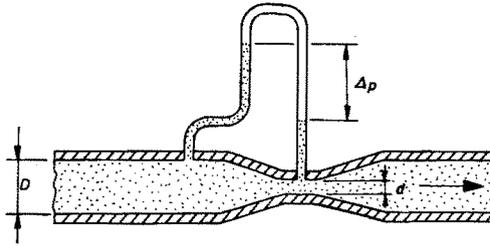


# NEUMÁTICA, HIDRÁULICA Y ELECTRICIDAD APLICADA

*Física aplicada  
Otros fluidos*

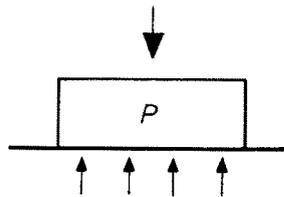
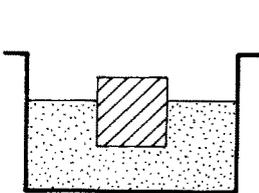




Capítulo 1

Física aplicada a neumática

Unidades normalizadas del sistema S.I. ....	11
Equivalencias entre los sistemas inglés y S.I. ....	13
Física general aplicada a gases .....	14
Características de los gases .....	21
Humedad .....	22
Manómetros .....	23
Medición de fluidos -Ventury- Presión atmos- férica .....	24
Elementos químicos .....	25
Figuras geométricas. Cálculo de áreas .....	27
Figuras geométricas. Cálculo de volúmenes ....	28
Figuras geométricas. Funciones geométricas ....	29



## UNIDADES NORMALIZADAS DEL SISTEMA SI

1

11

Magnitud	Símb.	Unidad SI	Observaciones
Longitud	L	Metro (m)	1 Km = 1.000 m. 1 cm = $10^{-2}$ m. 1 mm = $10^{-3}$ m. 1 micra = $10^{-6}$ m.
Superficie	A	Metro cuadrado (m <sup>2</sup> )	1 Ha = 10.000 m <sup>2</sup> 1 a = 100 m <sup>2</sup> 1 ca = 1 m <sup>2</sup> Ha - Hectárea a - área ca - centeárea
Volumen	V	Metro cúbico (m <sup>3</sup> )	1 m <sup>3</sup> = 1.000 l 1 dm <sup>3</sup> = 1 l 1 cm <sup>3</sup> = $10^{-3}$ l
Masa (peso)	m	Kilogramo (Kg)	1 Tm = 1.000 Kg    Tm-Tonelada métrica 1 g = $10^{-3}$ Kg
Densidad	p	Kilogramo/metro cúbico (Kg/m <sup>3</sup> )	1 Kg/dm <sup>3</sup> = $10^{-3}$ Kg/m <sup>3</sup>
Tiempo	t	Segundo (s)	1 mn = 60s 1 h = 60 mn = 3.600s
Velocidad	v	Metro/segundo (m/s)	1 cm/s = $10^{-2}$ m/s 1 Km/h = 0,227 m/s
Caudal volumétrico	Vt	Metro cúbico/segundo (m <sup>3</sup> /s)	También se admiten: l/s y l/mn.
Fuerza	F	Newton (N)	1 N = 1 Kg/m/s <sup>2</sup> 1 Kp = 0,981 daN $\cong$ 1 daN 1 daN $\cong$ 10N
Presión	p	Pascal (Pa) Bar (bar)	1 Pa = 1 N/m <sup>2</sup> 1 bar = $10^5$ N/m <sup>2</sup> 1 bar = $10^5$ Pa
Trabajo	A	Newton metro (Nm)	1 Nm = 1 J = 1 W/s
Energía	E	Kilovatio hora (KWh)	1 KWh = $3,6 \cdot 10^3$ KJ

Magnitud	Símb.	Unidad SI	Observaciones
Cantidad de calor	Q	Kilojulio (KJ)	1 KJ = $2,78 \cdot 10^{-4}$ KWh
Potencia	P	Kilovatio (KW)	1 KW = $10^3$ Nm/s
Temperatura	T	Kelvin (K)	$0^{\circ}\text{C} = 273,15^{\circ}\text{K}$
Capacidad calorífica entropía	C	Kilojulio/Kelvin (KJ/K)	
Carga calorífica específica	q	Vatio/m <sup>2</sup> (W/m <sup>2</sup> )	1 Kcal/cm <sup>2</sup> h = 1,163 W/cm <sup>2</sup>
Calor específico	c	Kilojulio/Kilogramo Kelvin (KJ/Kg K)	
Conductividad calorífica	$\lambda$	Vatio/Kelvin metro (W/Km)	
Coefficiente de conductividad calorífica	$\alpha$	Vatio/Kelvin metro cuadrado (W/Km <sup>2</sup> )	
Viscosidad dinámica	$\eta$	Pascal segundo (Pas)	1 Pas = 1 Ns/m <sup>2</sup> = 1 Kg·m <sup>-1</sup> ·s <sup>-1</sup>
Viscosidad cinemática	$\nu$	Metro cuadrado segundo (m <sup>2</sup> /s)	Antiguo Centistokes (cSt) 1 st = 1 cm <sup>2</sup> /s
Tensión superficial	$\gamma$ $\sigma$	Newton/metro (Nm)	1 N/m = 1 J/1m <sup>2</sup>

## EQUIVALENCIAS

1 N = 0,102 Kgf	1 Kgf = 9,81 N
1 daN = 10 N = 1,02 Kgf	1 Kgf = 9,81 N $\cong$ 1 daN
1 J = 0,102 Kgm	1 Kgm = 9,81 J
1 W = 0,102 Kgm/s	1 Kgm/s = 9,81 W
1 KW = 1,36 CV	1 CV = 736 W
1 bar = $10^5$ Pa	1 Kgf/cm <sup>2</sup> $\cong$ 1 bar
1 h bar = $10^7$ Pa	1 Kgf/mm <sup>2</sup> $\cong$ 1 hbar
1 Nm = 0,102 Kpm	1 Kpm = 10 Nm
1 Nm <sup>2</sup> = $10^{-7}$ Kp/mm <sup>2</sup>	1 Kpmm <sup>2</sup> = $10^7$ N/m <sup>2</sup>

Magnitud	Unidad S. Inglés		Unidad S. I.
Longitud	1 inch	=	$2,54 \times 10^{-2}$ m
Fuerza	1 oz	=	278 Nm
	1 lb	=	4.450 Nm
	1 gm	=	9,81 Nm
Masa	1 Lb	=	454 g
	1 oz	=	28,4 g
	1 Kg	=	1.000 g
	1 slug	=	14.600 g
Inercia	1 gm-cm <sup>2</sup>	=	$10^{-4}$ gm <sup>2</sup>
	1 oz-in-s <sup>2</sup>	=	7,06 gm <sup>2</sup>
	1 lb-in <sup>2</sup>	=	29 gm <sup>2</sup>
	1 lb-ft-s <sup>2</sup>	=	$1,36 \times 10^3$ gm <sup>2</sup>
	1 slug ft <sup>2</sup>	=	$1,36 \times 10^3$ gm <sup>2</sup>
Par	1 oz-in	=	7,06 mNm
	1 lb-ft	=	$1,36 \times 10^3$ mNm
	1 gm-cm	=	$9,8 \times 10^{-2}$ mNm

**FUERZA (f)**

$$f = m \cdot a$$

m - masa  
a - aceleración

**PRESION (p)**

$$p = \frac{f}{S}$$

f - fuerza  
s - superficie

A continuación se estudian las diferentes unidades de presión utilizadas y su relación.

**PRESION**

1 atmósfera métrica	=	1 Kg/cm <sup>2</sup> = 735,5 mm c.d. Hg a 0°C = 737,4 mm c.d. Hg a 15°C
1 atmósfera (Atm)	=	1,0333 Kg/cm <sup>2</sup> = 1,013 bar = 760 mm Hg
1 microbar (μb)	=	1 dina/cm <sup>2</sup>
1 bar (b)	=	10 <sup>6</sup> dinas/cm <sup>2</sup> = 10 <sup>5</sup> pascals = 1,020 Kg/cm <sup>2</sup> = 0,9879 Atm = 750,1 mm Hg
1 milibar (mb)	=	10 <sup>3</sup> dinas/cm <sup>2</sup>
1 Kg/cm <sup>2</sup>	=	Unidad práctica. 0,9807b = 0,9678 Atm = 98.070 pascals = 10 m de c.d. a (columna de agua) a 4° C.
1 pascal (Pa)	=	10 <sup>-5</sup> bar = 1,020 x 10 <sup>-5</sup> Kg/cm <sup>2</sup> = 0,987 x 10 <sup>-5</sup> Atm
1 libra/pulgada (PSI)	=	0,0703 Kg/cm <sup>2</sup> = 0,06894 bares.
1 Torr	=	1 mm Hg.
1 Barye	=	1 dina/cm <sup>2</sup>
1 mm c.d. Hg	=	13,506 mm de c.d.a. = 0,0013596 Atm métricas = 0,0013158 Atm antiguas.
1 mm c.d.a. a 4°C	=	1 Kg/m <sup>2</sup> = 0,07355 mm de c.d. Hg a 0°C.

**POTENCIA**

1 vatio	=	0,102 Kgm/s = 10 <sup>7</sup> ergios
1 Kw	=	1.000 W = 102 Kgm/s = 1,36 CV
1 CV	=	735,5 W = 75 Kgm/s = 175 cal/s
1 Kgm/s	=	9,81 W = 0,01333 CV = 1,343 cal/s

No confundir un CV con un HP (caballo de vapor inglés)

$$1 \text{ Hp} = 746 \text{ W}$$

**ENERGIA**

1 julio	=	0,2389 cal (*) = 10 <sup>7</sup> ergios = 2,778 x 10 <sup>-4</sup> W/h
1 caloría	=	4,186 julios
1 Kgm	=	2,343 cal = 9,81 julios = 0,002724 Wh

(\*) En la práctica se utiliza: 1 julio = 0,24 cal.

En electricidad

KWh — energía activa  
 KVAh — energía aparente  
 KVArh — energía reactiva

### MASA VOLUMETRICA O MASA ESPECIFICA

$\text{Kg/m}^3$  ;  $\text{gr/m}^3$  ;  $\text{Tn/m}^3$

### PESO ESPECIFICO

$\text{N/m}^3$  ;  $\text{dina/cm}^3$  ;  $\text{Kgf/m}^3$  ;  $\text{Sn/m}^3$

### CLASES DE ENERGIA

a) Energía cinética ( $E_c$ )

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

$m$  — masa  
 $v$  — velocidad

b) Energía potencial ( $E_p$ )

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

$m$  — masa  
 $g$  — aceleración  
 $h$  — altura

c) Energía mecánica ( $E_m$ )

$$E_m = E_c + E_p$$

$$E_m = \frac{1}{2} m \cdot v^2 + m \cdot g \cdot h$$

### MOVIMIENTO RECTILINEO

— Velocidad ( $v$ )

$$v = \frac{e}{t}$$

$e$  — espacio recorrido  
 $t$  — tiempo empleado

— Espacio ( $e$ )

$$e = v \cdot t$$

— Tiempo ( $t$ )

$$t = \frac{e}{v}$$

— Aceleración media ( $a$ )

$$a = \frac{v - v_0}{t}$$

$v_0$  — velocidad inicial  
 $v$  — velocidad final  
 $t$  — tiempo

– Movimiento uniformemente acelerado

$$e = \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

e – espacio  
a – aceleración  
t – tiempo

– Caída libre de un cuerpo

velocidad (v)  $v = \sqrt{2 g \cdot h}$

altura (h)  $h = \frac{v^2}{2g}$

g – aceleración producida por la gravedad (9,81)  
h – altura o longitud de caída  
P – peso de la masa

tiempo (t)  $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$

fuerza (f)  $f = P \cdot h$

## MOVIMIENTO CIRCULAR

velocidad (v)  $v = \frac{2\pi \cdot n \cdot r}{60}$  en m/mn    n – número revoluciones por minuto (r.p.m.)  
r – radio de giro

velocidad angular ( $\omega$ )  $\omega = \frac{2\pi n}{60}$  en radianes/mn

## TERMOMETRIA

El calor empieza a partir de cero absoluto, es decir, 0° de la escala Kelvin (0° K), equivalentes a -273° de la escala centígrada (Celsius).

## ESCALAS TERMOMETRICAS

Kelvin (K)

El agua helada funde a 273° K – Ebullición a 373° K

Centígrado (C)

El agua helada funde a 0° C – Ebullición a 100° C

Réaumur (R)

El agua helada funde a 0° R – Ebullición a 80° C

Fahrenheit (F)

El agua helada funde a 32° F – Ebullición a 212° F

## RELACION ENTRE ESCALAS TERMOMETRICAS

$$C = \frac{5}{9} (F - 32)$$

$$R = \frac{4}{5} C$$

$$F = \frac{9}{5} C + 32$$

$$C = \frac{5}{4} R$$

$$R = \frac{80}{212} (F - 32)$$

$$F = \frac{212}{80} R + 32$$

**CALORIMETRIA**

Se emplea como unidad la caloría, que se define como la cantidad de calor necesaria para elevar un grado, la masa de un gramo de agua.

Kilocaloría o caloría grande (Kcal), es la cantidad de calor necesaria para elevar la masa de 1 Kg de agua (1 l), en 1° C su temperatura.

$$1 \text{ Kcal} = 10^3 \text{ cal.}$$

$$1 \text{ Th} = 10^6 \text{ cal} = 10^3 \text{ Kcal}$$

cal – caloría ; Kcal – Kilocaloría ; Th – Thermia

**CANTIDAD DE CALOR (Q) NECESARIO PARA CALENTAR UN CUERPO**

$$Q = m \cdot c \cdot (t_1 - t_0)$$

$Q$  - cantidad de calor  
 $m$  - masa en gramos  
 $c$  - calor específico del cuerpo  
 $t_0$  - temperatura inicial  
 $t_1$  - temperatura final  
 $\Delta t$  - incremento de temperatura

$$\Delta t = t_1 - t_0$$

Calores específicos de algunos cuerpos

Aluminio	0,227	Vidrio	0,160
Cinc	0,093	Agua	1,000
Cobre	0,095	Hielo	0,500
Hierro	0,105	Mercurio	0,033
Níquel	0,106	Glicerina	0,565
Latón	0,093	Acetona	0,528

Equivalencias:

$$1 \text{ julio} = 0,24 \text{ cal}$$

$$4,186 \text{ julios} = 1 \text{ cal}$$

$$4186 \text{ julios} = 1 \text{ Kcal}$$

$$427,1 \text{ Kgm} = 1 \text{ Kcal}$$

**CANTIDAD DE CALOR PRODUCIDO POR UNA RESISTENCIA ELECTRICA**

$$Q = 0,24 \cdot P \cdot t \text{ en calorías}$$

$P$  – potencia en vatios

$t$  – tiempo en segundos

**DILATACION DE SOLIDOS****DILATACION LINEAL ( $\Delta l$ )**

El incremento de longitud ( $\Delta l$ ) experimentado por un cuerpo viene dado por la siguiente fórmula:

$$\Delta l = l_0 \cdot k \cdot (t - t_0)$$

$l_0$  – longitud inicial a temperatura  $t_0$

$k$  – coeficiente de dilatación lineal

$t_0$  – temperatura inicial

$t$  – temperatura final

Longitud total ( $L$ ) después de dilatación el cuerpo:

$$L = l_0 + l_0 \cdot k \cdot (t - t_0) = l_0 [1 + k \cdot (t - t_0)]$$

**DILATACION SUPERFICIAL (S)**

Superficie total después de dilatado el cuerpo:

$$S = S_0 + S_0.k.(t-t_0) = S_0 [1 + k.(t-t_0)]$$

**DILATACION CUBICA (V)**

Volumen total después de dilatado el cuerpo:

$$V = V_0 + V_0.k.(t-t_0) = V_0 [1 + k.(t-t_0)]$$

**COEFICIENTES DE DILATACION LINEAL DE ALGUNOS SOLIDOS (K)**

Acero fundido	0,000012	Cinc	0,000039
Acero inoxidable (18/8)	0,000017	Cuarzo	0,000005
Aluminio	0,000024	Vidrio	0,000032
Plata	0,000020	Madera	0,000004
Cobre	0,0000166	Cemento	0,000014
Estaño	0,000027	Platino	0,000008
Níquel	0,000013	Porcelana	0,000003
Plomo	0,000029	Latón	0,000020

**DILATACION DE LOS LIQUIDOS**

Volumen total después de calentado un líquido:

$$V = V_0 [1 + k'.(t-t_0)]$$

**COEFICIENTES DE DILATACION DE ALGUNOS LIQUIDOS (k')**

Agua	0,00015	Mercurio	0,00018
Alcohol etílico	0,00110	Aceite de oliva	0,00074
Benzol	0,00124	Petróleo	0,00104
Glicerina	0,00050	Aguarrás	0,00100

**CURVAS DE DILATACION**

Como consecuencia de la dilatación que experimentan los sólidos y líquidos se hace necesario introducir en los circuitos (tuberías), unas partes flexibles que absorban las dilataciones y contracciones y que reciben el nombre de curvas o liras de dilatación, siendo de diferentes tipos, tal como las que se representan a continuación:



1

Curva de dilatación longitudinal.

2

Curva de dilatación en forma de u.

3

Curva de dilatación tipo lira.

4

Curva de dilatación lenticular.

5

Junta de dilatación de prensaestopas.

**NOCIONES GENERALES SOBRE LOS GASES**

- Los gases no tienen forma ni volumen propio, ocupan todo el volumen del recipiente que los contiene.

**LEY DE BOYLE-MARIOTTE**

- A temperatura constante, los volúmenes ocupados por una masa gaseosa son inversamente proporcionales a las presiones a que se les somete.

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{v_2}{v_1} ; p_1 \cdot v_1 = p_2 \cdot v_2$$

A la presión  $p_1$ , el gas ocupa el volumen  $v_1$

A la presión  $p_2$ , el gas ocupa el volumen  $v_2$

El producto de la presión de un gas por su volumen, es una cantidad constante para ese gas, si la temperatura no varía.

**DILATACION DE LOS GASES**

- Cuando un gas se calienta, aumenta su volumen si la presión se mantiene constante o aumenta su presión si el volumen no varía.
- Se llama coeficiente de dilatación ( $\alpha$ ) a presión constante, al aumento que experimenta la unidad de volumen del gas, cuando éste eleva su temperatura un grado.

$$V_t = V_o (1 + \alpha t)$$

$V_t$  – Volumen a la temperatura  $t$

$V_o$  – Volumen inicial

$\alpha$  – Coeficiente de dilatación

$t$  – Temperatura en que se ha incrementado el gas

**LEYES DE GAY-LUSSAC**

- 1ª ley. – El valor del coeficiente  $\alpha$  de dilatación de todos los gases es el mismo a presión constante y su valor es de:

$$\alpha = \frac{1}{273} = 0,00366$$

El volumen ocupado por un gas a 0° K, sería igual a cero.

