

# Transporte, Distribución y Logística Energética

## Bloque I. Transporte, Distribución y Logística de Combustibles

### TEMA 4. CÁLCULO DE INSTALACIONES



**Juan Carcedo Haya**

DPTO. DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ENERGÉTICA

Este tema se publica bajo Licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



## CONTENIDO

1. Aspectos generales
2. El gas natural
3. Los gases licuados del petróleo
- 4. Cálculo de instalaciones**
5. Logística de los combustibles

## 4. CÁLCULO DE INSTALACIONES

Tipología de las redes de gases combustibles:

- Transporte
- Distribución
- Instalaciones receptoras

En general, el cálculo de las instalaciones implica las siguientes fases:

- Cálculo de caudales
- Cálculo de secciones
- Cálculo de las pérdidas de carga
- Otros cálculos (mecánicos, obra civil, etc.)

Normalmente el cálculo de secciones y pérdidas de carga requiere el desarrollo de un procedimiento iterativo.

## Cálculo de caudales

El caudal  $Q$  de gas que requiere un determinado punto de consumo se determina a partir de la siguiente expresión general:

$$Q = \frac{P_{abs}}{PCS}$$

- $P_{abs}$  es la potencia absorbida (no la útil) referida al PCS. También se denomina *gasto calorífico*.
- $PCS$  es el poder calorífico superior

## Ejemplos:

- Cocina-horno: 12 kW
- Caldera mural 13 l/min: 30 kW

#### Cálculo de secciones y pérdidas de carga

La sección de la tubería está directamente relacionada con la pérdida de carga.

El cálculo de tuberías de gas se realiza mediante las fórmulas empíricas de Renouard.

- Cuando  $p < 50$  mbar 
$$\Delta p = p_1 - p_2 = 25.078 \cdot \delta_c \cdot L_c \cdot \frac{Q^{1,82}}{D^{4,82}}$$

- Cuando  $p > 50$  mbar 
$$p_1^2 - p_2^2 = 51,5 \cdot \delta_c \cdot L_c \cdot \frac{Q^{1,82}}{D^{4,82}}$$

Siendo  $p$  la presión absoluta (mbar y bar respectivamente),  $\delta_c$  la densidad relativa de cálculo,  $L_c$  la longitud de cálculo (m),  $Q$  el caudal ( $m^3(s)/h$ ) y  $D$  el diámetro (mm)

#### Cálculo de secciones y pérdidas de carga

La densidad relativa de cálculo (densidad ficticia) depende de la naturaleza del gas:

- Gas natural: 0,62
- Gas propano: 1,16
- Gas butano: 1,44

Las fórmulas de Renouard pueden aplicarse siempre que:

$$\frac{Q}{D} < 150 \quad V = \frac{378 \cdot Q \cdot Z}{p \cdot D^2} < 20 \text{ m/s} \quad Z = 1 - \frac{p}{500}$$

Siendo **p** la presión absoluta al final del tramo (bar), **Q** el caudal (m<sup>3</sup>(s)/h), **D** el diámetro (mm) y **Z** el factor de compresibilidad.

Otros cálculos. Cálculo mecánico

Conocidos el diámetro  $D$  de la tubería y la presión que ésta debe soportar se calcula el espesor necesario para que la tubería soporte las sollicitaciones.

$$e \geq \frac{p \cdot D}{2 \cdot \sigma_{adm}} \cdot \frac{1}{F \cdot C}$$

Siendo  $p$  la presión interior promedio,  $\sigma_{adm}$  la tensión admisible del material,  $F$  un coeficiente según el tipo de construcción y  $C$  un coeficiente por eficiencia de la soldadura (normalmente 1)

#### Otros cálculos. Cálculo mecánico

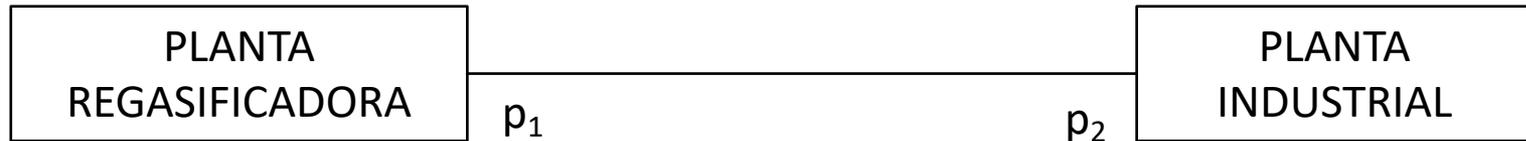
Presión de cálculo	Categoría de emplazamiento	Coefficientes de cálculo F	Zona de seguridad a cada lado del eje [m]
$p \geq 16$	1	0,72	10
	2	0,60	5
	3	0,50	2,5
	4	0,40	-
$4 \leq p < 16$	1	0,72	-
	2	0,60	-
	3	0,50	-
	4	0,40	-
$p < 4$	1	0,72	-
	2	0,60	-
	3	0,50	-
	4	0,40	-

#### Caso práctico 1

Una planta regasificadora quema gas natural en la antorcha de acuerdo a la siguiente tabla:

	Bajo MT	Carga	Descarga	Parada
Nº horas	940	150	50	20
kg quemados	2.800.477	1.966.727	438.427	112.050

Se propone enviar el boil off generado mediante gasoducto a una planta industrial que requiere GN a 30 bar (abs) y que está situada a 2 km de la regasificadora. Calcular las características del gasoducto (diámetro y espesor).



$$p_1^2 - p_2^2 = 51,5 \cdot \delta_c \cdot L_c \cdot \frac{Q^{1,82}}{D^{4,82}}$$

$$P_2 = 30 \text{ bar}$$

$$P_1 = ?$$

$$D = ?$$

El caudal y la longitud de cálculo se pueden obtener fácilmente.

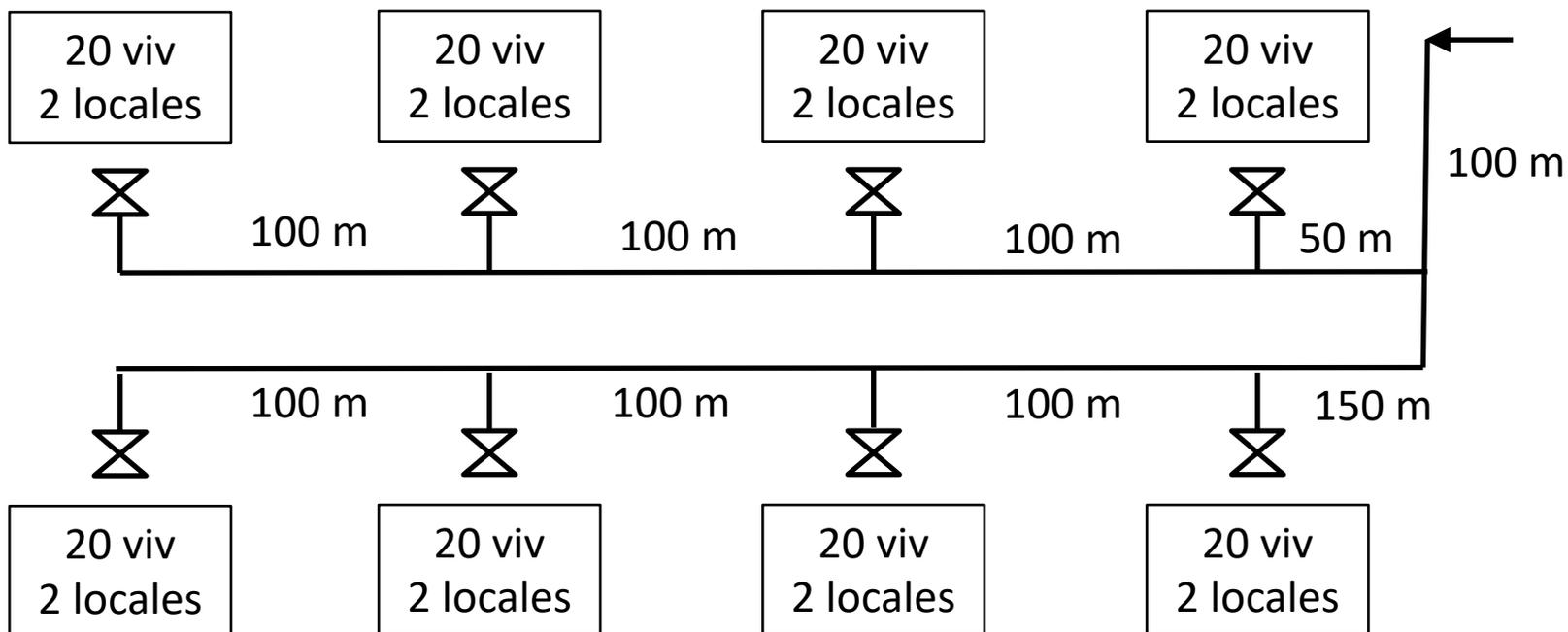
	Bajo MT	Carga	Descarga	Parada
Nº horas	940	150	50	20
kg quemados	2.800.477	1.966.727	438.427	112.050
G (kg/h)	2.979	<b>13.112</b>	8.769	5.603

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\dot{m} = \rho \cdot Q$$

## Caso práctico 2

Diseñar la red de distribución de una urbanización de las siguientes características:



Criterios de diseño: P máx: 2,5 bar (rel); P mín: 1,3 bar (rel)

Potencia instalada en viviendas (estimación)

- Caldera: 30 kW
- Cocina/horno: 12 kW

Potencia instalada en locales (estimación): 25 kW

Coefficientes de simultaneidad (ojo SUELO):

Sin calefacción:

$$S_1 = \frac{19 + N}{10 \cdot (N + 1)}$$

Con calefacción:

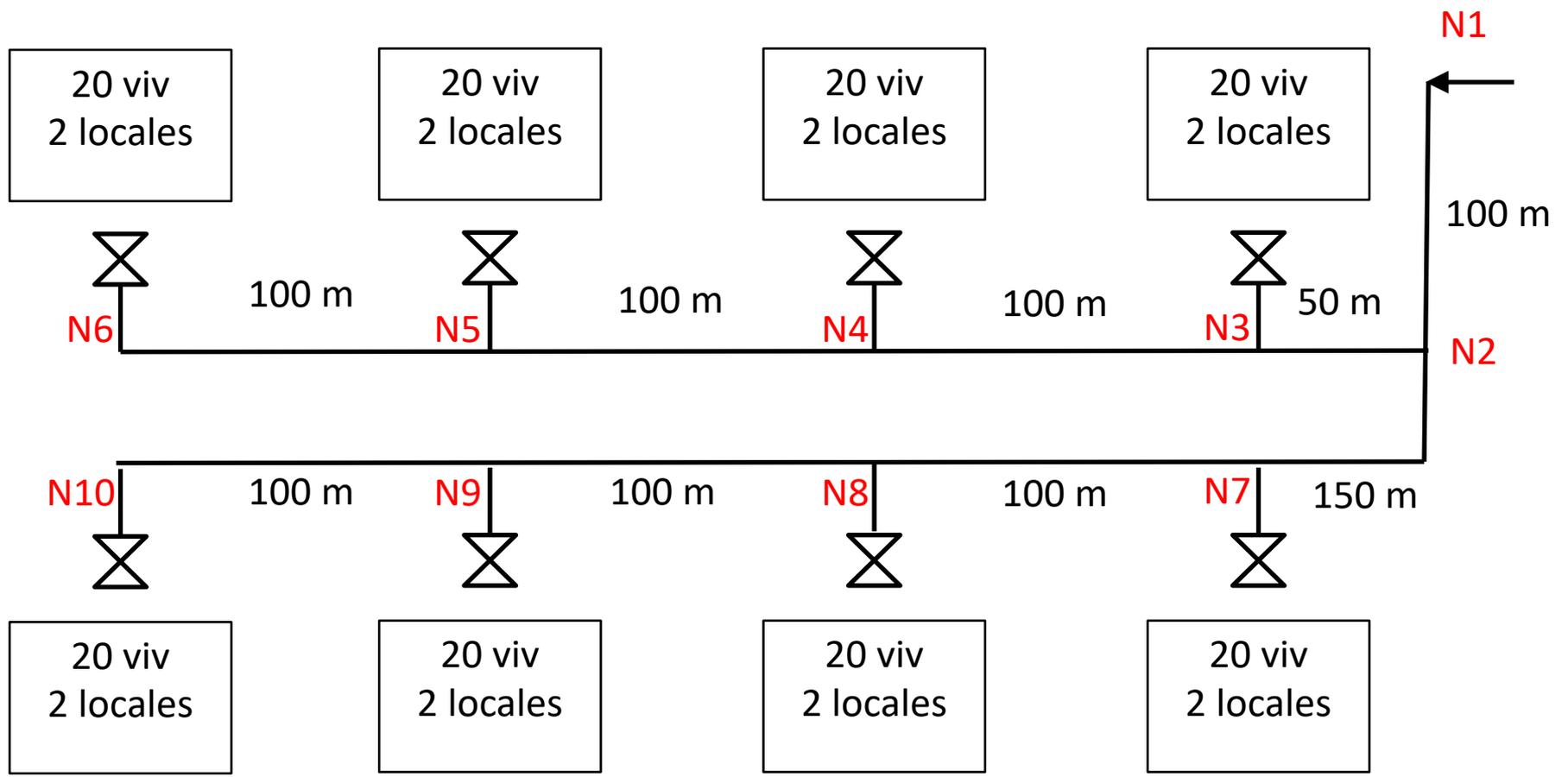
$$S_2 = \frac{19 + N}{4 \cdot (N + 4)}$$

