

## 6.1 GENERALIDADES

### 6.1.1 Sistemas de unidades

En este apartado se van a definir las unidades más usuales empleadas en el cálculo de las instalaciones de gas, así como sus equivalencias entre diferentes sistemas de unidades.

**Longitud:** Es la distancia de una barra de acero patrón, la cual mide un metro (m). Para pequeñas distancias como los diámetros de las tuberías de cobre y polietileno se utiliza un submúltiplo del metro que es el milímetro (mm), en cambio para diámetros de tuberías de acero se utilizan las pulgadas (").

	m	mm	ft	in
m	1	1.000	3,278	39,370
mm	0,001	1	0,003	0,039
Ft	0,305	304,8	1	12
In	0,025	25,4	0,083	1

**Masa:** Es la cantidad de sustancia o materia que tiene un cuerpo.

	kg	g	lb
kg	1	1.000	2,203
g	0,001	1	0.002
lb	0,454	454	1

**Caudal:** Es el volumen de gas que atraviesa una sección en un determinado tiempo. El caudal depende de la temperatura y de la presión, siendo las condiciones más usuales de expresión, 0° C y 1 atmósfera de presión (condiciones normales).

	m <sup>3</sup> /h	l/m	ft <sup>3</sup> /min	gal/min
m <sup>3</sup> /h	1	16,667	0,589	4,403
l/m	0,06	1	0,035	0,264
ft <sup>3</sup> /min	1,699	28,317	1	7,481
gal/min	0,227	3,785	0,134	1

**Velocidad:** Es la forma de ver el avance de un cuerpo por unidad de tiempo.

	m/s	ft/s
m/s	1	3,279
ft/s	0,305	1

**Presión:** es la fuerza que ejerce un cuerpo por unidad de superficie.

	Bar	kg/cm <sup>2</sup>	psi	gr/cm <sup>2</sup>	mmcda	Pa
Bar	1	1,019716	14,5037	1.019,761	10.000	100.000
kg/cm <sup>2</sup>	0,980665	1	14,2233	1.000	9.806,65	98.066,5
Psi	0,06894	0,0703	1	70,3069	689,4757	6.894,75
gr/cm <sup>2</sup>	0,00098	0,001	0,01422	1	9,80665	98,0665
mmcda	0,0001	0,0001019	0,00145	0,10197	1	10
Pa	0,00001	0,0000102	0,000145	0,01019	0,1	1

**Energía:** es la magnitud para medir calor o trabajo.

	kJ	kCal/h	BTU	kWh	Th
kJ	1	0,239	0,948	$2,7 \cdot 10^{-4}$	$2,39 \cdot 10^{-4}$
kcal	4,187	1	3,968	$11,63 \cdot 10^{-4}$	0,001
BTU	1,055	0,252	1	$2,9 \cdot 10^{-4}$	$2,52 \cdot 10^{-4}$
kWh	3.600	859,8	3.412	1	0,8598
Th	4184,1	1.000	3968,2	1,163	1

**Potencia:** es el trabajo o calor por unidad de tiempo.

	W	kCal/h	Th/h	BTU/h
W	1	0,859	0,00086	3,413
kcal/h	1,163	1	0,001	3,968
th/h	1.163	1.000	1	3.968
BTU/h	0,293	0,252	0,000252	1

**Temperatura:** es la mayor o menor cantidad de energía calorífica que contiene un cuerpo con respecto a otro, tomado como referencia.

Las unidades más habituales de temperatura son los grados Celsius, Kelvin y Fahrenheit.

## 6.1 GENERALIDADES

### 6.1.2 Consumos de aparatos

El caudal necesario de gas se obtiene de dividir la potencia nominal del poder calorífico superior P.C.S.

$$Q = \text{Potencia Nominal} / \text{P. C.S.}$$

TIPO DE APARATO	POTENCIA NOMINAL kCal/h	CAUDAL kg/h
Cocina industrial	15.000	1,25
Cocina con horno	10.000	0,83
Encimera	6.000	0,63
Horno	4.300	0,42
Calentador instantáneo de 5 l/min	9.000	0,75
Calentador instantáneo de 10 l/min	18.000	1,50
Calentador instantáneo de 13 l/min	23.050	1,92
Calentador instantáneo de 15 l/min	27.370	2,30
Acumulador de 50 litros	4.000	0,42
Acumulador de 75 litros	5.000	0,42
Acumulador de 100 litros	5.500	0,63
Caldera de calefacción simple o mixta 16.000 kCal/h	19.207	1,61
Caldera de calefacción simple o mixta 18.000 kCal/h	21.608	1,80
Caldera de calefacción simple o mixta 20.000 kCal/h	24.009	2,01
Caldera de calefacción simple o mixta 22.000 kCal/h	26.410	2,21
Caldera de calefacción simple o mixta 26.000 kCal/h	31.212	2,61
Caldera de calefacción simple o mixta 30.000 kCal/h	36.014	3,01
Caldera de calefacción simple o mixta 40.000 kCal/h	48.019	4,03

#### Grado de gasificación:

Dependiendo del caudal de gas o potencia a suministrar a la vivienda o de la previsión hecha, las viviendas se clasifican según un grado de gasificación; esta clasificación es como se indica a continuación:

Grado 1: Previsión de una potencia simultánea individual de 25.800 kcal/h (previsión mínima). Es la mínima previsión para una vivienda, aunque los aparatos de consumo tengan una potencia inferior.

Grado 2: Previsión de una potencia simultánea individual entre 25.800 kcal/h y 60.200 kcal/h.

