

MANUAL BÁSICO DE GAS

ÍNDICE

I.- GENERALIDADES

SISTEMAS Y UNIDADES

- Medición del volumen
- Medición de la presión
- Medición del calor
- Medición de la potencia calorífica
- Medición de la densidad y peso específico

CARACTERÍSTICAS DE COMBUSTIÓN DE LOS GASES

- Aire teórico
- Poder fumígeno
- Temperatura teórica de combustión
- Temperatura de ignición
- Límites de inflamabilidad
- Velocidad de deflagación - Intercambiabilidad de los gases

GASES COMERCIALES

- Norma UNE 60.002
- Índice de Wobbe

II.- APARATOS

QUEMADORES DE GAS

- Quemadores de llama blanca
- Quemadores de llama azul
- Funcionamiento de un quemador de llama azul.

DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN Y SEGURIDAD

- Organos directores sensibles al calor.
- Organos directores sensibles a la luz.
- Organos directores utilizando la conductividad de la llama.

III.- CÁLCULO DE TUBERÍAS

IV.- G. L. P.

- BUTANO Y PROPANO COMERCIALES

I.- GENERALIDADES

Medición de volumen

El volumen de un gas varía considerablemente con su temperatura y presión; existen además suficientes diferencias entre los standards aceptados en los países para justificar el uso de factores de conversión.

Por otra parte, varían asimismo las condiciones de medición, unas veces se mide volumen de un gas seco, otras saturado con vapor de agua.

Las tres unidades volumétricas más comúnmente utilizadas son las siguientes:

- Metro cúbico standard (Sm^3).- Medido seco a 15°C . y presión de 760 mm. de columna de mercurio.
- Metro cúbico normal (Nm^3).- Medido seco a 0°C . y presión de 760 mm. de columna de mercurio.
- Pie cúbico standard (SCF).- Medido saturado con vapor de agua a 60°F . y presión de 30 pulgadas de columna de mercurio.

Conversión

$$(\text{Sm}^3) \times 35,92 = \text{SCF}$$

$$(\text{Nm}^3) \times 37,89 = \text{SCF}$$

$$\text{SCF} \times 0,02784 = \text{Sm}^3$$

$$\text{SCF} \times 0,02639 = \text{Nm}^3$$

Medición de la presión

La definición física de presión corresponde a una fuerza ejercida por unidad de superficie. Puesto que la presión puede medirse por comparación con la presión standard atmosférica (al nivel del mar) o respecto al vacío, es necesario precisar en cada caso, si se trata de presión relativa o absoluta. La diferencia entre ambas será siempre de una atmósfera.

En adición al concepto de presión, determinado número de unidades son utilizadas en los tres sistemas de medidas. Son unidades basadas en la medición de milímetros o pulgadas de columna de mercurio o agua, como el **tor**, equivalente a la presión de un milímetro de columna de mercurio, o como el **bar**, presión ejercida por un millón de dinas en la superficie de un centímetro cuadrado.

La unidad de presión del sistema internacional es el kilogramo por centímetro cuadrado Kg./cm^2 .

Tabla de conversión (unidades de presión)

Unidad Símbolos	bar	atmósfera standard	Kilogramo por cm ²	Libra por Pulg	mm. c.d. mercurio	Pulg. c.d. mercurio	mm.c.d.a. a 15° C.
b	1	0,98692	1,01972	14,5038	750,062	29,53	1,0197 x 10 ⁻⁴
atm.	1,01325	1	1,03323	14,6959	760	29,9213	1,0332 x 10 ⁻⁴
Kg/cm ²	0,98066	0,967841	1	14,2233	735,559	28,9590	10 ⁻⁴
psi	0,06895	0,068046	0,070307	1	51,715	2,03602	703,07
tor	0,00133	1,3158 x 10 ⁻³	1,3595 x 10 ⁻³	0,019337	1	0,03937	13,5951
in. Hg.	0,03386	0,033421	0,034732	0,491154	25,4	1	345,55
mm. c. d. a.	0,9806 x 10 ⁻⁴	0,9678 x 10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	1,4223 x 10 ⁻³	0,07335	0,00289	1

Medición de calor

Las unidades de medida de calor son igualmente función de las condiciones de medición. Vienen determinadas, o en términos absolutos, como el trabajo realizado para mover una masa contra una fuerza, o como la cantidad de energía requerida para elevar la temperatura de una masa específica de agua en una cierta cantidad.

En los tres sistemas de medida, las unidades preferentes son:

- Kilocaloría (Kcal.) Cantidad de calor necesario para elevar de 14,5° C. a 15,5° C. a la masa de un kilogramo de agua.
- British Thermal Unit (BTU.) La 180 avas parte de calor requerido para elevar de 32° F. a 212° F a la masa de una libra de agua.
- Kilojulio (KJ) (Sistema internacional) Cantidad de calor disipado por un kilowatio durante un segundo.

Frecuentemente son utilizadas en la industria del gas otras unidades, como la termia (Th).

- Termia (t) o (Th). Cantidad de calor necesario para elevar de 14,5° C. a 15,5° C. a la masa de una tonelada métrica de agua. Es un múltiplo de la Kilocaloría.

Tabla de conversión (unidades de calor)

Unidad / Símbolos	Kilocaloría	British Thermal Unit	Termia	Therm	Kilowatio-hora.
Kcal.	1	3,9683	$1,00031 \times 10^{-3}$	$3,9683 \times 10^{-5}$	0,00163
BTU.	0,25199	1	$0,2521 \times 10^{-3}$	10^{-5}	$2,931 \times 10^{-4}$
t ó Th.	999,69	3967,09	1	$3,9671 \times 10^{-2}$	1,163
Therm	$0,252 \times 10^{-5}$	10^{-5}	25,207	1	29,307
kWh.	859,845	3412,14	0,8601	$3,4121 \times 10^{-2}$	1

Medición de la potencia calorífica

La potencia calorífica, de un gas es aquella cantidad de energía obtenida al quemar una cantidad standard del mismo en unas condiciones asimismo standard.

Puesto que en la combustión del gas se forma agua, como consecuencia de la presencia de átomos de hidrógeno en sus componentes y además puede haber humedad en el mismo, la cantidad de calor recogida de los gases de combustión dependerá de si el agua está condensada (PCS. poder calorífico superior), o en forma de vapor (PCI. poder calorífico inferior), puesto que el combustible, aire y productos de combustión deben todos estar a la misma temperatura, antes y después de la combustión.

La condensación y la recuperación del calor latente del vapor de agua dependerá, en ambos casos, de la temperatura de referencia y del grado de dilución de los gases de combustión.

La conversión de potencia calorífica inferior a potencia calorífica superior de un gas requiere conocer el contenido en agua e hidrógeno del combustible y aire, o bien el de los gases de combustión, siendo la diferencia igual a su calor latente de vaporización.

El cuadro siguiente relaciona factores de conversión de valores de potencias expresadas en distintas condiciones de presión y temperatura.

Para obtener	Kcal/m ³ , a 0° C. 760 mm. c.d. Hg. seco	Kcal/m ³ , a 15° C. 760 mm. c.d. Hg. seco
Multiplicar por		
Kcal/m ³ , a 0° C., 760 mm. c.d. Hg. seco	1	0,9480
Kcal/m ³ , a 15° C., 760 mm. c.d. Hg. seco	1,0549	1

Medición de densidad y peso específico

La densidad de un gas se define como relación entre su masa y volumen. Siempre que se da un peso específico hay que referirlo a un determinado volumen de un gas citando la temperatura y la presión. Si no se dice nada de estos dos últimos datos se sobreentiende que son condiciones normales de presión y temperatura, o sea 0° C. y 760 mm. de columna de mercurio.

La densidad relativa es un número abstracto que se obtiene dividiendo el peso específico de un metro cúbico de gas, en condiciones normales, por el peso de un metro cúbico de aire, en las mismas condiciones. El peso de un metro cúbico de aire a 0° C. y 760 mm. de columna de mercurio, vale 1,293 Kgs.

Sabiendo esto fácilmente podremos transformar pesos específicos en densidades relativas y viceversa:

$$\text{Densidad relativa} = \frac{\text{Peso específico}}{1,2903}$$

$$\text{Peso específico} = \text{Densidad relativa} \times 1,293$$

La utilización de factores de conversión resulta necesaria si se desea expresar la densidad en distintos sistemas de medida con diferentes temperaturas de referencia, presiones y contenido en agua.

Las unidades preferentes para expresar la densidad de un gas son:

- Kilogramo por metro cúbico standard.- Densidad definida para un gas seco a 15° C. y 760 mm. de columna de mercurio.
- Kilogramo por metro cúbico normal.- Densidad definida para un gas seco a 0° C. y 760 mm. de columna de mercurio.
- Libras por pie cúbico standard.- Densidad definida para un gas saturado de agua a 60° F. y 30 pulgadas de columna de mercurio.

El peso específico de un gas viene definido como la relación entre el peso de cualquier volumen del mismo y el mismo volumen de un gas de referencia, generalmente aire. Puesto que la mayoría de gases considerados están próximos a las condiciones de un gas perfecto, pueden despreciarse las diferencias en compresibilidad, cambios de volumen con la temperatura y contenido en vapor de agua.

CARACTERÍSTICAS DE COMBUSTIÓN DE LOS GASES

La combustión es una reacción de oxidación exotérmica de un cuerpo combustible por el oxígeno de un cuerpo comburente. Esta transformación viene acompañada de desprendimiento de calor y el fenómeno es perceptible, en la mayoría de los casos, por la presencia de una llama que constituye la fuente de calor.

Para que la combustión pueda iniciarse y propagarse, es preciso se cumpla simultáneamente que:

- El combustible y el comburente estén mezclados en ciertas proporciones.
- La temperatura de la mezcla sea, localmente superior a su temperatura de ignición.

En la mayoría de los casos el comburente es el oxígeno del aire; por ello, las características de combustión aquí reseñadas se refieren a la combustión en el aire.

Aire teórico

Se entiende por aire teórico aquella cantidad de aire necesaria y suficiente para asegurar la combustión completa de un metro cúbico normal de un gas.

Se expresa, pues, en metros cúbicos normales de aire por metro cúbico normal de gas, aplicándose tanto a los gases constituyentes como a sus mezclas.

Cuando un metro cúbico normal de un gas está mezclado a un volumen de aire igual al teórico, se define la mezcla como estequiométrica o teórica.

Poder fumígeno

Se define como aquel volumen, expresado en condiciones normales, de productos obtenidos en la combustión completa de un metro cúbico normal de un gas asociado a una cantidad de aire igual a la teórica.

Como quiera que el agua resultante de la combustión puede considerarse en estado líquido o como vapor, se distinguen dos poderes fumígenos, el seco (también denominado comúnmente volumen de humos secos), en el que el agua de combustión está en estado líquido, y el húmedo (o volumen de humos húmedos), que es el volumen de productos de combustión efectivamente a evacuar, en el que el agua está en estado de vapor.

Se expresa el poder fumígeno en metros cúbicos normales de humos por metro cúbico normal de gas.

Con el poder fumígeno seco, se acostumbra a indicar la concentración máxima, expresada en tanto por ciento, de anhídrido carbónico resultante de la combustión.

Temperatura teórica de combustión

La temperatura teórica de combustión es aquella temperatura que alcanzarían los productos de la misma si todo el calor de la reacción fuese empleado en su calentamiento. Al existir pérdidas de calor, esta temperatura no se alcanza en la práctica.

Temperatura de ignición

Se reconoce como aquella temperatura mínima que debe alcanzarse para que pueda iniciarse y propagarse la combustión en un punto de una mezcla inflamable de aire y gas.

Límite de inflamabilidad

Son aquellos límites entre los cuales la composición de la mezcla aire-gas es tal, que la combustión puede iniciarse y propagarse. Se expresan en tanto por ciento de contenido de gas combustible en la mezcla aire-gas.

Por debajo del límite inferior de inflamabilidad la mezcla no es suficientemente rica en combustible; por encima del límite superior de inflamabilidad la mezcla es pobre en comburente.

Velocidad de deflagación - Intercambiabilidad de gases.

Una llama estable de una mezcla aire-gas, comprendida entre los límites de inflamabilidad, se propaga a cierta velocidad, que depende de variables físicas y químicas, como composición, relación aire-gas, temperatura, presión, forma y dimensiones del quemador. Para el gas natural es del orden de 0,3 m/seg.