PCS del GN: 11 kWh/m<sup>3</sup>(n)

$$Q = \frac{P_{abs}}{PCS}$$

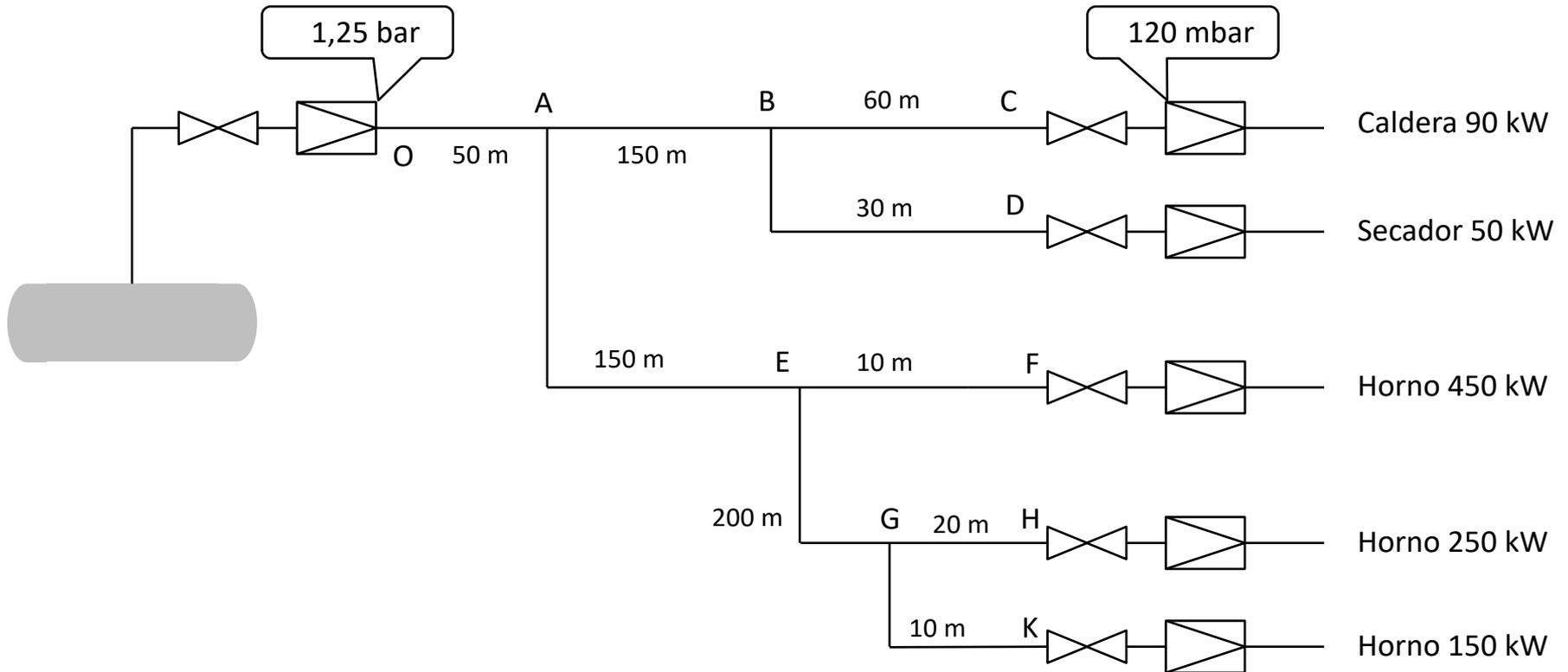
En viviendas: 
$$P_{i,v} = \left( A + B + \frac{C + D + \dots}{2} \right) \cdot 1,1 = (30 + 12) \cdot 1,1 = 46,2 \text{ kW}$$

En locales: 
$$P_{i,l} = (A + B + C + D + \dots) \cdot 1,1 = 25 \cdot 1,1 = 27,5 \text{ kW}$$



## Caso práctico 3

Calcular los diámetros de la siguiente instalación industrial.

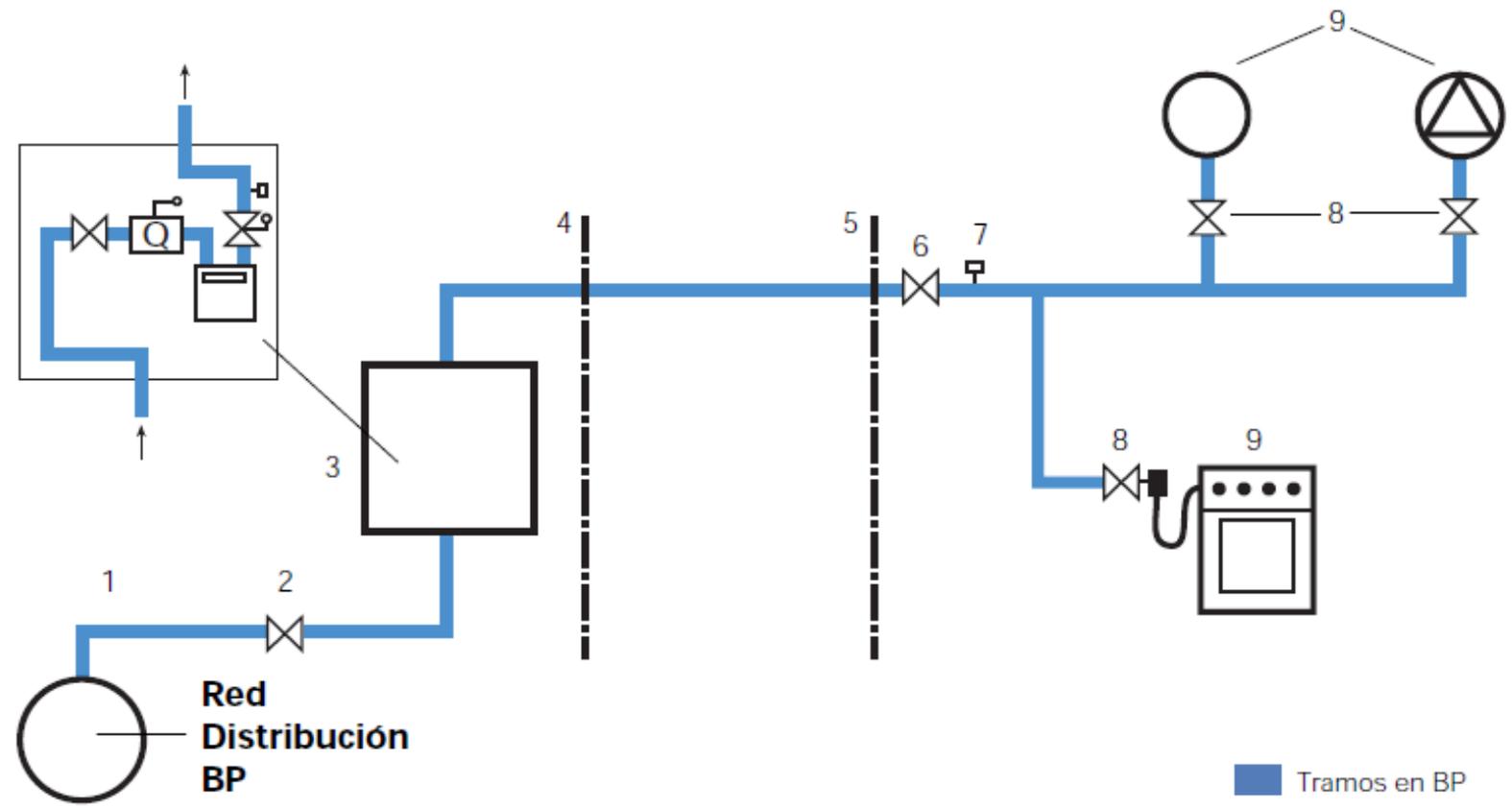


#### Instalaciones receptoras. Tipología

- IR suministrada desde una red con presión no superior a 0,05 bar
- IR suministrada desde una red con presión entre 0,05 bar y 0,4 bar
- IR suministrada desde una red con presión entre 0,4 bar y 5 bar
- IR suministrada desde una red con presión superior a 5 bar

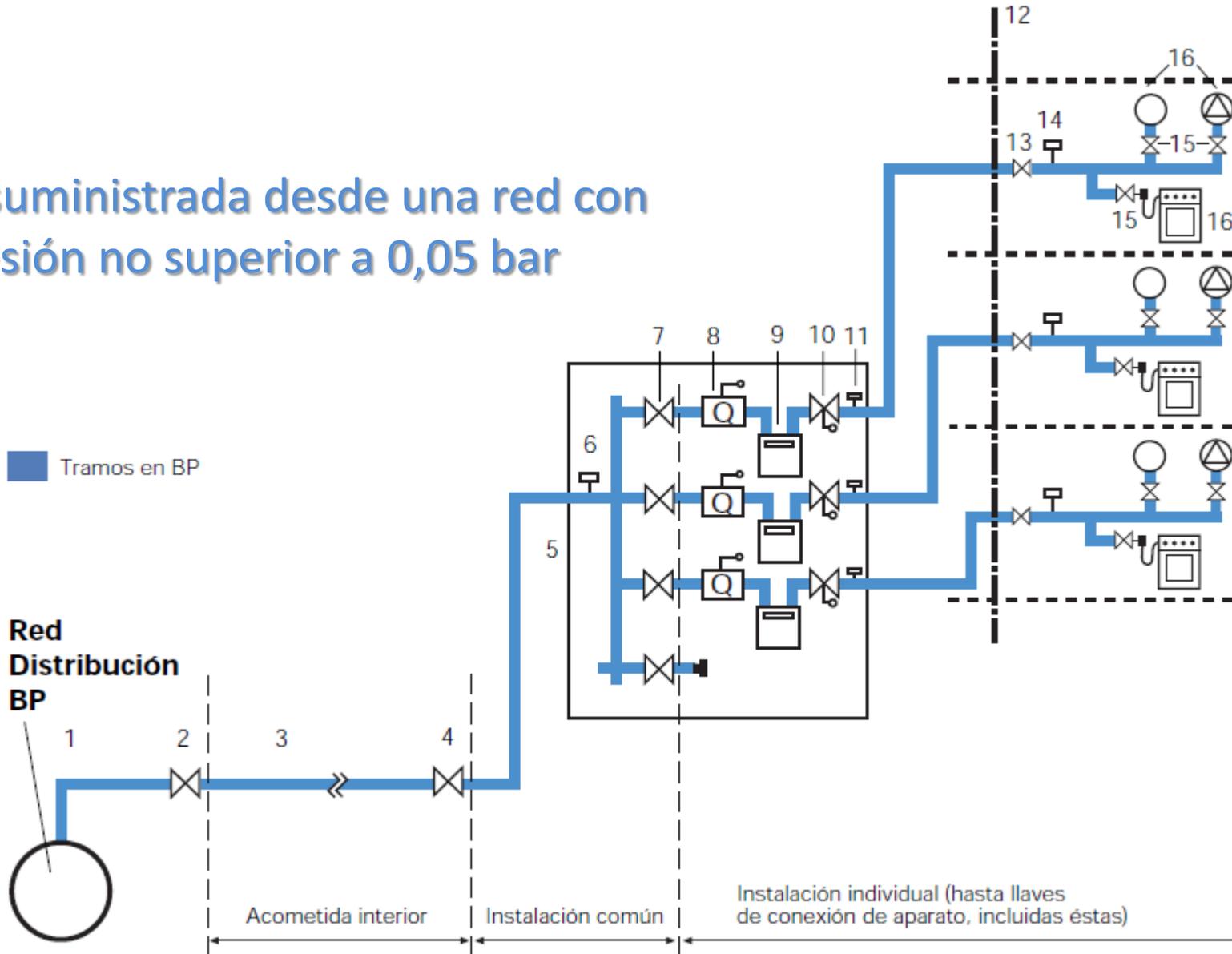
Rango de Presiones (bar)	Presión Máxima de Operación (bar)
$0,4 < MPB \leq 4$	$2 < MOP \leq 5$
$0,05 < MPA \leq 0,4$	$0,1 < MOP \leq 2$
$BP \leq 0,05$	$MOP \leq 0,1$

## IR suministrada desde una red con presión no superior a 0,05 bar



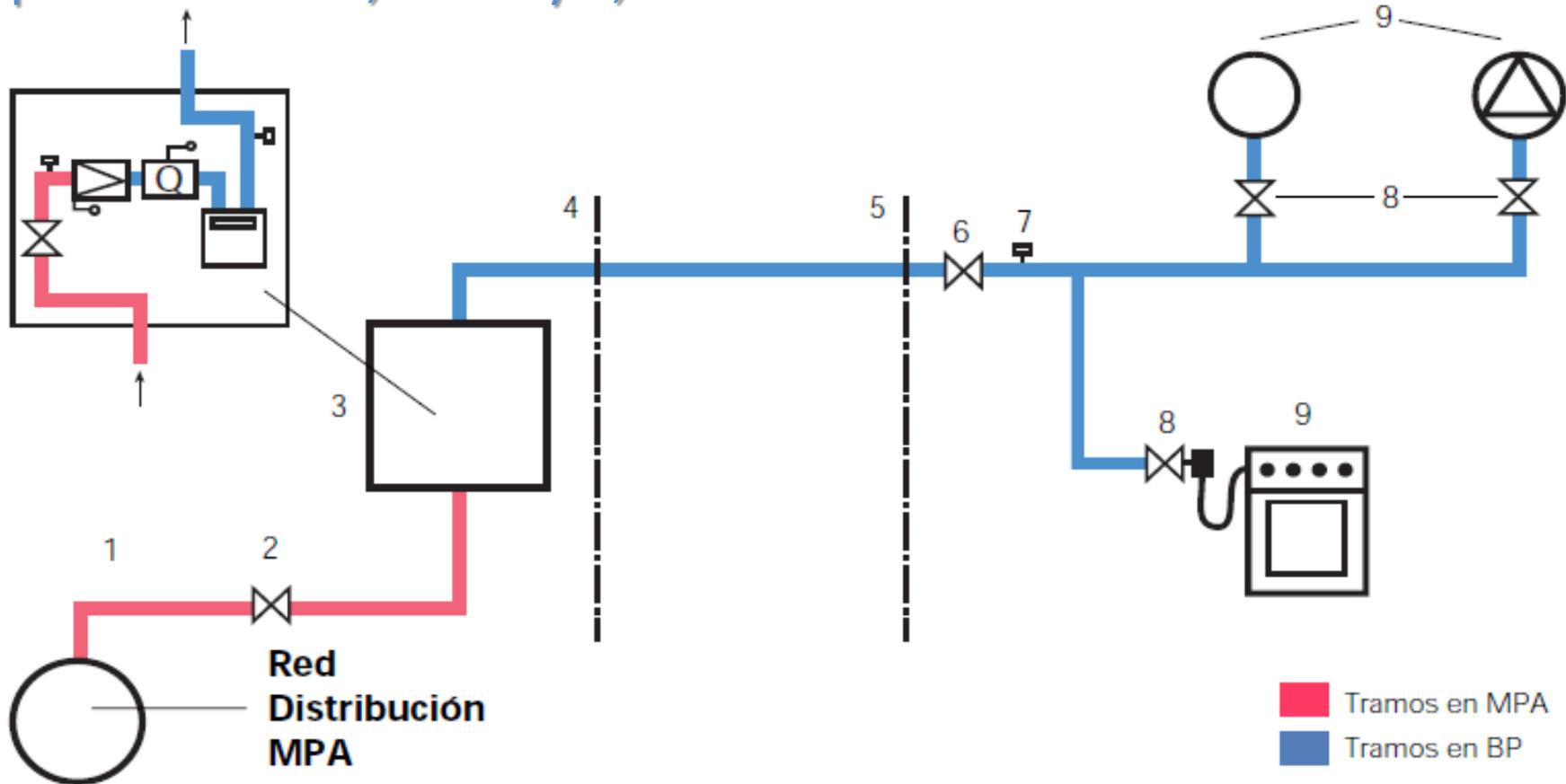
1. Acometida.
2. Llave de acometida.
3. Armario del contador. Ha de contener lo siguiente:
  - Llave de abonado. Hace las funciones de llave de entrada del contador.
  - Limitador de caudal insertado en la rosca de entrada del contador.
  - Contador G-4.
  - Válvula de seguridad por defecto de presión de rearme automático de modelo aceptado por el Grupo Gas Natural. **La Empresa Suministradora informará sobre la necesidad de su instalación.**
  - Toma de presión a la salida del contador.
4. Límite de propiedad.
5. Límite de edificio o vivienda.
6. Llave de vivienda. Puede estar situada en el exterior de la vivienda, pero ha de ser accesible desde el interior de la misma.
7. Toma de presión en vivienda. **La Empresa Suministradora informará sobre la necesidad de su instalación.**
8. Llave de conexión de aparato.
9. Aparato de utilización.

