	3.750	5.080	12.085	20.902	32.972	67.687
190	175	370	1.015	2.070	3.625	4.930	11.765	20.344	32.092	65.879
200	170	360	1.015	2.025	3.540	4.800	11.460	19.830	31.230	64.217

Fuente: "DOCTOR POOLE", 2000

Tabla 10.9 CAUDAL DE LITROS DE GAS POR HORA, PARA CAÑERÍAS DE DIFERENTES DIÁMETROS Y LONGITUDES (GAS ENVASADO)

Densidad 1.73 Para Caída de presión h = 10 mm

LONG. DE LA CAÑERÍA [m]	DIÁMETROS DE LA CAÑERÍA EN MILÍMETROS						
	9.5 [3/8"]	13 [1/2"]	19 [3/4"]	25 [1"]	32 [1 1/4"]	38 [1 1/2"]	51 [2"]
2	1.030	2.120	5.895	12.075	20.920	33.025	77.925
3	925	1.825	5.045	10.780	18.770	29.485	60.650
4	780	1.600	4.455	9.125	15.795	24.920	51.990
5	690	1.420	3.930	8.060	13.950	22.015	45.235
6	650	1.340	3.735	7.650	13.255	20.905	42.975
7	595	1.330	3.410	6.975	12.110	19.085	39.285
8	555	1.130	3.160	6.470	11.200	17.660	36.305
9	530	1.095	3.045	6.245	10.840	17.060	35.100
10	505	1.030	2.880	5.870	10.530	16.035	32.950
12	465	950	2.640	5.420	9.380	14.770	30.370
14	420	865	2.455	4.940	8.565	13.480	27.730
16	400	815	2.385	4.655	8.060	12.690	26.115
18	380	770	2.155	4.415	7.650	12.660	24.780
20	355	725	2.020	4.150	7.190	11.330	23.305
22	340	695	1.940	3.980	6.895	10.865	22.325
24	330	665	1.865	3.830	6.625	10.445	21.480
26	315	640	1.785	3.650	6.320	9.970	20.500
28	300	620	1.720	3.595	6.105	9.615	19.795
30	295	595	1.670	3.425	5.925	9.335	19.205
32	281	575	1.605	3.290	5.700	8.985	18.476
34	274	560	1.555	3.210	5.560	8.745	17.445
36	267	545	1.525	3.125	5.405	8.520	17.535
38	258	535	1.475	3.025	5.245	8.270	16.990
40	253	520	1.445	2.955	5.095	8.075	16.580
42	246	505	1.405	2.890	5.005	7.895	16.230
44	242	490	1.375	2.815	4.870	7.695	15.795
46	236	480	1.350	2.750	4.775	7.540	15.470
48	232	476	1.290	2.710	4.690	7.385	15.190
50	226	463	1.265	2.640	4.565	7.215	14.800
55	215	440	1.230	2.520	4.350	6.880	14.180
60	206	421	1.180	2.416	4.185	6.600	13.580
65	199	404	1.130	2.300	4.010	6.320	13.085
70	191	393	1.090	2.230	3.875	6.105	12.580
75	185	376	1.055	2.140	3.740	5.940	12.115
80	178	365	1.020	2.090	3.620	5.700	11.725
85	174	355	990	2.015	3.610	5.585	11.430
90	169	347	964	1.970	3.425	5.390	11.090
95	163	337	938	1.910	3.325	5.280	10.810
100	160	228	912	1.865	3.245	5.110	10.530
110	153	313	970	1.785	3.090	4.170	10.040
120	146	300	821	1.705	2.960	4.660	9.590
130	142	286	800	1.635	2.835	4.480	9.210
140	134	278	772	1.580	2.733	4.325	8.825
150	131	268	744	1.525	2.640	4.170	8.580
160	126	258	720	1.475	2.540	4.045	8.310
170	122	250	702	1.430	2.480	3.915	8.060
180	119	244	680	1.395	2.415	3.805	7.975
190	115	237	620	1.355	2.350	3.705	7.635
200	112	232	646	1.320	2.290	3.610	7.470

Fuente : "DOCTOR POOLE", 2000

Tabla 10.10 CAUDAL DE LITROS DE GAS POR HORA, PARA TUBOS DE COBRE DE DIFERENTES DIÁMETROS Y LONGITUDES

Densidad 1.5 Para Caída de presión $h = 10$ mm

LONG. DE LA CAÑERÍA [m]	DIÁMETROS DE LA CAÑERÍA EN MILÍMETROS				
	8 [5/16"]	9.5 [3/8"]	13 [1/2"]	16 [5/8"]	19 [3/4"]
2	360	630	1.640	2.990	4.860
3	290	510	1.380	2.440	3.970
4	250	450	1.168	2.110	3.440
5	230	400	1.035	1.900	3.070
6	210	360	940	1.730	2.800
7	190	330	870	1.600	2.600
8	180	320	820	1.500	2.430
9	170	300	770	1.410	2.390
10	160	280	730	1.340	2.170
12	140	260	670	1.200	1.990
14	135	240	620	1.150	1.850
16	130	225	580	1.050	1.700
18	120	210	545	1.000	1.600
20	115	200	520	950	1.550
22	110	190	495	900	1.450
24	105	180	470	865	1.400
26	100	175	455	830	1.350
28	95	170	435	800	1.300
30	90	165	420	775	1.250
32		160	410	750	1.200
34		155	395	725	1.180
36		150	385	705	1.150
38		145	375	685	1.100
40		140	365	670	1.090
45			345	630	1.030
50			330	600	975
55			310	580	930

Fuente: "DOCTOR POOLE", 2000

NOTAS:

Esta tabla puede utilizarse para gases de distinta densidad aplicando los siguientes factores de conversión:

Gas manufacturado, mezclado	densidad 0.6	factor 1.60
Gas natural	densidad 0.67	factor 1.50
Gas butano - aire	densidad 1.20	factor 1.10
Gas butano (envasado grado 3)	densidad 1.90	factor 0.88

CAUDAL MÁXIMO DE GAS A CONSUMIR

El volumen de gas a suministrar en la unidad de tiempo (m^3/h ó l/h), se obtiene del consumo total de los artefactos a instalar.