- 2ª ley. – A presión constante, los volúmenes ocupados por una masa gaseosa son proporcionales a sus temperaturas absolutas.

$$\frac{V_t}{V_{t'}} = \frac{T}{T'}$$

$V_t$  – Volumen a temperatura  $t$

$V_{t'}$  – Volumen a temperatura  $t'$

$T$  y  $T'$  – Temperaturas absolutas

- 3ª ley. – Las presiones a que está sometido un gas, a volumen constante, son proporcionales a las temperaturas absolutas.

$$\frac{P_t}{P_o} = \frac{T}{T'}$$

**ECUACION DE LOS GASES PERFECTOS**

Son gases perfectos aquellos que cumplen las leyes de Boyle-Mariotte y Gay-Lussac.

$$P.V = P_o.V_o (1 + \alpha t)$$

- P<sub>o</sub> – Presión inicial del gas.
- P – Presión final del gas
- V<sub>o</sub> – Volumen inicial del gas
- V – Volumen final del gas
- t – Temperatura final del gas

**TEOREMA DE BERNOUILLI**

Velocidad de salida del gas de un recipiente que se halla sometido a una presión.

$$V = \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2)}{\rho_o.p_1}}$$

- V – Velocidad
- p<sub>1</sub> – Presión del recipiente
- p<sub>2</sub> – Presión del exterior
- ρ<sub>o</sub> – Masa específica del gas en condiciones normales

PESO DE GASES Y VAPORES INDUSTRIALES A 0° y 760 TORR EN g/dm<sup>3</sup>

Gases y vapores	g/dm <sup>3</sup>
Acetileno	1,1709
Acido clorhídrico	1,6391
Aire seco	1,2928
Alcohol etílico	2,0430
Amoniaco	0,7714
Anhídrido carbónico	1,9768
Anhídrido sulfuroso	2,9263
Argón	1,7839
Butano-n	2,7030
Cloro	3,2140
Cloroformo	5,2830
Cloruro metílico	2,3070
Etano	1,3560
Eter	—
Eter metílico	2,1097

Gases y vapores	g/dm <sup>3</sup>
Etileno	1,2605
Fluor	1,6950
Freón 11 (fluoruro clorofórmico)	—
Freón 12 (difluorodichlorometano)	5,11
Freón 13 (trifluorochlorometano)	—
Gas del alumbrado	0,56
Helio	0,1785
Hidrógeno	0,08987
Metano	0,7168
Nitrógeno	1,2505
Oxido de carbono	1,2500
Oxígeno	1,42895
Ozono	2,1440
Propano	2,0037
Vapor de agua	0,7680

## Tabla de equivalencias de presión

	Atm.	Torr	Bar	Milibar
Atm.	1	760	1,013	1.013
Torr	$1,32 \times 10^{-3}$	1	$1,33 \times 10^{-3}$	1,33
Bar	0,987	7,50	1	$10^3$
Milibar	$0,987 \times 10^{-3}$	0,750	$10^{-3}$	1

(1 Atm = 760 Torr = 1,013 Bar = 1.013 Milibares)

Torr. Presión ejercida por una columna de mercurio de 1 mm de altura.

## Constantes críticas de algunos gases

GASES	Tª crítica °C	Presión crítica (Atm.)
Vapor de agua	+ 374	218
Alcohol etílico	+ 243	63
Cloro	+ 146	76
Anhídrido carbónico	+ 31	73
Metano	+ 82	46
Oxígeno	- 118	51
Nitrógeno	- 146	33
Hidrógeno	- 240	13
Helio	- 268	2,5

*Temperatura crítica.* Para licuar un gas, hay que llevarlo a la temperatura que se indica en la tabla (+ 146°C para el cloro).

*Presión crítica.* Para un gas, además de la temperatura, habrá que someter al gas a la presión que se indica en la tabla (76 Atm. para el cloro).

*Equivalencia.*

Ndm<sup>3</sup> añadido a una cifra, equivale a litros de gas o mezcla de gas, a presión normal en estado seco a 0°C y 760 Torr.

**HUMEDAD ABSOLUTA**

Corresponde a la cantidad de vapor acuoso contenido en un m<sup>3</sup> de aire.

**HUMEDAD RELATIVA**

Relación entre la masa de vapor acuoso contenido en un determinado volumen de aire y la que existiría en el mismo volumen, si el aire estuviera saturado. La humedad se da en tanto por ciento (%).

$$\text{Humedad relativa} = 100 \times \frac{\text{presión parcial del vapor de agua}}{\text{presión de vapor a la misma temperatura}}$$

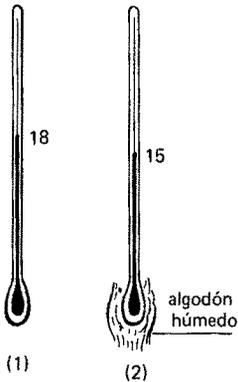
Masa de vapor acuoso contenido en un m<sup>3</sup> de aire saturado de humedad a la presión de una atmósfera.

Tª del aire	Peso en g.	Tª del aire	Peso en g.
0°	4,8	17°	14,5
5°	6,8	20°	17,3
10°	9,4	25°	23,0
15°	12,8	30°	30,0

**HIGROSCOPIO.** Es el aparato que se utiliza para determinar la humedad relativa de los ambientes.

Se dice que un material es higroscópico, cuando tiene tendencia a absorber la humedad.

**PSCROMETRO.** Aparato para medir la temperatura ambiental, teniendo en cuenta la influencia de la humedad relativa.



No resulta lo mismo en cuanto a sensación de frío, 5°C con 20% de humedad, que con 80% de humedad. Más frío, en el segundo caso.

El termómetro (1) señala la temperatura ambiental.

El termómetro (2) señala la temperatura del mismo ambiente, pero teniendo en cuenta la influencia de la humedad relativa.

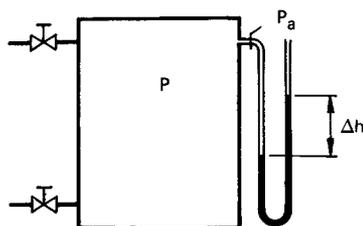
Para hacer la medición con el termómetro (2) se empapa con agua un algodón; para evaporarse al nivel de la humedad relativa necesita calor, lo que hace que la temperatura descienda.

Así se tiene, que un termómetro marca 18°C y el otro, teniendo en cuenta la humedad, 16°C.

**PESO ESPECIFICO DEL VALOR DE AGUA SATURADO Y RECALENTADO EN Kg/m<sup>3</sup>**

Presión absoluta Kg/cm <sup>2</sup>	Temperat. saturación °C	Peso específico Kg/m <sup>3</sup>						
		a temperat. saturación	150	200	250	300	350	400
0,2	59,86	0,1282	0,1018	0,0904	0,0816	0,0744	0,0684	0,0633
0,4	75,42	0,2462	0,2036	0,1808	0,1632	0,1488	0,1368	0,1266
0,6	85,45	0,3603	0,3054	0,2713	0,2448	0,2232	0,2052	0,1899
0,8	92,99	0,4728	0,4072	0,3617	0,3264	0,2976	0,2736	0,2532
1	99,08	0,5807	0,5090	0,4521	0,4080	0,3720	0,3420	0,3165
2	119,61	1,1104	1,035	0,9083	0,8190	0,7457	0,6849	0,6333
3	132,87	1,6224	1,555	1,370	1,232	1,121	1,029	0,9206
4	142,91	2,1239	2,075	1,836	1,647	1,497	1,374	1,269
5	151,10	2,6177	2,304	2,066	1,876	1,718	1,587	1,471
6	158,07	3,1058	2,778	2,506	2,272	2,114	1,912	1,812
7	164,16	3,5891	3,267	2,907	2,639	2,410	2,227	2,067
8	169,59	4,0683	3,745	3,356	3,030	2,770	2,551	2,361
9	174,52	4,5448	4,237	3,759	3,401	3,106	2,856	2,646
10	179,03	5,018	4,739	4,237	3,816	3,472	3,205	2,967
11	183,20	5,489	5,236	4,630	4,167	3,817	3,509	3,246
12	187,06	5,950	5,747	5,102	4,587	4,184	3,846	3,549
13	190,71	6,425	6,250	5,525	4,951	4,526	4,149	3,846
14	194,14	6,889	6,757	5,954	5,376	4,877	4,504	4,008
15	197,37	7,352	7,299	6,410	5,747	5,236	4,808	4,326
16	200,44	7,833		6,900	6,172	5,586	5,128	4,646
17	203,36	8,417		7,299	6,496	5,917	5,434	4,966
18	206,15	8,896		7,812	6,849	6,289	5,747	5,286
19	208,82	9,376		8,130	7,246	6,578	6,024	5,606
20	211,39	9,850		8,695	7,752	6,993	6,336	5,926
22	216,24	10,827		9,615	8,547	7,752	7,06	6,546
24	220,75	11,800		10,625	9,434	8,474	7,77	7,166
26	224,99	12,764		11,627	10,106	9,101	8,48	7,786
28	228,99	13,754		12,658	11,111	10,000	9,16	8,406
30	232,77	14,745		13,698	11,905	10,762	9,88	9,026

**MANOMETRO DE AIRE LIBRE**



Son aparatos para medir la presión de un gas en el interior de un recipiente.

La presión medida en un recipiente viene dada por la fórmula siguiente:

$$p = H + \Delta h \quad (1)$$

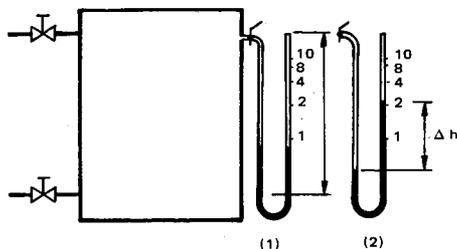
$p$  – presión en mm de c.d.a. ó c.d.Hg.

$H$  – altura en mm de c.d.a. ( $p_a$  – presión atmosférica)

$\Delta h$  – diferencia de columnas en mm.

(1)  $\Delta h$  (+) si el nivel es sobre el mar.

**MANOMETRO DE AIRE COMPRIMIDO**



Se utiliza para medir bajas presiones, inferiores a 760 mm.

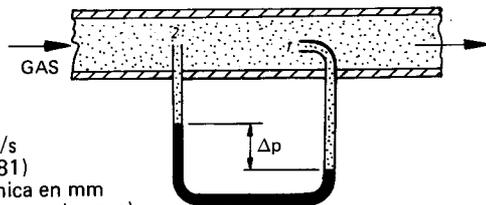
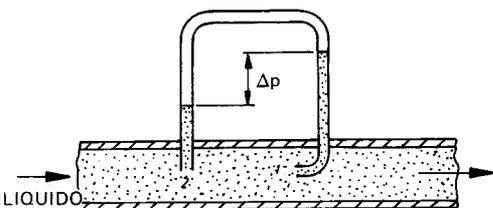
La diferencia de presiones  $\Delta h$  indicará la presión en el recipiente a medir.

(1) Posición de partida (grifo cerrado)

(2) Posición de medida (grifo abierto).

**TUBO DE PITOT**

Se utiliza para medir la velocidad de un líquido o gas, en un conducto abierto o cerrado.



$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot pd}{d}}$$

$v$  – velocidad en m/s

$g$  – aceleración (9,81)

$pd$  – presión dinámica en mm de c.d.a. (columna de agua)

$d$  – peso de un  $m^3$  de gas o líquido

$$pd = \frac{v^2 \cdot d}{2 \cdot g}$$

**EQUIVALENCIAS**

1 mm de columna de agua a 4°C = 1 Kg/m<sup>2</sup> = 0,07355 mm de c.d.Hg a 0°C

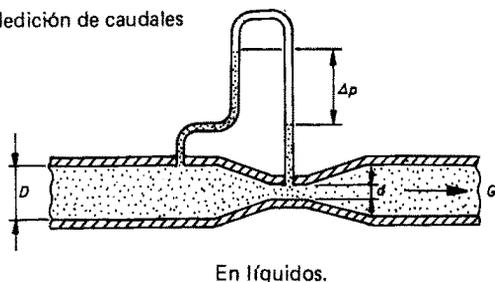
10 m de c.d.a. a 4°C = 1 Kg/cm<sup>2</sup>.

1 mm de c.d.Hg = 13,506 mm de c.d.a. = 0,0013596 atmósferas métricas = 0,0013158 atmósferas antiguas.

1 atmósfera métrica = 1 Kg/cm<sup>2</sup> ; 1 atmósfera antigua = 760 mm. de c.d.Hg = 1,0333 Kg/cm<sup>2</sup>

## TUBO DE VENTURY

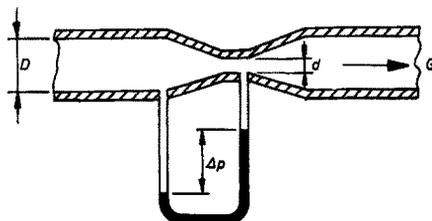
Medición de caudales



$$G = \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{\frac{2 \Delta p}{\rho \left( \frac{D^2}{d^2} - 1 \right)}}$$

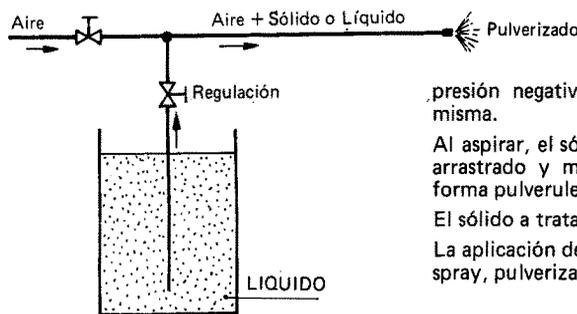
G = gasto

En gases.



La presión de la medición de caudal que se hace con esta fórmula, puede tener un error de un 2%

## APLICACIONES DEL VENTURY



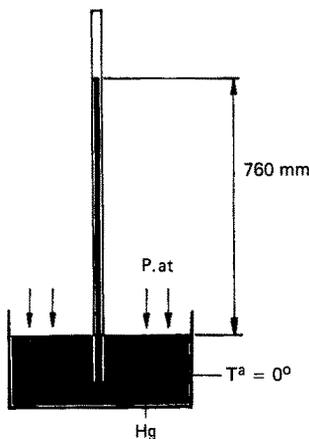
El aire que circula por la tubería en la dirección señalada por las flechas, a presión y velocidad regulables, crea en la tubería perpendicular, una de-

presión negativa, que supone una aspiración sobre la misma.

Al aspirar, el sólido o líquido que hay en el recipiente es arrastrado y mezclado con el aire, los cuales salen en forma pulverulenta.

El sólido a tratar debe ser en forma de polvo.

La aplicación del llamado efecto ventury es muy amplia: spray, pulverizadores y múltiples aplicaciones industriales.



## PRESION ATMOSFERICA

1 *Atmósfera* = 1,033 Kg/cm<sup>2</sup> de presión. Corresponde a la presión atmosférica, cuando la temperatura es de 0° C, a 45° de latitud y sobre el nivel del mar.

En los mapas del tiempo se dan los siguientes términos:

Líneas que unen puntos de igual...

- *Temperatura*: isotermas (Termómetro).
- *Presión*: isobaras (Barómetro).
- *Precipitación*: isoyetas (Pluviómetro).
- *Altura*: isolipsas (Altímetro).
- *Viento*: (Anemómetro).

ELEMENTOS QUIMICOS

Nº Atómico	ELEMENTOS	Símbolo	Masa Atómica	Densidad g/cc	Punto de ebullición	Punto de fusión	Nº de Isótopos
1	Hidrógeno	H	1,008	0,07	-252,7	-259,14	3
2	Helio	He	4,003	0,15	-268,9	-272,2	4
3	Litio	Li	6,94	0,534	1200	186	5
4	Berilio	Be	9,012	1,84	1500	1350	4
5	Boro	B	10,811	2,535	2500	2300	5
6	Carbono	C	12,011	2,25	4200	3500	6
7	Nitrógeno	N	14,0067	0,81	-195,3	-209,8	6
8	Oxígeno	O	15,9994	1,14	-183	-218,4	6
9	Flúor	F	18,998	1,14	-187	-223	4
10	Neón	Ne	20,183	1,204	-245,9	-248,6	5
11	Sodio	Na	22,9898	0,929	880	97,5	6
12	Magnesio	Mg	24,312	1,74	1110	651	6
13	Aluminio	Al	26,98	2,70	2447	660	6
14	Silicio	Si	28,086	2,42	2600	1420	6
15	Fósforo	P	30,064	1,83	280,5	44,1	6
16	Azufre	S	32,064	2,0	444,6	112,8	7
17	Cloro	Cl	35,453	2,49	-34,6	-101,6	7
18	Argón	Ar	39,948	1,423	-185,7	-189,2	8
19	Potasio	K	39,1	0,87	760	62,3	8
20	Calcio	Ca	40,08	1,54	1170	810	10
21	Escandio	Sc	44,96	3,62	2400	1200	8
22	Titanio	Ti	47,90	4,50	3000	1800	8
23	Vanadio	V	50,942	5,69	3000	1710	8
24	Cromo	Cr	51,096	6,92	2200	1615	8
25	Manganeso	Mn	54,938	7,42	1900	1260	6
26	Hierro	Fe	55,85	7,85	3000	1535	8
27	Cobalto	Co	58,933	8,90	2900	1480	9
28	Níquel	Ni	58,71	8,60	2900	1452	11
29	Cobre	Cu	63,54	8,30	2300	1083	10
30	Cinc	Zn	65,37	7,04	907	419,43	12
31	Galio	Ga	69,72	5,903	1600	29,7	11
32	Germanio	Ge	72,59	5,46	2700	958,5	13
33	Arsénico	As	74,92	5,73	615	814	11
34	Selenio	Se	78,96	4,30	688	220	14
35	Bromo	Br	79,904	3,10	58,78	-7,2	15
36	Criptón	Kr	83,8	2,16	-151,8	-169	19
37	Rubidio	Rb	85,47	1,53	700	38,5	16
38	Estroncio	Sr	87,62	2,50	1150	800	16
39	Ytrio	Y	88,905	3,80	2500	1490	15
40	Circonio	Zr	91,22	6,44	2900	1700	12
41	Niobio	Nb	92,91	8,40	3300	1950	10
42	Molibdeno	Mo	95,94	9,01	3700	2620	13
43	Tecneio	Tc	99	11,49	-	2300	12
44	Rutenio	Ru	101,07	12,06	2700	2450	13
45	Rodio	Rh	102,905	12,44	2500	1955	10
46	Paladio	Pd	106,4	12,16	2200	1555	13
47	Plata	Ag	107,808	10,50	1950	960,5	13
48	Cadmio	Cd	112,40	8,65	767	320,9	14
49	Indio	In	114,82	7,28	1450	155	13
50	Estaño	Sn	118,69	7,29	2260	231,86	18
51	Antimonio	Sb	121,75	6,62	1380	630,5	16
52	Telurio	Te	127,60	6,25	1390	452	24
53	Yodo	I	126,904	4,94	184,35	113,5	18
54	Xenón	Xe	131,30	3,06	-109,1	-140	23

Elementos químicos (cont.)