IR suministrada desde una red con presión no superior a 0,05 bar



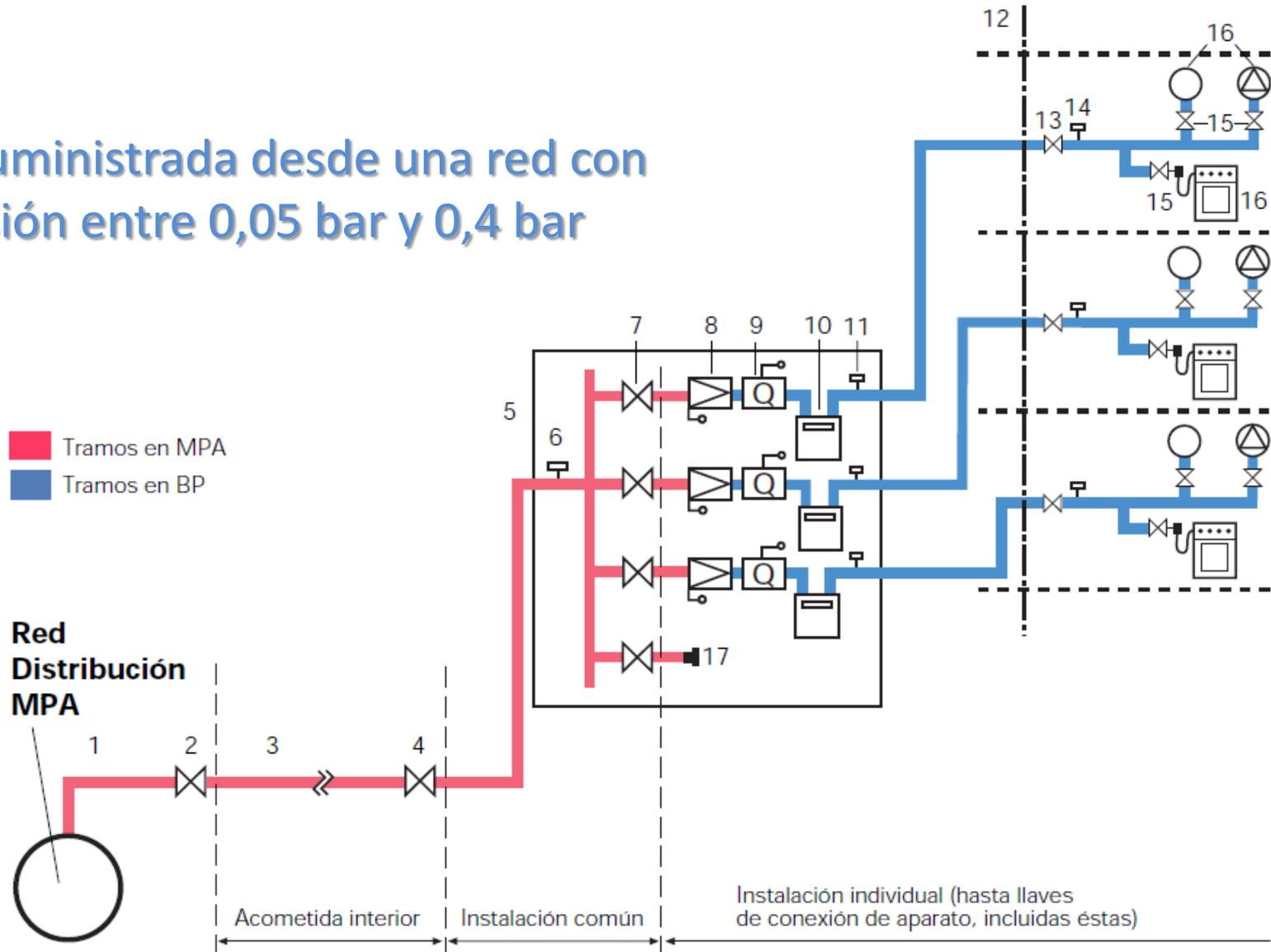
1. Acometida.
2. Llave de acometida.
3. Acometida interior.
4. Llave de edificio. No siempre existe y, por lo tanto, puede no existir la acometida interior. Es obligatoria si después de la llave de acometida existe un tramo enterrado de más de 10 m o aéreo o visitable de más de 25 m hasta el edificio.
5. Centralización de contadores.
6. Toma de presión a la entrada de la centralización de contadores.
7. Llave de abonado. Hace las funciones de llave de entrada del contador.
8. Limitador de caudal insertado en la rosca de entrada del contador.
9. Contador G-4.
10. Válvula de seguridad por defecto de presión de rearme automático de modelo aceptado por el Grupo Gas Natural. **La Empresa Suministradora informará sobre la necesidad de su instalación.**
11. Toma de presión a la salida del contador.
12. Límite de vivienda.
13. Llave de vivienda. Puede estar situada en el exterior de la vivienda, pero ha de ser accesible desde el interior de la misma.
14. Toma de presión en vivienda.
15. Llave de conexión de aparato.
16. Aparato de utilización.

## IR suministrada desde una red con presión entre 0,05 bar y 0,4 bar



1. Acometida.
2. Llave de acometida.
3. Armario del contador. Ha de contener lo siguiente:
  - Llave de abonado. Hace las funciones de llave de entrada del contador.
  - Toma de presión a la entrada del regulador de abonado
  - Regulador de abonado MPA/BP de modelo aceptado por el Grupo Gas Natural con válvula de seguridad por defecto de presión incorporada
  - Limitador de caudal insertado en la rosca de entrada del contador.
  - Contador G-4.
  - Toma de presión a la salida del contador.
4. Límite de propiedad.
5. Límite de edificio o vivienda.
6. Llave de vivienda. Puede estar situada en el exterior de la vivienda, pero ha de ser accesible desde el interior de la misma.
7. Toma de presión en vivienda. **La Empresa Suministradora informará sobre la necesidad de su instalación.**
8. Llave de conexión de aparato.
9. Aparato de utilización.

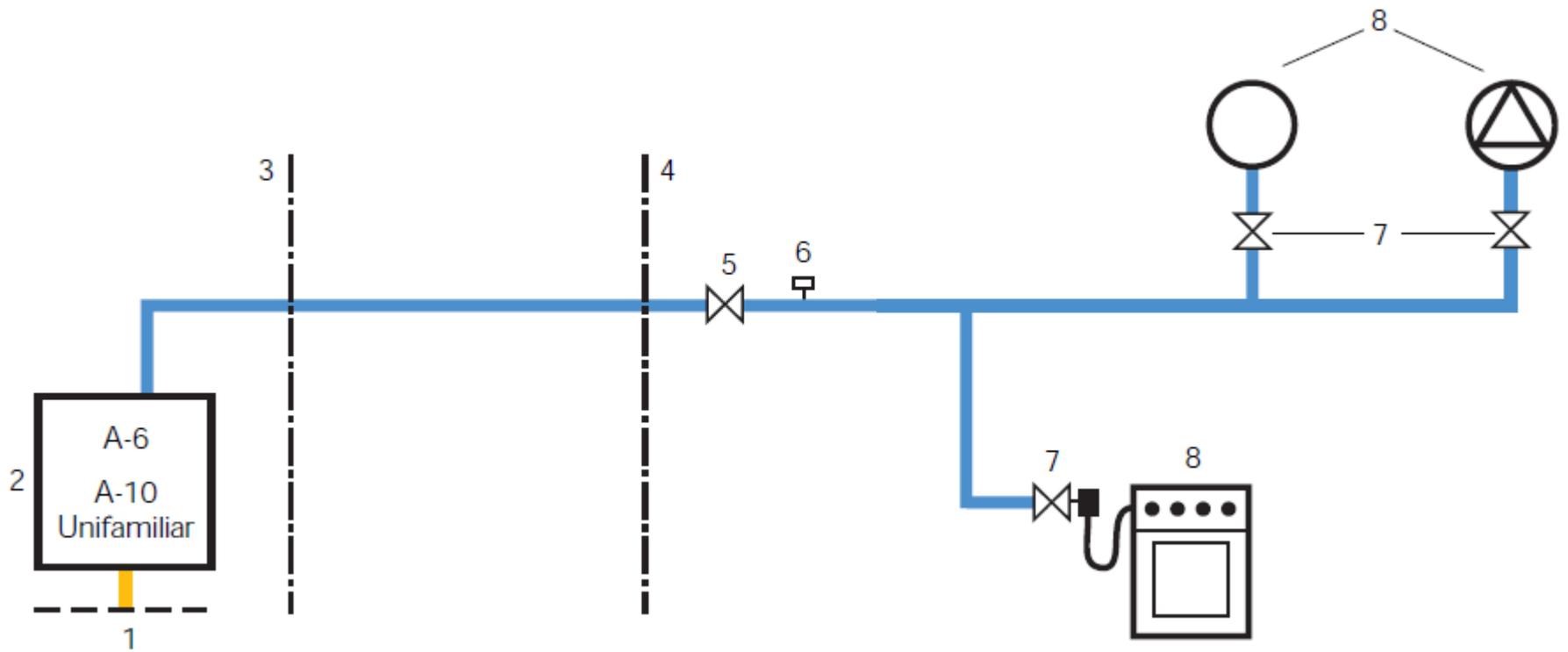
IR suministrada desde una red con presión entre 0,05 bar y 0,4 bar



1. Acometida.
2. Llave de acometida.
3. Acometida interior.
4. Llave de edificio. No siempre existe y, por lo tanto, puede no existir la acometida interior. Es obligatoria si después de la llave de acometida existe un tramo enterrado de más de 10 m o aéreo o visitable de más de 25 m hasta el edificio.
5. Centralización de contadores.
6. Toma de presión a la entrada de la centralización de contadores.
7. Llave de abonado. Hace las funciones de llave de entrada al contador.
8. Regulador de abonado MPA/BP de modelo aceptado por el Grupo Gas Natural con válvula de seguridad por defecto de presión de rearme automático incorporada.
9. Limitador de caudal insertado en la rosca de entrada del contador.
10. Contador G-4.
11. Toma de presión a la salida del contador.
12. Límite de vivienda.
13. Llave de vivienda. Puede estar situada en el exterior de la vivienda, pero ha de ser accesible desde el interior de la misma.
14. Toma de presión en vivienda. **La Empresa Suministradora informará sobre la necesidad de su instalación.**
15. Llave de conexión de aparato.
16. Aparato de utilización.
17. En previsión de nuevas instalaciones individuales donde no se instale el regulador de abonado, se deberá colocar una identificación indeleble que indique que la presión es MPA.

## IR suministrada desde una red con presión entre 0,4 bar y 5 bar

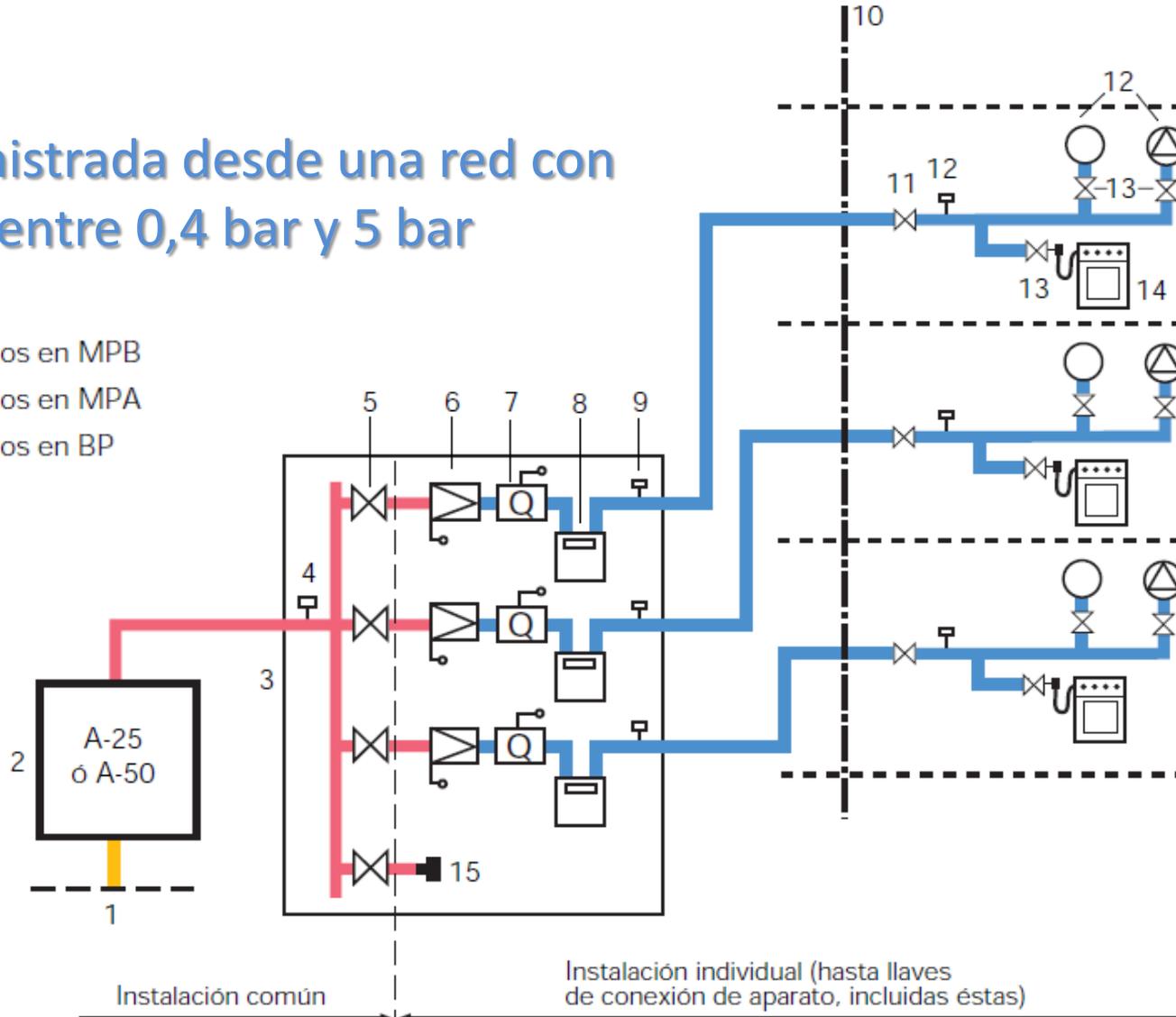
Tramos en MPB  
Tramos en BP



1. Conexión del armario de regulación con el tramo en media presión B
2. Armario de regulación A-6, o A-10 unifamiliar de modelo aceptado por el Grupo Gas Natural.
3. Límite de la propiedad.
4. Límite de edificio.
5. Llave de vivienda. Puede estar situada en el exterior de la vivienda, pero ha de ser accesible desde el interior de la misma.
6. Toma de presión en vivienda. **La Empresa Suministradora informará sobre la necesidad de su instalación.**
7. Llave de conexión de aparato.
8. Aparato de utilización.