En la **tabla 10.11**, se dan los valores de consumo promedio estimados, de los artefactos de usos domésticos, mas comúnmente utilizados.

TABLA 10.11 CONSUMO MEDIO DE ARTEFACTOS DOMÉSTICOS (kcal/h)

COCINAS:	
Quemadores de hornalla chicos	800 – 1000
Quemadores de hornalla medianos	1 200 - 1 400
Quemadores de hornalla grande	2 000
Quemadores de horno	2 500 - 4 000
CALENTADORES DE AGUA INSTANTÁNEAS (CALEFONES):	
De 3 [l/min]	4 700 - 5 000
De 8 [l/min]	11 500 - 12 500
De 10 [l/min]	15 000 - 16 000
De 12 [l/min]	18 000 - 19 000
De 14 [l/min]	21 000 - 22 400
De 16 [l/min]	24 000 - 25 500
CALENTADORES DE AGUA DE ACUMULACIÓN DE RÁPIDA RECUPERACIÓN (TERMOTANQUES):	
De 50 [lts] de capacidad	4 000 - 5 000
De 75 [lts] de capacidad	5 000 - 6 500
De 110 [lts] de capacidad	6 500 - 8 000
De 150 [lts] de capacidad	8 000 - 9 500
CALENTADORES DE AMBIENTE (ESTUFAS) de cámara de combustión abierta y con ventilación al exterior ó calentadores de ambiente de cámara de combustión estanca (balanceados).	
CONSUMO PROMEDIO DE ARTEFACTOS PARA:	
Calefacción doméstica: 2 500 [kcal/h]; 3 000 [kcal/h]; 4 500 [kcal/h]; 6 000 [kcal/h]; 9 000 [kcal/h]; 10 000 [kcal/h].	
APARATOS DE CALEFACCIÓN CENTRAL POR AIRE CALIENTE A CIRCULACIÓN FORZADA:	
Ambito doméstico, consumos: 12 000 - 60 000 [kcal/h]	
Ambito comercial, consumos: 60 000 - 600 000 [kcal/h]	
HELADERAS:	
Capacidad	
0.070 [dm ³] - 0.090 [dm ³]	200
0.090 [dm ³] - 0.120 [dm ³]	340
0.225 [dm ³] - 0.300 [dm ³]	650
SECADORES DE ROPA:	
Consumo aproximado a 1 000 [kcal/h] por kg de ropa húmeda (centrifugada)	
Equipos con consumos de 2 000 a 4 000 [kcal/h]	

Fuente: INST. DE GAS "P. QUADRI", 1999

Se define kilocaloría a la cantidad de calor necesario para elevar la temperatura de 1 kg de agua de 14.5 a 15.5 °C, a presión atmosférica normal (760 mmca o 1.033 kg/cm²).

De esa manera, para hallar el caudal de gas a suministrar, se aplica la fórmula:

$$C = \frac{Q}{\eta P_c}$$

donde:

C : caudal de gas a presión atmosférica normal, [m³/h]

Q : cantidad de calor a suministrar por el aparato, [kcal/h]
 η : rendimiento o factor de funcionamiento del aparato [%]
 Pc : poder calorífico del combustible [kcal/m³]

El poder calorífico es la cantidad de calor en kcal que produce el combustible por m³ de gas a 15 °C y a presión atmosférica normal.

En la **tabla 10.12** se indican los poderes caloríficos de los gases mas utilizados.

TABLA 10.12 PODER CALORÍFICO DE LOS GASES

TIPO DE GAS	Kcal/m ³
Gas natural	9 000
Gas envasado grado 1	22 380
Gas envasado grado 3	27 482
Gas butano - aire	variable

Fuente: INST. DE GAS "P. QUADRI", 1999

EJEMPLO:

Determinar el consumo en m³/h de un calefón de 8 [l/min], para un gas de un poder calorífico de 9 000 [kcal/m³].

En la **tabla 10.11**, se establece que el consumo para un calefón de estas características es de 11 500 a 12 500 [kcal/h], valores en lo que ya se ha estimado un rendimiento del 80 %.

Por ello el caudal de gas a utilizar valdrá, adoptando 12 500 [kcal/h]:

$$C = \frac{12\,500 \text{ kcal/h}}{9\,000 \text{ kcal/h}} = 1.388 \text{ [m}^3/\text{h]}$$

Para la determinación de los consumos, es conveniente tener en cuenta su posible aumento, por el agregado o cambio futuro de algún artefacto.

Como mínimo, las instalaciones de uso doméstico, se proyectan teniendo en cuenta la instalación de cocina y calefón (2 m³/h), efectuándose el cálculo como si todos los artefactos estuvieran colocados.

LONGITUD DE LA CAÑERÍA Y NÚMERO Y TIPO DE ACCESORIOS (LONGITUD EQUIVALENTE)

Para calcular el diámetro de los distintos tramos que constituyen una instalación, la longitud a considerar va a depender del trayecto a recorrer por el gas, desde el medidor hasta el artefacto más alejado que alimenta.