Dado la gran cantidad de variables que inciden sobre la velocidad de propagación de una llama de gas, característica particular del mismo, solo la definición de las condiciones de medida de la misma permitirá disponer de valores homogéneos de comparación para distintos gases.

La gran diversidad en la naturaleza de los gases distribuidos suscita la cuestión de conocer si un aparato de utilización determinado puede ser apto, satisfactoriamente, para dos o más gases.

Los estudios de los problemas de intercambiabilidad han producido a agrupar en grupos o familias a gases de características próximas. Para cada familia, se ha escogido un gas, llamado de referencia, que se emplea como tipo en los ensayos de normalización.

Grupo 1. : En éste se agrupan los gases procedentes de la carbonización de la hulla y sus mezclas con gas de agua y gas de gasógeno. Gases procedentes de cracking. Su poder calorífico varía de 3.000 a 5.000 Kcal/Nm³. Los denominaremos como gas manufacturado o gas ciudad.

Grupo 2. : Este comprende los gases formados por mezclas de hidrocarburos saturados, principalmente, y gases formados por mezcla propano-aire. Los primeros los llamaremos gas natural y aire propanado al segundo. Su poder calorífico oscila entre 9.000 y 12.000 Kcal/Nm³.

Grupo 3. : En él se encuentran los que denominaremos gases licuados del petróleo. Aunque comercialmente se llaman propano y butano, no se trata de productos puros, pues en ellos existen mezclas de hidrocarburos densos. Su poder calorífico oscila entre 20.000 y 30.000 Kcal./Nm³.

GASES COMERCIALES

Norma UNE 60.002

En las normas Básicas para instalaciones de gas en edificios habitados hacen la siguiente clasificación, en familias, de acuerdo con dicha norma:

Familia primera:

- Gas manufacturado.
- Aire propanado o butanado de bajo índice de Wobbe.
- Aire metanado.

Familia segunda:

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

Familia tercera:

- Butano comercial.
- Propano comercial.

Índice de WOBBE

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

$$W = \frac{P. C. S.}{\sqrt{d_r}}$$

Dos gases que tengan el mismo índice de Wobbe nos proporcionarán el mismo caudal calorífico al pasar a través de un mismo orificio, siempre que estos gases se alimenten a la misma presión y temperatura.

Índice de Wobbe corregido:

$$W = \frac{P. C. S.}{\sqrt{d_r}} \times K_1 \times K_2$$

El coeficiente K_1 viene determinado por el contenido de H_2 hidrocarburos de densidad superior al metano y CO_2 .

El coeficiente K_2 viene determinado en función del contenido de O_2 .

II.- APARATOS

QUEMADORES DE GAS

Los quemadores se utilizan para asegurar la combustión regular de un gas. Deben estar concebidos de forma que realicen una mezcla conveniente de combustible (gas) y de comburente (aire) y estar en situación de asegurar a los diferentes caudales admitidos una combustión siempre satisfactoria, con llamas estables.

Las causas que pueden provocar una mala combustión son:

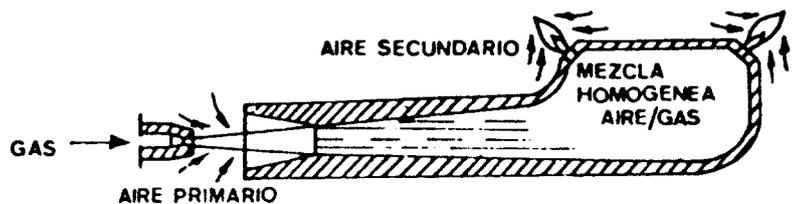
- Falta de aireación.
- Mezcla aire-gas no homogénea.
- Paredes frías demasiado próximas o en contacto con las llamas.
- Defectuosa evacuación de humos.
- Orientación defectuosa de las llamas.

La cantidad de aire que debe aportarse para asegurar la combustión completa de un volumen de gas, puede ser suministrado en dos formas:

- La primera se realiza cuando un chorro de gas puro es emitido en la atmósfera. El gas encuentra el aire necesario para su combustión en la superficie exterior de la llama durante la combustión.
- La segunda consiste en mezclar íntimamente antes de la combustión del gas a quemar, el aire necesario para la combustión. En los aparatos domésticos se acostumbra utilizar conjuntamente ambas técnicas. Es el caso de los quemadores de cocina, en los cuales una parte del aire es mezclado con el gas antes de la combustión. Esta aireación, importante pero insuficiente, se llama AIREACIÓN PRIMARIA. Debe aportarse a la llama un complemento de aireación para obtener la completa combustión del gas. Este complemento de aire dirigido generalmente a la base de las llamas se denomina AIREACIÓN SECUNDARIA.

Estas dos posibilidades permiten clasificar los quemadores en:

- Quemadores de llama blanca.
- Quemadores de llama azul.



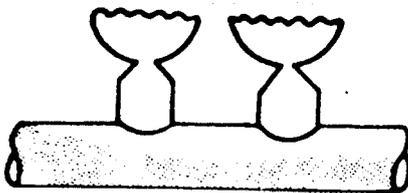
Distribución del aire.

Quemadores de llama blanca

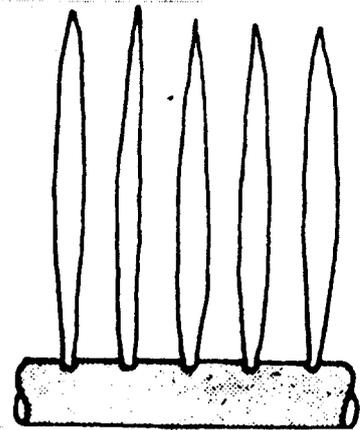
El quemador más sencillo está compuesto por un tubo con agujeros de pequeño diámetro (de 1 a 2 mm.), las llamas son filiformes o en forma de mariposa. La amplia superficie de contacto con la atmósfera, permite una excelente combustión.

En estos quemadores la llama atrae por sí misma su aire de combustión, es luminosa y su temperatura relativamente débil (1.200 a 1.300° C. para el gas ciudad). La combustión en llamas blancas, se vuelve defectuosa cuando la llama está en contacto con una pared fría.

Existen entonces residuos de carbono y desprendimiento de gas tóxico (óxido de carbono). En la práctica la llama blanca sólo se utiliza para el gas ciudad o para gases del mismo tipo.



Mecheros de llama blanca. tipo mariposa



Quemador de llamas blancas. Tipo filiforme.

Quemadores de llama azul

Estos quemadores, llamados también quemadores atmosféricos, están compuestos de diversos órganos que permiten la atracción del aire primario y su mezcla íntima con el gas a quemar.

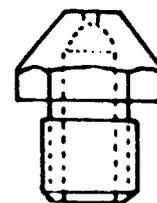
Descripción

A) Inyector

El inyector es, generalmente, un órgano de latón, atornillado sobre el tubo de alimentación de gas, después de la espita de reglaje.

Existen dos tipos de inyectores:

1º. Los inyectores calibrados. La extremada está perforada con un agujero calibrado. El diámetro de este orificio, fija el caudal máximo de gas admitido cuando la espita de reglaje esté totalmente abierta.

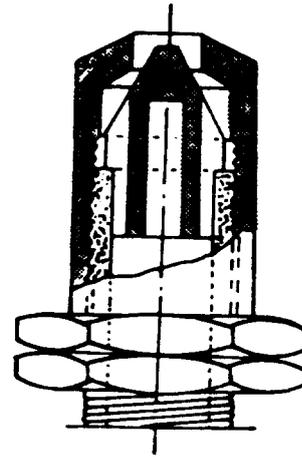


Inyector calibrado

2° Los inyectores diferenciales los componen:

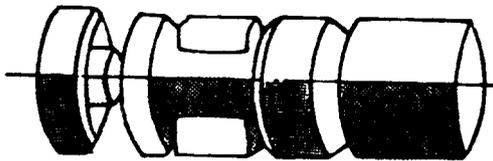
a) un inyector central calibrado.

b) un capuchón dejando un espacio anular de sección variable envolviendo el inyector calibrado. El reglaje del caudal se obtiene modificando esta sección variable.

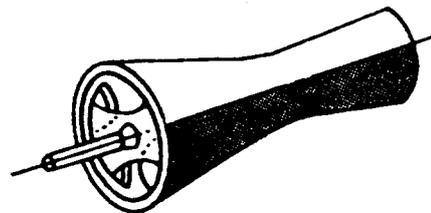


B) Órganos de reglaje de aire primario

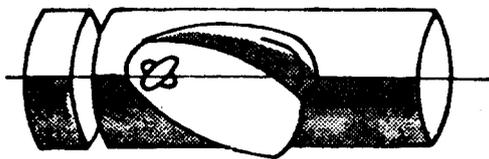
La figura siguiente muestra las diferentes formas de reglaje de aire corrientemente utilizadas.



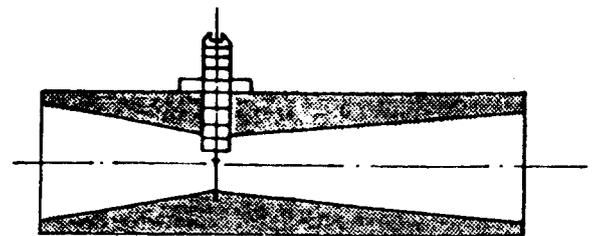
Brida



Mariposa

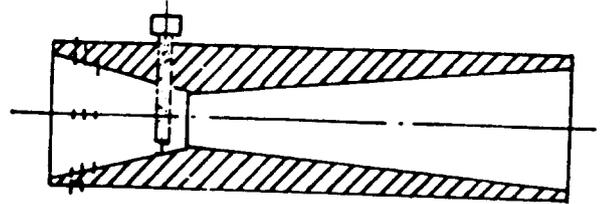


Compuerta



Tornillo de estrangulamiento

Tornillo de turbulencia: Este término es a menudo empleado, pero equivocadamente, para designar los tornillos de estrangulamiento. Es un tornillo de pequeño diámetro (de 0,5 a 1 mm.) que situado en un lugar próximo al cuello de venturi, favorece la turbulencia del chorro gaseoso y mejora la homogeneidad de la mezcla aire/gas. Esta mezcla está influida cualitativamente por el tornillo de turbulencia, siendo el tornillo de estrangulamiento el que modifica las proporciones aire /gas actuando cuantitativamente por obstrucción del cuello.



Tornillo de turbulencia

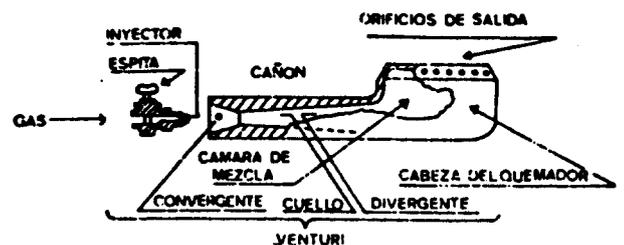
C) Mezclador o venturi

El tubo mezclador o venturi, es una tobera formada de una parte convergente seguida de una parte divergente. Es un ensamblaje de dos troncos de cono opuestos por su cima. La sección mínima se llama cuello de venturi.

D) Cabeza del quemador

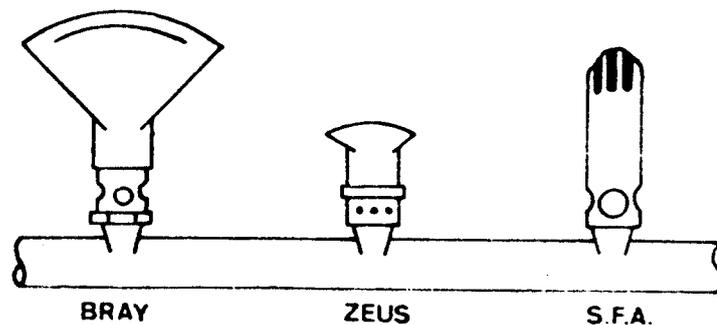
La cabeza del quemador es el lugar donde nace la llama; esta sale por uno o más orificios. Se llama sección de salida la suma de las superficies de todos los orificios con que está agujereada la cabeza del quemador.

La cámara de mezcla es el volumen libre en el interior de la cabeza del quemador. La figura muestra un esquema de los diferentes elementos del quemador.