Nº Atómico	ELEMENTOS	Símbolo	Masa Atómica	Densidad g/cc	Punto de ebullición	Punto de fusión	Nº de Isótopos
55	Cesio	Cs	132,91	1,87	670	26	18
56	Bario	Ba	137,34	3,78	1140	850	17
57	Lantano	La	138,91	6,50	1800	826	15
58	Cerio	Ce	140,12	6,90	1400	770	14
59	Praseodimio	Pr	140,907	6,50	3450	940	9
60	Neodimio	Nd	144,24	6,96	3300	840	13
61	Prometeo	Pm	147	—	—	—	12
62	Samario	Sm	150,35	7,70	1900	1350	14
63	Europio	Eu	151,96	5,24	1700	1100	12
64	Gadolinio	Gd	157,23	7,95	3000	1350	13
65	Terbio	Tb	158,924	8,33	2800	1400	10
66	Disprosio	Dy	162,51	8,56	2600	1475	10
67	Holmio	Ho	164,93	8,76	2700	1475	7
68	Erbio	Er	167,26	9,06	2600	1475	9
69	Tulio	Tm	168,934	9,34	2400	1500	6
70	Iterbio	Yb	173,04	9,01	1800	824	10
71	Lutecio	Lu	174,99	9,74	3500	1650	8
72	Hafnio	Hf	178,49	13,3	3200	1700	11
73	Tantalio	Ta	180,948	16,6	4100	2850	9
74	Tungsteno	W	183,85	18,6	5900	3370	12
75	Renio	Re	186,20	20,53	—	3000	7
76	Osmio	Os	190,20	22,5	5300	2700	13
77	Iridio	Ir	192,20	22,42	4800	2350	7
78	Platino	Pt	195,09	21,37	4300	1755	9
79	Oro	Au	196,967	19,3	2600	1063	12
80	Mercurio	Hg	200,59	13,6	356,9	— 38,9	14
81	Talio	Tl	204,37	11,86	1650	303,5	13
82	Plomo	Pb	207,19	11,35	1620	327,5	15
83	Bismuto	Bi	208,98	9,80	1477	271	17
84	Polonio	Po	210	—	—	470	15
85	Astato	At	210	—	—	470	15
86	Radón	Rn	222	9,74	— 61,8	— 71	12
87	Francio	Fr	223	—	—	23	10
88	Radio	Ra	226	6	1140	960	7
89	Actinio	Ac	227	—	—	1600	6
90	Torio	Th	232,038	11,13	3000	1845	10
91	Protactinio	Pa	231	—	—	—	9
92	Uranio	U	238	—	—	—	9
93	Neptunio	Np	237	—	—	—	9
94	Plutonio	Pu	244	—	—	—	9
95	Americio	Am	242	—	—	—	9
96	Curio	Cm	247	—	—	—	6
97	Berkelio	Bk	247	—	—	—	3
98	Californio	Cf	249	—	—	—	2
99	Einsteinio	E	254	—	—	—	5
100	Fermio	Fm	257	—	—	—	2
101	Mendelevio	Mv	258	—	—	—	1
102	Nobelio	No	255	—	—	—	1
103	Laurencio	Lw	256	—	—	—	1
104	Nº 104	—	261	—	—	—	3
105	Nº 105	—	260	—	—	—	1

Del 93 al 105 se denominan transuránicos y son producidos artificialmente.

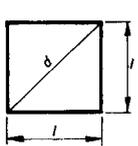
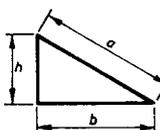
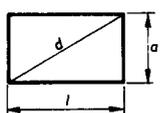
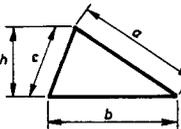
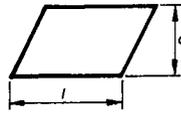
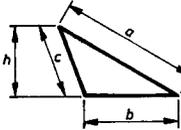
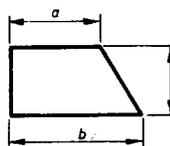
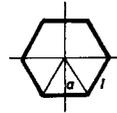
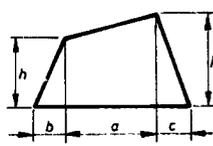
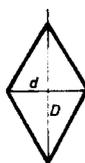
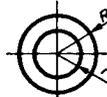
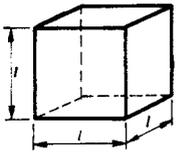
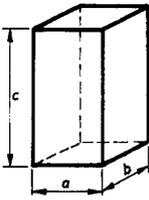
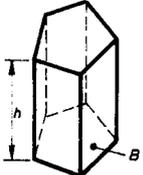
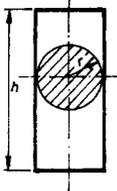
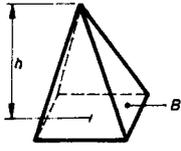
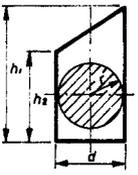
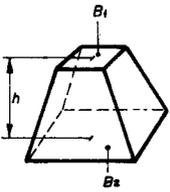
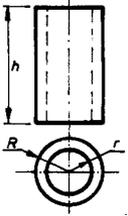
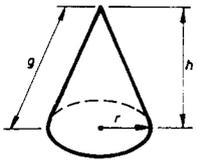
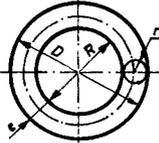
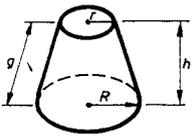
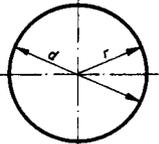
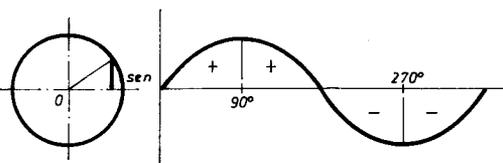
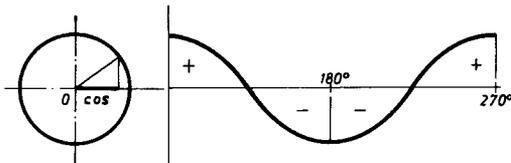
FIGURA	FORMULAS	FIGURA	FORMULAS
 <p>CUADRADO</p>	$S = l \cdot l = l^2$ $S = \frac{d^2}{2}$ $d = \sqrt{2} l$ $d = \sqrt{2 \cdot l^2}$ $l = l = \text{lado}$	 <p>TRIANGULO RECTANGULAR</p>	$S = \frac{b \cdot h}{2}$ $b = \sqrt{a^2 - h^2}$ $h = \sqrt{a^2 - b^2}$ $a = \sqrt{b^2 + h^2}$
 <p>RECTANGULO</p>	$S = l \cdot a$ $S = a \sqrt{d^2 - l^2}$ $S = b \sqrt{d^2 - b^2}$ $d = \sqrt{a^2 + b^2}$ $l = \text{largo}; a = \text{ancho}$	 <p>TRIANGULO ACUTANGULO</p>	$S = \frac{b \cdot h}{2}$ Conociendo solo los lados $S = \frac{b}{2} \sqrt{a^2 - \left(\frac{a^2 + b^2 - c^2}{2b}\right)^2}$ o también $m = \frac{a + b + c}{2}$ $S = \sqrt{m(m-a)(m-b)(m-c)}$
 <p>PARALELOGRAMO</p>	$S = l \cdot a$ $a = \frac{A}{l}$ $l = \frac{A}{a}$	 <p>TRIANGULO OBTUSANGULO</p>	$S = \frac{b \cdot h}{2}$ Conociendo solo los lados $S = \frac{b}{2} \sqrt{a^2 - \left(\frac{a^2 - b^2 - c^2}{2b}\right)^2}$ o también $m = \frac{a + b + c}{2}$ $S = \sqrt{m(m-a)(m-b)(m-c)}$
 <p>TRAPECIO</p>	$S = \frac{(a + b)}{2} h$	 <p>POLIGONO</p>	$S = \frac{p \cdot a}{2}$ perímetro (p) $p = l \cdot n$ $n^\circ$ de lados del polígono
 <p>TRAPEZOIDE</p>	$S = \frac{(H + h) a + bh + cH}{2}$	 <p>CIRCULO</p>	$S = \pi \cdot r^2$ $S = \frac{\pi d^2}{4} = 0.785 \cdot d^2$ $L = 2\pi r = \pi d$
 <p>ROMBO</p>	$S = \frac{D \cdot d}{2}$	 <p>CIRCUNFERENCIAS CONCENTRICAS</p>	$S = \pi \cdot R^2 - \pi \cdot r^2$ $S = \pi (R^2 - r^2)$
		 <p>SECTOR</p>	$S = \frac{l \cdot R}{2} = \frac{\pi \cdot \alpha \cdot R^2}{360}$ $l = \frac{\pi \cdot R \cdot \alpha}{180} = \frac{R \cdot \alpha}{57,3}$

FIGURA	FORMULAS	FIGURA	FORMULAS
 <p>CUBO</p>	$V = l^3$	 <p>PARALELOGRAMO</p>	$V = a \cdot b \cdot c$
 <p>PRISMA</p>	$V = B \cdot h$ <p>B - base área de la figura geométrica de que se trate</p>	 <p>CILINDRO</p>	$V = \pi r^2 \cdot h$ $V = \frac{\pi d^2}{4} \cdot h = 0,785d^2 \cdot h$
 <p>PIRAMIDE</p>	$V = \frac{1}{3} B \cdot h$ <p>B - base área de la figura geométrica de que se trate</p>	 <p>CILINDRO TRUNCADO</p>	$V = 1,5708 r^2 (h_1 + h_2)$ $V = 0,3927 d^2 (h_1 + h_2)$
 <p>PIRAMIDE TRUNCADA</p>	$V = \frac{h}{3} (B_1 + B_2 + \sqrt{B_1 + B_2});$ <p>B<sub>1</sub> - base menor B<sub>2</sub> - base mayor</p>	 <p>CILINDRO HUECO</p>	$V = \pi \cdot h (R^2 - r^2)$ $V = \frac{\pi}{4} h (D^2 - d^2)$
 <p>CONO</p>	$V = \frac{\pi}{3} r^2 h$	 <p>TORO CIRC.</p>	$V = 2\pi Rr^2$ $V = \pi^2 De \cdot$
 <p>CONO TRUNCADO</p>	$V = \frac{\pi}{3} h (R^2 + Rr + r^2)$ $V = 0,2618h (D^2 + Dd + d^2)$	 <p>ESFERA</p>	$V = \frac{4}{3} \pi r^3$ $V = \frac{\pi}{6} d^3$

## FUNCION SENOIDAL



## FUNCION COSENO



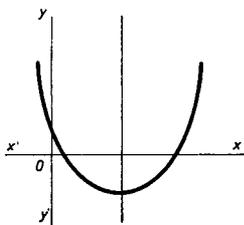
## PARABOLA

$$y = ax^2 + bx + c$$

para  $a \neq 0$

1<sup>er</sup> caso

$$a > 0$$



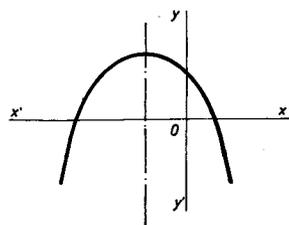
## PARABOLA

$$y = ax^2 + bx + c$$

para  $a \neq 0$

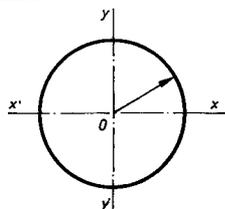
2<sup>o</sup> CASO

$$a < 0$$



## CIRCUNFERENCIA

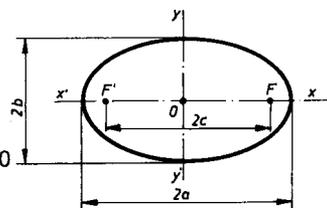
$$x^2 + y^2 - r^2 = 0$$



## ELIPSE

$$c^2 = a^2 - b^2$$

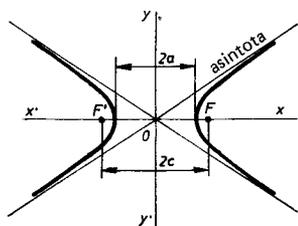
$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - 1 = 0$$



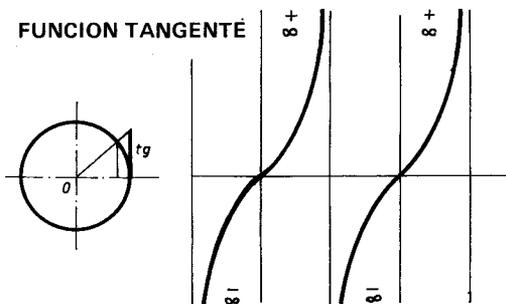
## HIPERBOLA

$$c^2 = a^2 + b^2$$

$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} - 1 = 0$$



## FUNCION TANGENTE



## PROGRESION GEOMETRICA

1 - Suma de los términos de una progresión

$$S = \frac{a_1 (r^n - 1)}{r - 1}$$

$a_1$  - primer término  
 $r$  - razón (paso)  
 $n$  - número de términos

2 - Interpolación

Interpolación h términos proporcionales entre dos números A y B.

$$r = \sqrt[h]{\frac{B}{A}}$$

$r$  - razón (paso)  
 $B$  - número mayor  
 $A$  - número menor  
 $h$  - número de términos

## PROGRESION ARITMETICA

1 - Suma de los términos de una progresión

$$S = \frac{(a_1 + a_n) n}{2}$$

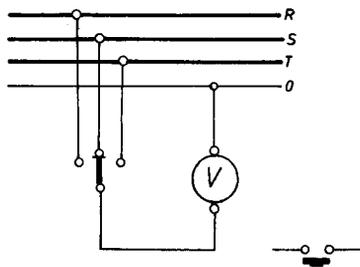
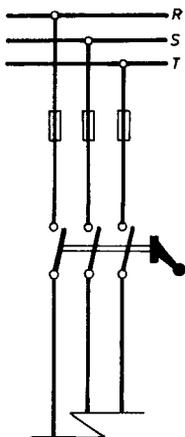
$a_1$  - primer término  
 $a_n$  - último término  
 $n$  - número de términos

2 - Interpolación

Interpolación h términos diferenciales entre dos números A y B.

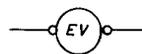
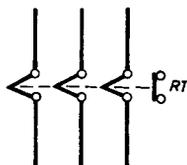
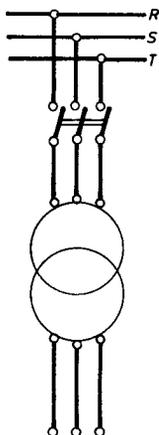
$$r = \frac{B - A}{h + 1}$$

$r$  - razón (paso)  
 $B$  - número mayor  
 $A$  - número menor  
 $h$  - número de términos



Capítulo 2

Automatismos eléctricos aplicados



Introducción .....	33
Elementos eléctricos .....	34
Relés y contactores .....	36
Arranque de un motor eléctrico .....	39
Datos para motores eléctricos .....	40
Protección de motores eléctricos .....	41
Secciones para cables eléctricos .....	43
Normalización. Distintivos de protección en máquinas eléctricas .....	44
Arranque de electrobombas .....	45
Arranque de motores .....	46
Sistemas de detección .....	47
Sistemas de detección y control .....	50
Sistemas de control .....	51
Contador de energía eléctrica industrial .....	52
Marcaje de tuberías y conductores .....	54
Símbolos de estanqueidad .....	55
Normalización eléctrica .....	56

## AUTOMATISMOS ELECTRICOS

Los componentes o aparatos eléctricos y electrónicos resultan imprescindibles en el mando y control de circuitos neumáticos e hidráulicos.

Por esta razón, nos parece necesario dedicar un capítulo al estudio de aparatos eléctricos, ya que se emplean tanto en neumática como en hidráulica, circuitos mixtos, en los que el telemando eléctrico es un elemento imprescindible de la maniobra.

Todo el conjunto de una maniobra forma parte del automatismo. Su complejidad dependerá directamente de las funciones que tengan que desarrollarse para la ejecución de una determinada maniobra, secuencia o programa.

Los procesos pueden ser repetitivos, de un solo ciclo, secuenciales, etc. La complejidad y dificultad de un proceso puede dar lugar a la utilización de sofisticados programas, con elaboración de la información y ejecución de las maniobras a base de ordenadores con sus correspondientes autómatas.

El automatismo aquí estudiado se realiza a base de telemando, con elementos captadores de las señales (pulsadores, fines de curso, termostatos, presostatos, detectores, etc) y elaboradores de la información (relés, temporizadores, programadores, contadores, etc.).

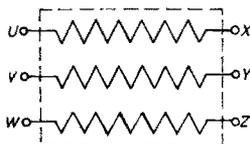
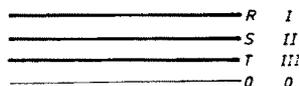
El mando de motores, también es una parte importante en diversos componentes de los circuitos neumáticos e hidráulicos, ya que son necesarios en compresores, centrales hidráulicas, bombas, etc. Por esta razón, insertamos un estudio sencillo sobre el arranque directo de motores de pequeña y media potencia.

Otro apartado objeto de estudio es el que se refiere a los elementos de detección de nivel, temperatura, paso de fluido por una tubería, existencia de presión, registro de temperatura, rotación de un móvil, etc., ya que pueden formar parte de un circuito mixto, tanto en neumática como en hidráulica.

En la práctica va a resultar difícil al lector encontrar circuitos puros tanto en neumática como en hidráulica cuando se trata de automatismos complejos; por esta razón, es importante que este capítulo se estudie con interés, ya que el circuito mixto va a ser estudiado también en esta obra de una manera que resulte sencilla y lógica a fin de que el estudioso se habitúe al conocimiento de ambos circuitos al mismo tiempo.

No podrá decirse que un técnico tiene dominio sobre esta materia neumática o hidráulica en tanto que no tenga unos conocimientos mínimos de la electricidad y sus posibilidades que como se puede comprender fácilmente son muy amplias, a la vez que se hace imprescindible su utilización en los automatismos mecánicos actuales.

Insistiendo en la importancia de los automatismos eléctricos, recomendamos la necesidad de que el técnico amplíe los conocimientos con bibliografía así como con información técnica de las casas fabricantes y distribuidores de aparellaje eléctrico que se utiliza en circuitos mixtos de neumática e hidráulica.



### REDES DE DISTRIBUCION

Las redes o líneas de distribución son trifásicas y de corriente alterna a una frecuencia de 50 Hz (herzios) o ciclos por segundo.

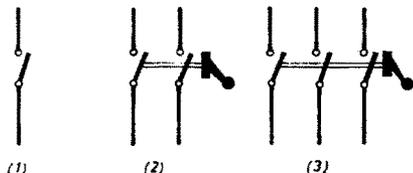
Las fases se denominan: R-S-T ó I-II-III y al neutro 0.

La diferencia de potencial entre fases o entre fases y neutro viene dada en voltios.

Si la red es de 220V, entre fases, la tensión entre fase y neutro es de  $220/\sqrt{3} = 127$  V.

Si la red es de 380V, entre fases, la tensión entre fase y neutro es de  $380/\sqrt{3} = 220$  V.

Los principios de un bobinado, ejemplo correspondiente a un motor, se designan con las letras U-V-W y los finales con las letras X-Y-Z.

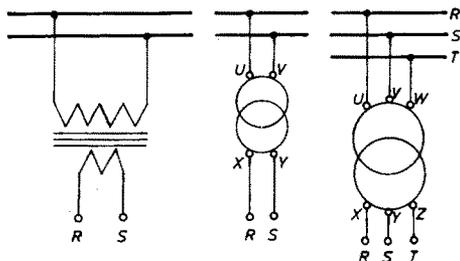


### INTERRUPTORES

Los interruptores son aparatos eléctricos con los que se abre o se cierra un circuito, es decir, se corta el paso de la corriente o se le da paso.

Los interruptores son accionados manualmente.

Cuando se accionan los interruptores por medio de un electroimán se llaman relés o contactores.

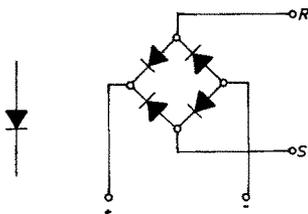


### TRANSFORMADORES

En muchos circuitos de maniobra con elementos eléctricos, se da la circunstancia de que se alimentan con tensiones no habituales en redes de distribución, como son por ejemplo: 110V, 48V, 24V, etc.

Con los transformadores se puede aumentar o reducir la tensión de la red.

Los transformadores eléctricos constan básicamente de un primario, que se conecte a la red, un núcleo magnético y un secundario donde se toma la corriente para la utilización.