## IR suministrada desde una red con presión entre 0,4 bar y 5 bar

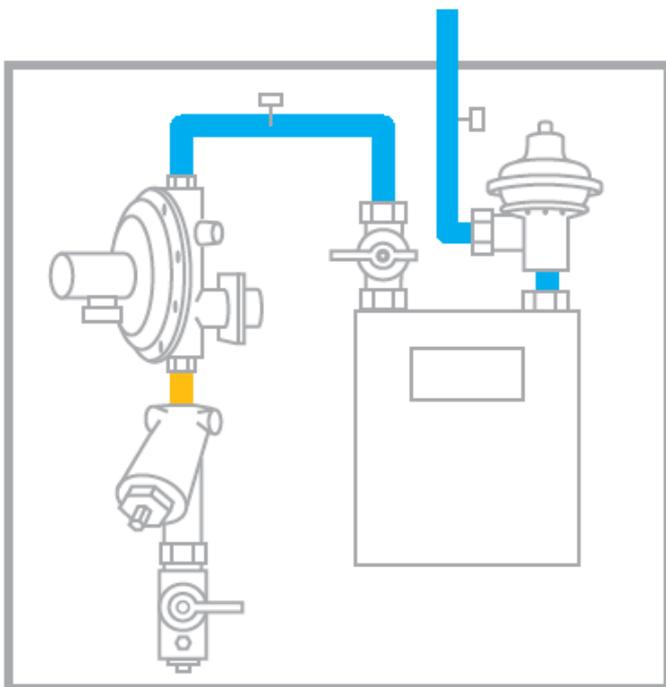
- Tramos en MPB
- Tramos en MPA
- Tramos en BP



Instalación común

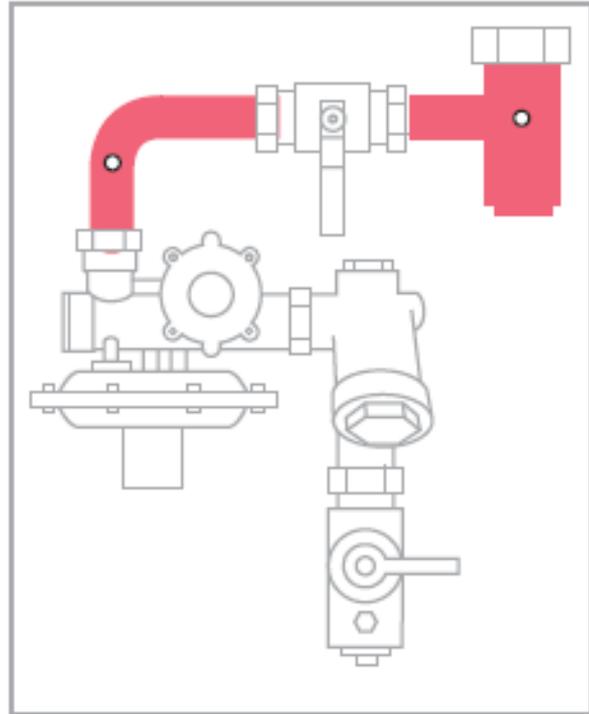
Instalación individual (hasta llaves de conexión de aparato, incluidas éstas)

1. Conexión del armario de regulación con el tramo en media presión B (ver 2.1-1).
2. Armario de regulación A-25 o A-50 de modelo aceptado por el Grupo Gas Natural.
3. Centralización de contadores.
4. Toma de presión a la entrada de la centralización de contadores.
5. Llave de abonado. Hace las funciones de llave de entrada del contador.
6. Regulador de abonado MPA/BP de modelo aceptado por el Grupo Gas Natural con válvula de seguridad por defecto de presión de rearme automático incorporada.
7. Limitador de caudal insertado en la rosca de entrada del contador.
8. Contador G-4
9. Toma de presión a la salida del contador.
10. Límite de vivienda.
11. Llave de vivienda. Puede estar situada en el exterior de la vivienda, pero ha de ser accesible desde el interior de la misma.
12. Toma de presión en vivienda. **La Empresa Suministradora informará sobre la necesidad de su instalación.**
13. Llave de conexión de aparato.
14. Aparato de utilización.
15. En previsión de nuevas instalaciones individuales donde no se instale el regulador de abonado, se deberá colocar una identificación indeleble que indique que la presión es MPA.

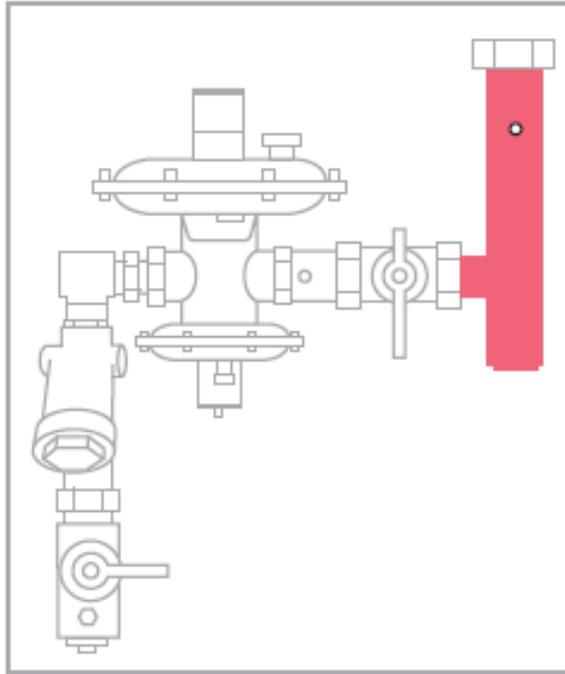


Armario de regulación A-6





Armario de regulación A-25



Armario de regulación A-50



## Reguladores MPB – Gas natural

Presión de entrada		Presión de regulación	
		22 mbar	55 mbar
1 ÷ 4 bar			
Características de regulación	Pn	22,0	55,0
	Pn + 7,5%	24,0	59,0
	Pn - 7,5%	20,5	51,0

## Reguladores MPA – Gas natural

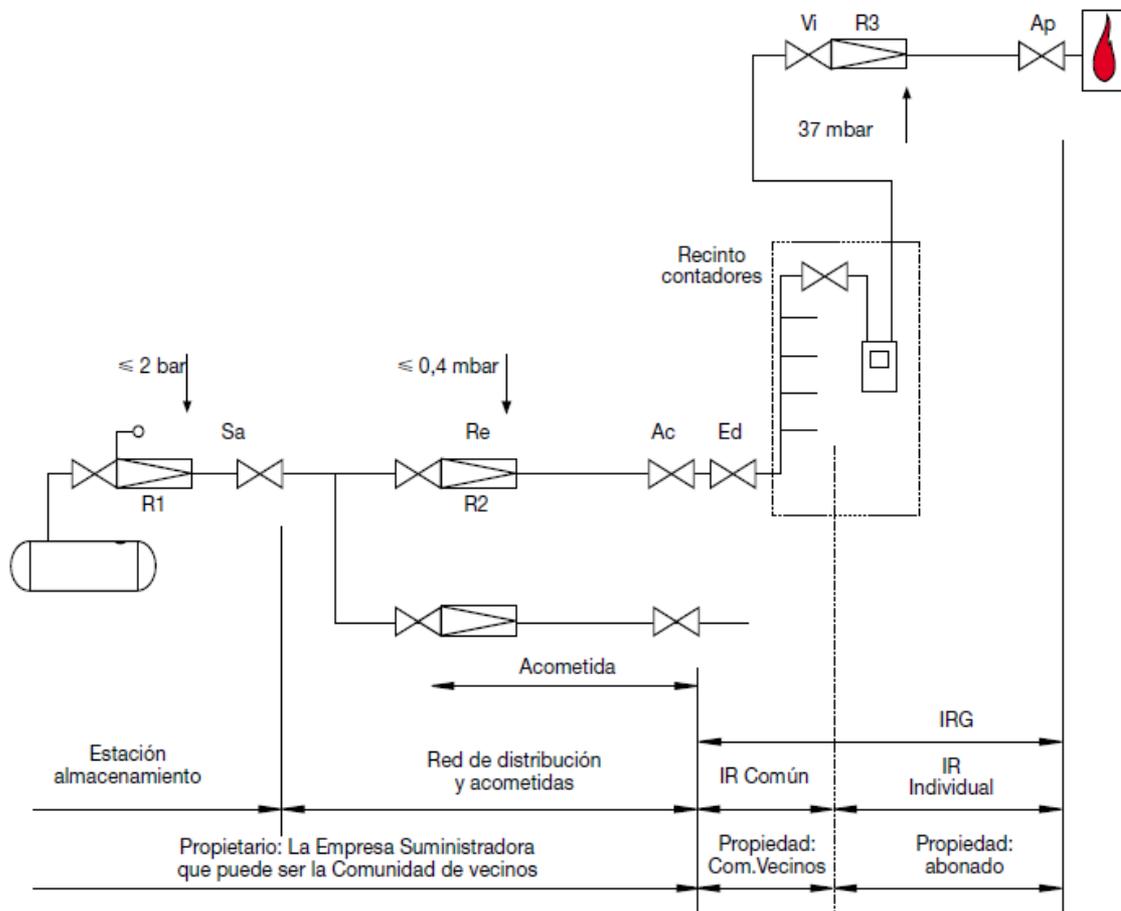
**Presión de entrada: 25 ÷ 200 mbar**

**Presión de regulación: 22 mbar ± 10 %  
(20 ÷ 24 mbar)**

## Bloque I. Transporte, Distribución y Logística de Combustibles.

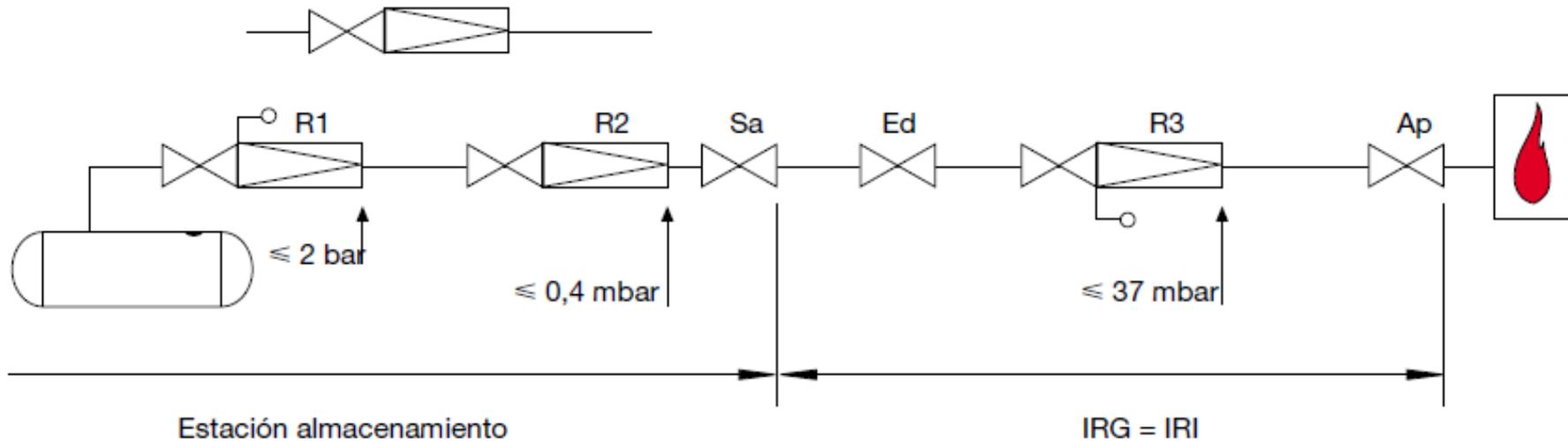
### TEMA 4: CÁLCULO DE INSTALACIONES

Instalación de GLP canalizado (usos domésticos). El gas canalizado puede ser Gas Natural o GLP.