Grado 3: Previsión de una potencia simultánea individual superior a 60.200 kcal/h. Sólo se aplica a determinados casos.

GRADO	POTENCIA (kCal/h )	POTENCIA (kW)
1	Hasta 25.800	Hasta 30
2	Desde 25.800 hasta 60.200	Desde 30 hasta 70
3	Mayor de 60.200	Mayor de 70

## 6.1 GENERALIDADES

### 6.1.3. Caudal de simultaneidad

Cuando en una instalación se cuenta con más de un aparato de gas, el consumo máximo simultáneo no es la suma de los consumos individuales de cada aparato, debido a que es muy probable que no funcionen todos a la vez. Para calcular el caudal máximo simultáneo se emplea la siguiente fórmula:

$$Q_{Si} = A + B + \frac{C + D + \dots + N}{2}$$

Donde:  $Q_{Si}$  Caudal de simultaneidad.  
A, B Caudales nominales de los aparatos de mayor consumo.  
C, N Caudales nominales del resto de los aparatos.

La potencia nominal simultánea viene dada por:

$$P_{Si} = Q_{Si} \cdot PCS$$

Donde:  $P_{Si}$  Potencia nominal simultánea.  
PCS Poder Calorífico Superior.

## 6.1 GENERALIDADES

### 6.1.4 Coeficiente de simultaneidad

Cuando hay que calcular el caudal de varias viviendas alimentadas por un depósito común hay que tener en cuenta un coeficiente de simultaneidad debido a que todos los aparatos de las viviendas no funcionarán simultáneamente. Para calcular el valor del caudal máximo de la instalación se utiliza la siguiente fórmula:

$$Q_{sc} = \sum Q_{si} \times S$$

Donde:  $Q_{si}$  Caudal individual simultáneo  
S Coeficiente de simultaneidad

La suma de  $Q_{si}$  multiplicada por el coeficiente de simultaneidad se aplica a consumos iguales, si hubiese diferentes consumos se aplicará a cada uno su coeficiente de simultaneidad parcial dependiendo del número de  $Q_{si}$  iguales y el  $Q_{sc}$  total será la suma de los parciales.

FACTOR DE SIMULTANEIDAD S		
Nº de viviendas	Sin calefacción $S_1$	Con calefacción $S_2$
1	1	1
2	0,50	0,70
3	0,40	0,60
4	0,40	0,55
5	0,40	0,50
6	0,30	0,50
7	0,30	0,50
8	0,30	0,45
9	0,25	0,45
10	0,25	0,45
15	0,20	0,40
25	0,20	0,40
40	0,15	0,40
50	0,15	0,35

Tabla factor simultaneidad según la Orden del M. de I. y E. de 17 de Diciembre de 1985.

## 6.1 GENERALIDADES

### 6.1.5 Ejemplo de cálculo

Se tiene que calcular la red común, así como la instalación individual de un conjunto de doce viviendas. Las viviendas en cuestión estarán dotadas de encimera y de una caldera mixta para calefacción y agua caliente sanitaria; la potencia nominal de la encimera es de 7.000 kCal/h y de la caldera es de 20.000 kCal/h. Lo primero a calcular es el caudal individual y el caudal punta común.

$$Q_A = 20.000/11.900 = 1,68 \text{ kg/h} \quad Q_B = 7.000/11.900 = 0,59 \text{ kg/h}$$

$$Q_{si} = 1,68 + 0,59 = 2,27 \text{ kg/h}$$

El coeficiente de simultaneidad para 12 viviendas es de  $S = 0,40$ ; con lo cual el caudal total simultáneo es de:

$$Q_{sc} = 12 \times 2,27 \times 0,40 = 13,06 \text{ kg/h}$$

## 6.2 CÁLCULO DE NECESIDADES DE DEPÓSITOS

### 6.2.1. Cálculo de la vaporización requerida

El G.L.P. se almacena en estado líquido debido a que ocupa menos volumen que en estado gaseoso, pero los aparatos que utilizan G.L.P., normalmente, lo consumen en forma gaseosa, por lo tanto es necesario vaporizar antes de llegar a los puntos de consumo.

En un depósito coinciden los dos estados, líquido y gaseoso. Entre ellos se mantiene un equilibrio a una determinada presión (que depende de la temperatura), llamada tensión de vapor; el G.L.P. vaporiza por debajo de ésta, y por encima, se condensa. En el momento que se empieza a extraer gas en estado gaseoso del depósito, se rompe este equilibrio, debido a que se produce una disminución de la presión, entonces el líquido empieza a vaporizarse para volver a restablecer el equilibrio perdido; para su vaporización el líquido necesita calor, que lo obtiene del exterior a través de las paredes y del mismo líquido, enfriándose.