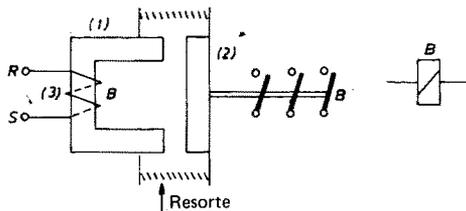


### RECTIFICADORES

Los rectificadores son elementos eléctricos que convierten una corriente alterna, dos sentidos, en corriente continua, un sentido de la corriente.

Los rectificadores de corriente pueden rectificar corrientes monofásicas, bifásicas y trifásicas.

Existen varios tipos de conexión como: puente, push-pull y semionda.



### BOBINAS

Con el nombre genérico de bobina se designa a un electroimán formado por: circuito magnético (parte fija (1) y parte móvil (2) resortes que separan la parte fija de la móvil y bobina (3).

Al excitarse la bobina, el núcleo o parte fija atrae a la armadura o parte móvil, arrastrando al mismo tiempo los contactos y cambiándolos de posición. Los contactos abiertos se cierran y los cerrados se abren.

Al abrirse el circuito de alimentación a la bobina los resortes vuelven a separar el núcleo de la armadura, volviendo los contactos a la posición inicial.

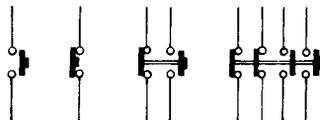


T - temporizador  
EV - Electroválvulas

**BOBINAS (continuación)**

Para distinguir en los esquemas, las bobinas de electroimanes correspondientes a relés o contactores, de otras como, temporizadores y electroválvulas, se simbolizan con un círculo, tal como se aprecia a la izquierda de la lámina.

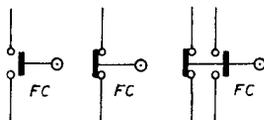
Más adelante, se estudia el temporizador.



**PULSADORES**

Los pulsadores son elementos auxiliares utilizados en maniobras de marcha y parada de circuitos eléctricos.

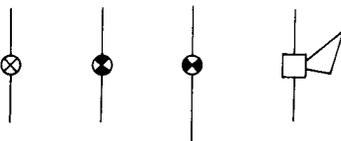
Existe una gran variedad de pulsadores dentro de los llamados de marcha y parada, pudiendo ser mixtos y múltiples.



**FINALES DE CARRERA**

Los fines de curso o carrera son pulsadores de marcha y parada accionados por dispositivos mecánicos móviles.

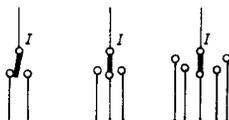
Existe una gama muy extensa de fines de carrera, dependiendo su forma, construcción y accionamiento del circuito mecánico y eléctrico a que se aplique.



**SEÑALIZACION**

Para la señalización de las maniobras, estado de un circuito, etc., se utilizan señales luminosas y señales acústicas.

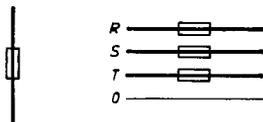
Las señales luminosas corresponden a las lámparas y las acústicas a timbres, claxon y sirenas.



**CONMUTADORES**

Los conmutadores permiten seleccionar uno de los varios circuitos posibles.

Los hay simples y múltiples, como los que aquí se representan.

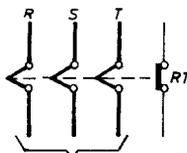


**FUSIBLES**

El fusible es un elemento importante del circuito eléctrico, cuya misión es la de protegerlo de intensidades producidas por cortocircuitos.

El fusible debe ser el inicio de todo circuito eléctrico.

Todas las fases llevarán fusible. El fusible será adecuado a la corriente que deba proteger.



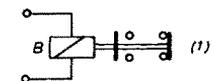
Circuito de potencia

**RELES TERMICOS**

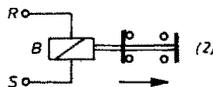
Los relés térmicos protegen al circuito de sobreintensidades originadas por consumo excesivo que se prolonga un tiempo y que puede resultar perjudicial para los elementos que forman parte del circuito.

Hay relés de otros tipos, como son los magnetotérmicos, diferenciales, de intensidad, de tensión, etc.

RELE



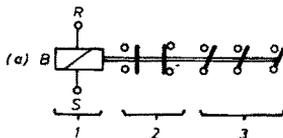
Los relés se utilizan como elemento auxiliar en los circuitos de telemando que conforman una maniobra o control.



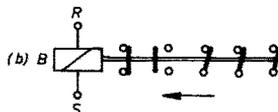
También se utiliza como elemento de mando, cuando son pequeños los consumos (potencia).

- 1 - Sin excitación
- 2 - Bobina excitada

CONTACTOR



- 1 - Electroimán (Bobina)
- 2 - Contactos auxiliares
- 3 - Contactos principales o de potencia

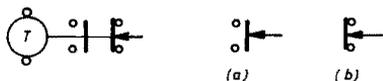


- (a) Bobina en posición de reposo
- (b) Bobina excitada. Al alimentarse la bobina cambian de posición todos los contactos.

Se emplean para el mando de motores y elementos de potencia.

TEMPORIZADORES

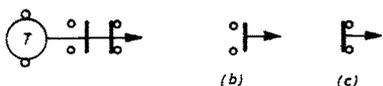
1 - A LA CONEXION



Contactos abierto (a) y cerrado (b) temporizados a la conexión.

Después de un tiempo de conectarse T, cambian su posición los contactos.

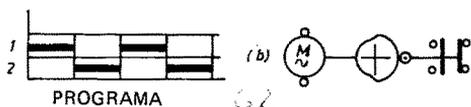
2 - A LA DESCONEXION



Al conectarse T, cambian instantáneamente los contactos.

Al desconectarse T, los contactos temporizados tardan un tiempo en volver a la posición de reposo.

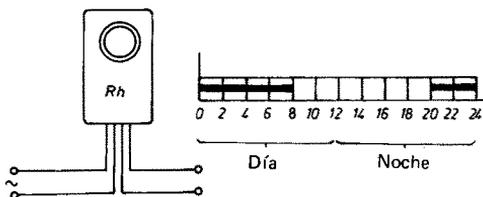
INTERMITENTE



Consta de dos contactos que se conectan y desconectan de forma intermitente.

Cuando un contacto está abierto, el otro está cerrado.

RELOJ HORARIO

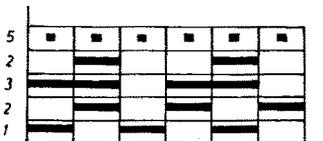
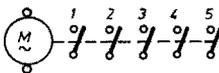


Consta de un disco sobre el que se programa la conexión y desconexión de sus contactos.

Así por ejemplo, se puede programar la conexión a las 20 h y desconexión a las 8 h.

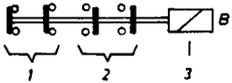
Utilizado en alumbrado y programaciones diversas en la industria.

PROGRAMADOR

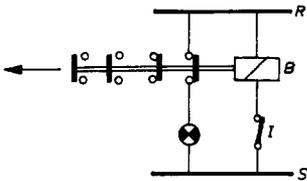


Tiene múltiples aplicaciones. Constata de un motor que mueve un árbol sobre el que hay unas levas que conectan y desconectan contactos de acuerdo con la forma de las levas.

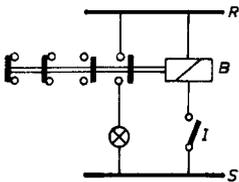
Múltiples aplicaciones en programas de fabricación.



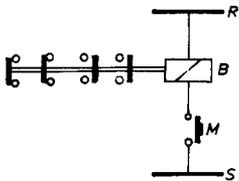
1.



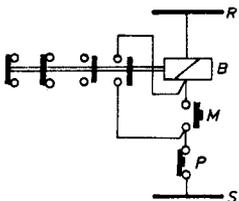
2.



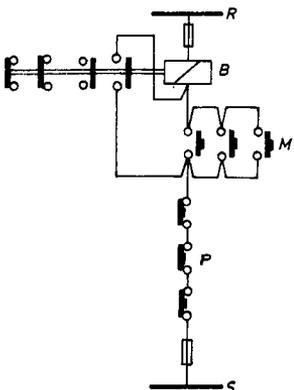
3.



4.



5.



6.

## RELES Y CONTACTORES

- (1) Se define como relé y contactor a un interruptor de uno o más contactos, abiertos o cerrados, mandados por un electroimán.

- 1 – Contactos abiertos
- 2 – Contactos cerrados
- 3 – Electroimán con la bobina B

El relé se utiliza como auxiliar de los circuitos de maniobra.

El contactor se utiliza en circuitos de potencia (alimentar motores, resistencias, lámparas, transformadores, etc.)

- (2) Al dar corriente a la bobina R, a través del interruptor, el electroimán empuja los contactos y los cambia de posición.

El relé permanecerá en esta nueva posición, mientras no se abra el circuito.

Al dejar de tener tensión la bobina, los contactos volverán a la posición de reposo.

- (3) En este esquema puede apreciarse, cómo los contactos vuelven a la posición de partida, llamada también de reposo, al quitar tensión a la bobina B.

- (4) Un relé o contactor, puede ser gobernado de muy diversas formas. Seguidamente se estudian algunas de ellas.

En este esquema se representa el mando de un relé por medio de un pulsador.

Cuando se pulsa, la bobina queda bajo tensión, con lo que los contactos cambiarán de posición.

Cuando se pulsa, la bobina queda bajo tensión, con lo que los contactos cambiarán de posición.

Al dejar de pulsar y no tener tensión la bobina, los contactos volverán a la posición de reposo.

- (5) Mando de un relé por pulsador de marcha y parada.

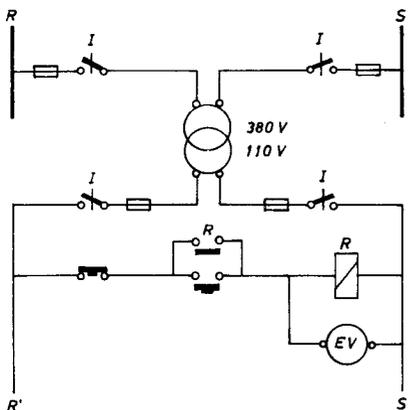
Para excitar la bobina, hay que pulsar en M.

Al dejar de pulsar, la bobina se sigue realimentando a través de un contacto (auxiliar) del mismo relé.

Para desconectar la bobina, bastará con pulsar en P, con lo que se interrumpe la alimentación a B.

- (6) Mando de un relé desde varios puntos de marcha y paro.

Todos los pulsadores de paro se conectarán en serie y los de marcha en derivación a paralelo.

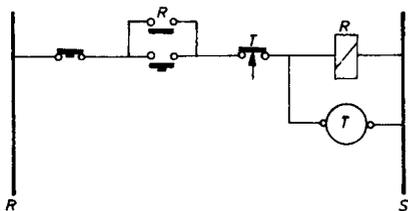


Mando de un relé que tiene en paralelo una electroválvula, desde una caja de pulsadores de marcha y paro.

Como quiera que la electroválvula trabaja a tensión de 110V y la red de suministro es de 380V, resulta necesaria la utilización de un transformador que reduzca la tensión de 380V a 110V.

El inicio de una instalación tal como aquí se representa, resulta muy normal en circuitos eléctricos para maniobras neumáticas e hidráulicas.

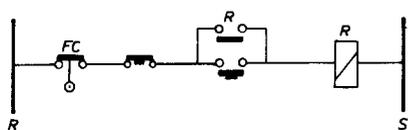
Hay que proteger con fusibles los circuitos de 380V y los de 110V.



Mando de un relé desde una caja de pulsadores de marcha y paro, con desconexión por temporizador.

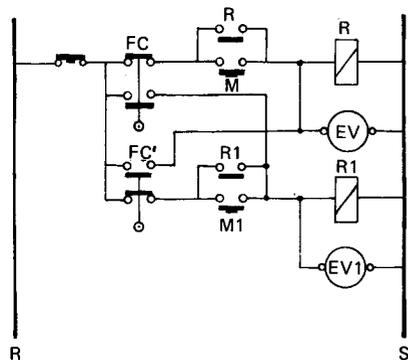
Al pulsar marcha, entran en servicio R (relé) y T (temporizador). Pasado un tiempo de la conexión, T acciona su contacto, abriendo el circuito, con lo que se desconectan R y T.

Si interesa acabar la maniobra antes de que complete el tiempo de reglaje de T, pulsar en paro.



Mando de un relé desde una caja de pulsadores de marcha y paro y desconexión por final de carrera (FC).

El final de carrera puede cumplir la función de seguridad. Al abrirse un recinto, por ejemplo, cae la maniobra.

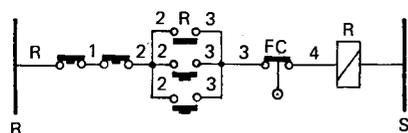


Mando de dos relés que llevan conectadas electroválvulas por medio de pulsadores y por finales de carrera, que desconectan un circuito y conectan el otro.

Al poner en marcha R pulsando en M, también se conecta EV. Cuando se acciona FC' tira la maniobra anterior y conecta R1 y EV1. Al ser accionado FC, que en ambos casos lo será de forma mecánica, desconectará R1 y EV1 y conectará R y EV. Así se puede continuar por tiempo indefinido.

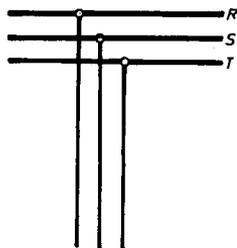
El inicio de la maniobra puede hacerse pulsando en M o en M1.

En cualquier fase de la maniobra podrá realizarse el paro.



Mando de un relé desde varios puntos de marcha y parada, con final de carrera FC en serie.

El circuito está numerado. Esta numeración facilita el cableado en el montaje y las reparaciones cuando hay averías.



Por su importancia para los mecánicos, insertamos aquí la descomposición del circuito de alimentación a un motor.

### LÍNEA DE ALIMENTACION AL MOTOR III

La sección del conductor dependerá de la potencia del motor y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{V_c}$$

$S$  – sección del conductor en  $\text{mm}^2$   
 $\rho$  – coeficiente de resistividad del material.  
 $L$  – Longitud de la línea en metros.  
 $I$  – Intensidad por fase en Amperios.  
 $\cos \varphi$  – Factor de potencia ( $\sim 0,866$ )  
 $V_c$  – Caída de tensión en voltios ( $\sim 2\%$ )



### FUSIBLES

Corresponderán a la intensidad nominal ( $I_n$ ) del motor, pudiendo ser de efecto lento, medio y rápido.

Los fusibles de efecto rápido funden a  $\sim 2,5 I_n$

Normalmente se utilizan los fusibles de efecto medio y lento.



### CONTACTOR

El dimensionado del contactor también será acorde con la intensidad absorbida por el motor.

El contactor es un interruptor que puede ser accionado desde uno o varios puntos.

### RELE TERMICO

El fusible protege el circuito contra corrientes de cortocircuito.

El relé térmico protege al circuito contra sobreintensidades.

El dimensionado del relé térmico estará de acuerdo con la intensidad nominal del motor.

### CIRCUITO DE MANIOBRA

La utilización del conductor tiene entre otras ventajas la de facilitar la maniobra de marcha y paro del motor, que puede hacerse por medio de un interruptor, por una caja de pulsadores o por varias.



### MOTOR III

Para la conexión del motor se ha de mirar en su placa de características, a través de la cual se deducirá su tipo de conexión.

Sea un motor que en su placa leemos 220/380V.

Con red de 220V

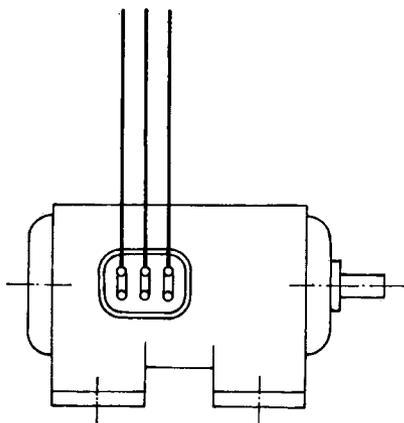
La placa de bornas se conectará en triángulo ( $\Delta$ )

$$V_f = V = 220\text{-V}$$

Con red de 380V

La placa de bornas se conectará en estrella ( $\lambda$ ).

$$V_f = \frac{V}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220\text{V}$$



En las páginas siguientes se dan datos correspondientes a secciones para conductores, calibrado de fusibles y datos correspondientes a motores trifásicos (III).

Potencia, rendimiento, factor de potencia e intensidad para motores de corriente alterna y continua a diferentes tensiones.

**INTENSIDADES ABSORBIDAS POR MOTORES DE C. ALTERNA y C. CONTINUA**

Potencia útil		Rendimiento $\eta$	cos $\varphi$	c.a. trifásica a 50 Hz			c.a. bi-fásica 220 V	c.a. monofásica		corriente continua			
CV	KW			220 V	380 V	500 V		110 V	220 V	110 V	220 V	440 V	500 V
0,5	0,37	0,74	0,75	1,74	1,10	0,77	1,51	6,02	3,01	4,52	2,26	1,13	1,00
0,75	0,55	0,76	0,77	2,48	1,44	1,09	2,15	8,57	4,29	6,60	3,30	1,65	1,46
1	0,74	0,78	0,80	3,10	1,79	1,37	2,58	10,8	5,36	8,58	4,29	2,15	1,89
1,5	1,10	0,79	0,82	4,47	2,59	1,97	3,87	15,5	7,75	12,7	6,35	3,18	2,80
2	1,47	0,81	0,83	5,74	3,32	2,53	4,97	19,9	9,95	16,5	8,25	4,13	3,64
2,5	1,64	0,81	0,83	7,17	4,15	3,16	6,23	24,9	12,5	20,7	10,4	5,16	4,56
3	2,21	0,82	0,84	8,52	4,93	3,75	7,36	29,6	14,8	24,5	12,3	6,13	5,40
4	2,95	0,83	0,85	11,1	6,40	4,89	9,60	38,4	19,2	32,3	16,2	8,16	7,10
5	3,68	0,85	0,87	13,4	7,80	5,90	11,6	46,3	23,2	39,4	19,7	9,84	8,66
6	4,42	0,86	0,87	15,5	9,00	6,90	13,4	53,7	26,9	46,7	23,4	11,7	10,3
7	5,15	0,86	0,87	18,2	10,5	8,00	15,7	62,6	31,4	54,5	27,3	13,7	12,0
8	5,89	0,87	0,87	20,4	11,8	9,00	17,7	70,7	35,4	61,5	30,8	15,4	13,6
9	6,62	0,87	0,87	23,0	13,3	10,1	19,9	79,6	39,8	69,2	34,6	17,3	15,3
10	7,40	0,87	0,88	25,3	14,6	11,1	21,8	87,4	43,7	76,8	38,4	19,2	17,0
11	8,10	0,87	0,88	27,8	16,1	12,3	24,1	96,0	48,0	84,5	42,3	21,2	18,6
12	8,83	0,87	0,88	30,3	17,5	13,3	26,2	105	52,5	92,0	46,0	23,0	20,4
13	9,57	0,87	0,88	32,8	19,5	14,5	28,4	114	56,8	100	50,0	25,0	22,0
14	10,3	0,87	0,88	35,4	20,5	15,6	30,6	122	61,1	108	53,8	26,9	23,8
15	11,0	0,88	0,88	37,4	21,7	16,5	32,8	130	64,8	114	57,0	28,5	25,2
16	11,8	0,88	0,88	40,0	23,2	17,8	35,0	138	69,0	124	61,8	30,4	26,8
17	12,5	0,88	0,88	42,5	24,6	18,7	37,2	147	73,4	130	64,6	32,3	28,4
18	13,2	0,88	0,89	44,5	25,8	19,8	38,4	154	76,9	137	68,5	34,2	30,2
19	14,0	0,88	0,89	46,9	27,2	20,7	40,6	162	81,0	145	72,2	36,1	31,8
20	14,7	0,88	0,89	49,4	28,6	21,8	42,7	170	85,0	152	76,0	38,0	33,6
21	15,5	0,89	0,89	51,2	29,7	22,6	44,4	178	88,7	158	79	39,5	34,8
22	16,2	0,89	0,89	53,6	31,1	23,6	46,5	186	93,0	166	82,7	41,4	36,4
23	16,9	0,89	0,89	56,1	32,5	24,7	48,5	195	97,2	173	86,4	43,2	38,0
24	17,7	0,89	0,89	58,5	33,9	25,8	50,7	203	102	181	90,2	45,1	39,8
25	18,4	0,89	0,89	61,0	35,3	26,9	52,7	212	106	188	94,0	47,0	41,4
30	22,1	0,89	0,90	72,4	41,9	31,9	62,7	251	126	226	113	56,4	49,6
40	29,5	0,89	0,90	96,6	55,9	42,5	83,6	334	167	300	150	75,1	66,2
50	36,8	0,90	0,91	118	68,3	52,0	102	408	204	372	186	93,0	81,8
60	44,2	0,91	0,92	139	80,2	61,0	120	480	240	441	221	111	97,0
70	51,5	0,91	0,92	162	93,5	71,0	140	560	280	515	258	129	114
80	58,9	0,91	0,92	184	107	81,1	160	640	320	588	294	147	130
90	66,2	0,91	0,92	208	120	91,2	180	719	360	662	331	166	146
100	73,6	0,92	0,93	226	131	99,3	196	782	391	727	364	182	160
125	92	0,93	0,93	279	162	123	242	967	484	900	450	225	198
150	110	0,93	0,93	335	194	148	290	1160	580	1080	540	270	238
200	147	0,93	0,93	446	259	197	387	1545	773	1440	720	360	317

Relación entre polaridad y velocidad para motores III a 50 Hz y 60 Hz.