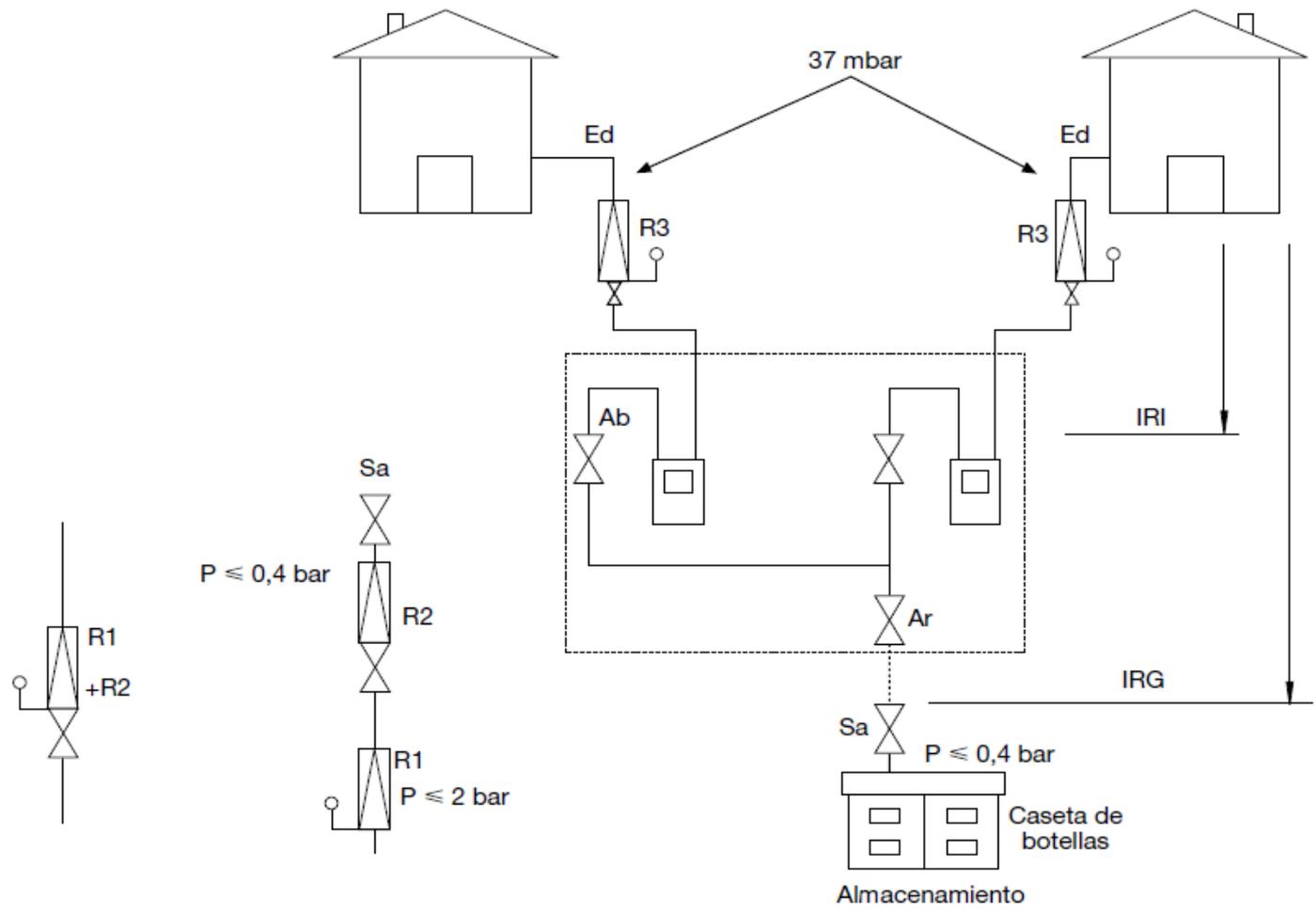


Instalación de GLP a granel (usos domésticos)

R1 + R2



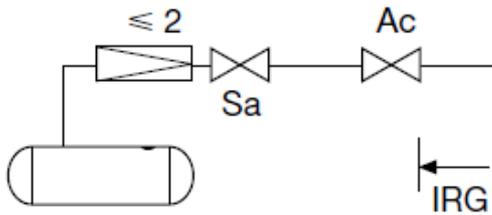
Instalación de GLP envasado en botellas para uso individual compartido



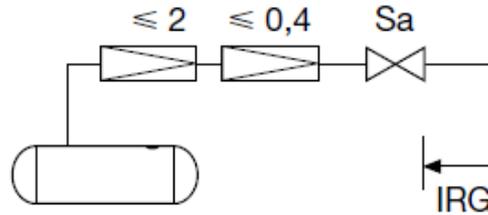
## Bloque I. Transporte, Distribución y Logística de Combustibles.

### TEMA 4: CÁLCULO DE INSTALACIONES

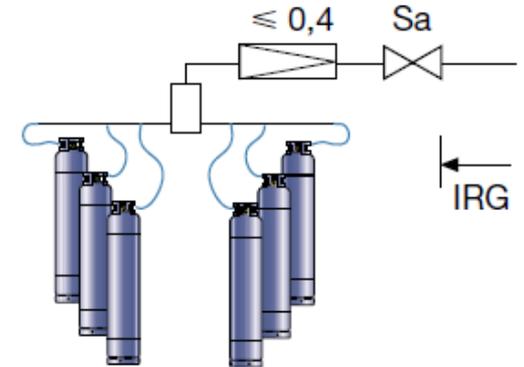
En GLP canalizado

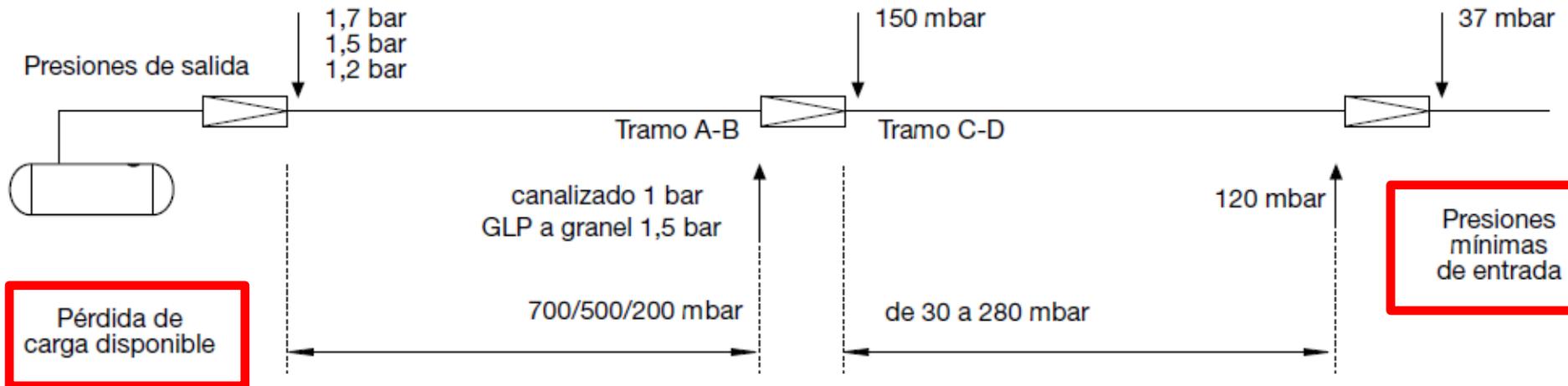


En GLP a granel



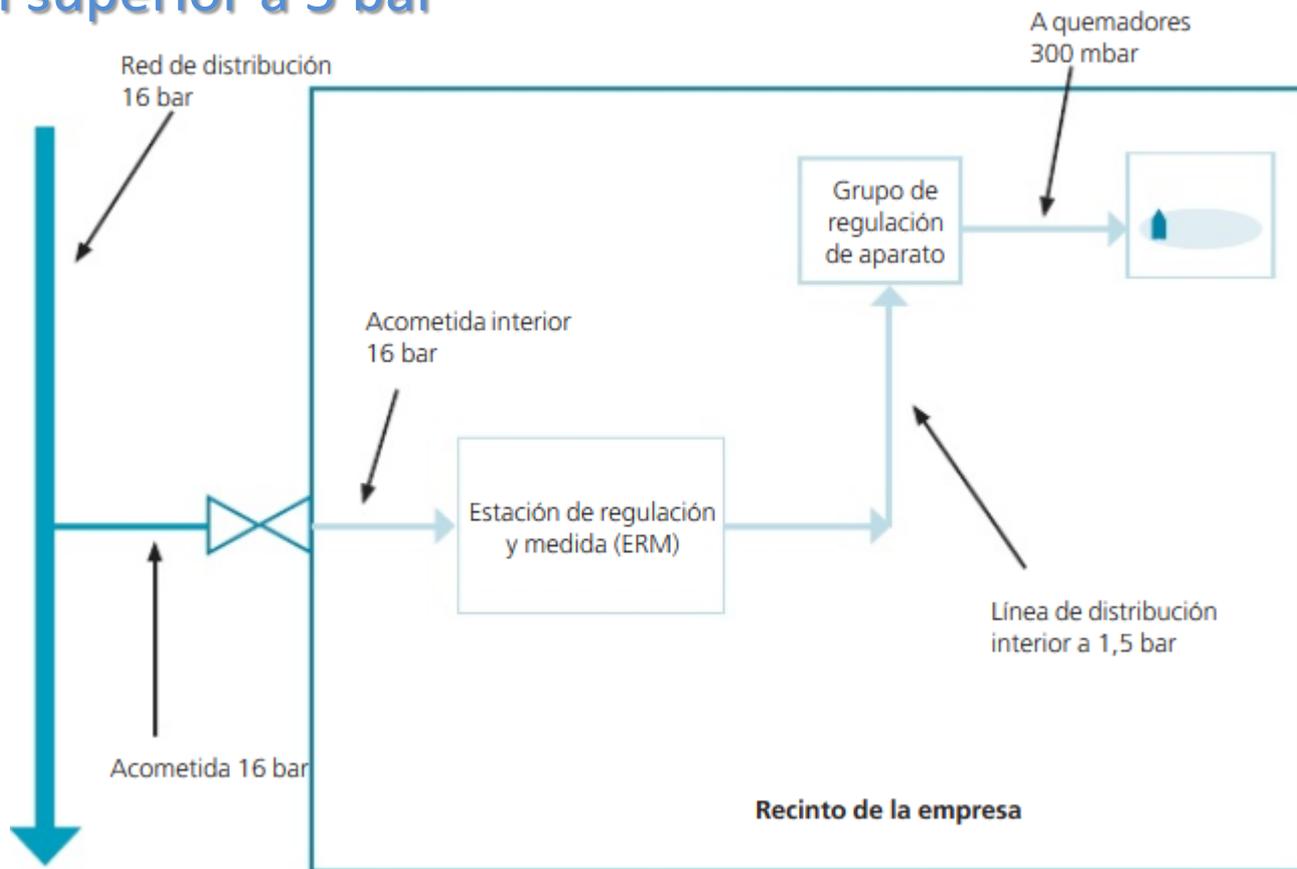
EN GLP en botellas





- Clase I:  $5 < \text{MOP} \leq 16 \text{ bar}$
- Clase II:  $\text{MOP} > 16 \text{ bar}$

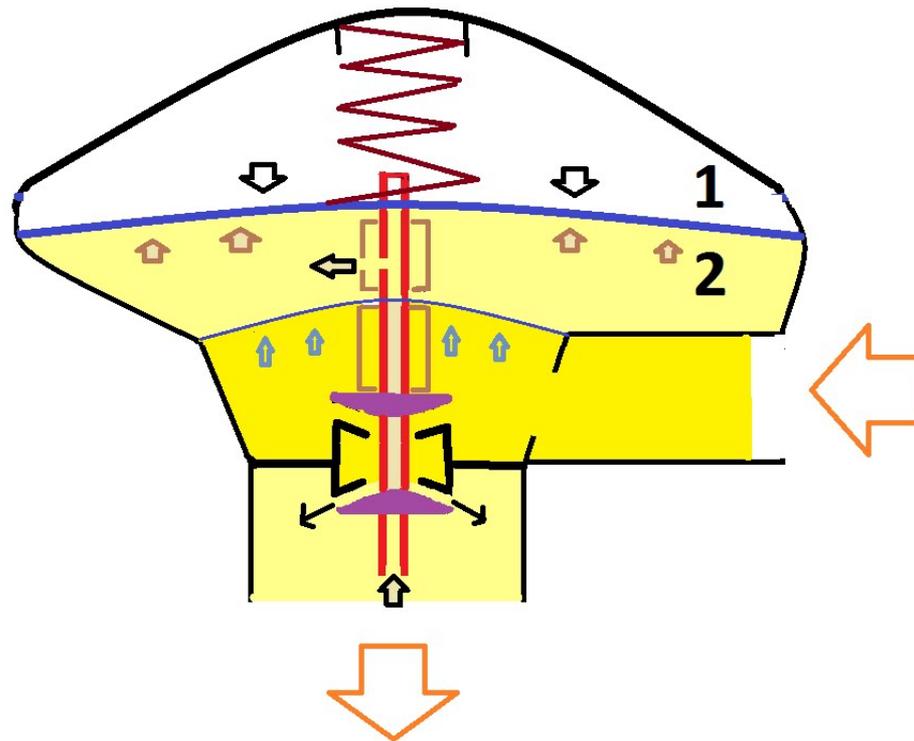
## IR suministrada desde una red con presión superior a 5 bar



## Reguladores

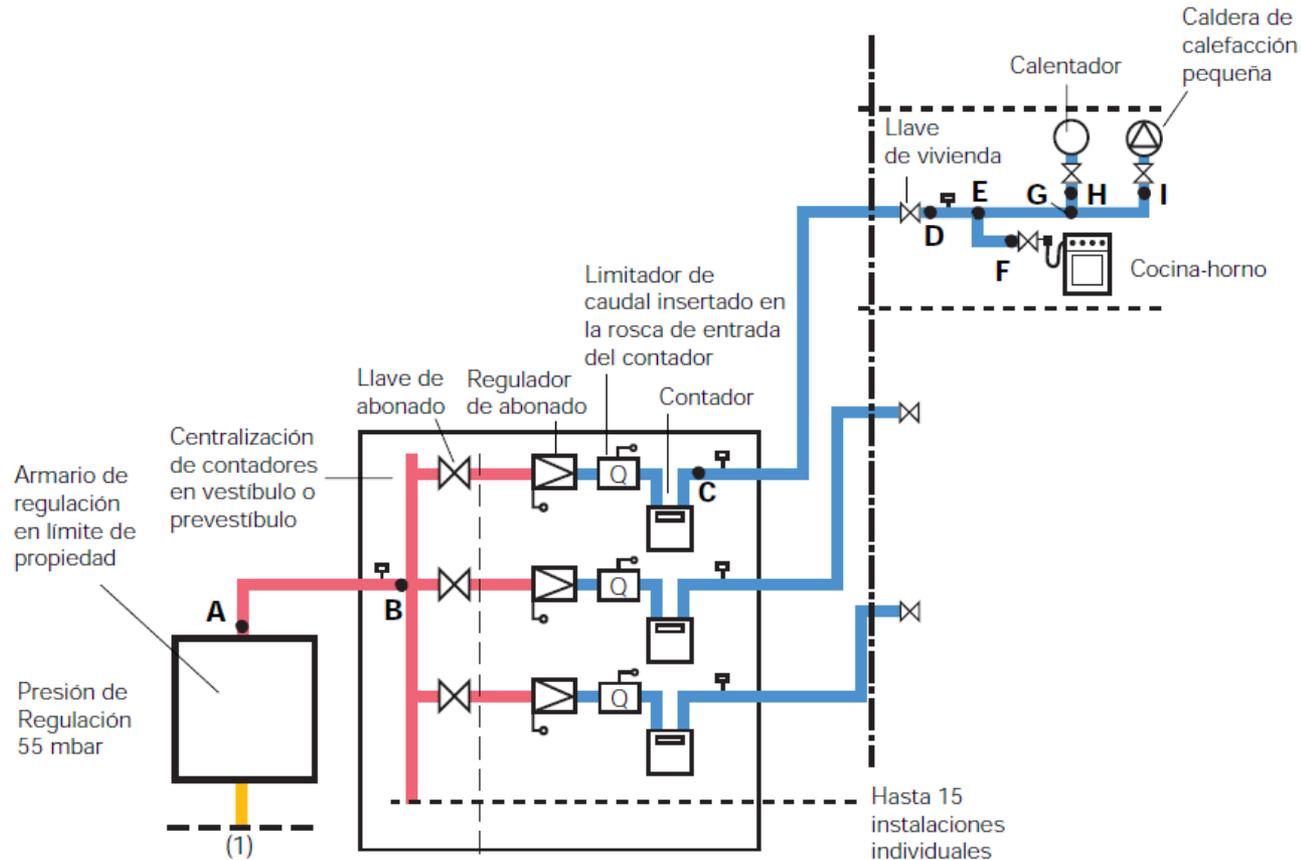


## Reguladores



## Caso práctico 4

Calcular los diámetros de la siguiente instalación doméstica colectiva.