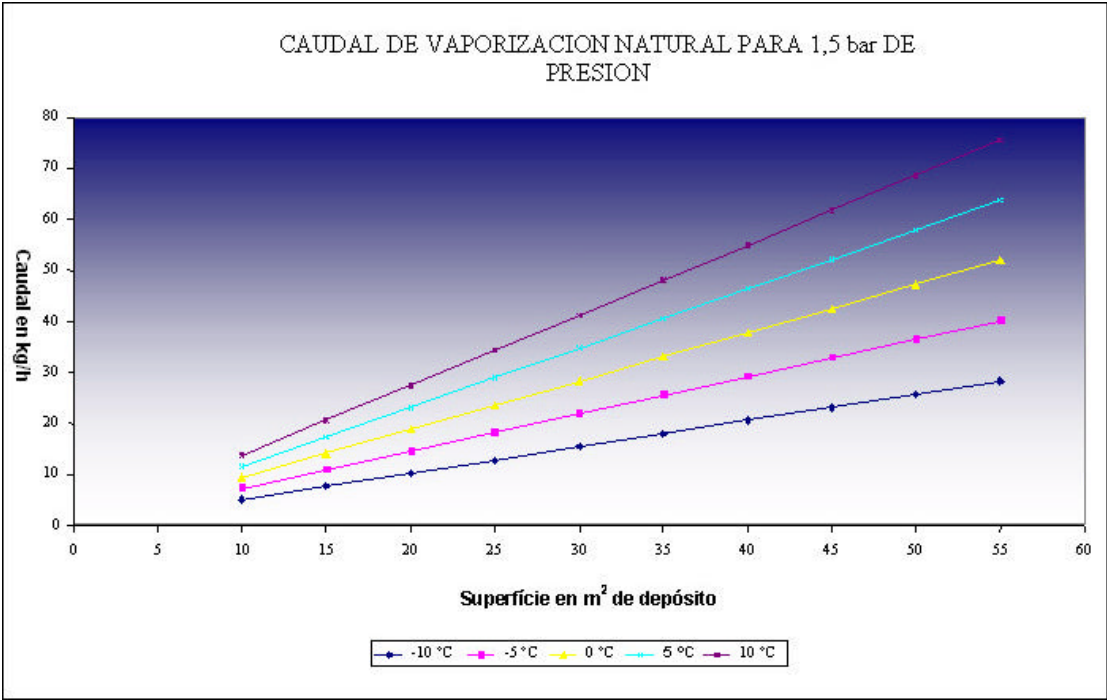
Cuando se extrae gas en gran cantidad y rápidamente, se rompe totalmente el equilibrio debido a que el líquido se enfría, ya que le es más fácil coger calor de él mismo. Esto provoca que la tensión de vapor caiga a un valor inferior a la presión del regulador de salida del depósito, con lo que el G.L.P. deja de vaporizar y conlleva a la interrupción del suministro o el mal funcionamiento de los aparatos si el depósito está en el límite de vaporización.

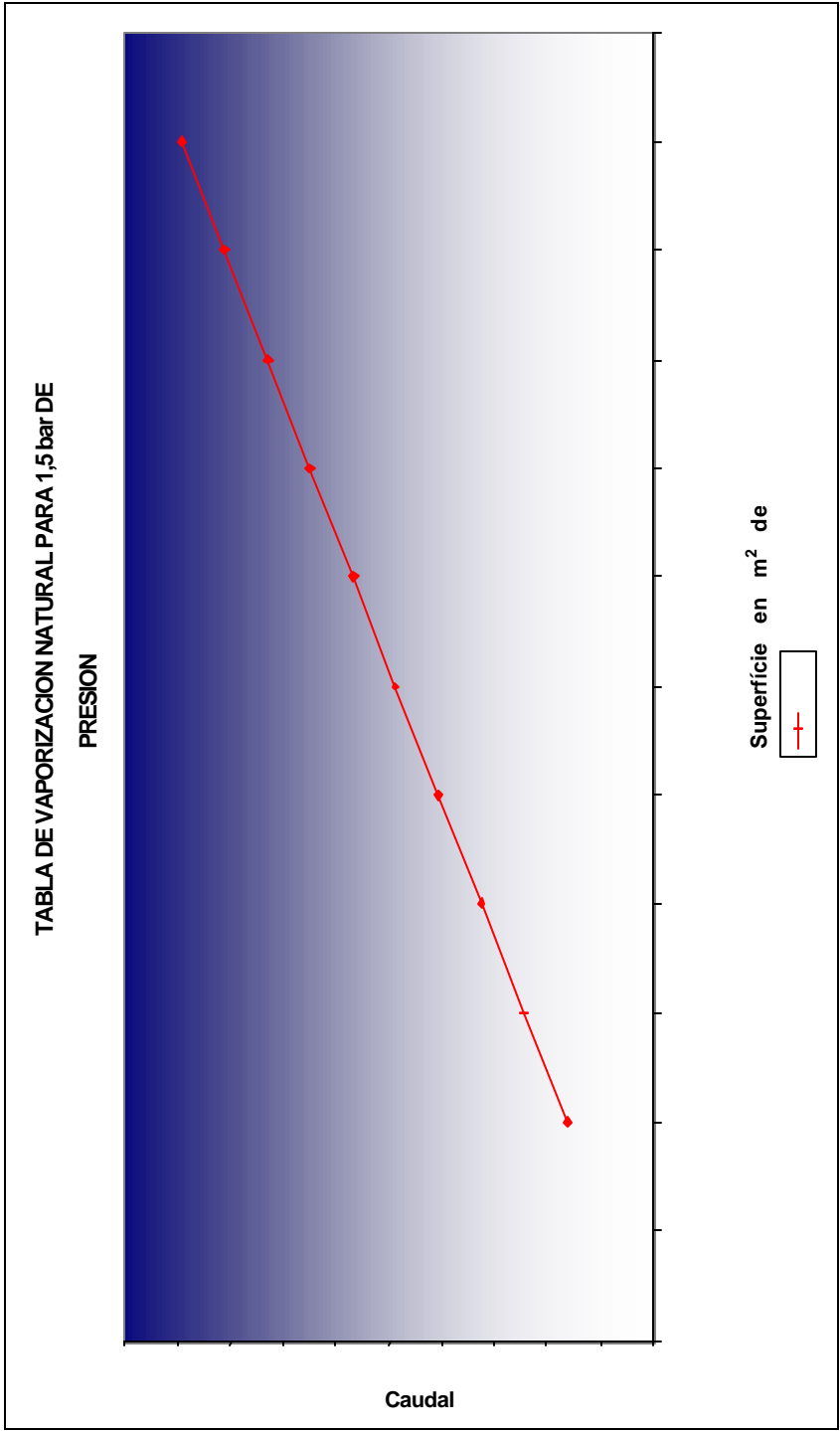
Para calcular el caudal de vaporización para unas condiciones normales de funcionamiento, considerando que casi todo el calor necesario se obtiene mayoritariamente del exterior, se utilizará la siguiente fórmula:

$$Q = a \cdot S \cdot K \cdot \frac{(T_e - T_i)}{q}$$

- Donde:
- Q: Caudal de vaporización en kg/h.
  - a: Porcentaje de superficie del depósito en contacto con el líquido. Depende del grado de llenado del depósito. Para un 20% de llenado el valor de 'a' es 0,336 y para un 30% es de 0,397.
  - S: Superficie del depósito en m<sup>2</sup>.
  - K: Coeficiente de transmisión de calor a través de las paredes del depósito. Dependen de la humedad relativa y del viento. Para depósitos aéreos se toma un valor promedio de K = 12 kCal/h m<sup>2</sup> °C y para depósitos enterrados es de K = 8,4 kCal/h m<sup>2</sup> °C.
  - T<sub>e</sub>: Temperatura mínima prevista del ambiente en el que está instalado el depósito.
  - T<sub>i</sub>: Temperatura del propano en el interior del depósito, depende de la temperatura de ebullición que se corresponde con la presión de servicio de red. Para una presión de servicio de 1,5 bar se considera T<sub>i</sub> = -22°C, para 1,25 bar la temperatura T<sub>i</sub> vale -26°C
  - q: Calor de vaporización del propano q = 94 kCal/h .

Aplicando la fórmula expuesta en la página anterior, para un índice de llenado del depósito del 20% de su capacidad y para distintas temperaturas mínimas ambiente en los depósitos aéreos, y para una temperatura del terreno de 5 °C para depósitos enterrados, se obtienen las siguientes gráficas:





## 6.2 CÁLCULO DE NECESIDADES DE DEPÓSITOS

### 6.2.2. Cálculo de la autonomía

Otro de los parámetros a tener en cuenta a la hora de dimensionar un depósito es la autonomía. La autonomía es el tiempo mínimo que debe transcurrir entre el llenado máximo de producto del depósito (85% del volumen geométrico) y el mínimo llenado aconsejable para un correcto funcionamiento de la instalación (20% del volumen geométrico).

La autonomía mínima se fija en 15 días. La empresa suministradora podrá aumentar la autonomía siguiendo criterios de explotación.

Para realizar un cálculo correcto de la autonomía, se debe realizar para la época de mayor consumo; para instalaciones domésticas la época de invierno es la de mayor consumo debido al funcionamiento de la calefacción.

Se tiene que calcular el consumo diario de la instalación dependiendo del uso de la misma y de los aparatos instalados. La experiencia dicta las horas de funcionamiento normales, como se puede ver en la siguiente tabla:

APARATOS	HORAS DE FUNCIONAMIENTO	
	VIVIENDAS	HOSTELERIA
Cocina	1	3,5
Calentador	2,5	4
Caldera	6	8
Secadora	1	2

El consumo máximo total diario para 15 días de autonomía da la capacidad mínima en kg de propano necesarios ( $C_u$ ).

El volumen geométrico útil de carga de un depósito es del 65%, por lo tanto:

$$V_u = 0,65 \times V_T$$

La masa volumétrica del propano es de 510 Kg/m<sup>3</sup>, así pues se tiene:

$$C_u = 0,65 \times 510 \times V_T$$

$V_T$  Volumen total depósito en m<sup>3</sup>  
 $V_u$  Volumen útil de almacenamiento en m<sup>3</sup>  
 $C_u$  Capacidad útil de almacenamiento en kg

$$V_T = \frac{C_u}{331,5}$$

Aplicando la fórmula anterior se obtiene el volumen total necesario para la autonomía requerida.

## 6.2 CÁLCULO DE NECESIDADES DE DEPÓSITOS

### 6.2.3. Ejemplo de cálculo

Tomando el ejemplo de cálculo anterior, en el cual se calcula el caudal total simultáneo de una instalación de doce viviendas, se observa que  $Q_{SC} = 13,06$  kg/h. Este dato es el de partida para la vaporización natural del depósito, el cual tendrá que garantizar este caudal, en las condiciones más desfavorables, con suficientes garantías. Se supone que el depósito instalado será enterrado.

Según la gráfica de la página (6-7) de vaporización para depósitos enterrados, para un caudal de 13 kg/h correspondería una superficie de depósito de 15 m<sup>2</sup>. Según el catálogo del fabricante, el depósito escogido sería un Lapesa LP-4000, depósito homologado por Primagaz Distribución, S.A.

Se ha elegido el depósito, de momento, según su poder de vaporización; ahora hay que comprobar que cumple con los mínimos de autonomía exigibles y en caso negativo se tendrá que escoger el depósito superior que cumpla con la autonomía exigida.