Diferentes elementos del quemador

Se construyen mecheros tipos: BRAY, INAR, ZEUS, etcétera, llamados aireados. El chorro de gas, en este caso, desemboca en un manguito tubular en la base del cual están dispuestas pequeñas aberturas. Estas aberturas permiten el acceso del aire (aire primario) en el chorro gaseoso antes de su combustión. La llama producida es menos luminosa que una blanca. Estos mecheros reemplazan generalmente, para los gases ricos, los mecheros de llama blanca.



Mecheros aireados.

Funcionamiento de un quemador de llama azul

En los quemadores de llamas azules, una parte o la totalidad del aire necesario para la combustión es mezclado con el gas antes de la combustión. Su aireación primaria es siempre preponderante.

En este tipo de aparatos, se utiliza la energía del chorro gaseoso (gas combustible) para arrastrar por frotamiento una parte del aire necesario para la combustión.

A) Porcentaje de aireación primaria

La importancia del arrastre de aire primario se caracteriza por lo que se conoce como porcentaje de aireación primaria. Este valor se expresa en tanto por ciento con relación al aire total necesario para la combustión (aire teórico).

Un quemador arrastrando todo el aire necesario para la combustión tiene un porcentaje de aireación primaria del 100%. En este caso no hay necesidad de aire secundario.

Los porcentajes de aireación primaria que se encuentran generalmente en los aparatos domésticos varía entre:

40% para los hornos y radiadores; y el 60% para los quemadores de la mesa de trabajo de las cocinas.

El complemento de aire necesario para la combustión completa de gas, es aportado a la llama en estado de aire secundario.

El porcentaje de aireación varía según los elementos que constituyen el quemador. Así:

- la disminución de la sección de salida comporta un bajo porcentaje de aireación.
- un mal centrado del inyector disminuye muy sensiblemente el porcentaje de aireación
- la disminución del diámetro del cuello del venturi favorece generalmente el arrastre de aire primario; sin embargo, para los diámetros de inyector y de cuello mal proporcionados, esta tendencia no puede ser verificada.
- el estado de la superficie del cuello tiene también su importancia; un venturi que presente una superficie muy lisa permite mejorar el porcentaje de aireación.

En los quemadores de llamas azules, la llama no es luminosa; su temperatura es elevada. Para el gas ciudad, esta temperatura varía de 1.500 a 1.600° C.

Las llamas azules son más calientes que las llamas blancas por que una misma cantidad de calor se encuentra concentrada en un volumen más pequeño. Una llama azul es siempre más pequeña que una llama blanca para el mismo caudal calorífico.

B) estudio de las llamas

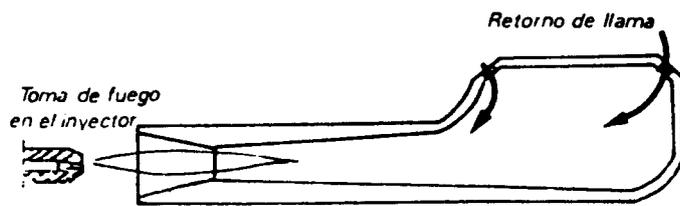
Los fenómenos que pueden perturbar el funcionamiento de un quemador son los siguientes:

- desprendimiento de llama;
- retorno de llama de fuego en el inyector;
- puntas amarillas.

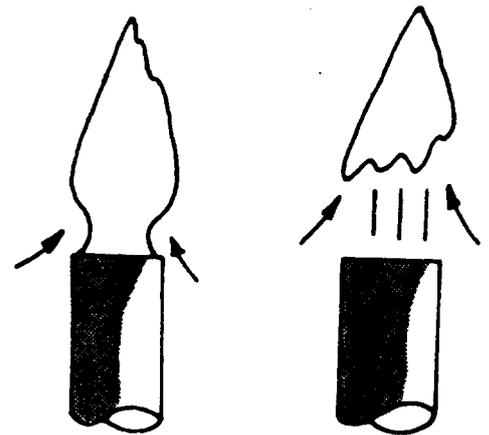
a) Desprendimiento de la llama

Cuando la velocidad de mezcla aire/gas es superior en un punto de la llama a la velocidad de propagación de la llama en la mezcla, se observa el fenómeno de desprendimiento. Si elevamos progresivamente la velocidad de la mezcla aumentando el caudal de gas o de aire primario, podemos observar sucesivamente un desprendimiento de las llamas en sus bases, con inestabilidad, después las llamas se tornan aéreas y finalmente se desprenden totalmente si se aumenta más el caudal.

Este fenómeno es de temer especialmente con los gases ricos (gas natural, butano, propano, aire propanado).



Retorno de llama y toma de fuego en el inyector.



Desprendimiento de llama.

b) Retorno de llama

Cuando la velocidad de la mezcla aire/gas a la salida del quemador se vuelve inferior en un punto de la llama, a la velocidad de propagación de la llama de la mezcla, las llamas se propagan al interior del quemador, es decir, la toma de fuego en el inyector, fenómeno a temer sobre todo en el gas ciudad.

c) Estabilidad de la llama

Para obtener llamas estables con un quemador regulable, será preciso, a diferentes caudales, encontrarse fuera de los límites de desprendimiento o retorno de las llamas.

d) Puntas amarillas

El fenómeno de las puntas amarillas se caracteriza por la aparición de flecos amarillos en la cima del cono azul, en el interior de la llama.

Es de temer entonces que depósitos carbonosos se formen en las paredes vecinas, de lo que puede resultar una mala combustión ya que la importancia de estos depósitos es tal, que entorpecen la libre evacuación de los gases quemados.

El fenómeno de las puntas amarillas puede ser debido tanto a una mala aireación primaria como a un excesivo caudal de gas.

DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN Y SEGURIDAD

Definición

La seguridad es una función de protección que tiene por objeto, asegurando la continuidad de funcionamiento, oponerse al establecimiento o mantenimiento de condiciones anormales y evitar la ejecución de falsas maniobras.

La seguridad es una función de protección que tiene por objeto provocar el paro inmediato e imperativo de los aparatos protegidos, a partir del momento de aparición de las condiciones juzgadas peligrosas. Debe oponerse a que los aparatos vuelvan a ponerse automáticamente en servicio, si no es a base de una intervención manual previa.

Principales aparatos y órganos de los dispositivos de seguridad

Órganos directores	Sensibles al calor	Por dilatación de sólidos	Dilatación lineal
			Bimetales
			Membranas deformables
		Por dilatación de líquidos y vapores	
	Termopares		
	Sensibles a la luz: células fotoeléctricas, ultravioletas, etc.		
	Basados en la conductividad de las llamas (ionización)		
Sensibles a la presión			
Órganos de transmisión	Transmisión mecánica		
	"	eléctrica	
	"	neumática	
	"	electroneumática	
Órganos de ejecución	Válvulas neumáticas		
	"	electromagnéticas	
	"	motorizadas	
	"	electroneumáticas	

Como regla general, la protección consiste en disponer a la llegada del gas, de una forma permanente, de la presencia de una llama en el hogar; sea la llama del piloto o de la cabeza de encendido, o de la llama del quemador mismo.

Se pueden pues utilizar todas las características fijas de las llamas a condición de que tengan un efecto notable y fiel.

Órganos directores sensibles al calor

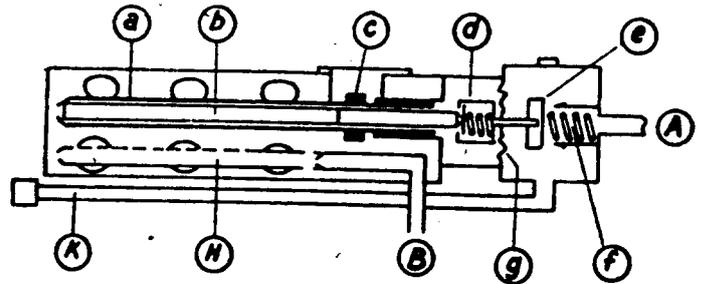
Dilatación de sólidos

La dilatación lineal de un metal es relativamente pequeña pero presenta dos características interesantes:

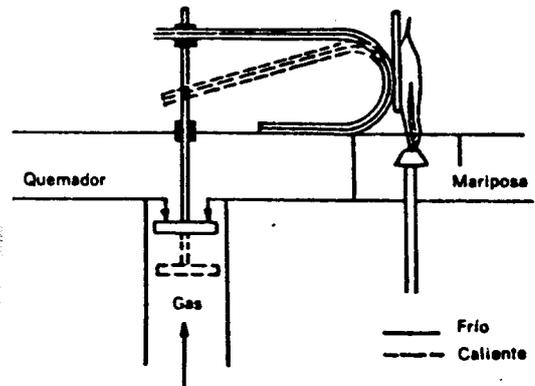
- Por poco que el metal no esté deteriorado la fidelidad del fenómeno es notable.
- El efecto mecánico es importante y facilita una transmisión directa.

Ejemplo: PILOTO THEOBALD

- A: Circuito derivado.
- B: Alimentación del quemador.
- a: Tubo dilatante (latón).
- b: Barra de esteatita o vidrio.
- c: Tornillo de reglaje.
- d: Resorte complementario.
- e: Válvula
- f: Resorte de la válvula.
- k: Evacuación del circuito derivado.