2 p	p	40 Hz	50 Hz	60 Hz
2	1	2.400	3.000	3.600
4	2	1.200	1.500	1.800
6	3	800	1.000	1.200
8	4	600	750	900
10	5	480	600	720
12	6	400	500	600
14	7	342	425	514
16	8	300	375	425
18	9	266	322	400
20	10	240	300	360

$$n = \frac{60 \cdot F}{p}$$

n — número de r.p.m.

F — frecuencia en Hz

p — pares de polos del motor (\*)

(\*) Un par de polos está formado por:

2 polos (1 N + 1S), por lo que:

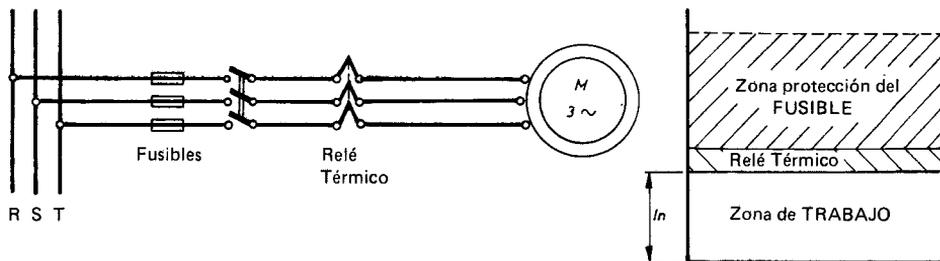
$$p = 2 \text{ polos}$$

Dada la importancia que el motor y su protección tienen en cualquier máquina con la que trabaja, insertamos un capítulo dedicado a fusibles y relés térmicos de protección.

El fusible o cortocircuito protege intensidades de cortocircuito ( $I_{cc}$ ),  $I = V/R = \alpha$ .

El relé térmico protege de sobre-intensidades, ligeramente superiores a la nominal ( $I_n$ ) del motor a plena carga.

Todo circuito de motor debe llevar como mínimo estas dos protecciones.



**VALORES DE POTENCIAS, INTENSIDADES Y FUSIBLES PARA MOTORES TRIFASICOS A 220 V Y 1.500 r.p.m. EN ARRANQUE DIRECTO Y ESTRELLA-TRIANGULO ( $\lambda - \Delta$ )**

Potencia del motor		Factor de potencia $\cos \varphi$	Rendimiento $\eta$	Intensidad Amp.	Fusibles para arranque			
					DIRECTO		$\lambda - \Delta$	
					Rápido Amp.	Lento Amp.	Rápido Amp.	Lento Amp.
0,17	0,125	0,70	67,5	0,68	4	4	—	—
0,27	0,20	0,73	72,5	1	4	4	—	—
0,47	0,33	0,76	74,5	1,5	6	4	—	—
0,70	0,5	0,79	76,5	2,2	10	4	6	4
1,10	0,8	0,80	79,5	3,3	10	6	10	4
1,50	1,1	0,80	79,5	4,3	15	6	10	6
2	1,5	0,82	80,5	6,2	20	10	10	6
3	2,2	0,82	81,5	8,75	25	15	15	10
4	3	0,83	82	11,6	35	20	15	15
5,5	4	0,84	83,5	15	35	25	25	20
6,5	4,8	0,84	84	17,8	50	35	25	25
7,5	5,5	0,84	84,5	20,5	50	35	25	25
8,5	6,25	0,84	85	27,2	60	35	35	30
10	7,5	0,84	85	27,2	60	35	35	35
15	11	0,84	87	38,4	80	60	50	50
20	15	0,845	88	50,5	100	80	60	60
25	18,5	0,85	88	62	125	100	80	80
30	22	0,85	88,5	74,5	125	100	80	80
35	25,8	0,85	88,5	89,5	160	100	100	100
41	30	0,85	88,5	107	160	100	100	100
46	34	0,85	89	120	200	125	125	125
50	37	0,86	89	129	200	160	160	160
54	40	0,86	89	138	200	160	160	160
60	44,5	0,865	89	154	200	160	160	160

## REGULACION DE RELES TERMICOS DE PROTECCION PARA MOTORES TRIFASICOS

Potencia útil		220 V			380 V		
CV	KW	Intensidad Amp.	Regulación		Intensidad Amp.	Regulación	
			Mín	Máx.		Mín.	Máx.
0,5	0,37	1,74	1,7	2,4	1,10	1,2	1,7
0,75	0,55	2,48	2,4	3,5	1,44	1,2	1,7
1	0,74	3,10	2,4	3,5	1,79	1,7	2,4
1,5	1,10	4,47	3,5	5,2	2,59	2,4	3,5
2	1,47	5,74	5,2	7,5	3,32	3,5	5,2
2,5	1,84	7,17	7,5	11	4,15	3,5	5,2
3	2,21	8,52	7,5	11	4,93	5,2	7,5
4	2,95	11,1	11	16	6,40	5,2	7,5
5	3,68	13,4	11	16	7,80	7,5	11
6	4,42	15,5	12,5	20	9,00	7,5	11
7	5,15	18,2	17	26	10,5	11	16
8	5,89	20,4	17	26	11,8	11	16
9	6,62	23,0	23	35	13,3	11	16
10	7,40	25,3	23	35	14,6	12,5	20
11	8,10	27,8	23	35	16,1	12,5	20
12	8,83	30,3	30	48	17,5	17	26
13	9,57	32,8	30	48	19,0	17	26
14	10,3	35,4	30	48	20,5	17	26
15	11,0	37,4	30	48	21,7	17	26
16	11,8	40,0	30	48	23,2	23	35
17	12,5	42,5	43	65	24,6	23	35
18	13,2	44,5	43	65	25,8	23	35
19	14,0	46,9	43	65	27,2	23	35
20	14,7	49,4	43	65	28,6	23	35
21	15,5	51,2	43	65	29,7	23	35
22	16,2	53,6	43	65	31,1	30	48
23	16,9	56,1	56	90	32,5	30	48
24	17,7	58,5	56	90	33,9	30	48
25	18,4	61,0	56	90	35,3	30	48
30	22,1	72,4	56	90	41,9	30	48
40	29,5	96,6	80	135	55,9	43	65
50	36,8	118	80	135	68,3	56	90
60	44,2	139	110	170	80,2	80	135
70	51,5	162	160	250	93,5	80	135
80	58,9	184	160	250	107	80	135
90	66,2	208	160	250	120	110	170
100	73,6	226	160	250	131	110	170
125	92	279	250	400	162	160	250
150	110	335	250	400	194	160	250
200	147	446	400	650	259	250	400

Equivalencias:

1CV = 736W

1KW = 1.000W

1KW = 1,36 CV

Las potencias dadas en la tabla son útiles y se calculan mediante la fórmula siguiente:

$$P = \frac{\sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos\varphi}{736 \cdot \eta} \text{ en CV} \quad \eta \cdot \text{rendimiento mecánico}$$

Secciones de conductores y fusibles para motores trifásicos en derivaciones cortas.

Potencia		220 V			380 V		
CV	KW	Intensidad por fase (aproxim.)	Sección en mm <sup>2</sup>	Corriente nominal fusib. Amp.	Intensidad por fase (aproxim.)	Sección en mm <sup>2</sup>	Corriente nominal fusib. Amp.
0,33	0,25	1,4	3 x 1	3	0,85	3 x 1	2
0,6	0,45	2,25	3 x 1,5	3	1,3	3 x 1	3
1	0,75	3,5	3 x 2,5	6	2	3 x 1,5	3
1,5	1,1	5	3 x 2,5	8	3	3 x 2,5	6
2	1,5	6,5	3 x 2,5	8	4	3 x 2,5	6
3	2,2	9	3 x 2,5	15	5	3 x 2,5	8
5	3,7	15	3 x 4	20	9	3 x 2,5	15
7,5	5,5	22	3 x 6	30	13	3 x 4	20
10	7,5	26	3 x 10	35	15	3 x 4	20
15	11	39	3 x 16	50	23	3 x 10	30
20	15	53	3 x 25	70	31	3 x 10	40
25	18,5	62	3 x 25	80	36	3 x 16	45
30	22	75	3 x 35	100	44	3 x 16	60
40	29,5	105	3 x 50	175	64	3 x 26	80
50	37	125	3 x 50	175	73	3 x 35	100
60	44,2	150	3 x 95	250	87	3 x 50	110
75	55,2	185	3 x 95	250	108	3 x 95	175

**DENOMINACION DEL TIPO DE PROTECCION EN MOTORES Y MAQUINAS ELECTRICAS**

La denominación del tipo de protección que corresponde a una máquina eléctrica se hace poniendo a continuación de las letras IP unos números, cuyo significado es el que se señala a continuación.

1ª cifra característica	2ª cifra característica
Protección contra los contactos y la penetración de cuerpos sólidos, según IEC, NFC, DIN	Protección contra la penetración de líquidos según IEC, NFC, DIN
0 No protegido	0 No protegido
1 Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 50 mm.	1 Protegido contra las caídas verticales de gotas de agua
2 Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 12 mm.	2 Protegido contra las caídas de agua verticales (ángulo máx. 15°)
3 Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 25 mm	3 Protegido contra el agua de "lluvia"
4 Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 1 mm.	4 Protegido contra las proyecciones de agua
5 Protegido contra el polvo	5 Protegido contra el lanzamiento de agua
6 Totalmente protegido contra el polvo	6 Protegido contra los "golpes de mar"
	7 Protegido contra los efectos de inmersión
	8 Protegido contra la inmersión prolongada

Ejemplo: En la placa de características de un motor se lee. IP54. Determinar el grado de protección.

(5) Protegido contra polvo

(4) Protegido contra proyecciones de agua

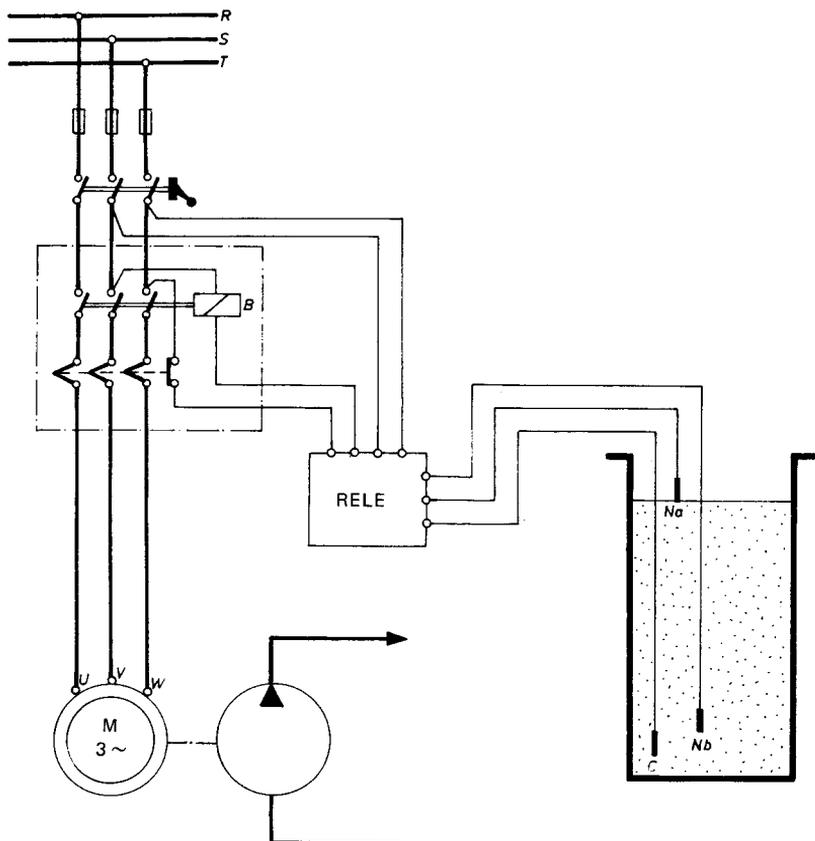
**OTROS INDICATIVOS DE PROTECCION**

Exe - Seguridad aumentada

Exi - Seguridad intrínseca

Exd - Seguridad antideflagrante

Ex - Antiexplosivo



Mando de un grupo moto-bomba para el llenado de un pozo o depósito de agua, de forma automática. El esquema eléctrico se puede dividir en dos partes bien definidas, como son:

1 – Circuito de potencia por el que se alimenta el motor.

Este circuito dispone de los siguientes elementos:

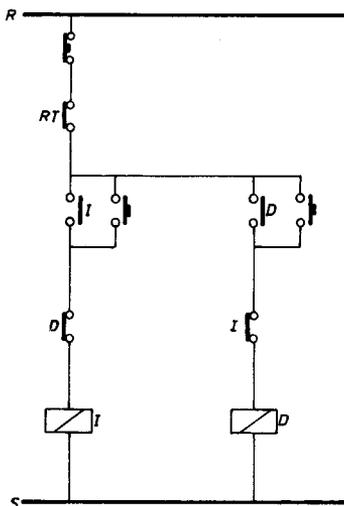
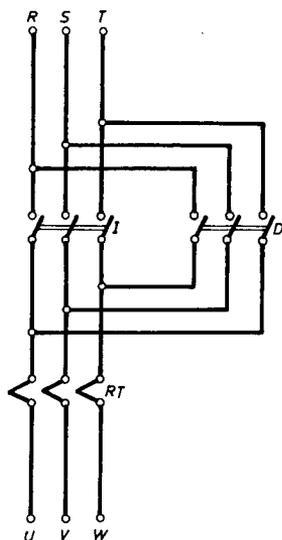
- Fusibles, que protegen al circuito de los efectos de cortocircuito.
- Interruptor de accionamiento manual.
- Contactor, mandado por el electroimán B.
- Relé térmico de protección contra sobrecorrientes.
- Motor trifásico de corriente alterna.

2 – Circuito de maniobra

Una vez puesto el circuito en servicio, a través del interruptor manual, será el relé quien procese las señales que le lleguen desde los captadores situados en el depósito, para que ordene la marcha o el paro del motor.

Cuando el nivel del depósito sea bajo (Nb), el relé mandará tensión a B, con lo que se conectará el contactor y a través de éste, el motor.

Al alcanzar el agua el nivel alto (Na), el relé mandará la desconexión del contactor y se realizará el paro del motor.

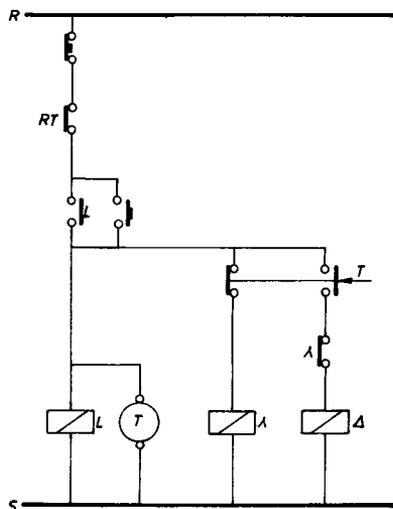
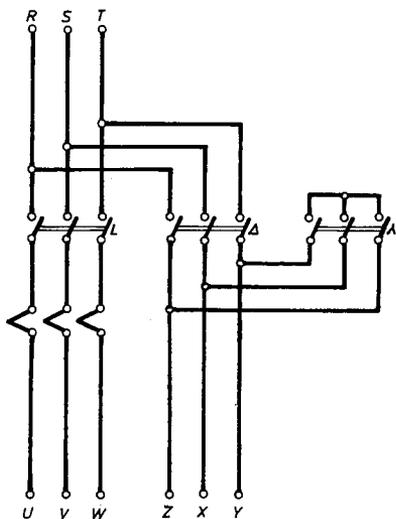


**INVERSOR DE GIRO PARA MOTOR TRIFASICO**

Se representan los esquemas de potencia y maniobra.

Puede seleccionarse indistintamente la marcha izquierda (I) o derecha (D), pulsando en el botón correspondiente.

Para cambiar de giro el motor, habrá que hacer el paro de la maniobra, si estaba en servicio y luego pulsar en el botón correspondiente al nuevo sentido de giro.



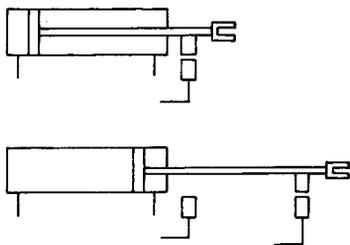
**ARRANQUE DE UN MOTOR TRIFASICO EN CONEXION ESTRELLA-TRIANGULO (λ-Δ)**

Esta forma de arranque tiene por finalidad la de reducir la intensidad absorbida por el motor durante el período de arranque.

Si el arranque del motor de hiciera de forma directa absorbería de 5 a 7 veces la intensidad nominal. Sin embargo, cuando el arranque se hace en conexión λ - Δ la intensidad absorbida durante el período de arranque se reduce a 1,6 a 2,3 veces la intensidad nominal.

Al pulsar marcha, el motor arranca en conexión estrella, con lo que la tensión que soportan los bobinados será de  $V_f = VL/\sqrt{3}$ . Cuando el motor adquiere la velocidad nominal se pasa por medio de un temporizador, reglado convenientemente a la conexión triángulo, en la que la tensión de los bobinados será  $V_f = VL$ .