Los consumos de una vivienda son los siguientes:

$$Q_{\text{caldera}} = 1,68 \text{ kg/h} \quad Q_{\text{encimera}} = 0,59 \text{ kg/h}$$

El consumo diario de una vivienda será:

$$C_d = (Q_{\text{caldera}} \times \text{horas de funcionamiento}) + (Q_{\text{encimera}} \times \text{horas de funcionamiento})$$

Consultando la tabla de horas de funcionamiento de los aparatos de la página anterior se obtiene:

$$C_d = (1,68 \times 6) + (0,59 \times 1) = 10,08 + 0,59 = 10,67 \text{ kg/día}$$

Para calcular el consumo diario del total de la instalación, el proyectista tendrá que valorar varios factores como el número de viviendas y el grado de ocupación para aplicar un factor de corrección. En este caso, se trata de viviendas de primera residencia, con lo cual no se aplica ningún coeficiente de corrección y por tanto:

$$C_{dT} = N \times C_d = 12 \times 10,67 = 128,04 \text{ kg/día}$$

Para una autonomía de 15 días:

$$C_u = 128,04 \times 15 = 1920,6 \text{ kg}$$

Se debe escoger un depósito con un volumen total de:

$$V_T = 1920,6 / 331,5 = 5,78 \text{ m}^3 = 5780 \text{ l}$$

Es necesario un depósito de 5780 litros para cumplir el mínimo de autonomía y es evidente que el depósito Lapesa LP-4.000 **no es suficiente**, debido a que su volumen total es de 4.000 litros, por lo tanto se tiene que elegir el depósito de volumen superior que cumpla con la autonomía exigida. Éste depósito es el Lapesa LP-8.834, depósito también homologado por Primagaz Distribución, S.A.

## 6.3 CÁLCULO DE VAPORIZACIÓN FORZADA

### 6.3.1. Ejemplo de cálculo

Para diseñar la capacidad del vaporizador no es conveniente coger sólo el consumo punta de la instalación, sino que se tendrá que darle un margen de un 30 %.

Conocido el consumo punta se escoge entre las capacidades nominales el modelo de vaporizador que se adapta mejor a nuestra instalación.

El siguiente paso es dimensionar la potencia de la caldera necesaria para funcionar conjuntamente con el vaporizador. Para ello se parte de los siguientes datos. El calor de vaporización del propano comercial se estima en 94 kCal/Kg, a este calor habrá que añadirle las pérdidas térmicas de la instalación. El rendimiento de la instalación estará entorno al 80%, con lo cual la potencia útil de la caldera será:

$$P_u = \frac{Q_v \cdot 94}{\eta} = \text{kCal/h}$$

Donde:

$$Q_v = Q_p \cdot 1,30 = \text{kg/h}$$

Supongamos, por ejemplo, una industria del sector de la cerámica que dispone de un suministro de un gas propano para su horno de cocción, donde el caudal punta necesario sea de 800 kg/h.

La capacidad nominal del vaporizador necesario será de:

$$Q_v = Q_p \cdot 1,30 = 800 \cdot 1,30 = 1.040 \text{ kg/h}$$

Se puede tomar el vaporizador nominal existente en el mercado de capacidad nominal de 1.000 kg/h.

La potencia de la caldera necesaria será:

$$P_u = (1.000 \cdot 94) / 0,80 = 117.500 \text{ kCal/h}$$

Por lo tanto, la caldera escogida tiene una potencia nominal de 120.000 kCal/h.

## 6.4 CÁLCULO DE CONDUCCIONES

### 6.4.1 Clasificación en las instalaciones según la presión de servicio

Baja Presión (BP)	Hasta 50 gr/cm <sup>2</sup>
Media Presión A (MPA)	Hasta 0,4 kg/cm <sup>2</sup>
Media Presión B (MPB)	Hasta 4 kg/cm <sup>2</sup>
Alta Presión A (APA)	Hasta 12 kg/cm <sup>2</sup>
Alta Presión B (APB)	Desde 12 kg/cm <sup>2</sup>

## 6.4 CÁLCULO DE CONDUCCIONES

### 6.4.2 Longitud equivalente

En una instalación de gas, además de los metros de tubería instalada, existen una serie de elementos o piezas que influyen en las pérdidas de carga como son las curvas, derivaciones, tes, laves de paso, reguladores, filtros, etc. Una forma de tener en cuenta estos elementos, en cuanto a su pérdida de carga, es transformarlos en un equivalente a metros de tubería que absorban esta pérdida de carga. Normalmente se considera un 20% más de metros lineales de tubería. El total recibe el nombre de longitud equivalente y su valor es:

$$L_E = 1,20 \times L$$

## 6.4 CÁLCULO DE CONDUCCIONES

### 6.4.3 Pérdida de presión

Es la pérdida de presión que se produce cuando circula un gas por una conducción debido al rozamiento con las paredes del tubo y con los accesorios por los que transcurre, o por los cambios de sección que se producen durante el posible curso del gas por la conducción.

Para poder conocer el valor de esta pérdida de presión y así poder saber si al final de la conducción nos llegará una presión adecuada para el buen funcionamiento del aparato a alimentar, se aplican una serie de fórmulas que dependen de la presión de servicio. Estas fórmulas reciben el nombre de RENOUIARD y sólo serán válidas para el cálculo si se cumplen las siguientes condiciones:

1. El cociente Q/D sea menor de 150, donde:

Q = Caudal en m<sup>3</sup>/h en condiciones estándar (15 °C, presión atmosférica).  
D = Diámetro interior en mm.

2. El número de Reynolds, representado por R, será igual o menor a 2.000.000, donde:

$$R = T \times \left( \frac{Q}{D} \right) \quad T = 72.000 \text{ para el gas propano.}$$

Q = Caudal en m<sup>3</sup>/h en condiciones estándar (15 °C, presión atmosférica).

D = Diámetro interior en mm.