LAMINA BIMETÁLICA



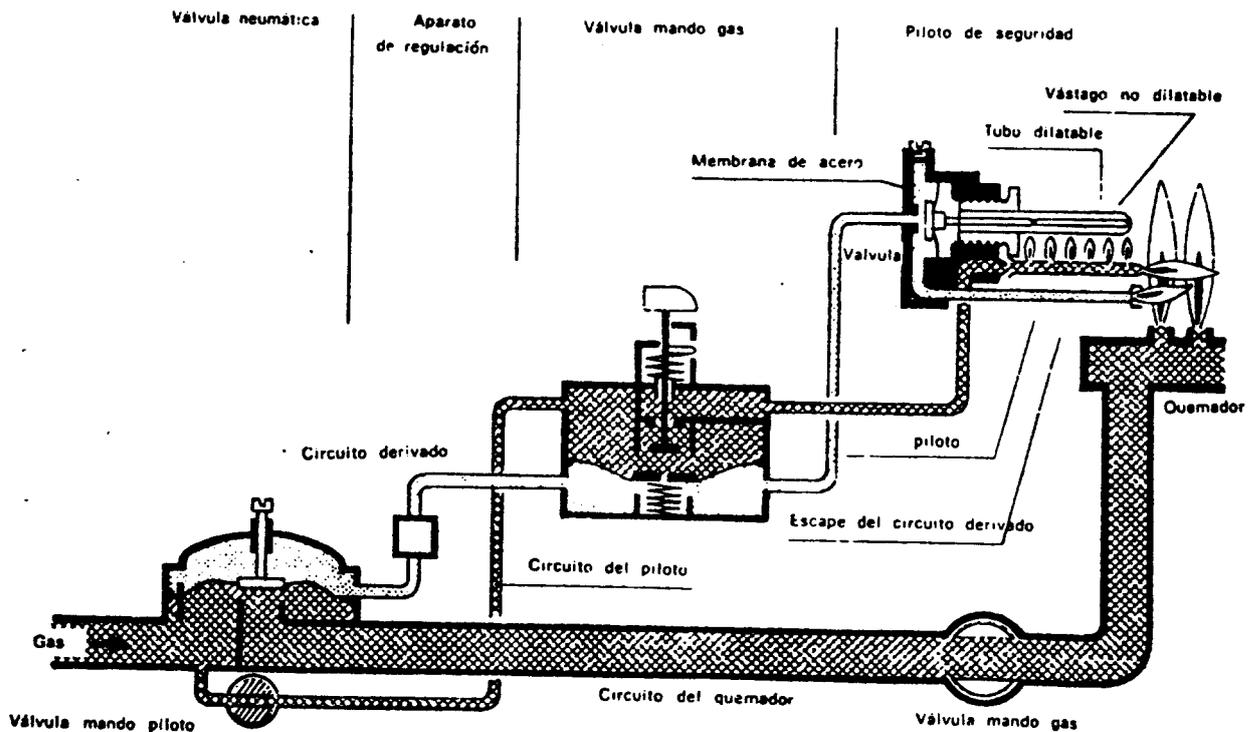
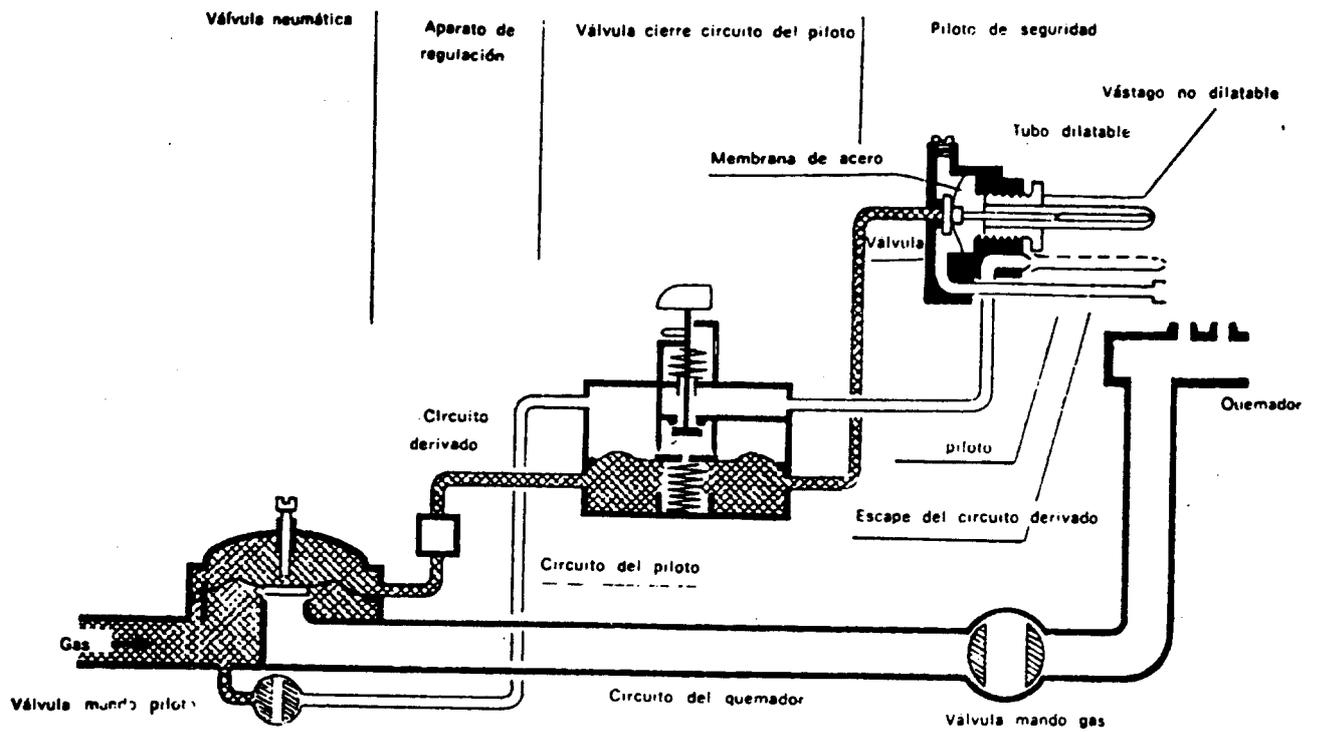
Estos dispositivos pueden ser utilizados en aparatos de potencia media (calderas de calefacción, central doméstica).

Las láminas bimetálicas están formadas por la superposición de dos láminas de metales de muy distinta dilatación, laminadas de forma que constituyan un conjunto de buena resistencia mecánica. Sus formas son muy variables, pero siempre tienen una parte fija unida al chasis, permitiendo por desplazamiento de la parte libre, accionar directamente una válvula de ligera resistencia o un contacto eléctrico.

Estos órganos son relativamente frágiles y deben ser protegidos de temperaturas demasiado elevadas, que sobrepasado el equilibrio elástico las dejarían fuera de uso.

Sencillos y baratos, se utilizan corrientemente para la protección de aparatos domésticos de pequeña y mediana potencia (calentadores, radiadores).

La membranas bimetálicas utilizan el mismo principio. Unidas por su periferia, el cambio brusco del sentido de curvatura permite una acción rápida y enérgica.



Piloto de seguridad

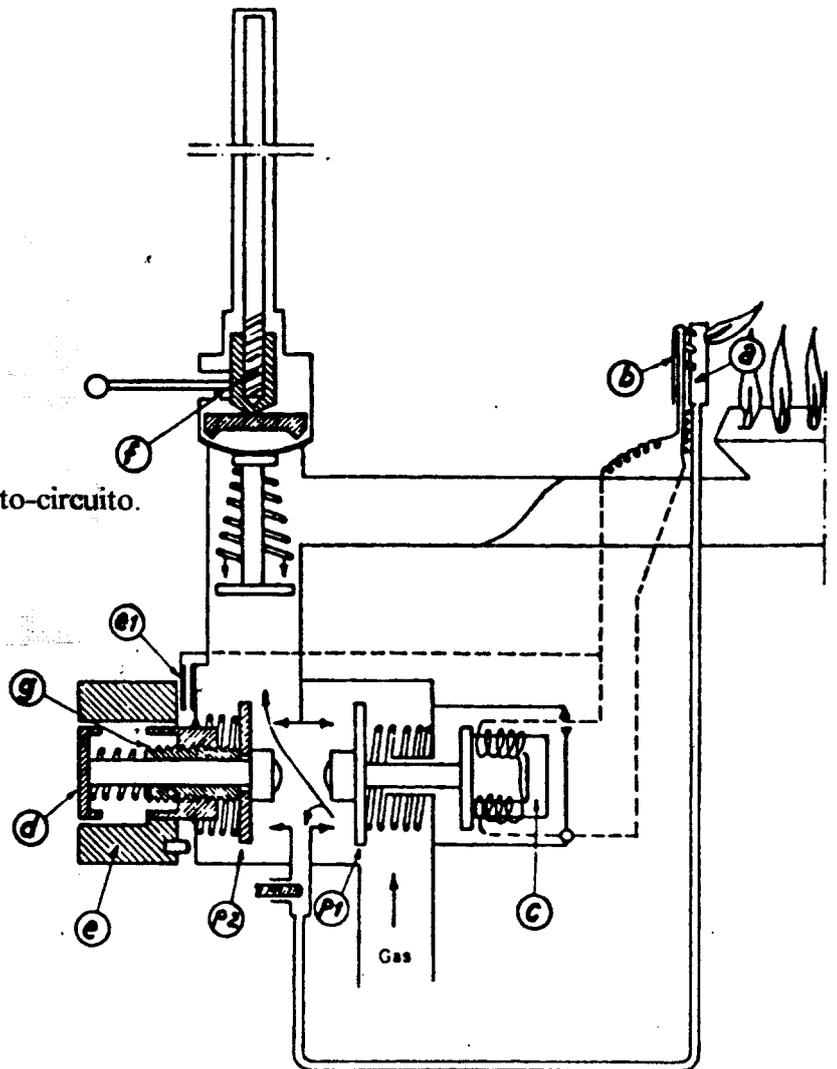
Con detección de llama por conducto dilatante y vástago, gobernando una válvula neumática.

Dilatación de líquidos o de vapores

Los sistemas utilizados llevan un bulbo, conteniendo el fluido, emplazado en el lugar adecuado. Este bulbo está unido por un tubo mecánico de muy débil sección a una cápsula manométrica en la que la variación de presión se traduce en un desplazamiento mecánico. El procedimiento exige una estanqueidad perfecta de todos los elementos. Es muy empleado en regulación y poco en protección.

TERMOPARES

- a.- Piloto.
- b.- Termopar
- c.- Electroimán
- d.- Pulsador de armado.
- e.- Pulsador de puesta en corto-circuito.
- f.- Termostato.
- s.- Regulación de caudal.
- P₁ P₂.- Válvulas



Los progresos realizados en la naturaleza de los pares y en la construcción de montajes eléctricos de resistencia despreciable, permiten actualmente el empleo de pares termoeléctricos en los aparatos de una gama de potencias muy variable, que comprenden desde los aparatos industriales con temperaturas del hogar moderadas hasta pequeños aparatos domésticos (calentadores e incluso quemadores de cocina).

Prácticamente garantizan una seguridad positiva, ya que todo deterioro del órgano director conduce al paro del quemador sin posibilidad alguna de reencendido automático.

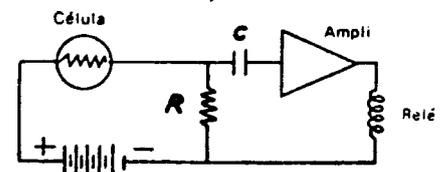
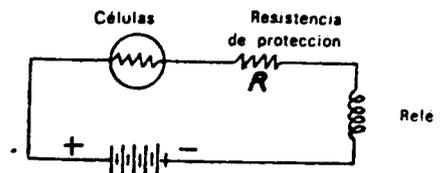
Órganos directores sensibles a la luz

En el caso de quemadores industriales de gran potencia, funcionando en recintos a alta temperatura, es necesario utilizar aparatos, cuyos elementos sensibles estén protegidos de todo deterioro térmico.

Es el caso de las células fotoeléctricas que utilizando las radiaciones de las llamas no tienen ningún enlace material con el hogar.

Las células fotoconductoras se componen de ciertas sustancias (Selenio, Silicio, Sulfuro de Talio) conductoras de la electricidad pero que presentan una resistencia variable en función de la luz que reciben. La sensibilidad máxima se sitúa en el infrarrojo. Para eliminar la influencia del hogar y de sus refractarios se utiliza no la corriente directa, sino una corriente modulada y amplificada provocada por las variaciones rápidas de las radiaciones, únicamente debidas a las llamas.

Aparte de las células fotoconductoras pueden también utilizarse las células fotovoltaicas (análogas conceptualmente a los pares termoeléctricos), las células fotoeléctricas (fotodiodos de gas o de vacío) y los tubos de descarga, con vaina de cuarzo llena de gas a presión (células ultravioleta).



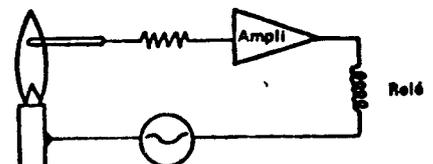
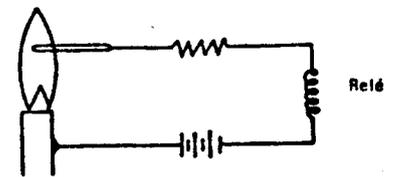
Órganos directores utilizando la conductividad de las llamas

Cuando la temperatura de los hogares no es muy elevada, se pueden utilizar dispositivos a base de electrodos, en los cuales sólo las características mecánicas y reflectarias limitan su empleo.

Los gases incandescentes fuertemente ionizados, son por esta causa conductores de la electricidad y un circuito como el esquematizado en la figura puede alimentar un relé.

En ausencia de llama, el corte de la corriente es casi instantáneo.

Se utiliza en general una segunda propiedad de las llamas: la de rectificar la corriente alterna. La corriente obtenida debe ser amplificada pero el sistema no puede funcionar en caso de cortocircuito, lo que representa una cualidad positiva para un dispositivo de seguridad y una seria ventaja sobre el montaje anterior.



Otros dispositivos utilizados en protección:

- Diversos dispositivos sensibles a la presión de alimentación que impiden el funcionamiento del quemador en caso de incidente en la distribución o falsa maniobra.
- Dispositivos utilizados para la protección de hogares funcionando en mezcla de aire-gas teórica, pantalla para-llamas, válvulas de retención, de seguridad, etcétera

Control de encendido

Cuando se trata de proteger generadores de gran potencia, deben tomarse precauciones antes del encendido.

Los dispositivos de seguridad son múltiples y forman parte de una completa instalación de mando cuyo programa debe, como mínimo subordinar la llegada de gas:

- A un prebarrido de la cámara de combustión con control de los ventiladores de soplado y de extracción.
- A un control preciso de los medios de encendido.

III.- CÁLCULO DE TUBERÍAS

Determinación de la aportación del caudal

A1.- Fórmulas de cálculo

Para la potencia térmica absorbida por el quemador, expresada en kW. o en Kcal/h. la fórmula usada para determinar el caudal expresado en m³/h. es la siguiente.