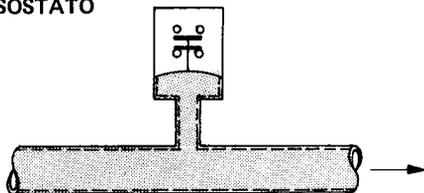
**DETECCION DE PRESENCIA**



En este caso se utiliza un detector de tipo inductivo.

El dibujo presenta un cilindro en el que es preciso conocer cuándo el vástago está dentro o fuera.

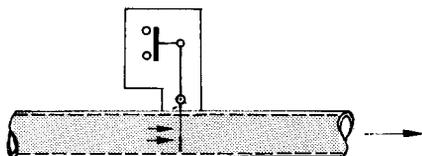
**PRESOSTATO**



Su finalidad es detectar una determinada presión en una tubería, en un recipiente, etc.

Cuando la presión sobrepasa en más o menos los límites en que se ha reglado el presostato, los contactos cambian de posición, señal que se utiliza en el circuito de maniobra.

**INDICADOR DE PASO DE FLUIDO**

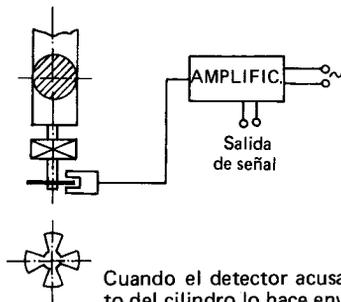


Cuando hay paso de fluido, choca contra una lámina emplazada perpendicularmente al mismo.

El movimiento que transmite la lámina se utiliza para cerrar un contacto.

Cuando el contacto está cerrado, hay paso de fluido. Cuando está abierto, no hay paso o circulación de fluido.

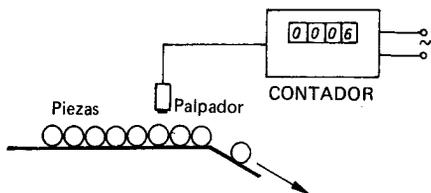
**INDICADOR DE GIRO**



Cuando el detector acusa movimiento del cilindro lo hace enviando constantemente señales 1-0-1-0-1- ...

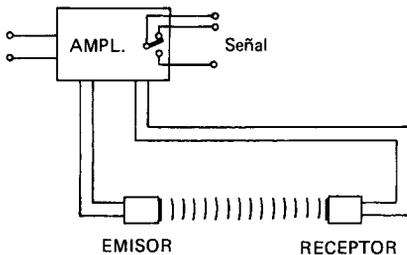
Cuando el amplificador detecta las señales intermitentes acusa giro del cilindro. Cuando llega de forma continua señal 1 ó 0, no hay giro.

**CONTADOR ELECTRONICO**



La utilización del contador tiene múltiples aplicaciones en la industria.

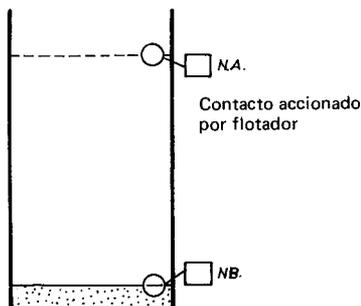
Cada vez que el palpador (los hay de muy diversos tipos) detecta señal (variación de campo), la envía al contador que la acusa y la visualiza de forma numérica luminosa o mecánica.



**DETECTOR DE PRESENCIA**

En este caso, el emisor transmite vibraciones que son recogidas por el receptor. Cuando se interrumpe la recepción de vibraciones, significa que se ha interpuesto un objeto entre emisor y receptor.

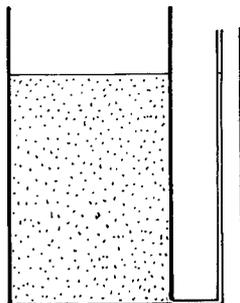
**DETECCION DE NIVELES**



Medición del nivel alto (N.A.) y nivel bajo (N.B.) utilizando contactos de nivel accionados por flotador.

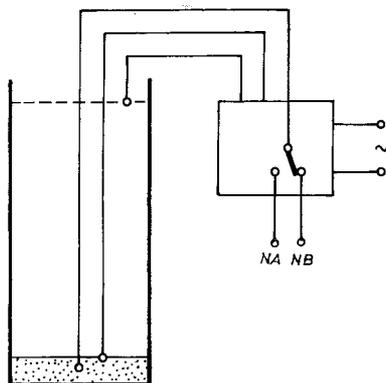
La señal del contacto se utilizará según sea la maniobra del circuito.

**MEDICION DE CAPACIDADES**



Medición directa del nivel mediante una regla graduada a la que a una altura determinada le corresponde un volumen.

**DETECCION DE NIVELES**

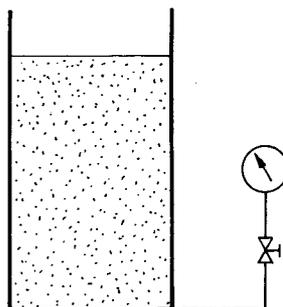


El nivel alto y bajo de un depósito se puede medir colocando sondas alimentadas eléctricamente por medio de un hilo común.

Cuando la onda de NB ó NA deja de hacer contacto, se cambia la posición del contacto.

La señal que da el relé se aprovecha en el circuito de maniobra para realizar la función que se le destine.

**MEDICION DE CAPACIDAD**



Medición del volumen de un depósito mediante indicador de presión.

En agua, por cada metro de líquido (en altura), el indicador señala 1 Kg/cm<sup>2</sup>.

$$1 \text{ dm} = 0,1 \text{ Kg/cm}^2 = 100 \text{ gr/cm}^2$$

Altura y volumen a partir del indicador de presión

$$\text{Volumen} = 10 \cdot 5 \cdot p$$

V – en dm<sup>3</sup> (litros)

S – sección en dm<sup>2</sup>

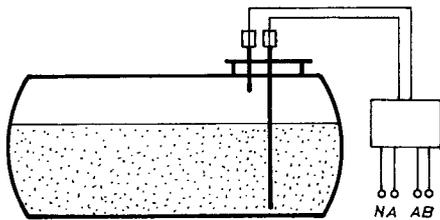
p – presión en Kg/cm<sup>2</sup>

Altura

$$1 \text{ Kg/cm}^2 = 1 \text{ m} = 1.000 \text{ mm.}$$

$$1 \text{ gr/cm}^2 = 1 \text{ mm}$$

### DETECCION DE NIVEL EN UN DEPOSITO

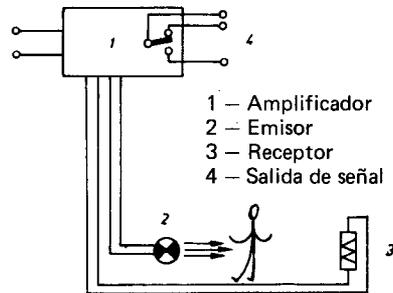


Para esta detección se utilizan barras de detección de nivel.

Igual aparato se utiliza para la detección de nivel alto que bajo.

Cuando el líquido no tiene contacto con el líquido acusa esta falta que la aprovecha el telemando para realizar la maniobra programada.

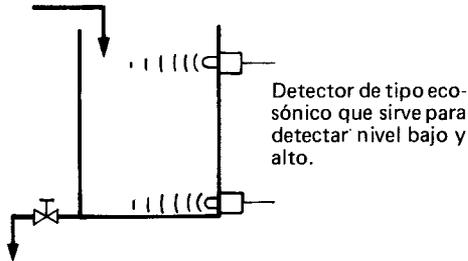
### CELULA FOTOELECTRICA



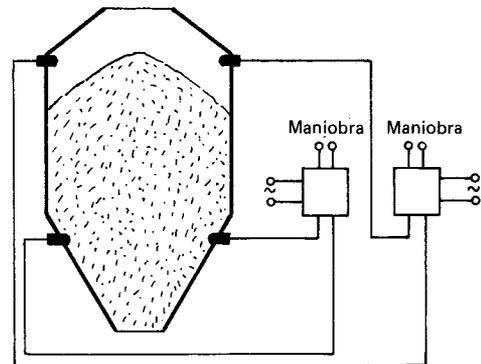
Al interrumpirse la señal emitida por 2 en 3, el relé 4 cambia la posición de su contacto. Esta señal es aprovechada en múltiples aplicaciones.

La célula fotoeléctrica es de uso muy corriente en la industria en general.

### DETECTOR DE NIVEL PARA LIQUIDO

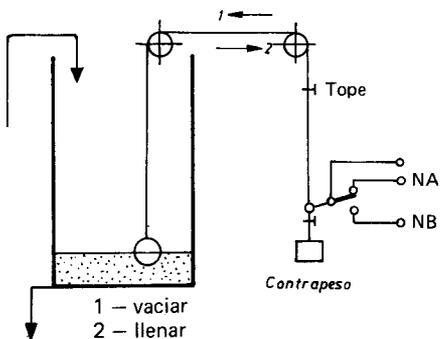


### MEDIDOR DE NIVEL EN SOLIDOS



La señal de nivel bajo y alto es aprovechada por el automatismo para coordinar el resto de maniobra de la instalación.

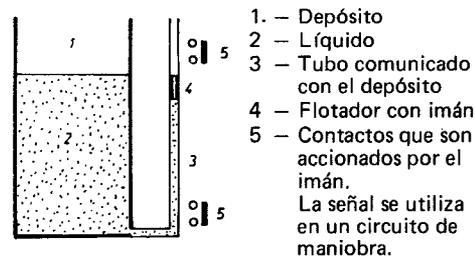
### DETECTOR DE NIVEL PARA LIQUIDOS



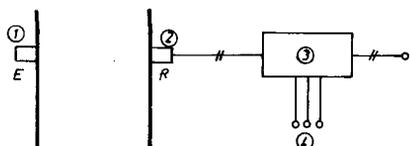
La instalación de detención consta de una boya que flota sobre el fluido. La boya está unida con un cable a un contrapeso sobre el que se ajustan dos topes, correspondiendo uno a nivel alto y el otro a nivel bajo.

En el supuesto que el circuito sea para el llenado del depósito, cuando el depósito hace nivel bajo (NB) entra en servicio el motor, al hacer nivel alto (NA) se para el motor.

### DETECTOR DE NIVEL EN LIQUIDOS



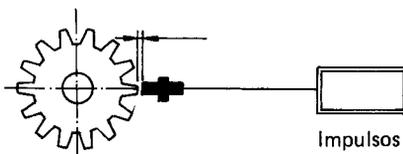
## DETECTOR DE NIVEL PARA SOLIDOS



- 1 - Emisor de ondas radio-activas.
- 2 - Receptor tipo Geiger
- 3 - Amplificador de señal
- 4 - Salida de señal

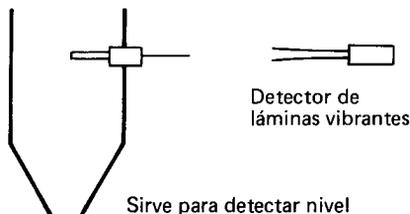
Sirve para detectar nivel bajo o alto en sólidos.

## CAPTADOR INDUCTIVO



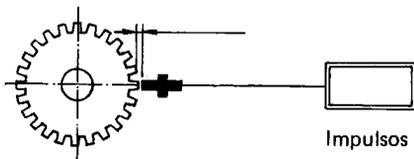
Cuenta impulsos

## DETECTOR DE NIVEL PARA SOLIDOS



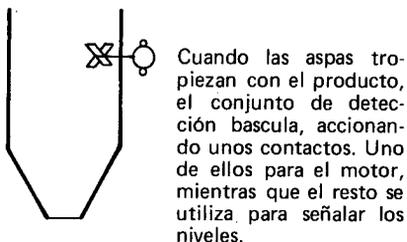
Sirve para detectar nivel bajo y alto

## CAPTADOR MAGNETICO

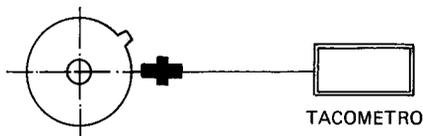


Cuenta impulsos

## DETECTOR DE NIVEL PARA SOLIDOS

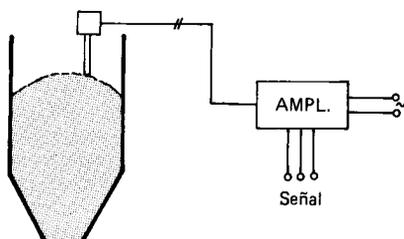


## CONTADOR INDUCTIVO



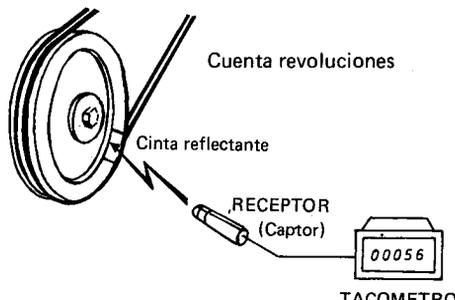
Cuenta revoluciones

## DETECTOR DE NIVEL PARA SOLIDO



Captador emisor de ondas.

## CONTADOR POR CAPTADOR REFLEXIVO



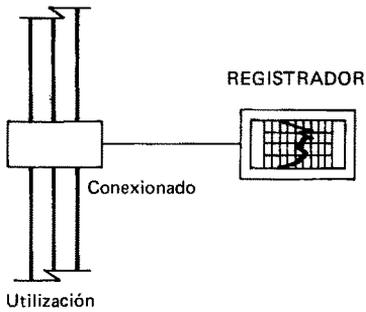
Cuenta revoluciones

Cinta reflectante

RECEPTOR  
(Captor)

TACOMETRO

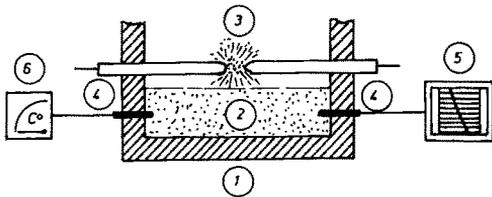
## REGISTRO DE POTENCIA ELECTRICA



El registro de potencia puede hacerse para redes de c.a. y c.c.

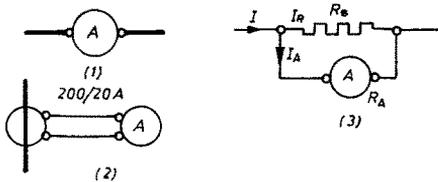
La conexión del registrador puede hacerse de forma directa (pequeña potencia) y a través de transformadores de medida para grandes potencias.

## REGISTRO DE TEMPERATURA



- 1 - Horno eléctrico
- 2 - Mineral
- 3 - Arco eléctrico
- 4 - Sonda de temperatura
- 5 - Registrador de temperatura
- 6 - Indicador directo de temperatura

## AMPERIMETRO

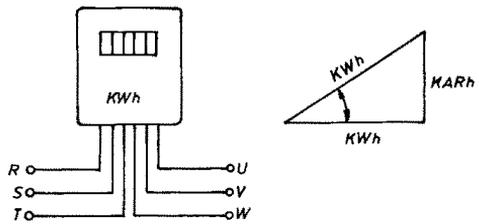


- 1 - Medición directa de la corriente eléctrica
- 2 - Medición de la corriente colocando en paralelo con el amperímetro una resistencia llamada Shunt

$$R_s = \frac{R_A}{m-1}; m = \frac{I}{I_A}$$

- 3 - Medición directa, mediante transformador de intensidad.

## CONTADOR DE ENERGIA



Tres clases de energía

- ACTIVA: KILOWATIO-hora (KWh)
- REACTIVA: KILOWATIO-AMPERIO-REACTIVO-hora (KVAh)
- APARENTE: KILOWATIO-AMPERIO-hora (KVAh)

La energía puede medirse para redes:

- MONOFASICAS (Entre fase y neutro)
- TRIFASICAS (Entre fases)
- TRIFASICAS CON NEUTRO

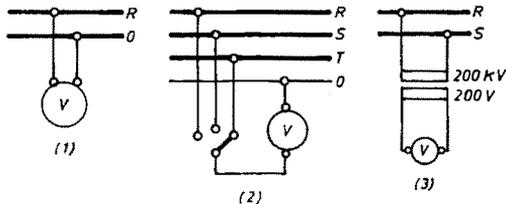
Cuando las potencias son elevadas, la medición se hace a través de transformadores de medida.

Medición de la energía.

Se pueden medir las energías ACTIVA y REACTIVA.

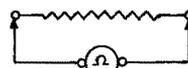
La potencia APARENTE se halla por cálculo.

## VOLTIMETRO.



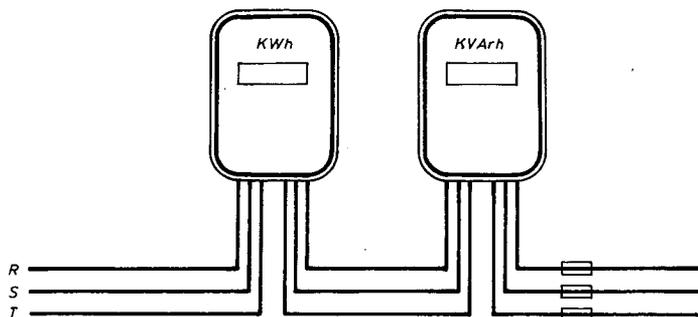
- 1 - Medición directa de la tensión o diferencia de potencial (d.d.p.) entre dos conductores.
- 2 - Medición directa de la tensión entre fases y neutro mediante conmutador.
- 3 - Medición de grandes tensiones utilizando transformador de tensión.

## OHMMETRO



Medición de la resistencia de un conductor mediante un óhmetro (en ohmios).

Cálculo por fórmula:  $R = \rho \frac{L}{S}$



En la industria se utilizan corrientes trifásicas ( $q = 3$  fases)

—————	R	I	1	220V entre fases	127 V entre fase y neutro
—————	S	II	2	380V entre fases	220 V entre fase y neutro
—————	T	III	3		
—————	0	0	0 (Neutro)		

## FACTOR DE POTENCIA

Corresponde al ángulo de desfase o retraso existente entre la tensión y la intensidad, debido a la autoinducción producida principalmente por bobinas y motores.

El ángulo de desfase  $\varphi$ , también llamado factor de potencia, da lugar a que en estos circuitos se distingan tres clases de energía que se estudian a continuación.

## CLASES DE ENERGIA EN REDES TRIFASICAS

### 1 – ENERGIA ACTIVA (E)

Unidad práctica – El KILOVATIO-hora (KWh)

$$E = \frac{\sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos\varphi}{1.000 \cdot h}$$

E – energía en KWh  
 V – tensión en voltios  
 I – intensidad en amperios  
 h – horas  
 $\cos\varphi$  – factor de potencia

### 2 – ENERGIA REACTIVA (Ex)

Unidad práctica – El KILOVOLTIO-AMPERIO-REACTIVO-hora (KVAh)

$$Ex = \frac{\sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \text{sen}\varphi}{1.000 \cdot h}$$

Ex – energía reactiva en KVAh  
 $\cos\varphi$  – factor de potencia

### 3 – ENERGIA APARENTE (Ez)

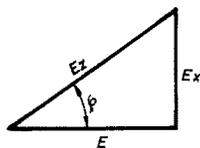
Unidad práctica – El KILOVOLTIO-AMPERIO-hora (KVAh)

$$Ez = \frac{\sqrt{3} \cdot V \cdot I}{1.000 \cdot h}$$

Las energías activa (KWh) y reactiva (KVA-h) se miden con aparato (contador de energía).

El valor de la energía aparente se halla por cálculo solamente.

## TRIANGULO DE ENERGIAS



En el triángulo rectángulo representado, quedan reflejadas las tres energías estudiadas y el factor de potencia.