Las fórmulas de Renouard son:

- Para presiones medias (desde 0,05 bar hasta 4 bar):

$$p_a^2 - p_b^2 = 48,6 \cdot d \cdot L_E \cdot \frac{Q^{1,82}}{D^{4,82}}$$

- Para presiones bajas (menores de 0,05 bar):

$$p_a - p_b = 232.000 \cdot d \cdot L_E \cdot \frac{Q^{1,82}}{D^{4,82}}$$

$p_a - p_b$  Presiones absolutas inicial y final expresadas en la primera fórmula en bar y en la segunda en mm.c.a.

d Densidad corregida para el propano = 1,16

$L_E$  Longitud equivalente

Q Caudal en m<sup>3</sup>/h en condiciones estándar

D Diámetro interior de la tubería en mm.

Las pérdidas de carga máximas admisibles son de un **5%** para instalaciones de baja presión (BP) y, para los grandes consumos, se recomienda no superar un **10%**, ya que podría comportar problemas en la instalación debido a velocidades de circulación muy elevadas.

## 6.4 CÁLCULO DE CONDUCCIONES

### 6.4.4 Cálculo de la velocidad

Para evitar ruidos y turbulencias, la velocidad máxima a que debe circular el gas por la tubería no debe superar los **20 m/s** a media presión y **10 m/s** en baja presión.

$$v = \frac{Q}{S \times 3600} = \frac{m}{s}$$

Q: Caudal en m<sup>3</sup>/h

S: Sección de la tubería en m<sup>2</sup>

$$S = \frac{p \cdot D^2}{4} = m^2$$

D: Diámetro interior de la tubería en m.

## **6.4 CÁLCULO DE CONDUCCIONES**

### **6.4.5 Cálculo del diámetro**

El diámetro de la tubería a instalar dependerá de:

- La densidad característica del gas.
- La caída de presión admisible, dependerá de la presión de trabajo y del caudal.
- La velocidad del gas.

El procedimiento a seguir es escoger un diámetro determinado por tanteo o con la ayuda de unas tablas, calcular la pérdida de carga y la velocidad resultante y comprobar si los resultados son válidos.

## 6.4 CÁLCULO DE CONDUCCIONES

### 6.4.6 Tablas para cálculo de diámetro

Presión: Baja  
 Gas: Propano  
 $P_a$ : 370 mm.c.a.  
 $P_b$ : 351,5 mm.c.a.  
 $D_p$ : 18,5 mm.c.a. (5%)

Caudal		DIÁMETRO INTERIOR (mm)															
		Longitud (m)															
kg/h	m <sup>3</sup> /h	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	25	30	35	40	45	
0,6	0,3	5	6	7	7	7	8	8	8	8	9	9	9	10	10	10	
1,0	0,5	6	7	8	9	9	9	10	10	10	10	11	11	12	12	12	
1,7	0,8	8	9	10	10	11	11	12	12	12	13	13	14	14	14	15	
2,1	1,0	8	10	11	11	12	12	13	13	13	14	14	15	15	16	16	
2,5	1,2	9	10	11	12	13	13	14	14	14	15	15	16	16	17	17	
3,1	1,5	10	11	12	13	14	14	15	15	16	16	17	17	18	18	19	
4,2	2,0	11	13	14	15	15	16	16	17	17	18	19	19	20	20	21	
6,3	3,0	13	15	16	17	18	19	19	20	20	21	22	22	23	24	24	
8,4	4,0	14	16	18	19	20	21	21	22	22	23	24	25	26	28	28	
10,5	5,0	15	18	19	21	22	22	23	24	24	25	26	27	28	29	30	
12,5	6,0	17	19	21	22	23	24	25	26	26	27	28	29	30	31	32	
14,6	7,0	18	20	22	23	25	26	26	27	28	28	30	31	32	33	34	
16,7	8,0	18	21	23	25	26	27	28	28	29	30	31	32	33	34	35	
18,8	9,0	19	22	24	26	27	28	29	30	31	31	33	34	35	36	37	
20,9	10,0	20	23	25	27	28	29	30	31	32	32	34	35	36	37	38	

Presión: Media Presión A  
 Gas: Propano  
 P<sub>a</sub>: 0,150 bar  
 P<sub>b</sub>: 0,135 bar  
 D<sub>p</sub>: 0,015 bar (10%)

Caudal		DIÁMETRO INTERIOR (mm)														
		Longitud (m)														
kg/h	m <sup>3</sup> /h	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	25	30	35	40	45
0,6	0,3	6	6	6	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8
1,0	0,5	7	7	8	8	8	9	9	9	9	10	10	10	10	10	10
1,7	0,8	8	9	9	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
2,1	1,0	9	9	10	10	11	11	12	12	12	12	13	13	13	13	13
2,5	1,2	9	10	11	11	12	12	12	13	13	13	14	14	14	14	14
3,1	1,5	10	11	12	12	13	13	13	14	14	14	15	15	15	15	16
4,2	2,0	11	12	13	14	14	15	15	15	16	16	16	17	17	17	17
6,3	3,0	13	14	15	16	16	17	17	18	18	19	19	19	20	20	20
8,4	4,0	15	16	16	18	18	19	20	20	20	21	21	22	22	22	23
10,5	5,0	16	17	18	19	20	21	21	22	22	23	23	23	24	24	25
12,5	6,0	17	19	20	21	21	22	23	23	24	24	24	25	26	26	26
14,6	7,0	18	20	21	22	23	23	24	25	25	26	26	27	27	27	28
16,7	8,0	19	21	22	23	24	25	25	26	27	27	18	28	28	29	29
18,8	9,0	20	22	23	24	25	26	26	27	28	28	19	29	30	30	31
20,9	10,0	21	22	24	25	26	27	28	28	29	29	30	30	31	31	32