La longitud, así determinada, se debe incrementar con la *longitud equivalente* de los distintos accesorios que la componen.

Se define *longitud equivalente* de un accesorio a la longitud de caño recto, del mismo diámetro que éste, que ofrece igual resistencia al paso del gas, es decir, que provoca igual caída de presión, de acuerdo a lo explicado precedentemente.

Para el cálculo de cañerías se emplea la tabla práctica que fuera consignada en la **tabla 10.7**, de esta manera, la *longitud de cálculo* será la suma de la longitud real de la canalización, y la longitud equivalente en metros, por los distintos accesorios que la componen.

Sin embargo, según se observa en la **tabla 10.7**, la *longitud equivalente depende del diámetro de la canalización*, dato todavía no conocido, por lo que no se puede determinar a priori ese valor.

Por ello, la manera práctica de encarar el cálculo, es efectuar el *predimensionamiento* de la instalación directamente, empleando la *longitud real* de las cañerías, sin considerar la longitud equivalente y de esa manera establecer los diámetros de la canalización.

Luego, conocidos los diámetros, puede efectuarse el *cálculo de verificación* de los mismos, incrementando a la longitud real, la longitud equivalente de los distintos accesorios que componen la instalación.

La experiencia de cálculos realizados en instalaciones domésticas demuestran que *la diferencia entre el cálculo de predimensionamiento y verificación no es representativo*, por lo que en la práctica sólo se suele realizar el cálculo sin considerar la longitud equivalente.

PÉRDIDA DE CARGA ADMITIDA

La pérdida de carga o caída de presión entre el medidor, funcionando la totalidad de los artefactos debe exceder de 10 mm de columna de agua.

DENSIDAD DEL GAS

Depende del tipo y característica del gas a utilizar. Los valores de densidad se dan relacionados con el aire igual a 1. En la **tabla 10.13** se establecen los valores de densidad, de los gases mas utilizados.

Tabla 10.13 DENSIDAD DE GASES

TIPO DE GAS	DENSIDAD Aire = 1
Gas natural	0.67
Gas envasado grado 1	1.73
Gas envasado grado 3	1.91
Gas butano - aire	1.14

Fuente: INST. DE GAS "P. QUADRI", 1999

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 la característica del proyecto.

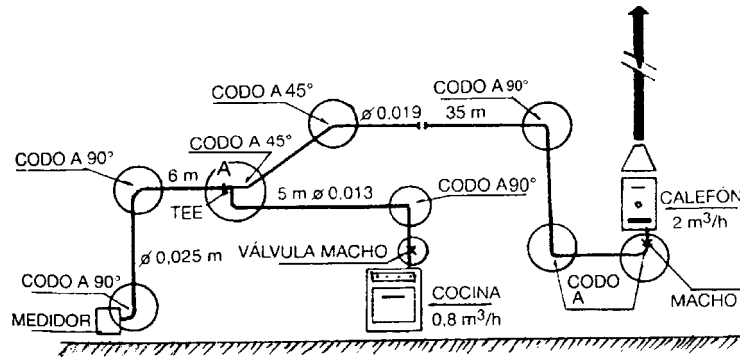
Para el uso doméstico se fija en 1 dicha relación, lo que implica calcular la instalación *como si todos los artefactos estuvieran conectados, funcionando simultáneamente*.

10.5.4 Ejemplos de cálculos de cañerías internas

EJEMPLO 1

Supóngase calcular los diámetros de la cañería de la **figura 10.29**, compuesta por una cocina con un consumo de 0.8 m³/h (800 l/h) y un calefón de 2 m³/h (2.000 l/h). Se utiliza gas natural de 9.000 kcal/m³ y la pérdida de carga no debe ser mayor de 10 mmca.

Para la realización del cálculo, como no se conocen los diámetros de cañerías, no se puede determinar *a priori* la longitud equivalente debido a los accesorios. Por ello, se efectúa el diseño sin tener en cuenta dicha longitud equivalente, lo que permite determinar los diámetros de las cañerías. Luego, teniendo en cuenta esos diámetros se efectúa la verificación o cálculo definitivo.



Fuente: INST. DE GAS "P. QUADRI", 1999

Fig. 10.29 Esquema de instalación de gas natural.

CALCULO DE LAS CAÑERÍAS SIN TENER EN CUENTA LA LONGITUD EQUIVALENTE
El cálculo comienza desde el artefacto más alejado, hacia el medidor.

Tramo calefón - A

Longitud a considerar, desde el calefón al medidor: $35 + 6 = 41$ m.
Consumo: $2 \text{ m}^3/\text{h}$.

En la **tabla 10.8**, con la longitud 42 m (la tabla no da 41 m), con un caudal de $2.155 \text{ m}^3/\text{h}$ (mayor que $2 \text{ m}^3/\text{h}$), se adopta el diámetro 19 mm ($3/4"$).

Tramo cocina - A

Longitud a considerar, desde la cocina al medidor: $5 + 6 = 11$ m.
Consumo: $0,8 \text{ m}^3/\text{h}$.

En la **tabla 10.8**, con la longitud de 11 m, con un caudal de $1.46 \text{ m}^3/\text{h}$ (mayor que $0.8 \text{ m}^3/\text{h}$), se adopta el diámetro 13 mm ($1/2"$).

Tramo A - medidor

Longitud a considerar, el del *artefacto más alejado*, en este caso, el calefón: 41 m.
Consumo: es la suma de los consumos de los artefactos que debe alimentar la cañería, en este caso calefón y cocina: $2 + 0.8 = 2.8 \text{ m}^3/\text{h}$.