La Empresa distribuidora de energía suministra  $E_z$ , que se descompone en energía activa ( $E$ ) y energía reactiva ( $E_x$ ).

Como quiera que la suma geométrica de las energías  $E$  y  $E_x$ , da la  $E_z$ , la Empresa distribuidora cobra la energía activa y reactiva a diferente tarifa, siendo mayor la activa.

## ¿COMO DETERMINAR EL FACTOR DE POTENCIA?

CASO 1 — En un momento dado.

Tomar al mismo tiempo lectura de los contadores de activa y reactiva.

Dejar pasar un tiempo y volver a tomar las medidas.

Hacer diferencia entre la lectura 2ª y la 1ª. con lo que se tendrá el consumo de energía activa ( $E$ ) y reactiva ( $E_x$ ).

A continuación proceder como sigue:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{E_x}{E} \quad (\text{en tablas buscar } \varphi \text{ en grados})$$

También en tablas hallar el  $\cos \varphi$ , con lo que se tendrá el factor de potencia.

CASO 2 — Durante el tiempo correspondiente al período de lectura (1 mes).

Hallar la diferencia entre la lectura actual y la del mes anterior para las dos energías y después proceder de igual forma que en el CASO 1.

## CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA

Cuando el ángulo de desfase  $\varphi$  es grande, la Empresa suministradora puede exigir que se reduzca, lo que repercutirá por otro lado en la reducción del valor de la factura. Para lograr este fin, se utilizan los condensadores.

## VALOR DE LA CAPACIDAD

$$C = \frac{10^9 \cdot \text{KVAR}}{2 \cdot \pi \cdot F \cdot V^2}$$

$C$  — capacidad en microfaradios ( $\mu\text{f}$ )

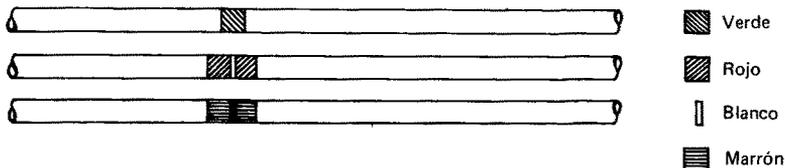
$\text{KVAR}$  — energía reactiva a reducir

$F$  — frecuencia de la red

$V$  — tensión en voltios (\*)

(\*) Cuanto mayor sea  $V$ , menor será la capacidad  $C$  del condensador o grupo de condensadores. Por esta razón se conectan los condensadores en triángulo, por recibir mayor tensión que en estrella.

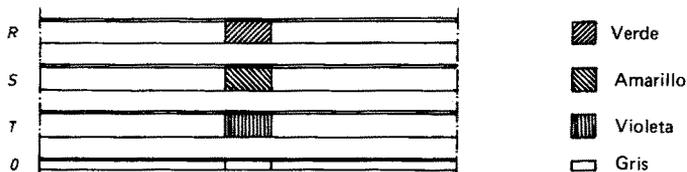
En conexión estrella, los condensadores han de tener tres veces mayor capacidad para dar el mismo valor total que en estrella.



## COLORES DISTINTIVOS EN LAS CONDUCCIONES DE FLUIDOS POR TUBERIAS

Las tuberías para diferentes líquidos se identificarán mediante colores distintivos.

FLUIDO	DISTINTIVO
Agua potable	Verde
Agua caliente	Verde con banda blanca
Agua condensada	Verde con banda amarilla
Agua de alimentación	Verde con banda roja
Agua de purga	Verde con banda negra
Vapor saturado	Rojo
Vapor sobrecalentado y recalentado	Rojo con banda blanca
Vapor de escape	Rojo con banda verde
Combustibles gaseosos	Amarilla
Combustibles líquidos:	
- Pesados	Marrón con banda negra
- Ligeros	Marrón con banda amarilla
Vacío	Gris
Acidos	Naranja
Lejía	Lila
Aire	Azul



## COLORES DISTINTIVOS EN LOS CONDUCTORES ELECTRICOS

### 1 - En corriente continua (c.c.)

+, Polo positivo | Color rojo  
 -, Polo negativo | Color azul

### 2 - En corriente alterna (c.a.)

R, 1ª Fase | Color verde  
 S, 2ª Fase | Color amarillo  
 T, 3ª Fase | Color violeta  
 O, Neutro aislado | Color gris  
 O, Neutro a tierra | Color gris  
 I, Masa o tierra | Color negro

Por la importancia en la protección de los aparatos que se manipulan y que llevan alimentación eléctrica, señalamos a continuación los símbolos que hacen indicación a la protección con que han sido contruidos los elementos eléctricos que intervienen en la instalación o en la máquina.

Es importante no sobrepasar la garantía que representa el símbolo y cuyo significado se indica a continuación.

	Ningún signo. Ninguna protección particular. Locales secos y sin excesivo polvo.
	1 gota      Protección contra una saturación húmeda del aire y gotas de agua en caída vertical. Para locales húmedos y húmedos calientes.
	1 gota dentro de un cuadro. Protección contra gotas de agua cayendo oblicuamente, 30° sobre la horizontal. Locales al aire libre.
	1 gota dentro de un triángulo. Protección contra gotas de agua en todas direcciones. Para locales húmedos y calientes. Lugares al aire libre.
	2 gotas dentro de dos triángulos. Protegido contra chorro de agua en todas direcciones. Para locales mojados y embebidos de agua, donde se trabaja con chorro de agua.
	2 gotas      Estanco al agua. Protección contra infiltraciones de agua sin presión bajo el agua. Para locales mojados de agua. Bajo el agua sin presión.
	2 gotas con indicación de la sobrepresión. Protección contra infiltraciones de agua bajo presión. Estanco al agua bajo presión. Para lavados de agua a alta presión.
	Rejilla      Protección contra infiltraciones de polvo sin presión. Locales con polvo ininflamable.
	Rejilla encuadrada. Estanco al polvo. Protección contra infiltraciones a presión. Locales con polvo inflamable.
	Dos cuadros concéntricos. Protección contra contactos fortuitos de las piezas bajo tensión. Para aparatos que deben manipularse bajo tensión para limpieza, accionamiento, traslado, etc.

## NORMALIZACION SOBRE TENSIONES ELECTRICAS

	Valor eficaz en c.a. en Voltios	Valor medio aritmético en Voltios
Pequeña tensión	≤50	≤75
Tensión usual	de 50 a 500	de 75 a 750
Tensión especial	de 500 a 1.500	de 750 a 2.250

Las tensiones nominales se normalizan en los valores siguientes:

C. continua	C. monofásica	C. trifásica
110 V	110 V	127 V entre fase y neutro
220 V	220 V	220 V entre fase y neutro
		220 V entre fases
		380 V entre fases
		440 V entre fases

Distancias mínimas del personal, a las zonas con corriente de alta tensión.

Tensión en voltios	Distancia
750 a 3.500	0,3 m
3.500 a 10.000	0,6 m
10.000 a 50.000	1,0 m
50.000 a 100.000	1,5 m
100.000 a 250.000	3,5 m
250.000 a 500.000	4,5 m
500.000 a 1.000.000	7,5 m

## MARCAJE DE BORNAS EN APARATOS ELECTRICOS

1 - En motores trifásicos

U - V - W Entradas bobinado estático (Alimentación a motor).  
X - Y - Z Salidas bobinado estático

2 - En líneas eléctricas de transporte

R I 1 - 1ª fase  
S II 2 - 2ª fase  
T III 3 - 3ª fase  
0 0 0 - Neutro

3 - En motores monofásicos

U - V Fase principal  
W - Z Fase auxiliar  
R - T Línea

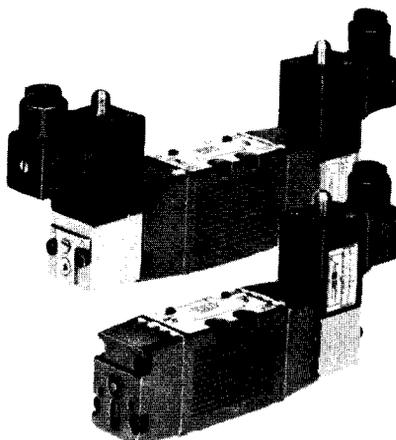
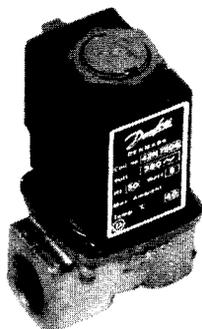
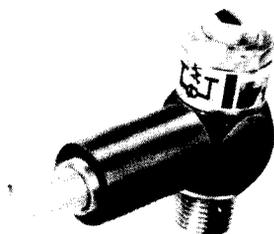
4 - En transformaciones

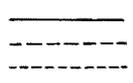
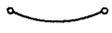
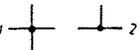
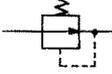
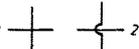
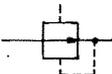
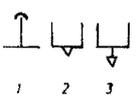
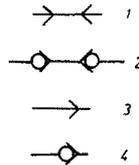
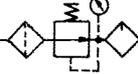
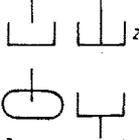
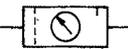
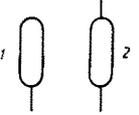
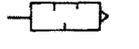
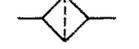
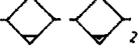
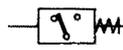
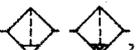
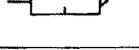
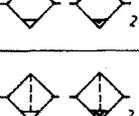
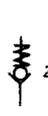
U - V - W Bornes de alta tensión  
u - v - w Bornes de baja tensión  
R - S - T Línea

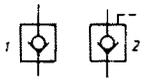
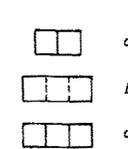
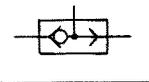
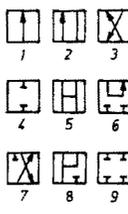
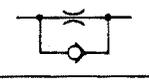
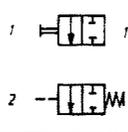
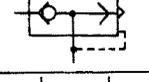
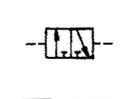
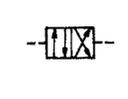
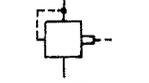
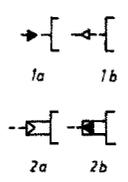
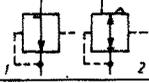
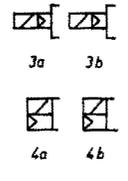
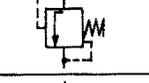
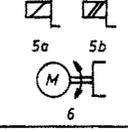
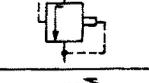
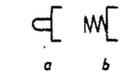
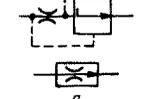
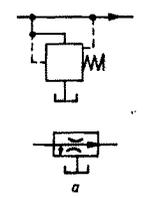
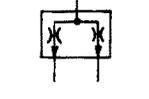
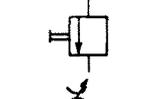
Capítulo 3

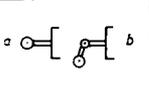
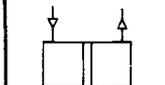
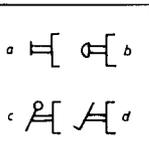
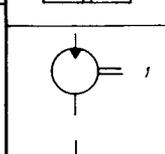
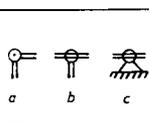
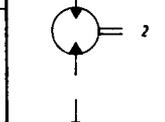
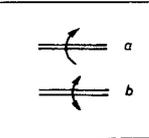
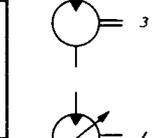
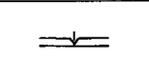
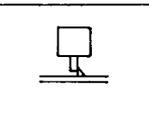
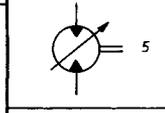
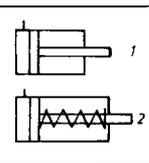
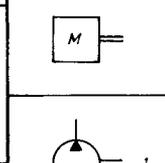
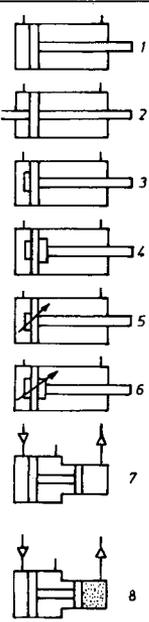
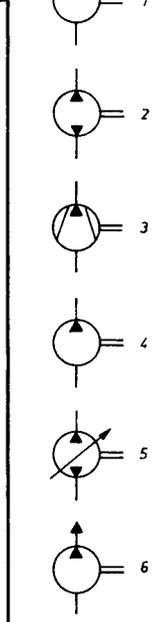
Introducción a la neumática

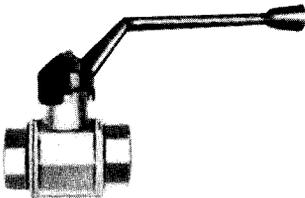
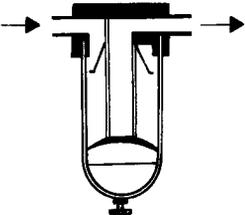
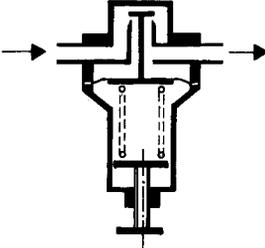
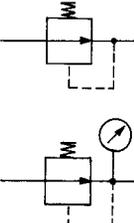
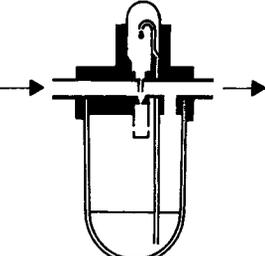
Símbolos neumáticos .....	59
Aparatos neumáticos .....	62
Cilindros .....	68
Distribuidores .....	69
Valvulería .....	72
Fluidos .....	73
Cálculo de tuberías para circuitos neumáticos ..	75
Compresor de aire .....	78
Fluidos .....	79
Problemas sobre neumática .....	80
Circuito neumático .....	82

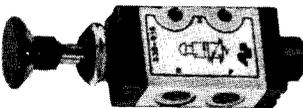
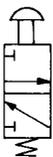
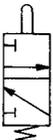
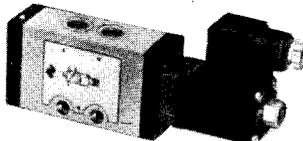
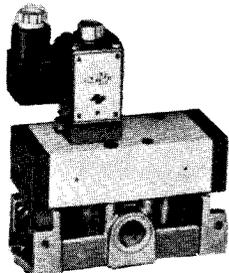
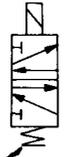


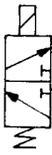
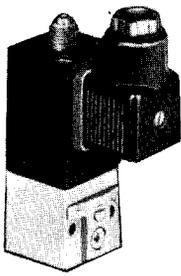
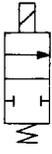
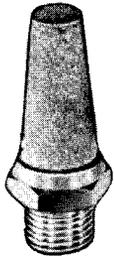
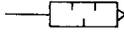
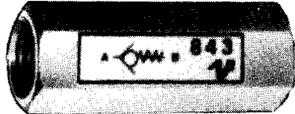
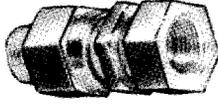
	<p>Conductores</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 - de trabajo</li> <li>2 - de pilotaje</li> <li>3 - de purga o drenaje</li> </ol>		<p>Deshumidificador</p>
	<p>Conductor flexible</p>		<p>Lubricador</p>
	<p>Unión de conductores</p>		<p>Reductor de presión</p>
	<p>Cruce de conductores</p>		<p>Reductor de presión pilotado</p>
	<p>Purga de aire</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 - orificio de evacuación</li> <li>2 - piso no conectable</li> <li>3 - conectable por roscado</li> </ol>		<p>Manómetro (Indicador de presión)</p>
	<p>Acoplamientos rápidos</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 - Acoplado sin válvula anti-retorno.</li> <li>2 - Acoplado con válvula anti-retorno.</li> <li>3 - Acoplado simple</li> <li>4 - Cerrada por válvula antirretorno.</li> </ol>		<p>Grupo de acondicionamiento Filtro-Reductor, indicador de presión. Lubricador.</p>
	<p>Depósitos</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 - Conducciones por encima</li> <li>2 - Conducciones por debajo del nivel del líquido</li> <li>3 - Conducciones a presión</li> <li>4 - Conducciones con depósito con carga</li> </ol>		<p>Grupo de acondicionamiento Esquema anterior simplificado</p>
	<p>Acumuladores</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 - Hidráulico</li> <li>2 - Neumático</li> </ol>		<p>Inicio de instalación (presión)</p>
	<p>Silenciador</p>		<p>Medidor de temperatura (Termómetro)</p>
	<p>Filtro</p>		<p>Medidor de caudal</p>
	<p>Purgadores</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 - Mando manual</li> <li>2 - Mando automático</li> </ol>		<p>Presostato</p>
	<p>Filtro con purgador</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 - Mando manual</li> <li>2 - Mando automático</li> </ol>		<p>Válvula (símbolo general)</p>
	<p>Válvula directa (pilotaje neumático) Normalmente abierta</p>		<p>Válvula inversa (pilotaje neumático) Normalmente cerrada</p>
	<p>Válvula antirretorno</p>		<p>Válvula antirretorno</p>
	<p>Válvula antirretorno</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 - No regulada</li> <li>2 - Regulada (tarada)</li> </ol>		<p>Válvula antirretorno</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 - No regulada</li> <li>2 - Regulada (tarada)</li> </ol>

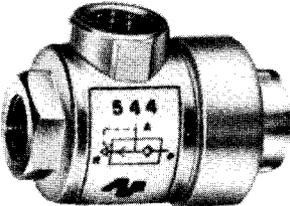
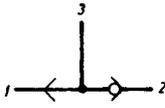
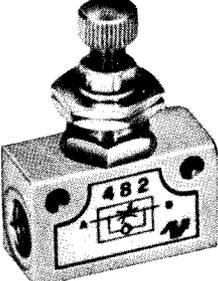
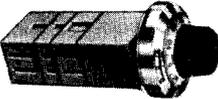
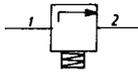
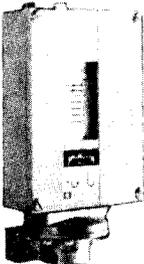
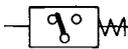
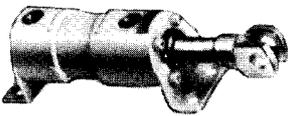
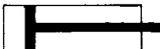
	Válvula antirretorno pilotada 1 - Al cierre 2 - A la apertura		Distribuidores a) Distribuidor de 2 posiciones b) Distribuidor de 3 posiciones con posición intermedia de paso c) Distribuidor de 3 posiciones indistintas
	Selector de circuitos		Vías interiores 1 - 1 vía 2 - 2 vías paralelas 3 - 2 vías cruzadas 4 - 2 orificios cerrados 5 - 2 vías en conexión transversal en by-pass 6 - 2 orificios cerrados y 2 vías en by-pass 7 - 1 orificio cerrado y 2 vías en paralelo 8 - 1 orificio cerrado y 2 vías en paralelo 9 - 4 orificios cerrados
	Regulador de caudal en un solo sentido		Distribuidores 2 p, 2 v 1 - Accionamiento manual 2 - Accionamiento neumático con retorno por resorte
	Válvula de escape rápido		Distribuidor de 2 p, 3 v Accionamiento neumático en los dos sentidos
	Limitador de presión (Válvula de seguridad)		Distribuidor de 2 p, 4 v Accionamiento neumático en los dos sentidos
	Limitador de presión pilotado		Distribuidor de 2 p, 5 v Accionamiento neumático en un sentido y retorno por resorte.
	Limitador proporcional de presión		Mando de distribuidores 1 - Mando por fluido directo 1a - por presión 1b - por depresión (falta pres.) 2 - Mando por fluido indirecto 2a - por presión 2b - por depresión
	Reductor de presión pilotado		3 - Mando combinado 3a - por electroimán y distribuidor piloto 3b - por electroimán o distribuidor piloto 4a - equivale a 3a 4b - equivale a 3b
	Reductor diferencial de presión		5 - Mando eléctrico 5a - por electroimán (un arrollamiento) 5b - por electroimán (dos arrollamientos) 5c - por motor eléctrico
	Reductor proporcional de presión		Mando mecánico a - por pulsador b - por resorte (muelle)
	Regulador de caudal (a) Simplificado		
	Regulador de caudal con retorno al depósito (a) Simplificado		
	Divisor de caudal		
	Válvula de estrangulamiento (a) Simplificado		