Presión: Media Presión B  
 Gas: Propano  
 P<sub>a</sub>: 1,50 bar  
 P<sub>b</sub>: 1,35 bar  
 D<sub>p</sub>: 0,15 bar (10%)

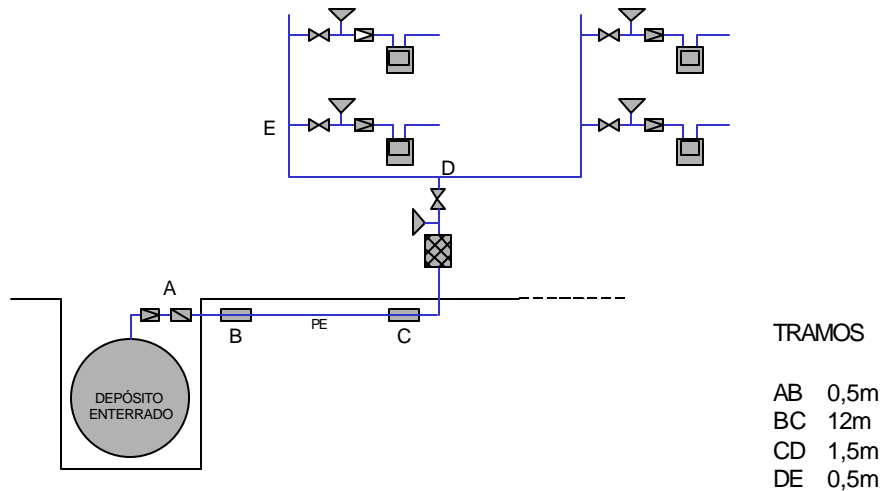
DIÁMETRO INTERIOR (mm)																
Caudal		Longitud (m)														
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
kg/h	m <sup>3</sup> /h	6	6	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9
4,2	2	8	8	9	9	10	10	10	11	11	11	11	11	11	12	12
8,4	4	9	10	11	11	12	12	12	13	13	13	13	13	13	14	14
12,5	6	10	11	12	12	13	13	14	14	14	14	15	15	15	15	16
16,7	8	11	12	13	13	14	14	15	15	16	16	16	16	16	16	17
20,9	10	12	13	14	14	15	15	16	16	17	17	17	17	18	18	18
25,1	12	13	14	14	15	16	16	17	17	18	18	18	18	19	19	19
29,3	14	14	15	16	16	17	17	18	18	19	19	19	19	20	20	20
33,4	16	14	15	16	17	17	18	18	19	19	20	20	20	21	21	21
37,6	18	15	16	17	18	18	19	19	20	20	21	21	21	22	22	22
41,8	20	15	16	17	18	18	19	19	20	20	21	21	21	22	22	22
46,0	22	16	17	18	19	19	20	20	21	21	22	22	22	23	23	23
50,2	24	17	18	19	20	20	21	21	22	22	23	23	23	24	24	24
54,3	26	17	18	19	20	20	21	21	22	22	23	23	23	24	24	24
58,5	28	18	19	20	21	21	22	22	23	23	24	24	24	25	25	25
62,7	30	18	19	20	21	21	22	22	23	23	24	24	24	25	25	25

## 6.4 CÁLCULO DE CONDUCCIONES

### 6.4.7 Ejemplo de cálculo

Volvemos a retomar el ejemplo de cálculo del apartado generalidades, el cual consistía en un edificio de doce viviendas, cada una de las cuales está equipada con una caldera mixta y una encimera de gas.

Tenemos que calcular el diámetro de tubería de la red común que une el depósito enterrado LP-8834 con la centralización de contadores del edificio. Como se puede ver en la figura, se trata de una instalación enterrada realizada con tubo de polietileno. Antes de salir al exterior se soldará una transición de polietileno a cobre y llevaremos la tubería hasta el armario de contadores.



La presión de servicio del tramo es de 1,5 bar, por lo tanto, la fórmula de Renouard a utilizar será la de presiones medias:

$$p_a^2 - p_b^2 = 48,6 \times d \times L_E \times \frac{Q^{1,82}}{D^{4,82}}$$

Se admitirá una pérdida de carga máxima del 10%, es decir, de 0,15 bar

$$\begin{aligned} P_A &= 1,50 \text{ bar} \\ P_B &= 1,45 \text{ bar} \\ P_C &= 1,40 \text{ bar} \\ P_D &= 1,38 \text{ bar} \\ P_E &= 1,35 \text{ bar} \end{aligned}$$

En la fórmula se utilizan presiones absolutas y se tiene que sumar la presión atmosférica que es de 1 bar.

El caudal punta de la instalación es de 13,06 kg/h, dato calculado anteriormente.