Unidad utilizada por la potencia calorífico inferior H _j	Unidad utilizada por la potencia del quemador	
	kW.	Kcal/h.
	Formula de cálculo	
MJ/m ³	$V = 3,6 \frac{P}{H_j} \quad (1)$	$V = 3,6 \frac{P}{860 H_j} = \frac{P}{238,9 H_j} \quad (2)$
Kcal/m ³	$V = \frac{860 P}{H_j} \quad (3)$	$V = \frac{P}{H_j} \quad (4)$

Ejemplo:

Un quemador de 2 kW. de potencia (1.720 Kcal/h.), de gas natural con poder calorífico inferior H_j = 35,9 MJ/m³ (8.570 Kcal/m³). Aplicación de la fórmula superior:

$$V = 3,6 \frac{2}{35,9} = 0,201 \text{ m}^3/\text{h.}$$

$$V = \frac{1750}{238,9 \times 35,9} = 0,201 \text{ m}^3/\text{h.}$$

$$V = \frac{860 \times 2}{8570} = 0,201 \text{ m}^3/\text{h.}$$

$$V = \frac{1720}{8570} = 0,201 \text{ m}^3/\text{h.}$$

Estos valores están referidos a 0° C. y 1013 mbar; para llevar hasta 15° C. multiplicar por 1,055.

A2.- Ejemplo de cálculo de una instalación interior.

Para calcular una instalación interior se debe subdividir en varios ramales.

Por ejemplo: Para una instalación como indica la fig. 2, la subdivisión será: AB, BC, CD (ramal principal), BF y CE (ramales secundarios).

Para el cálculo se debe contemplar además del largo los siguientes términos:

a) Largo efectivo del tramo medido desde sus dos extremos, ejemplo, considerando el tramo BC = 12 m.

b) Largo total del ramal principal, medido desde el contador hasta el elemento más alejado; $AB + BC + CD = 32$ m.

c) Largo equivalente del tramo. Es la medida equivalente en metros por cada cambio de sentido (curva), 0,5 m. por cada cambio de sentido. Para el ramal principal: $32 + (0,5 \times 2 a \text{ y } a') + 0,5 (b) + 0,5 (c) + (0,5 \times 2 d \text{ y } d') = 35$ m.

El diámetro de cada tramo se debe extraer de las tablas I al VIII, en base al largo equivalente, y el caudal de gas que debe pasar para alimentar el elemento o elementos correspondientes.

En el ejemplo 2 se ha tenido en cuenta una pérdida de carga de 0,5 mbar para un gas de densidad 0,85.

De la tabla, se obtiene para un largo equivalente de 35 m. y para un caudal de 4 m³/h. el diámetro correspondiente, es de 1 ¼" como indica en la figura del ejemplo.

Para diferente densidad que las indicadas en las tablas I al IV, se debe utilizar la tabla relativa al valor de densidad inmediatamente superior.

Para mejor comprensión se muestra el esquema siguiente como se ha desarrollado el cálculo.

Tramo	Longitud			Número de curvas	Caudal del tramo. $m^3/h.$	Diámetro del tubo. Gas
	Efectiva m.	Total m.	Virtual m.			
AB	10	32	35	6	9	2"
BF	3	13	15	4	5	1 1/4"
BC	12	32	35	6	4	1 1/4"
CE	5	27	29	4	3	1"
CD	10	32	35	6	1	3/4"

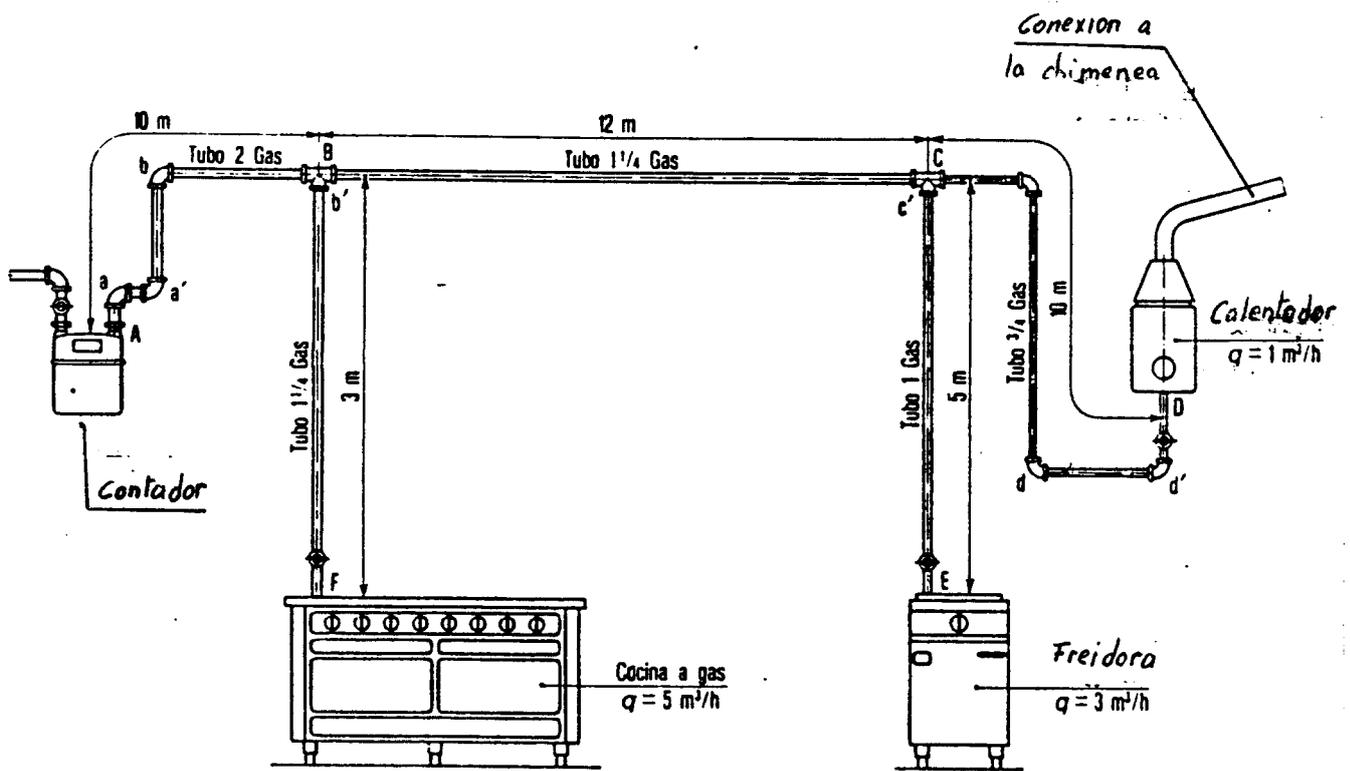


Fig. 2 Esquema indicativo para el cálculo del diámetro del tubo de alimentación a los diferentes aparatos.

Tabla I.- Caudal en m³/h. a 15° C. para GAS CIUDAD, densidad 0,85, calculado para tubo de acero con una pérdida de carga de 0,5 mbar.

Long. virtual en m.	Diámetro exterior en pulgadas								
	½	¾	1	1 ¼	1 ½	2	2 ½	3	4
	Diámetro interior en mm.								
	16,6	22,2	27,9	36,6	41,5	53,8	69,6	81,8	104
	Caudal en m ³ /h.								
2	3,17	7,04	13,17	27,7	39,11	79,6	161,0	247,8	470
4	2,14	4,95	8,89	18,7	26,38	53,7	108,6	168,9	321,7
6	1,77	3,78	7,06	14,85	20,94	42,6	86,2	134,0	257,6
8	1,45	3,21	6,00	12,61	17,78	36,17	73,1	113,8	219,3
10	1,27	2,83	5,28	11,1	15,66	31,84	64,4	100,1	193,1
15	1,05	2,24	4,19	8,81	12,43	25,27	51,1	79,4	153,1
20	0,86	1,91	3,56	7,48	10,55	21,44	43,4	67,4	129,9
25	0,76	1,68	3,13	6,59	9,29	18,88	38,2	59,3	114,3
30	0,68	1,51	2,82	5,93	8,37	17,01	34,39	53,5	103,0
40	0,58	1,28	2,40	5,04	7,10	14,43	29,17	45,3	87,4
50	0,51	1,13	2,11	4,62	6,25	12,70	25,67	39,9	76,9
60	0,48	1,02	1,90	4,00	5,63	11,45	23,13	36,0	69,3
80	0,41	0,86	1,61	3,39	4,78	9,71	19,62	30,5	58,8
100	0,38	0,76	1,42	2,98	4,21	8,55	17,27	26,84	51,7

* El valor del diámetro interior del tubo, es el utilizado en la base del cálculo.

Tabla II .- Caudal en m³/h. a 15° C., para GAS NATURAL, calculado para tubo de acero con una pérdida de carga de 0,5 mbar.

Long. virtual en m.	Diámetro exterior en pulgadas								
	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3
	Diámetro interior en mm.								
	13,2	16,6	22,2	27,9	36,6	41,5	53,8	69,6	81,8
Caudal en m ³ /h.									
2	2,16	4,06	9,02	16,9	35,5	50,1	102,1	203,6	313,5
4	1,48	2,75	6,09	11,4	24,0	33,8	68,9	139,1	214,6
6	1,16	2,18	4,84	9,06	19,1	26,9	54,7	110,7	171,9
8	0,99	1,86	4,11	7,70	16,1	22,8	46,5	94,0	146,2
10	0,87	1,63	3,63	6,78	14,3	20,1	40,9	82,7	128,7
15	0,69	1,30	2,88	5,38	11,3	16,0	32,5	65,7	102,1
20	0,59	1,10	2,45	4,57	9,67	13,6	27,6	55,7	86,7
25	0,52	0,97	2,15	4,03	8,46	11,9	24,3	49,1	76,3
30	0,47	0,88	1,94	3,63	7,63	10,8	21,9	44,2	68,7
40	0,40	0,74	1,65	3,08	6,47	9,13	18,6	37,5	58,3
50	0,35	0,66	1,45	2,71	5,70	8,03	16,3	33,0	51,3
60	0,32	0,59	1,31	2,44	5,14	7,24	14,7	29,8	46,3
80	0,27	0,50	1,11	2,07	4,36	6,14	12,5	25,2	39,2
100	0,24	0,44	0,98	1,82	3,84	5,41	11,0	22,2	34,5
* El valor del diámetro interior del tubo, es el utilizado en la base del cálculo.									

* Para la pérdida de carga de 1 mbar el valor resultante de debe multiplicar por 1,47.

Tabla III .- Masa en Kg/h. a 15° C. para PROPANO, calculado para tubo de cobre con una pérdida de carga de 0,5 mbar.

Long. virtual en m.	Diámetro interior en mm.						
	6	8	10	12	14	16	18
	Caudal en Kg/h						
2	0,31	0,67	1,23	2,02	3,08	4,44	6,12
4	0,21	0,45	0,83	1,36	2,07	2,98	4,10
6	0,16	0,36	0,65	1,08	1,64	2,36	3,25
8	0,14	0,30	0,55	0,91	1,39	2,00	2,75
10	0,12	0,27	0,49	0,80	1,22	1,76	2,42
15	0,10	0,21	0,39	0,64	0,97	1,39	1,92
20	-	0,18	0,33	0,54	0,82	1,18	1,63
25	-	0,16	0,29	0,47	0,72	1,04	1,43
30	-	0,14	0,26	0,43	0,65	0,93	1,29
40	-	0,12	0,22	0,36	0,55	0,79	1,09
50	-	0,11	0,19	0,32	0,48	0,70	0,96
60	-	-	0,17	0,29	0,44	0,63	0,86
80	-	-	0,15	0,24	0,37	0,53	0,73
100	-	-	0,13	0,21	0,32	0,47	0,64

*** El valor del diámetro interior del tubo, es el utilizado en la base del cálculo.**

Tabla IV.- Masa en Kg/h. a 15° C. para PROPANO, calculado para tubo de cobre con un pérdida de carga de 2 mbar.