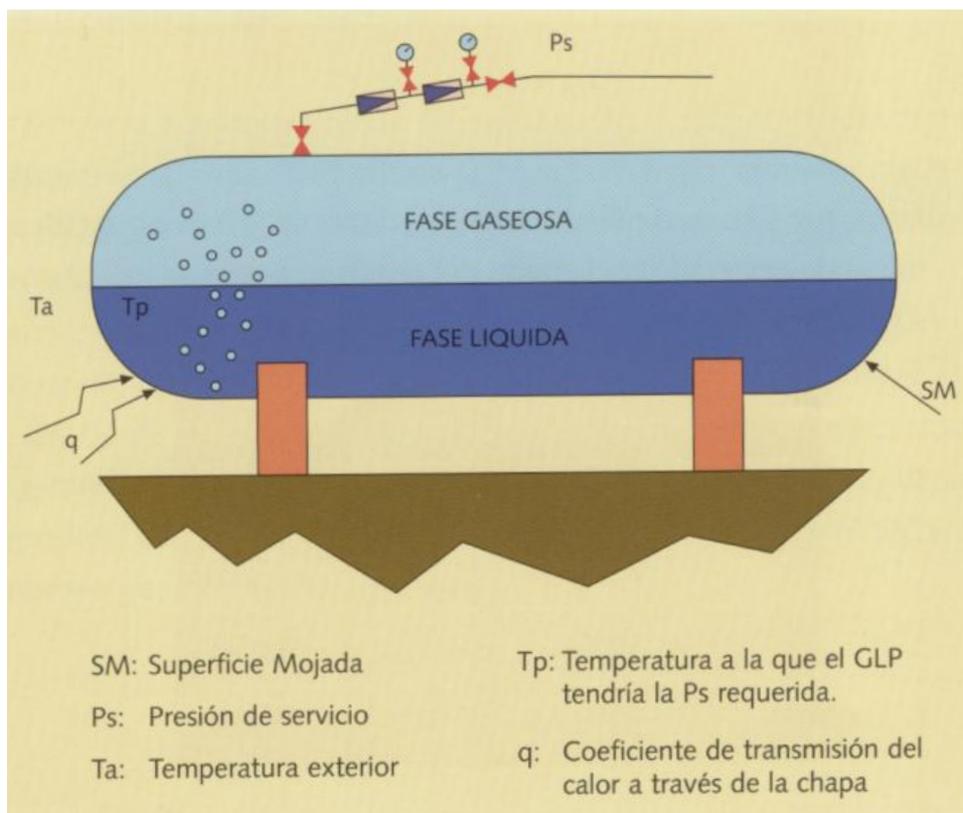


#### Caso práctico 4

#### Pérdidas de carga admisibles

Punto/Tramo	A	A-B	B	Reg. abon.	Salida reg. abon.	Cont.	Salida cont. C	C-D	D	D-F D-I D-H	F I H
P. mín (mbar)	50,4		25,4	P.reg. 22 mbar	20,5		19,3		16,8		16,3
$\Delta P$ máx. (mbar)		25,0				1,2		2,5		0,5	
$\varnothing$ mín. (mm)		13						16		10	

## Cálculo de un depósito de propano



Cálculo de un depósito de propano. Los depósitos de GLP se calculan según DOS criterios:

- Vaporización (kg/h)
- Autonomía (días)

CÁLCULO SEGÚN VAPORIZACIÓN:

$$G = \frac{k \cdot S_M \cdot (T_{ext} - T_S)}{c}$$

$$S_M = n \cdot S$$

Grado de llenado	n
10%	0,25
20%	0,33
30%	0,39
40%	0,45

CÁLCULO SEGÚN AUTONOMÍA: 
$$d = \frac{\rho_l \cdot f \cdot V}{G_d}$$

Variables y magnitudes utilizadas:

- k es el coef. de transmisión (enterrados 8,72; aéreos 11,62 W/m<sup>2</sup>/K)
- S<sub>M</sub> es la superficie mojada (m<sup>2</sup>)
- S es la superficie total (m<sup>2</sup>)
- T<sub>EXT</sub> es la temperatura exterior (8°C en depósitos enterrados)
- T<sub>S</sub> es la temperatura de vaporización ( -18,5°C a 1,75 bar)
- c es el calor latente de vaporización (385 kJ/kg)
- ρ<sub>l</sub> es la densidad en fase líquida (510 kg/m<sup>3</sup>)
- f es la fracción de capacidad útil (p.e. 85% - 30% = 55% => 0,55)
- V es el volumen total del depósito
- G<sub>d</sub> es el consumo diario de gas

Capacidad nominal (litros)	Modelo Ref.	Peso en vacío aprox. (Kg.)	Propano almacenado (Kg.)	Superficie total (m <sup>2</sup> )
975	LP1000*	265	409	5,5
1.450	LP1450*	390	609	6,7
1.825	LP1825*	470	766	7,9
2.250	LP2250*	550	945	9,3
2.450	LP2450*	590	1.029	10,1
2.670	LP2670*	650	1.121	10,9
4.000	LP4000*	880	1.680	15,3
4.440	LP4440*	1.000	1.865	16,8
4.660	LP4660*	1.050	1.957	17,6
4.880	LP4880*	1.100	2.050	18,4
6.430	LP6430*	1.350	2.701	23,5
6.650	LP6650*	1.400	2.793	24,3
6.870	LP6870*	1.450	2.885	25,1
7.090	LP7090*	1.550	2.978	25,9
8.334	LP8334*	1.750	3.500	30,3

#### Caso práctico 5

Calcular el depósito de propano que se necesita para dar servicio a una instalación receptora de las siguientes características:

Proceso industrial. Horno de 175 kW funcionando a dos turnos.

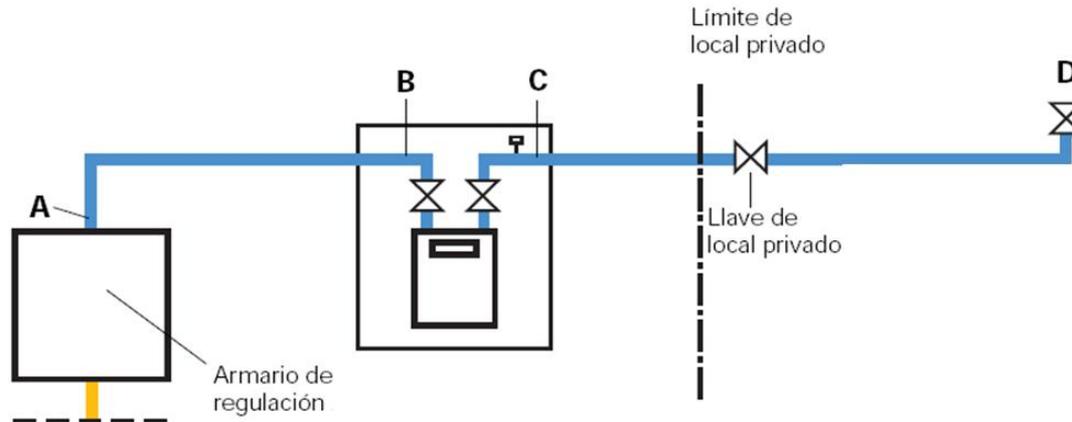
Depósito aéreo. Ubicación: Torrelavega.

Datos propano:

- Densidad relativa gas: 1,6
- Densidad líquido: 510 kg/m<sup>3</sup>
- PCS: 49.810 kJ/kg
- Calor latente de vaporización: 385 kJ/kg

## Caso práctico 6.1

Calcular el diámetro de los tramos A-B y C-D de la instalación receptora de gas natural que se muestra en la figura y que da servicio a un horno de 55 kW que funciona a plena carga durante 10 horas al día de lunes a domingo.



Punto/Tramo	A	A-B	B	B-C Contador	C	C-D	D
P. mín (mbar)	20,5		20		18,2		16,3
$\Delta P$ máx. (mbar)		0,5		Contador G-16 + G-40 1,8		1,9(*)	

Longitud real A-B: 5 m

Longitud real C-D: 15 m

PCS del combustible: 11 kWh/m<sup>3</sup>(s)

Densidad relativa del gas: 0,62

Rendimiento de la combustión: 85%

## Caso práctico 6.2

Si el citado horno consumiese gas propano en lugar de gas natural, determinar el depósito de debe instalarse para asegurar su funcionamiento con una autonomía mínima de 30 días.

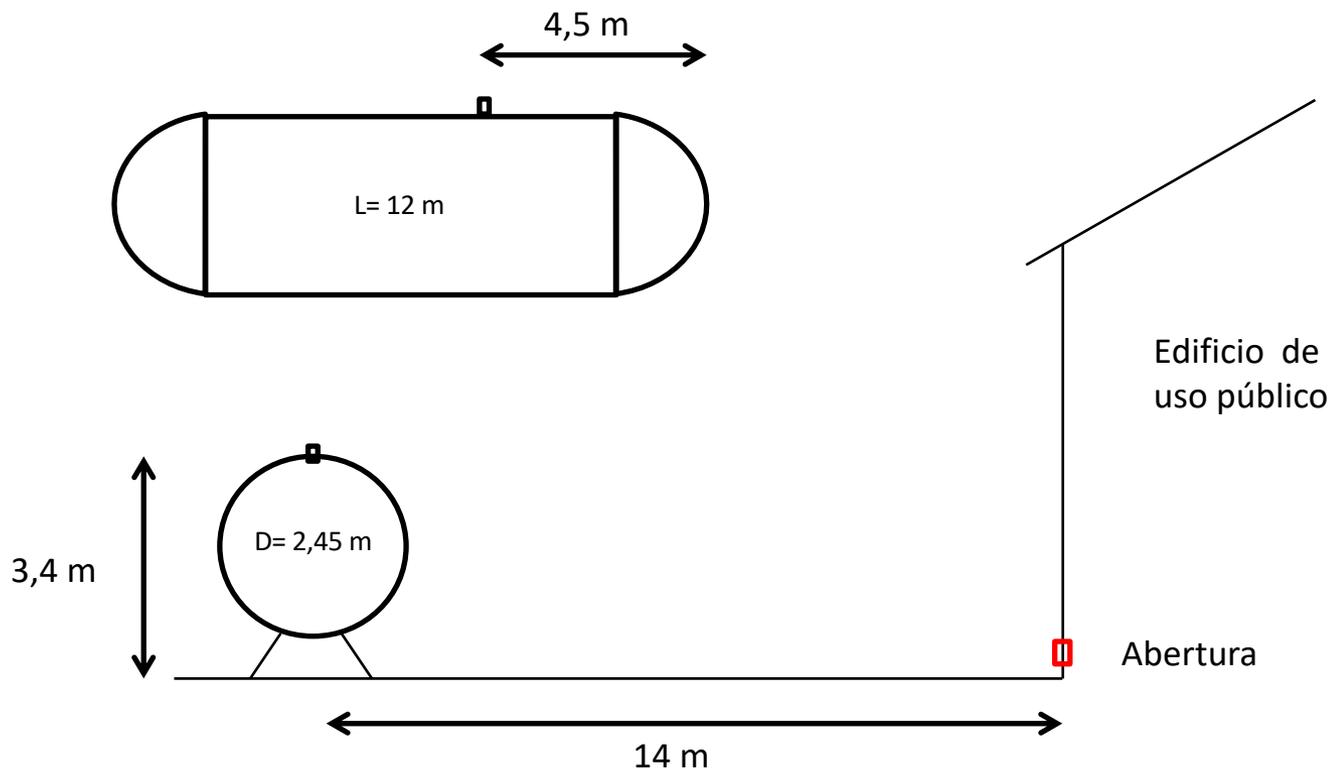
- Temperatura exterior de cálculo:  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Temperatura de vaporización:  $-18,5\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Coeficiente de transmisión (pared del depósito):  $11,63\text{ W/m}^2/^{\circ}\text{C}$
- Calor latente de vaporización:  $385\text{ kJ/kg}$
- Densidad del propano en fase líquida:  $510\text{ kg/m}^3$
- PCS del propano:  $49.810\text{ kJ/kg}$

**Tabla de características**

Capacidad nominal (litros)	Modelo Ref.	Peso en vacío aproximado (Kg.)	Propano almacenado (Kg.)	Superficie total (m <sup>2</sup> )	Descarga mínima de válvula de seguridad (m <sup>3</sup> /min. aire)	
					Aéreo	Enterrado
2.450	LP2450*	590	1.029	10,1	71,0	49,7
2.670	LP2670*	650	1.121	10,9	75,6	52,9
4.000	LP4000*	880	1.680	15,3	99,8	69,8
4.440	LP4440*	1.000	1.865	16,8	107,7	75,4
4.660	LP4660*	1.050	1.957	17,6	111,9	78,3
4.880	LP4880*	1.100	2.050	18,4	116,1	81,2
6.430	LP6430*	1.350	2.701	23,5	141,9	99,3
6.650	LP6650*	1.400	2.793	24,3	145,8	102,1
6.870	LP6870*	1.450	2.885	25,1	149,7	104,8
7.090	LP7090*	1.550	2.978	25,9	153,6	107,5
8.334	LP8334*	1.750	3.500	30,3	174,7	122,3

### Caso práctico 7

Resolver la implantación de un depósito aéreo de propano con una capacidad nominal de  $54,6 \text{ m}^3$  en las siguientes condiciones:



**Tabla 1 – Distancias de seguridad a orificios y paredes de depósitos**

De superficie (aéreos, A) (m)			Enterrados (E) (m)	
	$D_0^{1)}$	$D_p^{2)}$		$D_0$
A-1	1,5	1,0	E-1	0,75
A-5	3,0	2,0	E-5	1,5
A-13	5,0	3,0	E-13	3,0
A-35	7,5	5,0	E-60	4,0
A-60	8,5	6,5	E-120	5,0
A-120	10,0	7,5	E-500	10,0
A-500	15,0	10,0		
A-2 000	30,0	20,0		

1)  $D_0$  = Distancia a orificios.

2)  $D_p$  = Distancia a paredes.