La Masa Volumétrica del propano comercial es de 1,986 kg/m<sup>3</sup> (st)

$$Q = \frac{13,6}{1,986} = 6,58 \text{ m}^3 (\text{st}) / \text{h}$$

$$\begin{aligned} L_{EAB} &= 1,20 \times 0,5 = 0,6 \text{ m} \\ L_{EBC} &= 1,20 \times 12 = 14,4 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_{ECD} &= 1,20 \times 1,5 = 1,8 \text{ m} \\ L_{EDE} &= 1,20 \times 0,5 = 0,6 \text{ m} \\ d &= 1,16 \end{aligned}$$

La fórmula de Renouard para el diámetro queda:

$$D = 2,308 \times \left( \frac{L_E}{\rho_a^2 - \rho_b^2} \right)^{0,2075} \times Q^{0,3776}$$

TRAMO AB:  $(2,5)^2 - (2,45)^2 = 0,2475$

$$D = 2,308 \times (0,6/0,2475)^{0,2075} \times 6,58^{0,3776} = 6 \text{ mm Tubo de Cu } 12 \times 15$$

TRAMO BC:  $(2,45)^2 - (2,40)^2 = 0,2425$

$$D = 2,308 \times (14,4/0,2425)^{0,2075} \times 6,58^{0,3776} = 11 \text{ mm Tubo de PE } 20$$

TRAMO CD:  $(2,40)^2 - (2,38)^2 = 0,0956$

$$D = 2,308 \times (1,8/0,0956)^{0,2075} \times 6,58^{0,3776} = 9 \text{ mm Tubo de Cu } 13 \times 15$$

TRAMO CD:  $(2,38)^2 - (2,35)^2 = 0,1419$

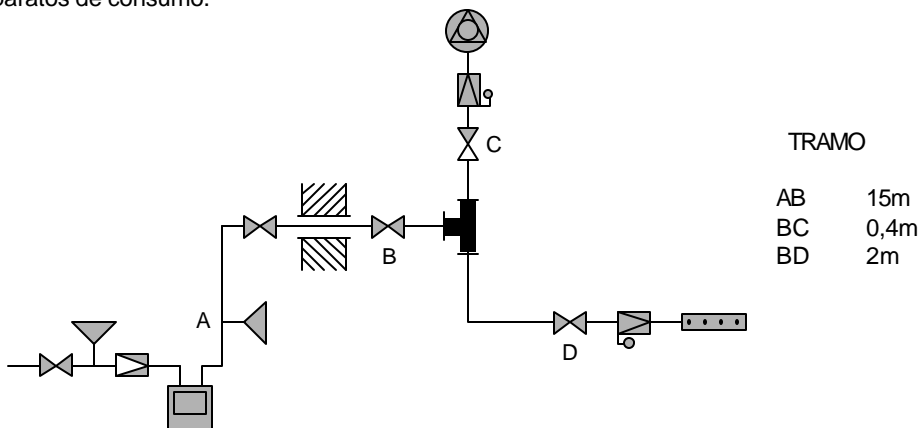
$$D = 2,308 \times (0,6/0,1419)^{0,2075} \times 3,29^{0,3776} = 5 \text{ mm Tubo de Cu } 10 \times 12$$

La velocidad en el lugar más desfavorable es de:

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{6,58}{7,85 \cdot 10^{-5} \times 3600} = 3,44 \text{ m/s}$$

Suficientemente alejada del máximo permitido que es de 20 m/s.

Ahora procedemos a calcular el diámetro de la acometida individual de la vivienda más desfavorable, así como la instalación interior de la misma debido a que todos los pisos son iguales. Como podemos observar se trata de una instalación con una regulación en tres etapas, primero 1,5 bar, luego a 150 mbar (antes del contador), y por último a 37 mbar en los aparatos de consumo.



La presión de servicio de la acometida individual es de 150 mbar, por lo tanto utilizaremos la fórmula de Renouard para presiones medias:

$$p_a^2 - p_b^2 = 48,6 \times d \times L_E \times \frac{Q^{1,82}}{D^{4,82}}$$

El caudal que circula por la acometida individual es de:

$$\begin{aligned} Q_{\text{individual}} &= 1,14 \text{ m}^3/\text{h} \\ Q_{\text{caldera}} &= 0,85 \text{ m}^3/\text{h} \\ Q_{\text{encimera}} &= 0,30 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

La caída de presión permitida en este tramo es de un 10% lo que equivale a 15 mbar. La distribución de presiones será la siguiente:

$$\begin{aligned} P_A &= 150 \text{ mbar} & L_{EAB} &= 1,20 \times 15 = 18 \text{ m} \\ P_B &= 136 \text{ mbar} & L_{EBC} &= 1,20 \times 0,4 = 0,48 \text{ m} \\ P_C &= 135 \text{ mbar} & L_{EBD} &= 1,20 \times 2 = 2,4 \text{ m} \\ P_D &= 135 \text{ mbar} \end{aligned}$$

La fórmula de Renouard para el cálculo del diámetro es:

$$D = 2,308 \times \left( \frac{L_E}{dp^2} \right)^{0,2075} \times Q^{0,3776}$$

$$\text{TRAMO AB: } (1,150)^2 - (1,136)^2 = 0,032004$$

$$D = 2,308 \times \left( \frac{18}{0,032004} \right)^{0,2075} \times (1,14)^{0,3776} = 10 \text{ mm} \quad \text{Tubo de cobre de 13x15}$$

$$\text{TRAMO BC: } (1,136)^2 - (1,135)^2 = 0,002271$$

$$D = 2,308 \times \left( \frac{0,48}{0,002271} \right)^{0,2075} \times (0,85)^{0,3776} = 7 \text{ mm} \quad \text{Tubo de cobre de 10x12}$$

$$\text{TRAMO BD: } (1,136)^2 - (1,135)^2 = 0,002271$$

$$D = 2,308 \times \left( \frac{2,4}{0,002271} \right)^{0,2075} \times (0,30)^{0,3776} = 7 \text{ mm} \quad \text{Tubo de cobre de 10x12}$$

La velocidad en lugar más desfavorable es de 3 m/s, suficientemente alejada del máximo permitido de 20 m/s.

En el tramo de baja presión (37 mbar), si se mantienen las secciones no es necesario hacer el cálculo debido a que los reguladores están a menos de medio metro del aparato de consumo, y la caída de presión es despreciable.