En la **tabla 10.8**, con la longitud de 42 m (la tabla no da 41 m) y un consumo de $4.42 \text{ m}^3/\text{h}$ (mayor que $2,8 \text{ m}^3/\text{h}$), se adopta el diámetro de 25 mm ($1"$).

Los valores obtenidos se resumen en el siguiente cuadro.

TRAMO	LONGITUD [m]	CONSUMO [m³/h]	DIÁMETRO [mm]
Calefón - A	41	2	19
Cocina - A	11	0.8	13
A - medidor	41	2.8	25

VERIFICACIÓN DEL CÁLCULO TENIENDO EN CUENTA LA LONGITUD EQUIVALENTE

Tramo calefón - A

En la **tabla 10.7** se indica que las longitudes equivalentes, son:

Codo a $90^\circ = 30$ diámetros.
Te a través = 20 diámetros.

Te flujo a 90° = 60 diámetros.
 Codo a 45° = 14 diámetros.
 Válvula macho = 100 diámetros.
 Reducción = se desprecia.

Se calcula la longitud equivalente de acuerdo a la instalación:

1 Válvula macho 19 mm = $100 \times 0.019 \text{ m} = 1.9 \text{ m}$
 3 Codos a 90° de 19 mm = $3 \times 30 \times 0.019 \text{ m} = 1.71 \text{ m}$
 2 Codos a 45° de 19 mm = $2 \times 14 \times 0.019 \text{ m} = 0.53 \text{ m}$
 1 Reducción 19 x 25 = se desprecia
 1 Te a través 25 mm = $1 \times 20 \times 0.025 \text{ m} = 0.5 \text{ m}$
 2 Codos a 90° de 25 mm = $2 \times 30 \times 0.025 \text{ m} = 1.50 \text{ m}$

La longitud equivalente en los accesorios es de 6.14 m
 La longitud total a considerar será de $41 \text{ m} + 6.14 \text{ m} = 47.14 \text{ m}$

Tramo cocina - A

En este caso el tramo es de 11 m reales. Se calcula la longitud equivalente de acuerdo a los accesorios instalados.

1 Válvula macho 13 mm = $100 \times 0.013 \text{ m} = 1.3 \text{ m}$
 2 Codos a 90° de 13 mm = $2 \times 30 \times 0.013 \text{ m} = 0.78 \text{ m}$
 1 Reducción 13 x 25 = se desprecia
 1 Te flujo a 90° de 25 mm = $1 \times 60 \times 0.025 \text{ m} = 1.50 \text{ m}$
 2 Codos a 90° de 25 mm = $2 \times 30 \times 0.025 \text{ m} = 1.50 \text{ m}$

La longitud total es de $11 \text{ m} + 5.08 \text{ m} = 16.08 \text{ m}$

Tramo A - medidor

El tramo es de 41 m reales y para el cálculo de longitud equivalente se considera el artefacto más alejado del medidor y todos los accesorios que están incluidos en él, que en este caso son los del tramo calefón - A.

Por lo tanto, la longitud equivalente es de 6.14 m y la longitud total a considerar será de 47.14 m.

Con los datos obtenidos y la **tabla 10.8** se obtienen los *diámetros definitivos*, que son similares a los obtenidos anteriormente, consignándose los valores en este último cuadro.

TRAMO	LONGITUD [m]	CONSUMO [m³/h]	DIÁMETRO [mm]
Calefón - A	47.14	2	19
Cocina - A	16.08	0.8	13
A - medidor	47.14	2.8	25

EJEMPLO 2

Calcular los diámetros de la instalación de la **figura 10.30** para un gas de 9.000 kcal/m^3 .

CÁLCULO DE CAÑERÍA SIN TENER EN CUENTA LA LONGITUD EQUIVALENTE

Siguiente el procedimiento del ejemplo anterior se determinaron las distancias de los artefactos al medidor.

Distancia:

A - medidor $7 + 2 + 12 + 10 = 31 \text{ m}$.

B - medidor	$2 + 2 + 12 + 10 = 26 \text{ m}$
C - medidor	$3 + 12 + 10 = 25 \text{ m}$
D - medidor	$6 + 6 + 10 = 22 \text{ m}$
E - medidor	$2 + 6 + 10 = 18 \text{ m}$

En el cuadro siguiente se consignan los valores obtenidos.

TRAMO	LONGITUD REAL A TENER EN CUENTA [m]	CONSUMO [m ³ /h]	DIÁMETRO APROXIMADO [mm]
A - 1	31	0.8	13
B - 1	26	2	19
1 - 2	31	2.8	25
C - 2	25	0.5	13
2 - 4	31	3.3	25
D - 3	22	2	19
E - 3	18	2	19
3 - 4	22	4	25
4 - M	31 (al artefacto mas alejado)	7.3	32