Long. virtual en m.	Diámetro interior en mm.						
	6	8	10	12	14	16	18
	Caudal en Kg/h.						
2	0,68	1,49	2,73	4,50	6,84	9,85	13,6
4	0,46	1,00	1,84	3,02	4,59	6,61	9,11
6	0,36	0,79	1,45	2,39	3,64	5,23	7,21
8	0,31	0,67	1,23	2,02	3,08	4,44	6,12
10	0,27	0,59	1,08	1,78	2,71	3,90	5,38
15	0,21	0,47	0,86	1,41	2,15	3,09	4,26
20	0,18	0,40	0,73	1,20	1,82	2,62	3,61
25	0,16	0,35	0,64	1,05	1,66	2,30	3,17
30	0,14	0,31	0,58	0,95	1,44	2,07	2,86
40	0,12	0,27	0,49	0,80	1,22	1,78	2,42
50	0,11	0,24	0,43	0,71	1,07	1,55	2,13
60	-	0,21	0,39	0,64	0,97	1,39	1,92
80	-	0,18	0,33	0,54	0,82	1,18	1,63
100	-	0,16	0,29	0,47	0,72	1,04	1,43
* El valor del diámetro interior del tubo, es el utilizado en la base del cálculo.							

Tabla V.- Masa en Kg/h. a 15° C. para PROPANO, calculado para tubo de acero con pérdida de carga de 0,5 mbar.

Long. virtual en m.	Diámetro exterior en pulgadas								
	½	¾	1	1 ¼	1 ½	2	2 ½	3	4
	Diámetro interior en mm.								
	16,6	22,2	27,9	36,6	41,5	53,8	69,9	81,8	104
	Caudal en Kg/h.								
2	2,48	4,66	10,3	19,3	40,7	57,4	116,9	235,5	364
4	1,68	3,15	6,98	13,1	27,5	38,7	78,8	158,8	248
6	1,33	2,50	5,56	10,4	21,8	30,8	62,6	126,0	197
8	1,13	2,12	4,71	8,81	18,5	26,1	53,1	107,0	167
10	1,00	1,87	4,15	7,76	16,3	23,0	46,8	94,2	147
15	0,79	1,49	3,29	6,16	12,9	18,2	37,1	74,7	117
20	0,67	1,26	2,80	5,23	11,0	15,5	31,5	63,4	99,0
25	0,59	1,11	2,46	4,60	9,67	13,6	27,7	55,8	87,1
30	0,54	1,00	2,22	4,15	8,71	12,3	25,0	50,3	78,5
40	0,45	0,85	1,88	3,52	7,39	10,4	21,2	42,7	66,6
50	0,40	0,75	1,66	3,10	6,51	9,18	18,7	37,5	58,6
60	0,35	0,68	1,50	2,79	5,87	8,27	16,8	33,8	52,8
80	0,31	0,57	1,27	2,37	4,98	7,02	14,3	28,7	44,8
100	0,27	0,50	1,12	2,09	4,35	6,17	12,5	25,3	39,4
* El valor del diámetro interior del tubo, es el utilizado en la base del cálculo									

Tabla VI.- Masa en Kg/h. a 15° C. para PROPANO, calculado para tubo de acero con pérdida de carga de 2 mbar.

Long. virtual en m.	Diámetro exterior en pulgadas								
	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1	1 $\frac{1}{4}$	1 $\frac{1}{2}$	2	2 $\frac{1}{2}$	3
	Diámetro interior en mm.								
	13,2	16,6	22,2	27,9	36,6	41,5	53,8	69,6	81,8
	Caudal en Kg./h.								
2	5,42	10,2	22,6	42,4	89,2	125,9	253,1	504	776
4	3,67	6,89	15,3	28,6	60,3	85,1	173,3	345	592
6	2,92	5,48	12,2	22,8	47,9	67,6	137,7	277	426
8	2,48	4,66	10,3	19,3	40,7	57,4	116,9	236	364
10	2,19	4,11	9,11	17,0	35,9	50,6	103,0	208,4	322
15	1,74	3,26	7,24	13,5	28,5	40,2	81,8	165,4	257
20	1,48	2,77	6,15	11,5	24,2	34,1	69,4	140,4	218,4
25	1,30	2,44	5,42	10,1	21,3	30,0	61,1	123,6	192,3
30	1,18	2,20	4,87	9,14	19,2	27,1	55,1	111,4	173,3
40	1,00	1,87	4,15	7,70	16,3	23,0	46,8	94,6	147,0
50	0,88	1,65	3,66	6,83	14,4	20,2	41,2	83,2	129,5
60	0,79	1,49	3,29	6,16	12,9	18,2	37,1	75,0	116,6
80	0,67	1,26	2,79	5,22	11,0	15,5	31,5	63,6	99,0
100	0,59	1,11	2,46	4,60	9,67	13,6	27,7	56,0	87,1
* El valor del diámetro interior del tubo, es el utilizado en la base del cálculo									

Tabla VII.- Masa en Kg./h. a 15° C. para BUTANO, calculado para tubo de cobre con pérdida de carga de 0,5 mbar.

Long. virtual en m.	Diámetro interior en mm.						
	6	8	10	12	14	16	18
	Caudal en Kg./h						
2	0,41	0,90	1,65	2,71	4,13	5,94	8,19
4	0,28	0,60	1,11	1,82	2,77	3,99	5,50
6	0,22	0,48	0,88	1,44	2,19	3,16	4,35
8	0,18	0,40	0,74	1,22	1,86	2,68	3,69
10	0,16	0,36	0,65	1,07	1,64	2,35	3,24
15	0,13	0,28	0,52	0,85	1,30	1,86	2,57
20	0,11	0,24	0,44	0,72	1,10	1,58	2,18
25	-	0,21	0,39	0,63	0,97	1,39	1,92
30	-	0,19	0,35	0,57	0,87	1,25	1,72
40	-	0,16	0,29	0,48	0,74	1,06	1,46
50	-	0,14	0,26	0,43	0,65	0,93	1,29
60	-	0,13	0,23	0,38	0,58	0,84	1,16
80	-	0,11	0,20	0,32	0,49	0,71	0,98
100	-	-	0,17	0,29	0,44	0,63	0,86
* El valor del diámetro interior del tubo, es el utilizado en la base del cálculo							

Tabla VIII.- Masa en Kg./h. a 15° C. para BUTANO, calculado para tubo de cobre con pérdida de carga de 2 mbar.

Long. virtual en m.	Diámetro interior en mm.						
	6	8	10	12	14	16	18
	Caudal en Kg./h						
2	0,91	1,99	3,66	6,02	9,17	13,1	18,2
4	0,61	1,34	2,46	4,04	6,15	8,85	12,2
6	0,48	1,06	1,95	3,20	4,87	7,01	9,67
8	0,41	0,90	1,65	2,71	4,13	5,94	8,19
10	0,36	0,79	1,45	2,39	3,63	5,23	7,20
15	0,29	0,63	1,15	1,89	2,88	4,14	5,71
20	0,24	0,53	0,97	1,60	2,44	3,51	4,84
25	0,21	0,47	0,86	1,41	2,14	3,04	4,25
30	0,19	0,42	0,77	1,27	1,93	2,78	3,83
40	0,16	0,36	0,65	1,07	1,64	2,35	3,24
50	0,14	0,31	0,57	0,94	1,44	2,07	2,85
60	0,13	0,28	0,52	0,85	1,30	1,86	2,57
80	-	0,24	0,44	0,72	1,10	1,58	2,18
100	-	0,21	0,39	0,63	0,97	1,39	1,92
* El valor del diámetro interior del tubo, es el utilizado en la base del cálculo							

IV.- G. L. P.

BUTANO Y PROPANO COMERCIALES

Instalaciones de G.L.P. envasados

En el diseño y realización de las instalaciones para gases liquiados del petróleo (G.L.P.), se han de tener en cuenta algunos aspectos peculiares que se derivan de una parte de las propias características físico-químicas de estos tipos de gases y de otra de la forma de suministro de los mismos.

En cuanto a las primeras, cabe destacar su peso específico, superior al del aire y su elevado poder calorífico.

Por lo que se refiere a las segundas, básicamente se ha de señalar que el suministro no es continuo, sino que este se efectúa mediante depósitos móviles o fijos que se vacían y que se han de renovar o recargar periódicamente.

Así mismo, las características de la alimentación en la red concretamente la presión pueden quedar influenciados por el grado de llenado de los depósitos, etc. Además estos deben ser capaces de suministrar el caudal de gas requerido por los aparatos de consumo conectados a la instalación, en todo momento.

Cuestiones todas ellas que han de ser consideradas a fin de dimensionar adecuadamente este tipo de instalaciones.

Tipo de gases y forma de suministro

Para usos domésticos, los que se emplean habitualmente son:

- Butano comercial
- Propano comercial

ambos en fase líquida en el suministro y para su utilización en fase gaseosa.

Para otras aplicaciones, por ejemplo de tipo industrial pueden emplearse otras variantes de los gases puros, tales como el denominado propano metalúrgico, o el butano desodorizado. En cualquier caso, la empresa suministradora deberá facilitar las características del tipo de gas a utilizar.

El suministro puede hacerse mediante depósitos móviles (botellas), o depósitos fijos. En cuanto a las botellas, los tipos comerciales son:

- Para butano, la botella doméstica con una carga de gas de 12,5 Kgs.
- Para propano, la botella similar a la anterior con una carga neta de 11 Kg. y la botella denominada industrial, cuya carga neta es de 35 Kg.

En los depósitos fijos, cuya capacidad puede ser variable, el suministro se efectúa mediante camiones-cisterna. La instalación puede estar dotada o no de equipo de trasvase propio.

Descripción de los envases móviles (botellas) y válvulas.

Tanto las botellas domésticas, como las denominadas industriales, son recipientes de acero laminado, cuyo espesor aproximado es de 3,2 mm. Antes de su puesta en servicio, han debido ser sometidas a presiones de prueba con agua, de 30 Kg./cm².

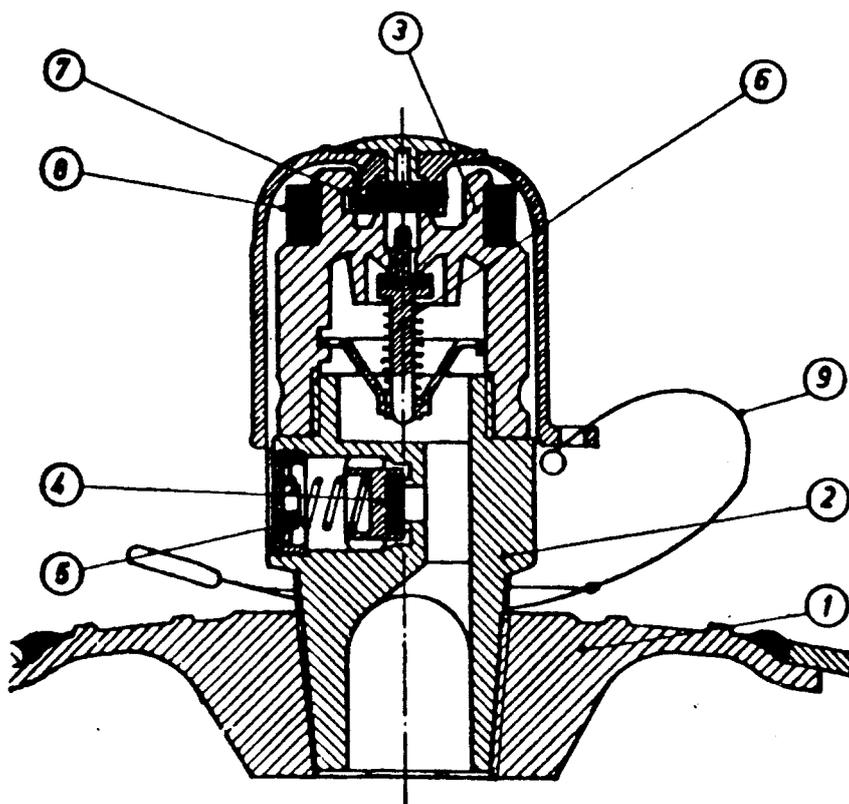
Ambos tipos de botellas, van provistas en su parte superior de una válvula, que permite la salida de gas. Dicha válvula ha de estar acoplada con cierre estanco a la botella y además debe permitir su acoplamiento a los elementos que conecten la botella con la instalación.

Las botellas de tipo doméstico de butano y propano de 11 kg., van equipadas normalmente con la válvula Kosangas, mientras que las botellas de propano industriales llevan alguno de los otros tipos.