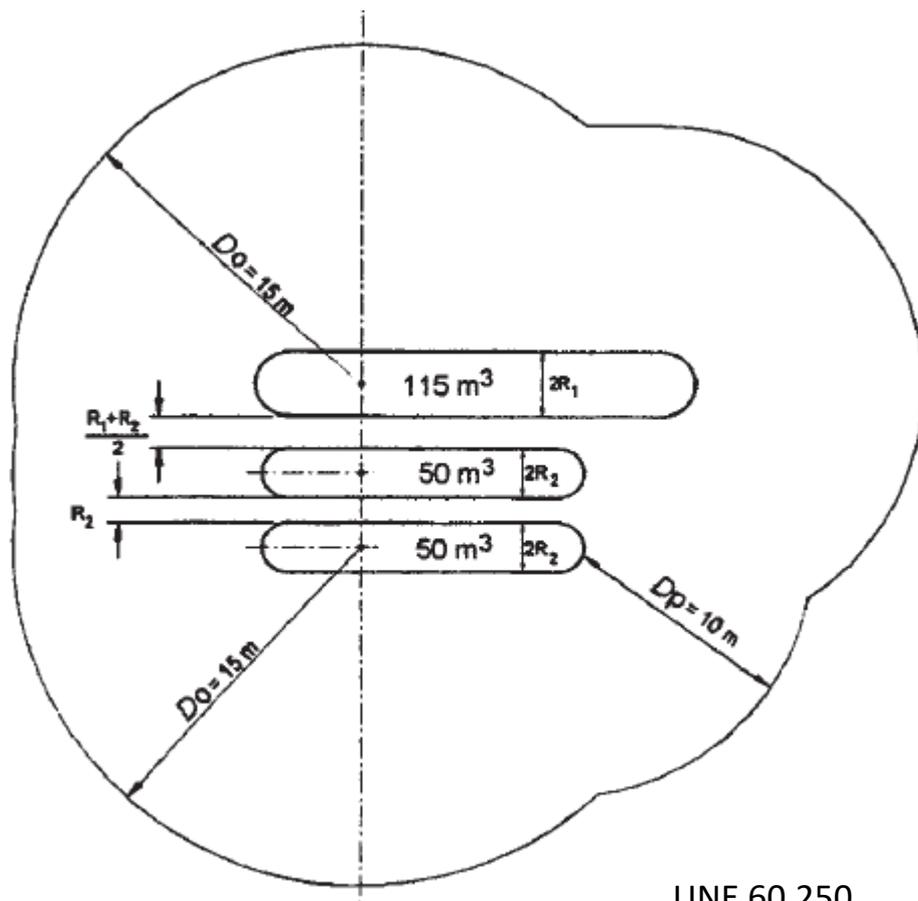
## Caso práctico 7 (continuación)

### Estación de GLP

De superficie (aéreos, A)		
	(m)	
	$D_0^{1)}$	$D_P^{2)}$
A-1	1,5	1,0
A-5	3,0	2,0
A-13	5,0	3,0
A-35	7,5	5,0
A-60	8,5	6,5
A-120	10,0	7,5
A-500	15,0	10,0
A-2 000	30,0	20,0

1)  $D_0$  = Distancia a orificios.

2)  $D_P$  = Distancia a paredes.

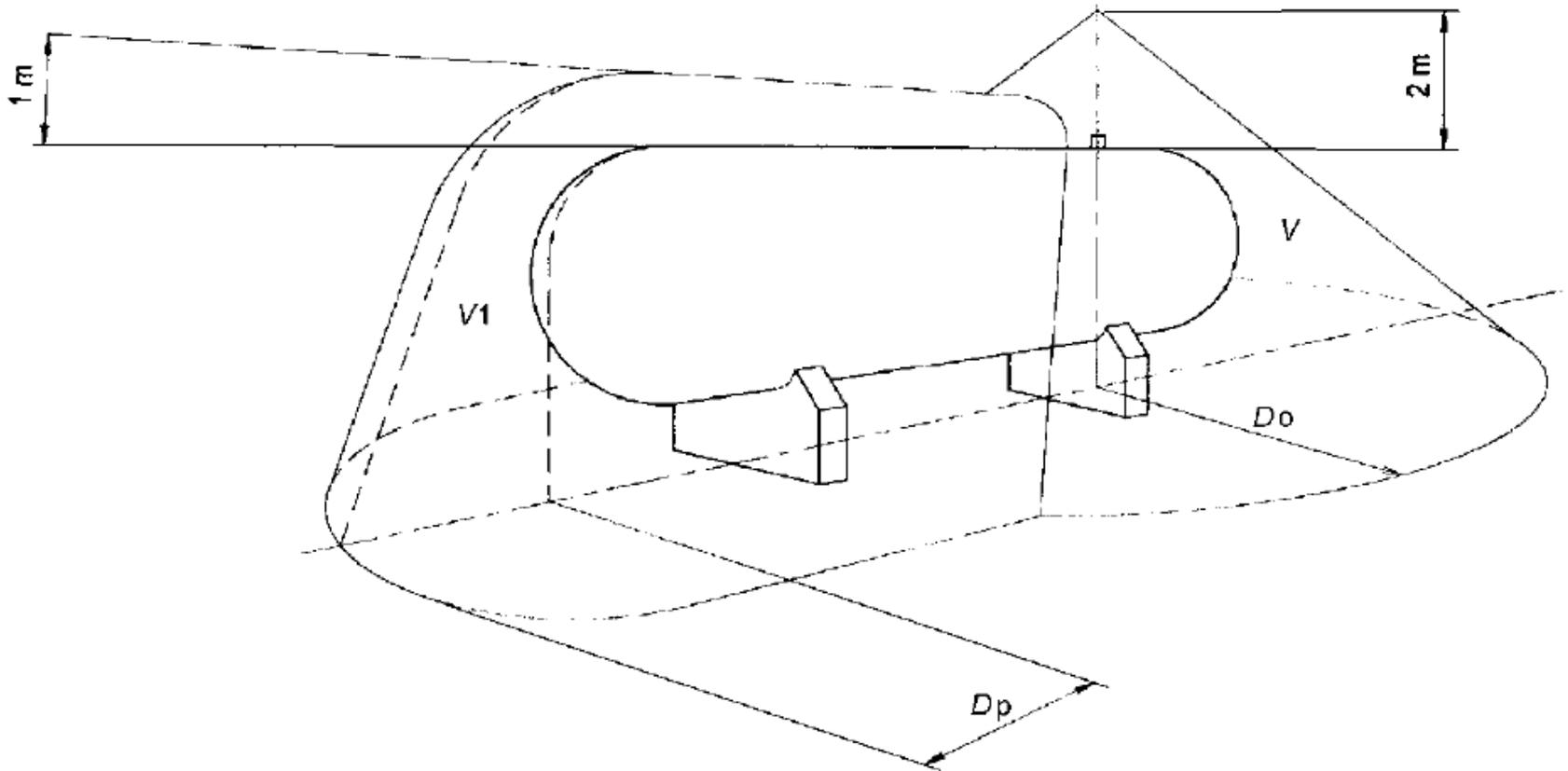


## Bloque I. Transporte, Distribución y Logística de Combustibles.

### TEMA 4: CÁLCULO DE INSTALACIONES

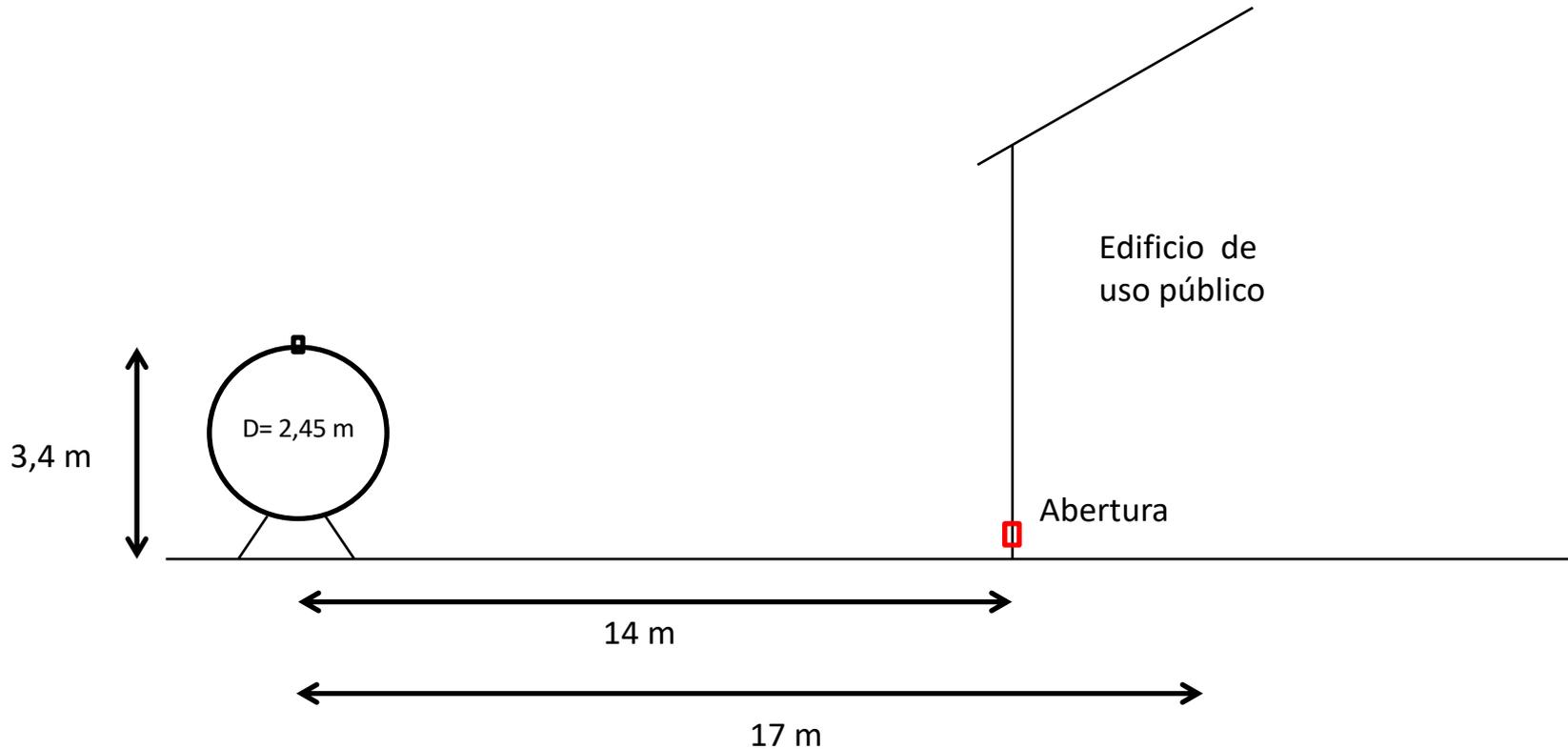
Clasificación	Instalaciones de superficie (aéreos, A)													
	A-5 $V \leq 5$		A-13 $5 < V \leq 13$		A-35 $13 < V \leq 60$		A-60 $35 < V \leq 60$		A-120 $60 < V \leq 120$		A-500 $120 < V \leq 500$		A-2000 $500 < V \leq 2000$	
Volumen total Instalación $V (m^3)$	$D_o$	$D_p$	$D_o$	$D_p$	$D_o$	$D_p$	$D_o$	$D_p$	$D_o$	$D_p$	$D_o$	$D_p$	$D_o$	$D_p$
Referencia 1		0,6		0,6		1		1		1		1		2
Referencia 2		1,25		1,25		1,25		2		3		5		15
Referencia 3		0,6		0,6		1		3		5		5		10
Referencia 4	3	2	5	3	7,5	5	8,5	6,5	10	7,5	15	10	30	20
Referencia 5	6		10		15		17		20	10	30		60	
Referencia 6														3