CÁLCULO DE VERIFICACIÓN TENIENDO EN CUENTA LA LONGITUD EQUIVALENTE

Tramo A - 1

Longitud real 22 m

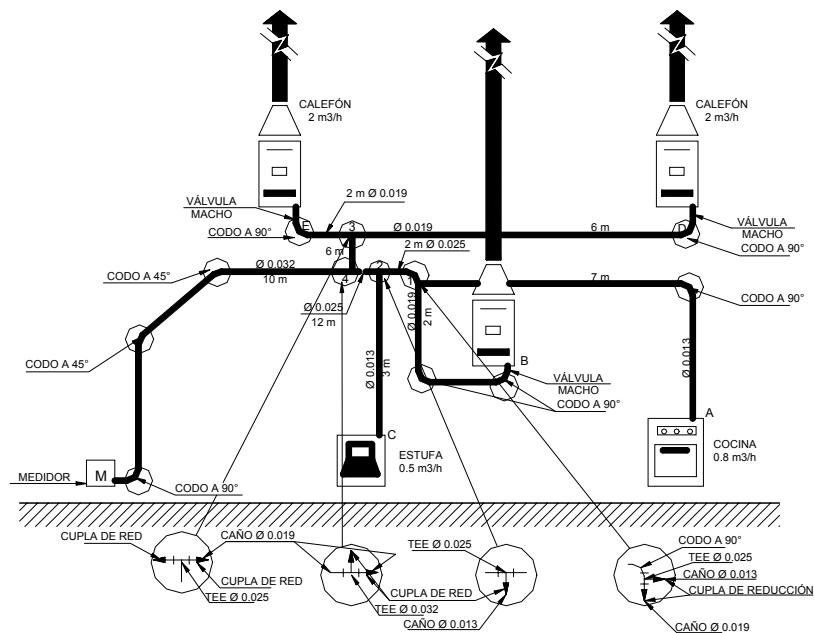
1 Válvula macho = $100 \times 0.013 \text{ m} = 1.3 \text{ m}$

1 Codo 90° = $30 \times 0.013 \text{ m} = 0.39 \text{ m}$

1 Reducción 13 x 25 = se desprecia

1 Te flujo a 90° = $60 \times 0.025 \text{ m} = 1.50 \text{ m}$

1 Codo 90° = $30 \times 0.025 \text{ m} = 0.75 \text{ m}$



Fuente: INST. DE GAS "P. QUADRI", 1999

Fig. 10.30 Esquema de instalación de gas natural.

1 Reducción 19 x 25 = se desprecia
 1 Te flujo a 90° = 1 x 60 x 0.025 m = 1.5 m
 1 Te flujo a 90° = 1 x 60 x 0.032 m = 1.92 m
 2 Codos 45° = 2 x 14 x 0.032 m = 0.9 m
 1 Codo 90° = 30 x 0.032 m = 0.96 m

Longitud total = 22 m + 9.22 m = 31.22 m

Tramo E - 3

Longitud real 18 m

1 Codo 90° = 30 x 0.019 m = 0.57 m
 1 Válvula macho = 100 x 0.019 m = 1.9 m
 1 Te flujo a 90° = 1 x 60 x 0.025 m = 1.5 m
 1 Te flujo a 90° = 1 x 60 x 0.032 m = 1.92 m
 1 Reducción 19 x 25 = se desprecia
 2 Codos 45° = 2 x 14 x 0.032 m = 0.9 m
 1 Codo 90° = 30 x 0.032 m = 0.96 m

La longitud total = 18 m + 7.75 m = 25.75 m

Tramo 3 - 4

Longitud real 22 m.

La longitud equivalente es la misma que para el D - 3 o E - 3, o sea 7.75 m

La longitud total = 29.75 m

Tramo 4 - M

La longitud equivalente para este tramo es la del artefacto mas alejado, en este caso la cocina.

Longitud real 31 m.

Longitud equivalente = 6.94 m, corresponde al tramo A - 1.

Longitud total = 31 m + 6.94 m = 37.94 m

Con las longitudes totales obtenidas de la **tabla 10.8** se hallan los diámetros de la cañería definitiva, los que se indican en el cuadro siguiente.

TRAMO	LONGITUD TOTAL [m]	CONSUMO [m ³ /h]	DIÁMETRO DEFINITIVO [mm]
A - 1	31.22	0.9	13
B - 1	34.29	2	19
1 - 2	37.94	2.8	25
C - 2	30.30	0.5	13
2 - 4	37.94	3.3	25
D - 3	29.75	2	19
E - 3	25.75	2	19
3 - 4	29.75	4	25
4 - M	37.94	7.3	32

10.5.5 Cálculo de las prolongaciones domiciliarias

El diámetro de las prolongaciones domiciliarias se calcula en forma práctica en función de:

- Número de medidores.

- Longitud de la prolongación.

TABLA 10.14 DIÁMETRO DE PROLONGACIONES PARA MEDIDORES DOMÉSTICOS EN MILÍMETROS (gas natural)

CANTIDAD DE MEDIDORES	LONGITUD DE LA PROLONGACIÓN EN METROS																	
	2	4	6	8	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100
1	19	19	19	19	19	19	19	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	32
2	19	19	19	19	19	25	25	25	25	25	25	25	25	32	32	32	32	32
3	19	19	19	19	25	25	25	25	25	32	32	32	32	32	32	32	32	32
4	19	19	25	25	25	25	25	32	32	32	32	32	32	32	38	38	38	38
5	19	25	25	25	25	25	25	32	32	32	32	32	32	32	38	38	38	38
6 a 8	25	25	25	32	32	32	32	38	38	38	38	38	38	51	51	51	51	51
9 a 11	25	25	32	32	32	38	38	38	38	38	51	51	51	51	51	51	51	51
12 a 14	25	32	32	32	32	38	38	38	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51
15 a 17	25	32	32	32	38	38	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	63	63
18 a 20	32	38	38	38	38	51	51	51	51	51	51	51	51	63	63	63	63	63
21 a 25	32	38	38	38	51	51	51	51	51	51	63	63	63	63	63	63	63	63
26 a 30	38	38	38	51	51	51	51	51	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63
31 a 35	38	38	51	51	51	51	63	63	63	63	63	63	63	76	76	76	76	76
36 a 40	38	51	51	51	51	63	63	63	63	63	63	63	76	76	76	76	76	76
41 a 45	51	51	51	51	51	63	63	63	63	63	63	76	76	76	76	76	76	101
46 a 50	51	51	51	51	51	63	63	63	63	63	76	76	76	76	76	76	101	101
51 a 60	51	51	51	63	63	63	63	76	76	76	76	76	76	101	101	101	101	101
61 a 70	51	51	63	63	63	76	76	76	76	76	101	101	101	101	101	101	101	101
71 a 80	51	51	63	63	63	76	76	76	76	101	101	101	101	101	101	101	101	101
81 a 90	51	63	63	63	76	76	76	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	126
91 a 100	51	63	63	76	76	76	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	126