La Kosangas va provista de una válvula de seguridad, como puede verse en el esquema, que actúa cuando la presión del gas en el interior de la botella alcanza una presión entre 26 y 33 atmósferas, dejando escapar gas hasta que dicha presión quede reducida a 21-25 atm. Es por tanto un elemento de seguridad importante.

SECCIÓN DE COLLARÍN, VÁLVULA Y CAPERUZA TIPO KOSANGAS

- 1 Collarín de la botella.
- 2 Parte inferior de la válvula.
- 3 Parte superior.
- 4 Cuerpo, válvula de seguridad.
- 5 Rosca, válvula de seguridad.
- 6 Vástago y resorte para la válvula de reducción.
- 7 Caperuza de protección.
- 8 Anillo empaquetadura de goma.
- 9 Cuerda de nylon.

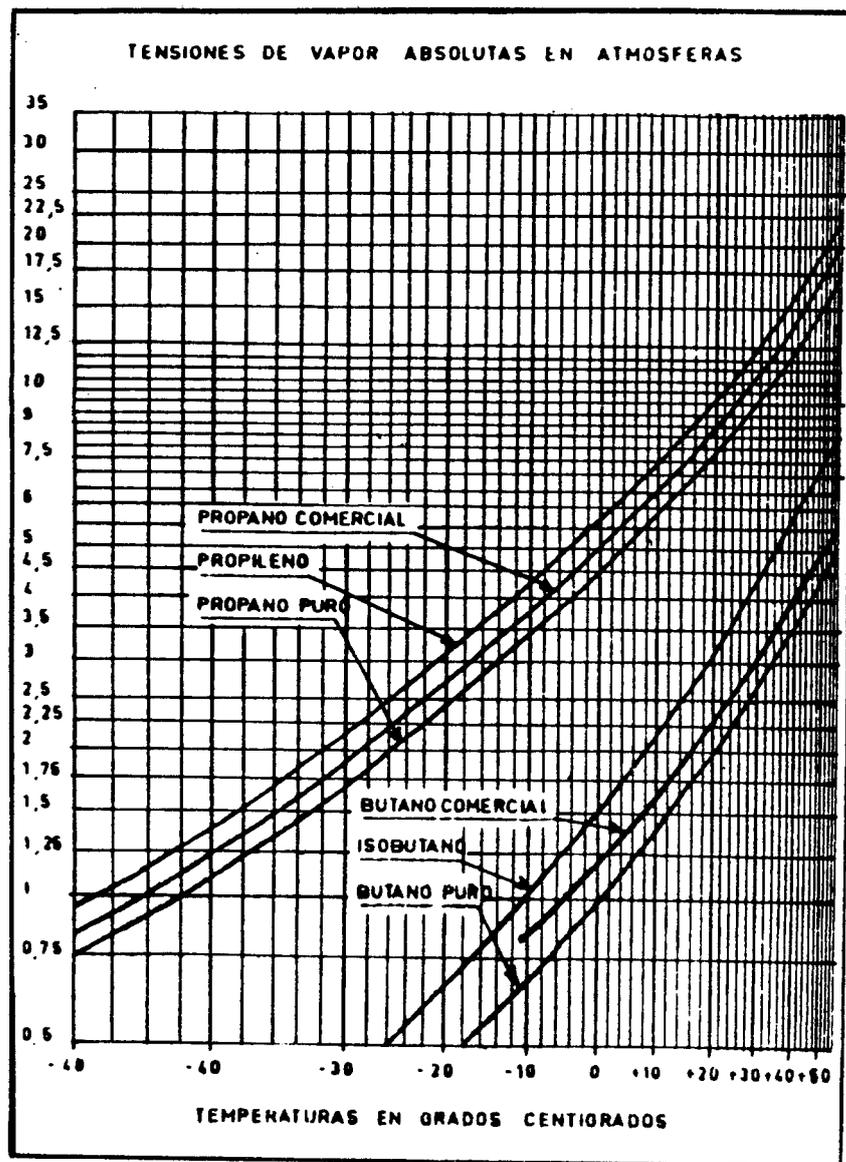


Presión del gas

En los recipientes que contienen G.L.P. se admite un grado máximo de llenado del 85%, es decir que de su volumen total, solo se puede ocupar un 85% con gas en fase líquida.

En condiciones normales de temperatura este gas líquido en el interior del recipiente, tenderá a vaporizarse hasta ocupar con gas en fase gaseosa el volumen restante, esta vaporización continuará hasta que el gas en fase gaseosa alcance una presión igual a la tensión del vapor del gas líquido que le corresponda para la temperatura a que está sometido.

Una idea más aproximada de los valores que puede llegar a tener la tensión de vapor para los diferentes G.L.P., se deduce del examen del gráfico adjunto, el cual da el valor de la tensión de vaporen función de la temperatura.



Como puede verse, esta tensión de vapor vale para el propano comercial, a una temperatura de 20° C. aproximadamente 9 atm. o sea algo más de 9 Kg./cm² y para el butano comercial entre 2,25 y 2,5 atm., en valor promedio y aproximado a 2,5 Kg./cm².

Esta presión es evidentemente muy alta respecto a las condiciones normales de utilización, y además es variable en función de la temperatura en tanto que los aparatos de consumo precisan presión constante.

Concretamente y para usos domésticos, en las tuberías que forman parte de la instalación, esta presión no debe ser superior a la máxima admitida en la legislación vigente en el interior de edificaciones.

A su vez los aparatos de consumo de tipo doméstico (cocinas, calentadores etc.) están normalmente previstos para funcionar a 31 gr./cm², con butano comercial y a 37 gr./cm², con propano comercial. Únicamente en algunos casos de instalaciones industriales o usos especiales, pueden ser diferentes estos valores. Ello obliga a incorporar a la instalación los elementos necesarios, para que a partir de la presión de suministro, puedan obtenerse las presiones adecuadas tanto en la red como en los aparatos de consumo.

Elementos de regulación y seguridad

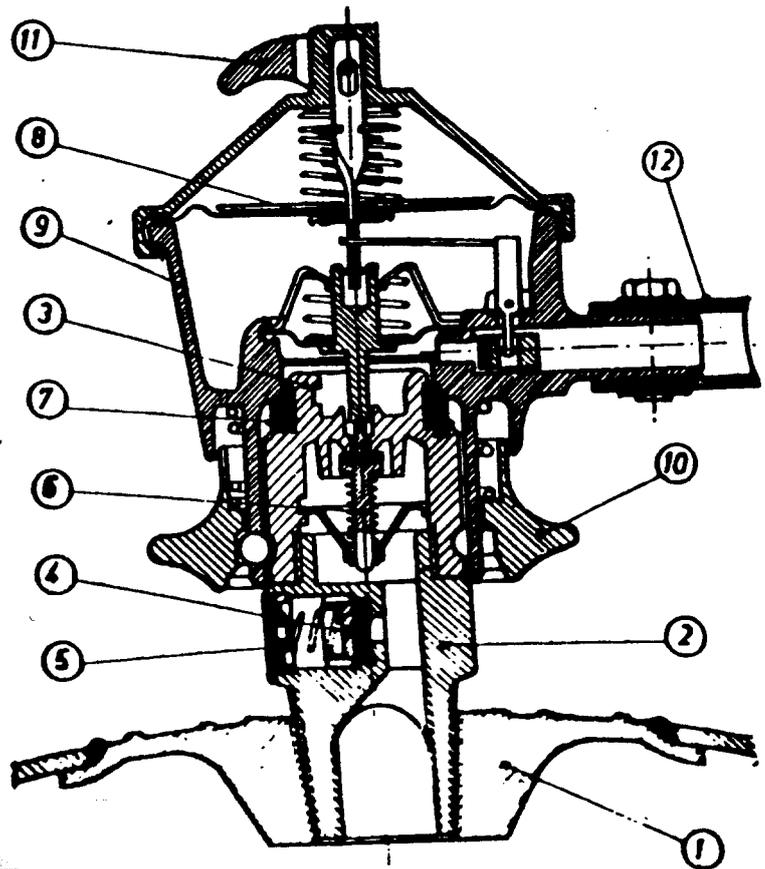
Para adecuar la presión de salida de los recipientes de G.L.P., que como se ha visto es variable con la temperatura, a la presión deseada en la red o en los aparatos de consumo, se emplean los denominados reguladores de presión. Tienen como misión, lo de que recibiendo un caudal de gas a una presión variable y en general alta, reducir dicha presión a la prevista, suministrando a su vez el caudal de gas necesario.

En las botellas domésticas que están equipadas con la válvula Kosangas, el regulador que se utiliza preferentemente es también el de tipo Kosangas, especialmente en las instalaciones en que la botella va acoplada directamente al aparatos de consumo. El acoplamiento entre válvula y regulador está previsto en ambos y es sumamente sencillo.

El esquema de este tipo de regulador, queda reflejado en la página siguiente.

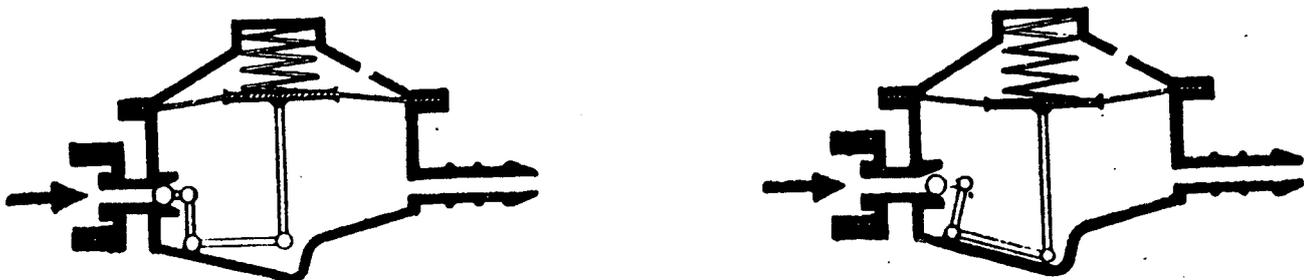
SECCIÓN DE COLLARÍN, VÁLVULA Y REGULADOR TIPO KOSANGAS

- 1 Collarín
- 2 Parte inferior de la válvula de la botella.
- 3 Parte superior de la válvula de la botella.
- 4 Cuerpo para la válvula de seguridad.
- 5 Disco roscado para la válvula de seguridad.
- 6 Vástago y resorte para la válvula de seguridad.
- 7 Anillo empaquetadura de goma.
- 8 Válvula de seguridad de baja presión.
- 9 Caja del regulador.
- 10 Anillo de cierre.
- 11 Palanca.
- 12 Tubo de plástico con abrazadera.



Este regulador es de dos fases. La primera fase de reducción se obtiene en combinación con la válvula de la botella. Obtiene una presión de salida de 310 mm.c.d.a. prácticamente constante para presiones del gas en la botella entre 0,6 y 10 atm. tiene capacidad para un caudal de hasta 3 Kg./h. Cabe señalar también que va provista de válvula de seguridad. Existen modelos también para otras presiones de salida.

REGULADOR "CLÁSICO" SECCIONADO



Para las instalaciones en que las botellas van conectadas a una red, la cual alimenta los diferentes aparatos, lo que sucede prácticamente siempre con las botellas industriales de propano, la conexión de las botellas a la red se efectúa mediante un tubo flexible, denominado lira que al acoplarse por un lado a la botella, permite abrir la válvula de esta y por el otro se conecta a la red de tubería rígida.

En algún punto de la red de tubería rígida generalmente próximo a las botellas se ha de intercalar el regulador. Si la presión de salida de este regulador es alta en relación con la que necesitan los aparatos de consumo, entonces en la proximidades de cada uno de estos, se ha de intercalar otro regulador que efectúe la reducción correspondiente. De estos tipos de reguladores existen varios modelos, si bien el principio general de funcionamiento es el mismo en todos los casos, queda reflejado en los esquemas adjuntos (ver página anterior, parte inferior).

Su elemento principal de funcionamiento está compuesto por la membrana accionada por un muelle y que lleva por el otro lado acoplado un sistema de palancas. Cuando entra el gas, si la presión es alta comprime el muelle, la membrana se eleva y la palancas hacen cerrar el orificio de entrada del gas. Al bajar la presión en le interior, el muelle se expande y por medio de las palancas se abre la entrada de gas.

Las características que definen un regulador son:

- Los límites de presión de entrada, que puede admitir.
- La presión de salida.
- El caudal de gas que suministra a esa presión de salida.