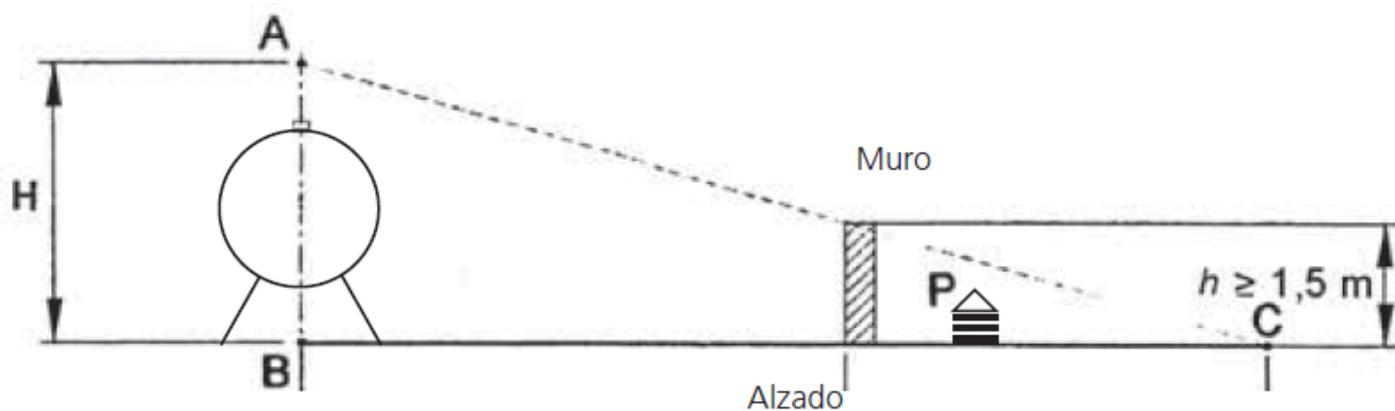
## Referencias 4 y 5



## Caso práctico 7 (continuación)

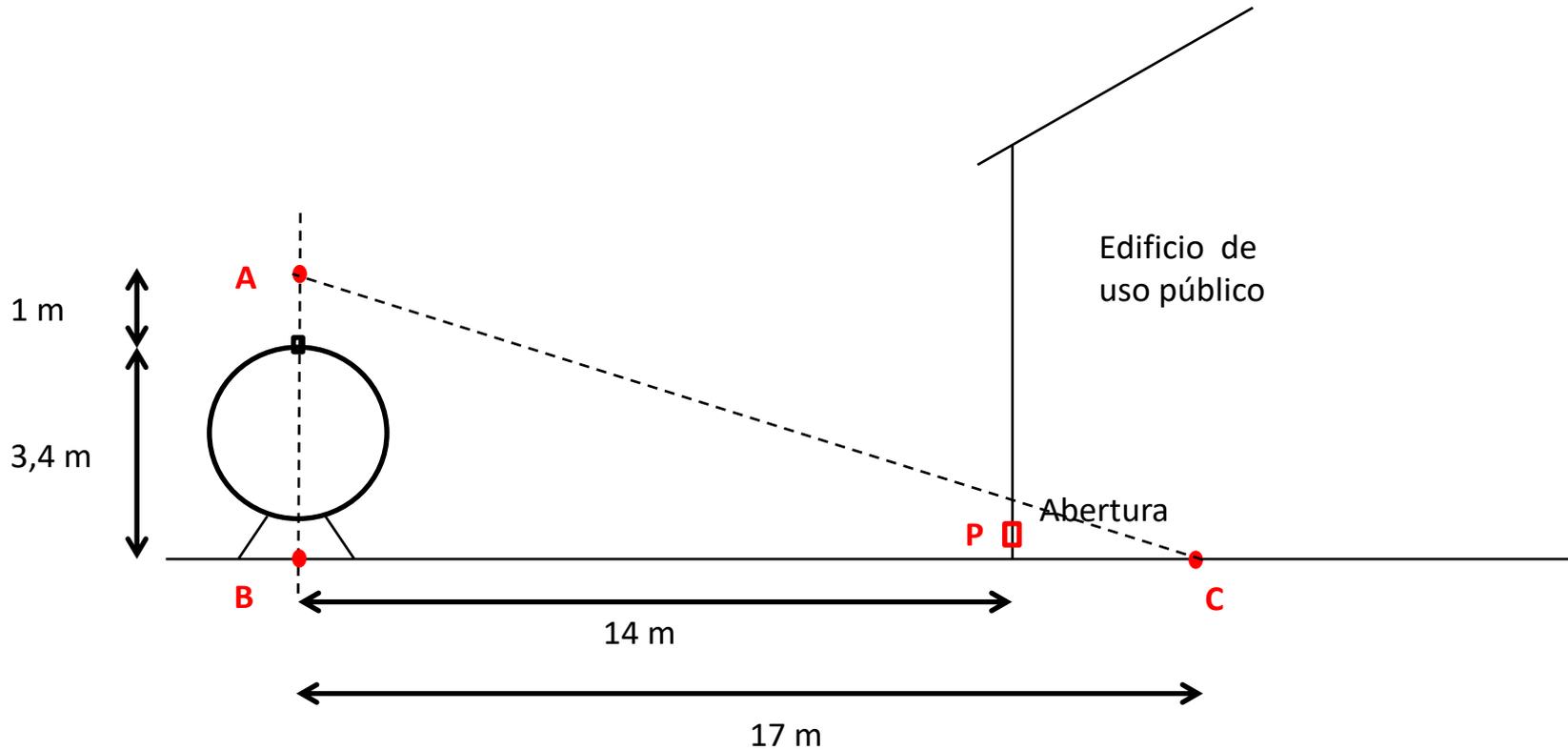
Reducción de distancias de seguridad. Referencia 5

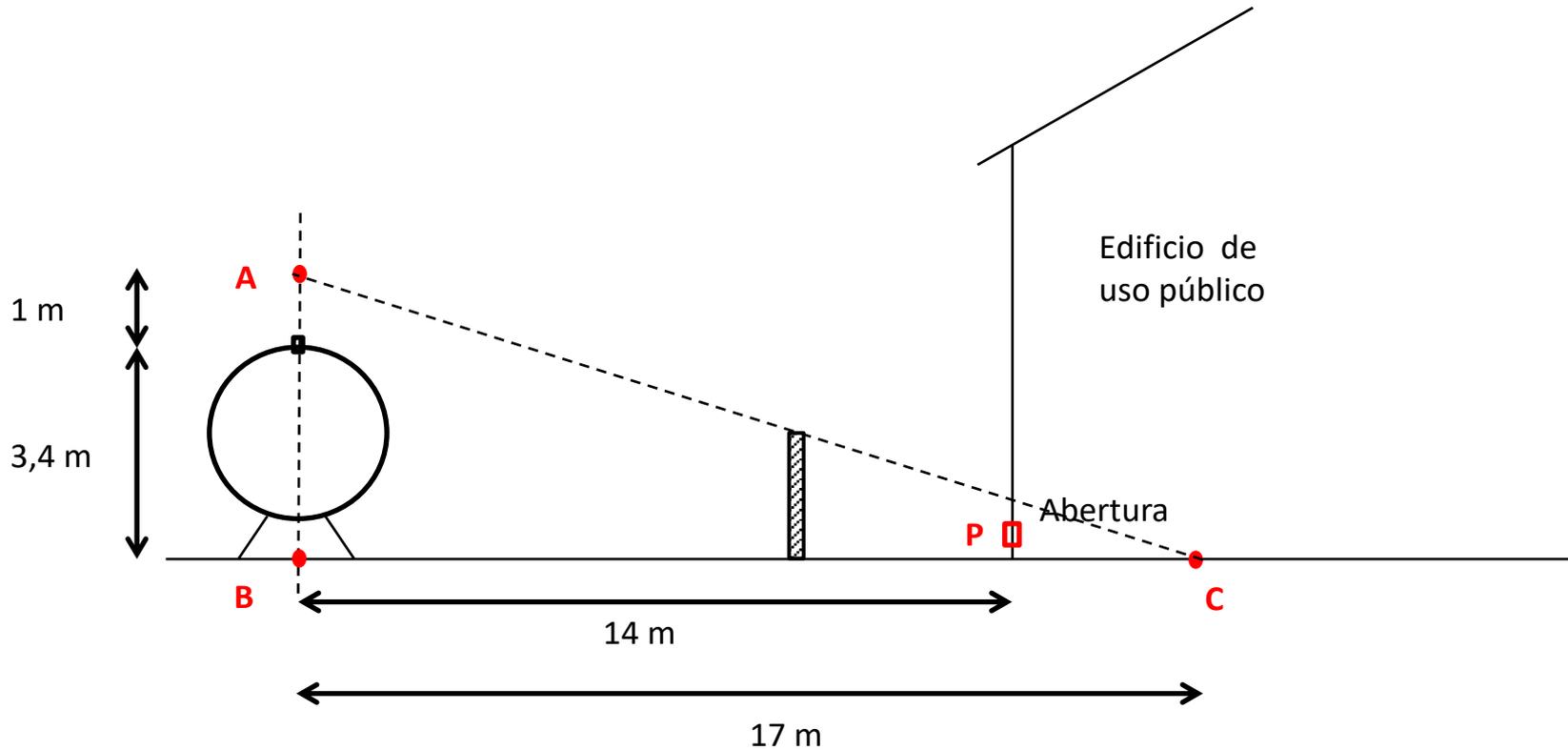




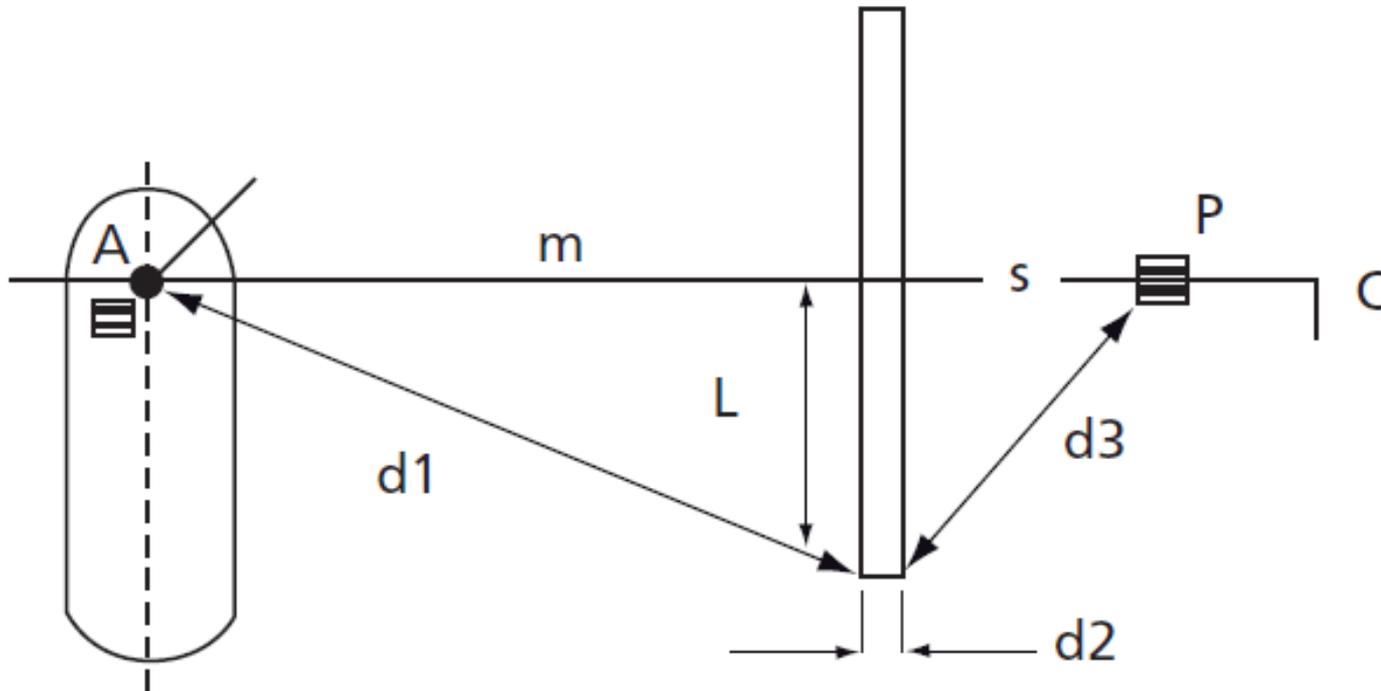
UNE 60.250

- A Punto situado 1 m por encima del orificio más alto
- B Proyección del orificio más alto sobre el suelo
- C Límite de la distancia ( $D_o$ ) correspondiente al punto P, indicada en el cuadro de distancias
- P Punto cuya situación se desea proteger





$$d_1 + d_2 + d_3 \geq D_0$$



#### Caso práctico 7 (continuación)

#### Caudal de la válvula de seguridad

$$G = 10,6552 \cdot S^{0,82}$$

donde

$G$  es el caudal de aire, en metros cúbicos ( $m^3$ ) por minuto a 15 °C y presión atmosférica; y

$S$  representa la superficie del depósito, expresada en metros cuadrados ( $m^2$ ).

Para obtener el caudal de GLP se debe dividir el resultado  $G$  por el factor de corrección

$$Y = 1,2 \cdot \sqrt{1 - \frac{P^2}{785}}$$

donde

$P$  es la presión de tarado de la válvula de seguridad, en bar.

## Caso práctico 7 (continuación)

### Protección contra incendios

**Tabla 3 – Medios de extinción según el tipo y volumen de la instalación**

Volumen (m <sup>3</sup> )	$V \leq 1$	$1 < V \leq 5$	$5 < V \leq 13$	$V > 13$
Depósito aéreo	No se precisa	Materia extintora o toma de agua a menos de 15 m	Materia extintora	Materia extintora
Depósito enterrado	No se precisa	No se precisa	Materia extintora o toma de agua a menos de 15 m	Materia extintora

Las clasificadas como A-13, A-35, A-60 deben disponer de un mínimo de dos extintores de eficacia mínima unitaria de 34A-183B-C, así como las E-13, cuando estén dotadas de materia extintora.

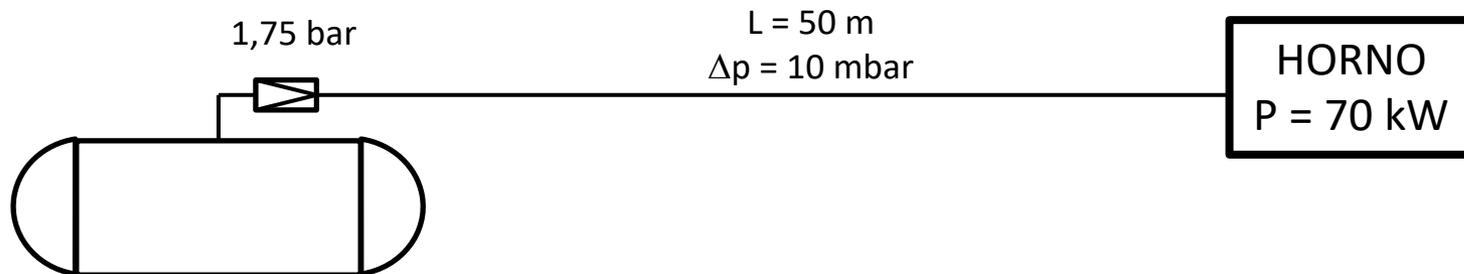
## Caso práctico 7 (continuación)

### 7.9 Puesta a tierra

Todos los depósitos, bombas, vaporizadores, tuberías, carcasas de motores y en general todas las partes metálicas de la instalación deben ser puestas a tierra con una resistencia inferior a 80 ohmios. Esta puesta a tierra debe ser independiente de cualquier otra. Las masas metálicas enterradas dotadas de protección catódica deben aislarse del resto de la instalación.

### Caso práctico 8

Calcular el depósito de GLP y la tubería que da servicio a la siguiente instalación:



Datos:

- Densidad gas:  $2,064\text{ kg/m}^3$
- Densidad líquido:  $510\text{ kg/m}^3$
- PCS:  $49.810\text{ kJ/kg}$
- Calor latente de vaporización:  $385\text{ kJ/kg}$
- Uso: 8 horas/día
- Autonomía: 30 días
- Temp. exterior:  $-1^\circ\text{C}$
- Temp. sat. a 1,75 bar:  $-18,5^\circ\text{C}$

#### Caso práctico 8

EXTRA: Calcular el depósito de GLP en los siguientes supuestos:

A) P = 150 kW; uso = 4 h/día

B) P = 70 kW; uso = 24 h/día

Capacidad nominal (litros)	Modelo Ref.	Peso en vacío aprox. (Kg.)	Propano almacenado (Kg.)	Superficie total (m <sup>2</sup> )
990	LP1000*	280	415	5,2
1.450	LP1450*	390	609	6,7
1.825	LP1825*	470	766	7,9
2.250	LP2250*	550	945	9,3
2.450	LP2450*	590	1.029	10,1
2.670	LP2670*	650	1.121	10,9
4.000	LP4000*	880	1.680	15,3
4.440	LP4440*	1.000	1.865	16,8
4.660	LP4660*	1.050	1.957	17,6
4.880	LP4880*	1.100	2.050	18,4
6.430	LP6430*	1.350	2.701	23,5
6.650	LP6650*	1.400	2.793	24,3
6.870	LP6870*	1.450	2.885	25,1
7.090	LP7090*	1.550	2.978	25,9
8.334	LP8334*	1.750	3.500	30,3
4.950	LP4950*	1.300	2.079	16,1
7.000	LP7000*	1.700	2.940	21,7
10.000	LP10*	2.300	4.200	29,9
13.000	LP13*	2.900	5.460	38,1
16.000	LP16*	3.500	6.720	46,2
19.000	LP19*	4.100	7.980	54,4
22.000	LP22*	4.700	9.240	62,6