Fuente: INST. DE GAS "P. QUADRI", 1999

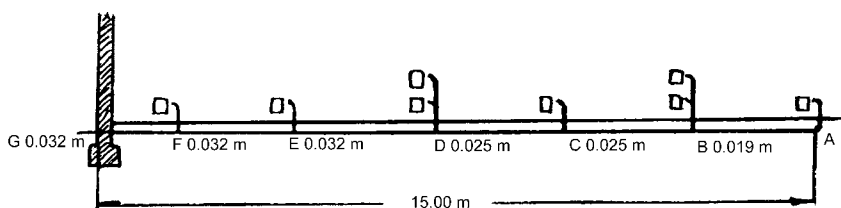
A tal efecto en la **tabla 10.14**, se establece el diámetro en milímetros para gas natural y medidores domésticos.

Se establece que *los colectores que alimentan a los medidores deben mantener el diámetro constante en todo su recorrido*, aun en el caso de agregado de medidores sobre el mismo colector.

En el caso de tratarse de casas de departamentos que cuenten con servicios centrales (agua caliente y calefacción) para el cálculo de la prolongación *debe considerarse la existencia de calefones con un consumo mínimo de 2 m³/h y cocina*, tanto para baja como para media presión.

EJEMPLO 1

Calcular los diámetros de una prolongación para alimentar 8 medidores con gas natural ubicados en nichos individuales y distribuidos a lo largo de un pasillo, de acuerdo a la **figura 10.31**.



Fuente: INST. DE GAS "P. QUADRI", 1999

Fig. 10.31 Esquema de prolongación domiciliaria.

Para ello se procede a dimensionar los distintos tramos comprendidos entre medidores.

Tramo A - B

Este tramo alimenta un solo medidor y el gas para llegar al mismo debe recorrer todo el trayecto G - A. Para su cálculo se utiliza la **tabla 10.14** para gas natural.

Así, en la intersección de la columna correspondiente a la longitud total de la prolongación (15 m) y en la línea correspondiente a un solo medidor, se determina el diámetro que se debe colocar en dicho tramo, de 19 mm (3/4").

Tramo B - C

Por dicho tramo debe pasar el caudal de gas correspondiente a 3 medidores, que corresponden 2 por el ramal B y uno por el tramo A - B.

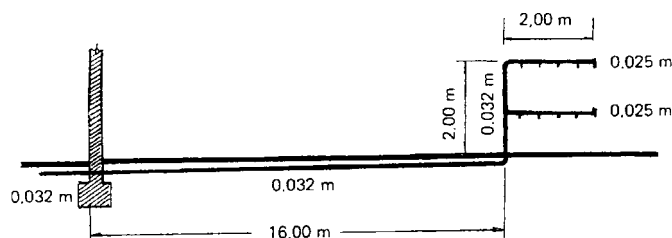
En la **tabla 10.14**, la intersección de la columna correspondiente a la longitud total de la prolongación (15 m) y la línea correspondiente a 3 medidores, se obtiene el diámetro de 25 mm (1") a colocar en dicho tramo.

Demás tramos

Se procede en la misma forma hasta llegar al último G - F, para lo cual entrando en la **tabla 10.14**, con la longitud total de la prolongación (15 m) y la cantidad de medidores que en este caso es de 8, se obtiene un diámetro de 32 mm (1 1/4").

EJEMPLO 2

Calcular el diámetro de una prolongación para alimentar con gas natural una batería de 8 medidores distribuidos en 2 barrales de 4 medidores cada uno, de acuerdo al esquema de la **figura 10.32**.



Fuente: INST. DE GAS "P. QUADRI", 1999

Fig. 10.32 Esquema de prolongación domiciliaria.

Para el cálculo se aplica la **tabla 10.14** para gas natural.

Así, en la intersección de la columna correspondiente a la distancia entre la línea municipal y final del barral que es de 20 m y la fila que indica el número de medidores en la batería (6 a 8 en este caso), se obtiene el diámetro de la prolongación de 32 mm (1 1/4").

Para establecer el diámetro de los barrales, en la **tabla 10.14**, entrando en la columna correspondiente a la longitud de la prolongación (20 m) y la fila correspondiente al número de medidores que alimenta el barral (4), se halla el diámetro del mismo que es de 25 mm (1").

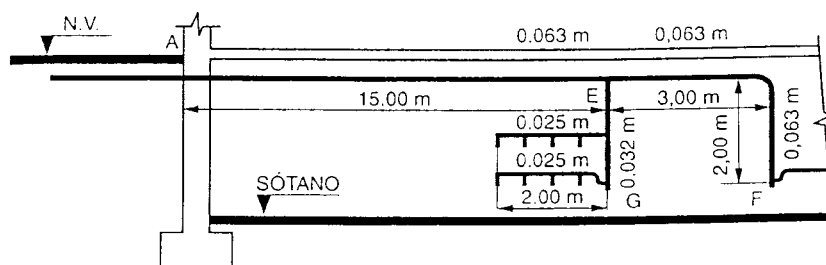
El otro barral, como está compuesto por el mismo número de medidores, tendrá el mismo diámetro de 25 mm (1").