Para cada instalación se ha de elegir el regulador o reguladores de características técnicas adecuadas a las exigencias de la instalación. En instalaciones con varias botellas, de las cuales unas están en uso y otras en reserva, debiendo entrar en funcionamiento éstas cuando se agoten las primeras, puede resultar útil el denominado inversor automático. Este consiste en un aparato que efectúa la inversión de un grupo de botellas a otro de forma automática y que efectúa además la regulación de la presión.

El funcionamiento del inversor automático, queda reflejado en las figuras de la página siguiente.

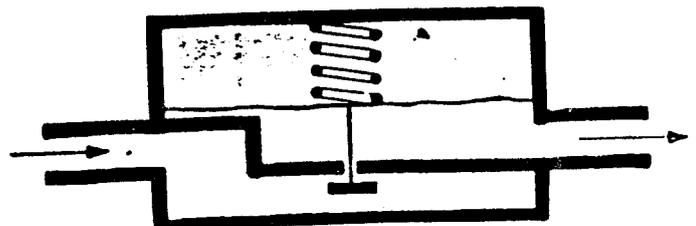
Para este tipo de instalaciones, caso de no incorporar inversor automático se ha de prever el sistema de inversión manual, compuesto en el caso más simple por dos llaves de corte, interceptando cada una un grupo de botellas.

Con frecuencia en las instalaciones que nos ocupan se coloca otro dispositivo que es el limitador de presión y cuyo esquema de funcionamiento. Ha de colocarse siempre después del regulador de presión.

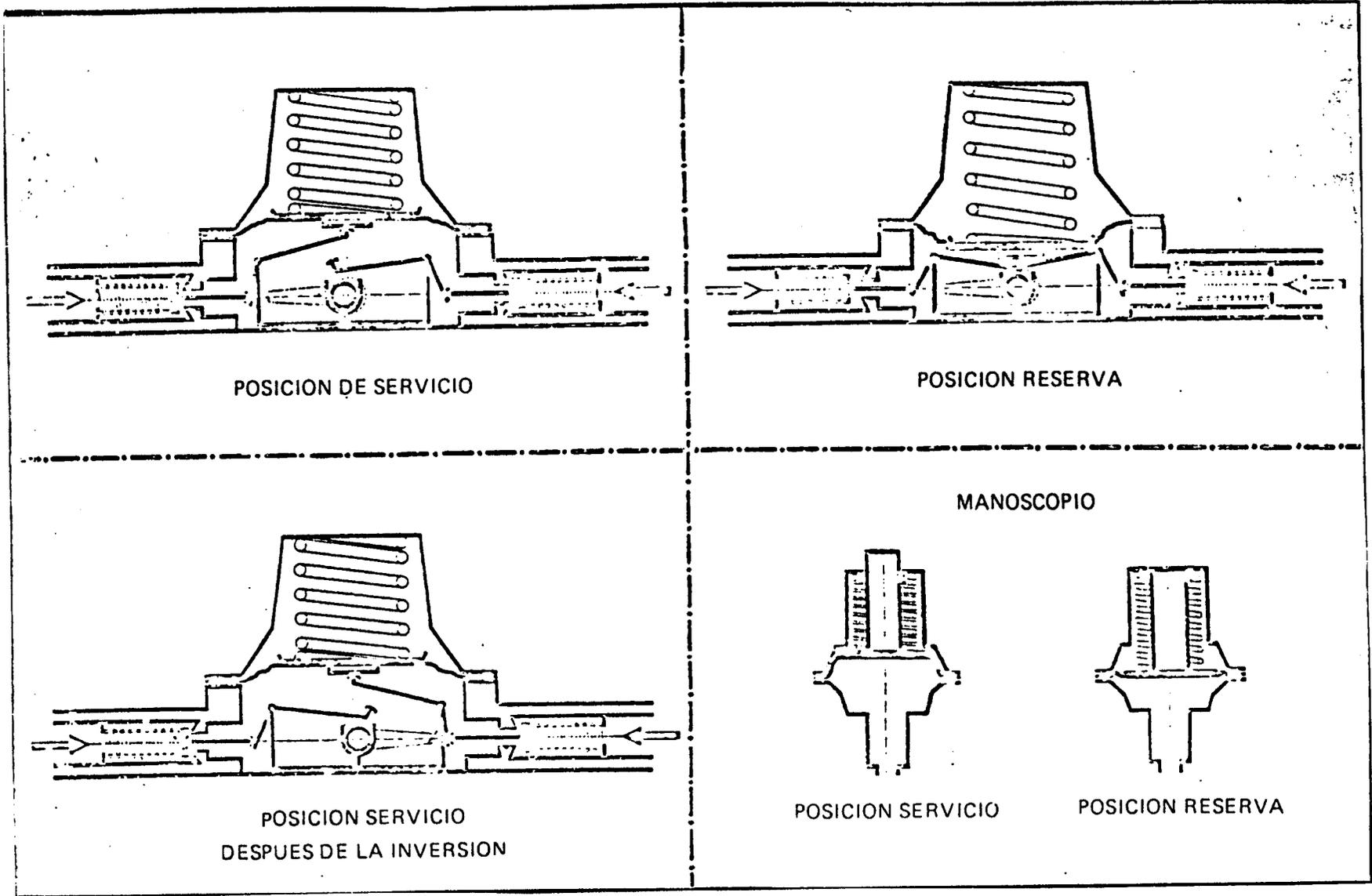
LIMITADOR DE PRESIÓN

Su función es la de impedir que la presión sobrepase un determinado valor para el cual está graduado y que es variable según tipos.

En condiciones normales de funcionamiento, da una presión de salida igual a la presión de entrada, pero si por las razones que fuesen, la presión de entrada supera el valor prefijado, la de salida disminuye, pudiendo llegar en algunos tipos al cierre del dispositivo, impidiendo el paso del gas.



ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DEL INVERSOR AUTOMÁTICO



Cuadro resumen de las normas para instalaciones con depósitos móviles de capacidad superior a 15 Kgr.

Concepto		Grupo 1° (2 botellas)	Grupo 2° (10)	Grupo 3° (28)	
Capacidad		$15 < C \leq 70$	$70 < C \leq 350$	$350 < C \leq 1000$	
Emplazamiento de las botellas		Puede ser al interior si $V \geq 1000$ y $S \geq 150$ Aconsejable, exterior		Exterior	
Dist. Mín. en m.	De las canalizaciones a:	interior	exterior		
	Conductores, enchufes, etc.	0,03	0,03	0,03	
	Del lugar de emplazamiento de las botellas a:	Hogares de cualquier tipo	3	3	5
		Interruptores y enchufes eléctricos	1	1	1
		Conductores electr.	0,5	0,5	0,5
		Motores eléctricos y de gasolina	3	3	5
		Registros alcantar. desagües etc.	3	1	2
	Aberturas que comuniquen con sótanos	3	1	4	
Durante el cambio de botellas:	No se pueden mantener puntos de fuego, accionar interruptores ni funcionar cualquier tipo de motor a una distancia menor de:	20	10	10	
Dotación de extintores		2 de 25 Kg.	-	-	
Superficie de ventilación de la caseta o del local, en su caso como mínimo		1/15	1/10	1/10	

C = Capacidad del grupo en Kg.
S = Superficie del mismo en m².

V = Volumen del local en m³.
Distancias en metros

Cálculo del volumen de almacenamiento de G.L.P.

Cuando se proyecta una instalación de G.L.P. la primera consideración que se ha de hacer, es sobre el número de botellas, o el volumen del depósito a instalar, ya que la cantidad de gas a obtener dependerá de este factor a igualdad de otras condiciones. Esta cantidad de gas debe ser como mínimo igual a la máxima que puedan exigir simultáneamente en un momento dado, la suma de gasto de los aparatos de consumo instalados.

Se han de conocer, por tanto, los datos correspondientes a la capacidad de vaporización de los depósitos, móviles o fijos y los correspondientes al consumo de los aparatos.

Respecto a la capacidad de vaporización, esta depende de la temperatura ambiente y de la superficie de la botella o depósito en contacto con el medio en que estén situados. Para las botellas de butano comercial del tipo doméstico, el gasto máximo continuo que se puede considerar en función de la temperatura es el siguiente:

400 gr./h durante 2 horas a	5° C.
600 gr./h " " "	15° C.
800 gr./h " " "	25° C.

Las botellas industriales de propano comercial, en condiciones de temperatura alrededor de 0° C., pueden suministrar una cantidad de gas de aproximadamente 1,5 Kg./h. por botella, si bien a efectos de cálculo se considera un gasto máximo de 1 Kg./h. Ello es debido a que al disminuir la cantidad de gas en el interior, por tanto el grado de llenado, disminuye también la velocidad de vaporización. En las botellas pequeñas de 11 Kg. la vaporización disminuye proporcionalmente a la superficie, respecto a las grandes, por lo que su capacidad de vaporización puede reducir a bastante menos de la mitad que en aquellas.

La instalación alimentará a varios aparatos de consumo, que necesitarán una cantidad de gas para su funcionamiento. Esta se ha de determinar en base a las características, de los aparatos y viene definida por su potencia.

Sea por ejemplo, una instalación de propano con botellas industriales que alimenta:

Una cocina de 6.000 Kcal/hora.

Una caldera de 30.000 Kcal/hora.

La cantidad de gas que necesitan estos aparatos para esta potencia, teniendo en cuenta que el calor calorífico del propano comercial es de 11.000 Kcal/Kg. sería:

$$\frac{30.000 + 6.000}{11.000} = 3,27 \text{ Kg./h}$$

Por tanto la instalación debe suministrar 3,27 Kg./h útiles de gas y recordando que se puede obtener 1 Kg./h. por botella, la instalación deberá contar con 4 botellas trabajando simultáneamente. Si además deben existir otras 4 en reserva, la instalación necesitará 8 botellas. Este cálculo se ha efectuado en base a las potencias nominales. Igualmente podría haberse hecho para potencias reales teniendo en cuenta que el rendimiento en este tipo de instalaciones es del orden del 70 al 80%. Es decir que para obtener los mismos 36.000 Kcal/h. de potencia real el consumo tendría que ser mayor, concretamente $C \times 0,7 = 3,27$ de donde $C = 3,27 / 0,7 = 4,67$ Kg./h.

El riesgo de que el volumen de almacenamiento sea escaso, consiste en que el exigir del mismo mayor cantidad de gas de lo que puede suministrar, enfría el gas líquido y la botella hasta llegar a la congelación, cosa que ocurre en el butano a los 0° C. y en el propano a los -42° C. En este momento deja de salir gas y la instalación dejará de funcionar, si bien ya antes los aparatos habrán mostrado un funcionamiento irregular y deficiente. En las botellas aparecerán los charcos de agua o la escarcha en la parte inferior de las mismas. Cabe también que se consideren las botellas como vacías, en cuyo caso serían devueltas conteniendo gas que no ha sido utilizado.

Autonomía

Relacionado con todo lo anterior aparece el concepto de autonomía. En G.L.P. el suministro no es continuo, pero el uso si es conveniente que lo sea. Para ello es preciso que mientras se consume el gas de reserva, haya tiempo suficiente para la renovación de las existencias de gas. Este problema es más acusado en el caso de depósitos cuyo suministro es a granel.

Se entiende por autonomía, el tiempo que la instalación es capaz de funcionar desde una reposición de gas a otra.

Para el cálculo interviene un nuevo factor, que es el tiempo de funcionamiento diario de los aparatos instalados. En el supuesto anterior se habría obtenido un consumo de 3,27 Kg./h y admitiendo que los aparatos funcionen un promedio de 6 horas diarias tendríamos un consumo de gas de $3,27 \times 6 = 19,62$ Kg./día. Como la instalación consta de 4 botellas de 35 Kg. cada una, da un total de $4 \times 35 = 140$ Kg. Por tanto $140 / 19,62 = 7,13 \approx 7$ días, es decir cada 7 días se consumirá un grupo de botellas y este será el plazo máximo para su reposición. Pudiera ocurrir que en función de esta autonomía, hubiera que colocar mayor número de botellas.

Cabe decir finalmente que en los casos en que la vaporización natural no es suficiente esta puede aumentarse con el empleo de vaporizadores. En este caso la instalación es ya más compleja y por tanto más costosa.