EJEMPLO 3

En los ejemplos anteriores se consideraron medidores por unidad de vivienda que tienen instaladas cocinas, calefones, estufas, etc.

En este caso, en cambio, se tiene una prolongación domiciliaria que también debe alimentar una caldera de agua caliente y calefacción para un consumo de 400.000 kcal/h.

En la **figura 10.33** se indica el esquema de la prolongación, siendo la distancia al medidor más alejado (tramo A - F) de 20 metros.



Fuente: INST. DE GAS "P. QUADRI", 1999

Fig. 10.33 Esquema de prolongación domiciliaria.

Tramo A - E

En la **tabla 10.14**, entrando con la longitud máxima de cañería (20 m) y el número de medidores domiciliarios (8), se determina que el diámetro necesario es de 32 mm (1 1/4").

En la **tabla 10.8**, con el diámetro obtenido de 32 mm y la longitud de la cañería 20 m, se determina que el consumo es de 11.19 m³/h para los medidores domiciliarios.

Este tramo debe suministrar gas para la caldera o sea 400.000 kcal/h más que representan considerando un gas de 9.000 kcal/hm³, un consumo de:

$$\frac{400\,000\text{ kcal/h}}{9\,000\text{ kcal/h}} = 44.45\text{ [m}^3\text{ /h]}$$

El diámetro de la prolongación debe entonces ser el necesario para el consumo de:

$$44.45\text{ m}^3\text{/h} + 11.19\text{ m}^3\text{/h} = 55.63\text{ m}^3\text{/h}.$$

Volviendo a la **tabla 10.8**, para el consumo de 53.63 m³/h (55.630 l/h) y una longitud de 20 m (la mayor), el diámetro necesario debe ser de 63 mm (2 1/2").

Tramo E - G (montante)

Para el cálculo se considera la distancia al medidor domiciliario más alejado (19 m) y en la **tabla 10.14**, para 8 medidores, el diámetro necesario es de 32 mm (1 1/4").

Tramo E - G (barrales)

Con la distancia (19 m) y 4 medidores, el diámetro necesario, **tabla 10.14** es de 25 mm (1") cada uno.

Tramo E - F

En la **tabla 10.8** para 44,45 m³/h que es el consumo de la caldera y 20 m de longitud, el diámetro necesario es de 63 mm (2 1/2").

Para el caso de prolongaciones para gas a media presión, se establece una tabla, que permite determinar el diámetro, en función del caudal y de la longitud de la prolongación, que se incluye en la **tabla 10.15**.

La tabla está preparada para una presión de cálculo de 0. 5 kg/cm².

10.5.6 Planos

Los planos deben establecer la ubicación de los artefactos y el listado de los materiales, indicando

el recorrido en planta en las cañerías internas con sus diámetros respectivos

Los planos deben ser efectuados en escala 1:100 y los detalles se confeccionan a escala adecuada siguiendo las normas DIN.

El recorrido de las cañerías se indica en rojo, y las ventilaciones en verde. Los tramos existentes se marcan con líneas de trazos de los mismos colores.

Tabla 10.15 CAUDAL EN m³/h PARA PROLONGACIONES DE GAS A MEDIA PRESIÓN

LONGITUD [m]	DIÁMETROS [m]				
	Ø 0.013	Ø 0.019	Ø 0.025	Ø 0.032	Ø 0.038
1	26	59	105	165	236
2	26	59	105	165	236
3	26	59	105	165	236
4	26	59	105	165	236
5	24	55	105	165	236
6	22	50	100	165	236
7	20	45	94	165	236
8	18	42	88	165	236
9	17	39	83	155	236
10	16	37	78	150	235
12	14	34	71	135	112
14	13	31	65	123	195
16	13	29	60	115	180
18	11	27	56	107	170
20	11	26	53	100	160

Fuente: INST. DE GAS "P. QUADRI", 1999

10.6 Cálculo manual de tuberías con el uso de planillas Excel

A continuación se describe una edificación de cinco plantas que nos servirá en el ejemplo que se propone.

PLANILLAS DE CÁLCULO DE GAS A BAJA PRESIÓN

PLANTA [1]

Es la planta a calcular.

TRAMO [2]

Son los nudos a calcular.

LONGITUD [3] (m)

LONGITUD REAL [3']: Es la longitud real de la tubería

LONGITUD EQUIVALENTE [3'']: Es la longitud que se aumenta en la tubería por la existencia de accesorios de acuerdo a la **tabla 10.7**.

LONGITUD TOTAL [3''']: Es la suma de [3'] + [3'']

CAUDAL [4] (m³/h)

Es el caudal probable, de acuerdo a la expresión de Poole, será la siguiente formula:

$$Q = 0.00304C \left(\frac{H\emptyset^5}{GL} \right) [\text{m}^3/\text{h}]$$

donde:

C : Factor en función de diámetro

H : Caída de presión (0.90 mbar) del 8% ,para una Presión de Servicio de 18 mbar, [mbar]

\emptyset : Diámetro de la tubería, [mm]

G : Gravedad específica para Gas Natural, 0.67

L : Longitud total [3'''], [m]

Tabla 10.16 VALORES DE "C" PARA LA EXPRESIÓN DE POOLE

DIÁMETRO		C
in	mm	
3/8 – 1/2	9.00 – 13.00	1.65
3/4 -1	29.00 – 25.00	1.80
1 1/4 - 1 1/2	32.00 – 38.00	1.98
2	50.00	2.16
3	76.00	2.34
4	100	2.42

Fuente: DISEÑO DE INSTALACIONES "P. CARMONA", 1992

DIÁMETRO [5] (in, mm)

El diámetro será elegido de acuerdo a la **tabla 4.23**

PERDIDA UNITARIA [6] (mbar/m)

De acuerdo a la expresión de Poole, será la siguiente formula:

$$h = \left(\frac{Q}{0.00304} \right)^2 \frac{G}{\emptyset^5}$$

donde:

Q : Caudal, [m³/h]

H : Caída de presión del 8% (para una Presión de Servicio de 18 mbar), [mbar]

\emptyset : Diámetro de la tubería, [mm]

G : Gravedad específica para Gas Natural, 0.67

PERDIDA TOTAL [7] (mbar/m)

Es la multiplicación de la perdida unitaria por la longitud total:

$$H = [6] \times [3''']$$

PERDIDA TOTAL [8] (%)

Es la perdida total expresada en porcentaje:

$$H = \frac{[7]}{\text{Presión de Servicio}}$$

NOTA: La Presión de Servicio tiene como máxima 20.8 mbar y una mínima de 15.5 mbar, para nuestro ejemplo la presión de servicio será de 18.00 mbar, y la mínima 16.56 mbar (menos el 8 %).

PÉRDIDA ACUMULADA [9] (%)

Ejemplo: 1.99 + 2.08 = 4.07 y 1.99 + 3.59 = 5.58

PRESIÓN [10] (mbar)

Es la Presión de Servicio menos la Pérdida Total:

$$[10] = P_s - P_t$$

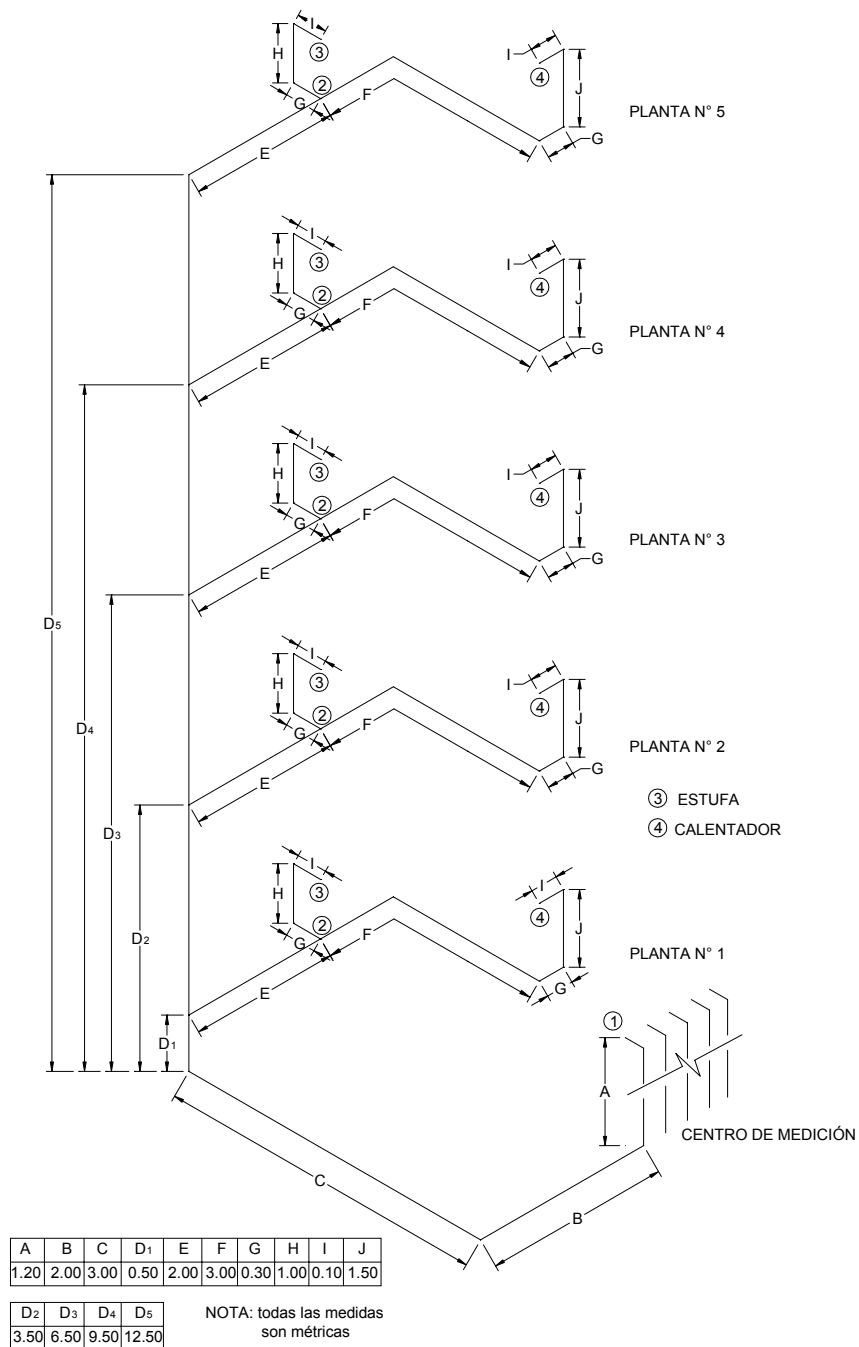


Fig. 10.33 Ejemplo a calcular.

Fuente: INST. DE GAS "P. QUADRI", 1999