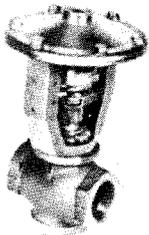
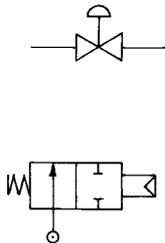
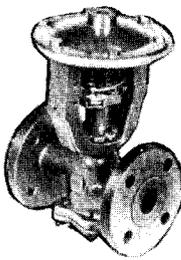
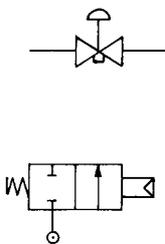
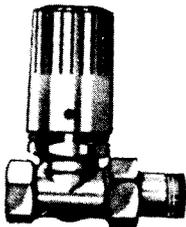
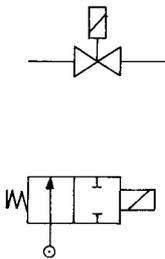
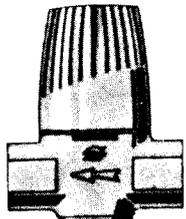
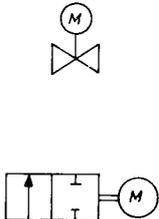
	<p>Mando mecánico                      a — por rodillo                      b — por rodillo abatible</p>		<p>Convertidor de presión aire-aceite</p>
	<p>Mando manual                      a — símbolo general                      b — por pulsador                      c — por palanca                      d — por pedal</p>		<p>1 — Motor de caudal constante. Motor hidráulico no reversible                      2 — Motor de caudal constante. Motor hidráulico reversible</p>
	<p>Mecanismos articulados                      a — articulación simple                      b — articulación con palanca                      c — articulación con punto fijo</p>		<p>3 — Motor de caudal constante. Motor neumático no reversible</p>
	<p>Ejes rotativos                      a — un solo sentido de rotación                      b — con dos sentidos de giro</p>		<p>4 — Motor de caudal variable no reversible</p>
	<p>Dispositivo de mantenimiento de posición</p>		<p>5 — Motor de caudal variable reversible</p>
	<p>Dispositivo de enclavamiento</p>		<p>6 — motor térmico</p>
	<p>Cilindros                      1 — de simple efecto                      2 — de simple efecto con retorno por resorte</p>		<p>1 — Bomba de caudal constante, compresor. Bomba hidráulica no reversible                      2 — Bomba de caudal constante, compresor. Bomba hidráulica reversible</p>
	<p>1 — de doble efecto                      2 — de doble efecto con doble vástago                      3 — de doble efecto con amortiguación al retorno                      4 — de doble efecto con amortiguación a la ida y retorno                      5 — de doble efecto con amortiguación regulable al retorno                      6 — de doble efecto con amortiguación regulable a la ida y retorno                      7 — multiplicador de presión con fluido de la misma naturaleza                      8 — multiplicador de presión con fluidos de distinta naturaleza (aire-aceite)</p>		<p>3 — Bomba de caudal constante, compresor no reversible                      4 — Bomba de caudal variable, no reversible                      5 — Bomba de caudal variable, reversible                      6 — Bomba de vacío</p>

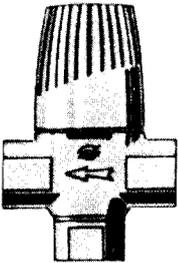
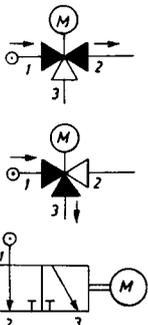
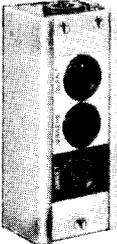
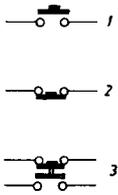
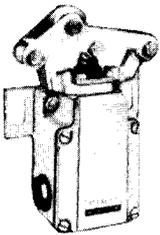
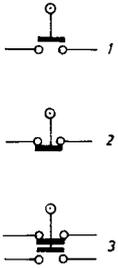
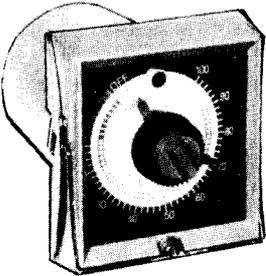
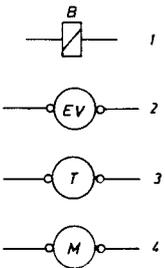
APARATO	SIMBOLO	DESCRPTIVO
		<p><b>VALVULA MANUAL</b></p> <p>Las hay de muy diversas formas de cierre, tales como: mariposa, compuerta, esfera, asiento, etc. Su finalidad es la de aislar circuitos cuando así se desee, cerrando el paso del fluido.</p> <p>El situar una válvula de cierre en el circuito o en determinadas partes del mismo, tiene por finalidad el facilitar las intervenciones cuando se averfan o hay que cambiar elementos de una instalación.</p>
		<p><b>FILTRO</b></p> <p>Se colocan al principio de una instalación. Su finalidad es la de eliminar las impurezas que lleva el aire y que provienen del mismo circuito (cascarillas, óxidos, virutas, pinturas, aislantes, etc.), que pueden dificultar el correcto movimiento de los elementos móviles de los aparatos que hay en el circuito.</p>
		<p><b>MANORREDUCTOR</b></p> <p>Este aparato tiene por finalidad el de reglar la presión a que debe trabajar el circuito. Normalmente, la presión de la red de distribución es mayor que la que se utiliza en la instalación, razón por la cual, las presiones se ajustarán a las necesidades por medio de este aparato.</p> <p>La presión se mide y señaliza con un aparato llamado indicador de presión o manómetro.</p>
		<p><b>ENGRASADOR</b></p> <p>El aire de la tubería generalmente es húmedo. Esta humedad es causa de la oxidación de los aparatos del circuito, lo que dificulta su correcto funcionamiento. El engrasador, como su palabra indica, tiene por finalidad engrasar el aire y a través de él los elementos de la instalación evitando su oxidación por una parte y por otra haciendo el que los elementos móviles se deslicen sin dificultad.</p>
		<p><b>DISTRIBUIDOR</b></p> <p>Aquí se trata de un distribuidor de dos posiciones (2p) y tres vías (3v) con accionamiento manual.</p> <p>Al poner el distribuidor en una posición, permanece en ella mientras no se cambie la posición del distribuidor, bien sea de forma mecánica o de forma manual.</p> <p>p — posiciones v — vías u orificios</p>

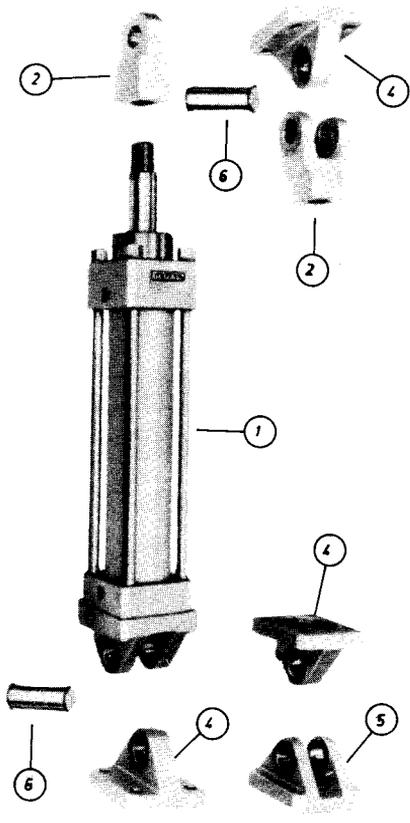
APARATO	SIMBOLO	DESCRPTIVO
		<p><b>DISTRIBUIDOR</b>                  Distribuidor de 2p y 5v con accionamiento manual por palanca.                  La selección o cambio de maniobra se hace de forma manual, accionando una palanca.</p>
		<p><b>DISTRIBUIDOR</b>                  Distribuidor de 2p y 3v con accionamiento manual por pulsador.                  Mientras se oprime el pulsador, se cambia la posición del distribuidor.                  Al dejar de pulsar, la corredera vuelve a su posición inicial.</p>
		<p><b>DISTRIBUIDOR</b>                  Distribuidor de 2p y 3v con accionamiento por contacto mecánico.                  Funcionamiento igual al señalado para el aparato anterior.</p>
		<p><b>DISTRIBUIDOR</b>                  Distribuidor de 2p y 3v con accionamiento por electroimán.                  Cuando se excita la bobina, el distribuidor cambia de posición. Al cortarse la corriente, el distribuidor vuelve a su posición inicial, accionado por el resorte.</p>
		<p><b>DISTRIBUIDOR</b>                  Distribuidor de 2p y 5v con accionamiento por electroimán y retorno a la posición inicial por resorte.</p>

APARATO	SIMBOLO	DESCRPTIVO
		<p><b>ELECTROVALVULA</b></p> <p>Equivale a un distribuidor de 2p y 3v.</p> <p>El fluido que llega por el orificio inferior en una posición sale por la derecha y en otra posición por la izquierda.</p> <p>Esta electroválvula se emplea generalmente para circuitos con fluido líquido. Si es para circuito neumático, su utilización se hace cuando se trata de grandes caudales.</p>
		<p><b>ELECTROVALVULA</b></p> <p>Equivalentente a un distribuidor de 2p y 2v.</p> <p>En una posición hay paso de fluido y en la otra el paso se cierra (no hay paso).</p>
		<p><b>SILENCIADOR</b></p> <p>Al salir a la atmósfera el aire que se encuentra comprimido a una determinada presión a través del escape, produce un ruido agudo que puede llegar a ser molesto, por lo que se silencia poniendo este aparato.</p>
		<p><b>ANTIRRETORNO</b></p> <p>Su finalidad es la de impedir una sobrepresión en el circuito por retroceso del fluido empujado por las partes móviles del circuito.</p> <p>El antirretorno puede tener reglaje fijo o variable (ajustado a las necesidades del circuito)</p>
		<p><b>REGULADOR DE CAUDAL</b></p> <p>Quando se desea controlar una maniobra haciéndola más lenta o más rápida, se intercala en el circuito un regulador de caudal, por medio del cual se regula el paso del fluido en cantidad (caudal) y tiempo.</p>

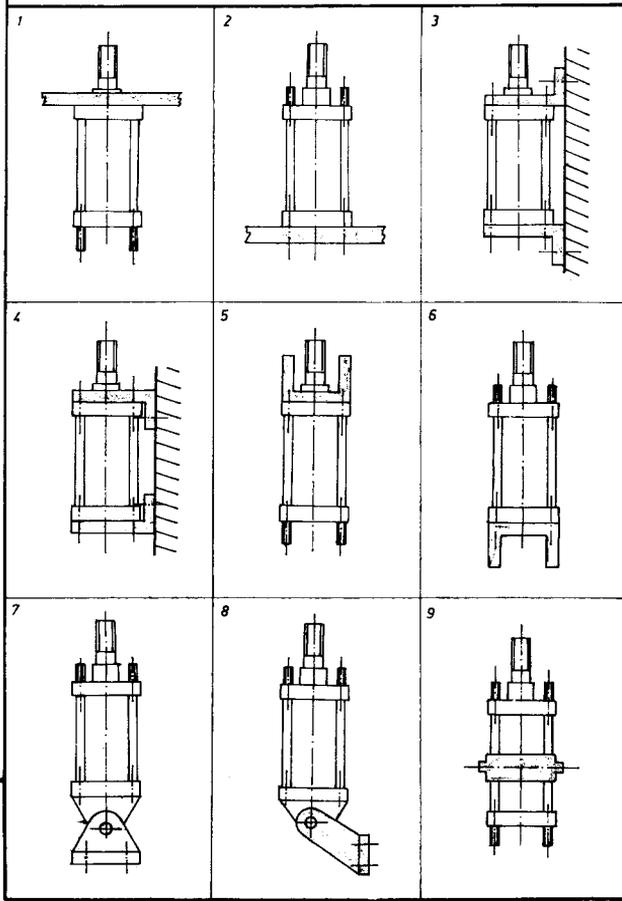
APARATO	SIMBOLO	DESCRPTIVO
		<p><b>SELECTOR DE CAUDAL</b></p> <p>Este aparato dispone de dos orificios de llegada y uno de salida.</p> <p>Si el fluido (presión) llega por uno de los puntos 1 ó 2 indistintamente, siempre queda asegurado el camino de salida por 3, al desplazarse el obturador en el sentido del punto que no tiene presión.</p> <p>Si llegan dos presiones, siempre tendrá paso la mayor presión por efecto diferencial.</p>
		<p><b>REGULADOR DE CAUDAL EN UNA DIRECCION</b></p> <p>Cuando el fluido llega de 1, debe pasar necesariamente por el regulador de caudal por impedir otro camino el antirretorno conectado en paralelo.</p> <p>Cuando el fluido llega de 2, el aire pasa libremente a través del antirretorno, que deja paso libre en esta dirección.</p>
		<p><b>TEMPORIZADOR</b></p> <p>Este elemento utilizado para maniobras en circuitos neumáticos funciona como sigue:</p> <p>Al llegar presión por 1, ésta no tiene paso hasta que transcurrido un tiempo, según reglaje, no abre el paso.</p> <p>El pilotaje se hace por la misma presión que se controla.</p>
		<p><b>PRESOSTATO</b></p> <p>Este elemento de control de circuitos consiste en una membrana que por la presión acciona un contacto cambiándolo de posición.</p> <p>El contacto puede ser ajustado a una presión determinada, como es el ejemplo que se representa.</p>
		<p><b>CILINDRO</b></p> <p>Elemento importante en la mayoría de los circuitos neumáticos.</p> <p>Los hay de muy diversos tipos, según sea su aplicación, pudiendo ser de simple o doble efecto.</p> <p>Más adelante se explican los elementos de articulación de un cilindro.</p>

APARATO	SIMBOLO	DESCRIPTIVO
		<p><b>VALVULA DIRECTA</b></p> <p>Sin pilotaje neumático, la válvula deja pasar fluido.</p> <p>Cuando se pilota la válvula, se corta el paso del fluido.</p> <p>Este tipo de válvula se utiliza para grandes caudales.</p> <p>Se puede representar por cualquiera de los dos símbolos señalados.</p> <p>Si el esquema representa tuberías, se utiliza normalmente el símbolo representado arriba.</p>
		<p><b>VALVULA INVERSA</b></p> <p>Sin pilotaje neumático, la válvula no deja pasar fluido.</p> <p>Con pilotaje neumático, la válvula deja pasar fluido.</p> <p>Al igual que la válvula anterior, también se utiliza para grandes caudales.</p> <p>Es aconsejable esta válvula para circuitos que transportan fluidos peligrosos. En el momento que se corta el pilotaje de la válvula, se corta el paso de fluido.</p>
		<p><b>VALVULA DIRECTA</b></p> <p>Este aparato funciona de igual forma que la descrita en la parte superior de la lámina, pero donde el pilotaje neumático se ha sustituido por un pilotaje eléctrico (electroimán).</p>
		<p><b>VALVULA DIRECTA</b></p> <p>En este caso se estudian tres tipos de pilotaje para válvulas directas igualmente válidos para válvulas inversas, a saber:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Pilotaje manual</li> <li>Pilotaje eléctrico por electroimán</li> <li>Pilotaje eléctrico por motor, que es el representado por los símbolos.</li> </ol>

APARATO	SIMBOLO	DESCRIPTIVO
		<p><b>VALVULA DE 3 VIAS Y 2 POSICIONES, CON ACCIONAMIENTO MOTORIZADO</b></p> <p>En una posición, el fluido llega por 1 y sale por 2.</p> <p>En la otra posición, el fluido que llega por 1, sale por 3.</p> <p>En la parte inferior se representa la válvula por medio de un distribuidor.</p>
		<p><b>PULSADORES ELECTRICOS</b></p> <p>Elementos eléctricos del circuito de maniobra, que se accionan manualmente.</p> <p>1 – Pulsador de marcha</p> <p>2 – Pulsador de paro</p> <p>3 – Pulsador doble de desconexión-conexión</p>
		<p><b>FINES DE CURSO ELECTRICOS</b></p> <p>Elementos eléctricos del circuito de maniobra, que se accionan mecánicamente.</p> <p>1 – Fin de curso (FC), de conexión.</p> <p>2 – Fin de curso (FC), de desconexión</p> <p>3 – Fin de curso (FC), de desconexión-conexión.</p>
		<p><b>ELECTROIMANES (Bobinas)</b></p> <p>Elementos eléctricos que accionan contactos y aparatos.</p> <p>1 – Electroimán que acciona un relé o contactor</p> <p>2 – Electroimán que acciona una válvula</p> <p>3 – Electroimán que acciona un temporizador</p> <p>4 – Motor monofásico de maniobra</p>



**DIFERENTES FORMAS DE ANCLAR CILINDROS**



**CILINDRO Y ACCESORIOS**

- 1 - Cilindro
- 2 - Horquilla
- 3 - Arrastrador macho
- 4 - Arrastrador libre, macho
- 5 - Charnela libre, hembra
- 6 - Perno

Las figuras arriba representadas corresponden a diversas formas de anclaje de cilindros.

**CILINDROS**

Hay cilindros neumáticos de muy diversos tipos y clases, cuya elección dependerá de la función que deban desarrollar en el circuito.

La longitud o recorrido del vástago se llama carrera.

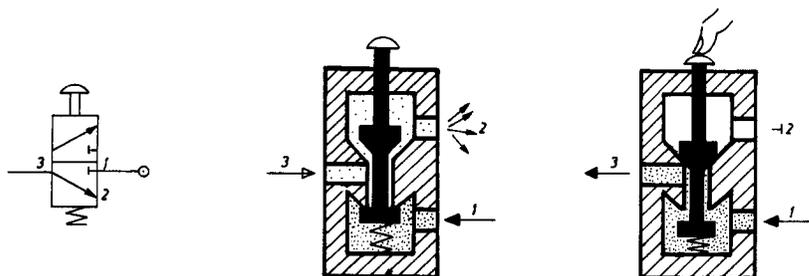
La maniobra o movimiento de salida del vástago se llama **IDA** o **SALIR** y la maniobra de entrar **VUELTA**, **RETORNO** o **ENTRAR**.

Los cilindros pueden ser de efecto simple, cuando una de las dos maniobras se hace por medio de fluido (aire o líquido) y de efecto doble cuando la maniobra de **IDA** y **VUELTA** se hace por medio de fluido.

Hay cilindros, que para amortiguar el impacto del final de recorrido llevan sistemas de amortiguación al final de la *ida* al final de la *vuelta*, o en los dos sentidos. Hay cilindros que tienen doble vástago.

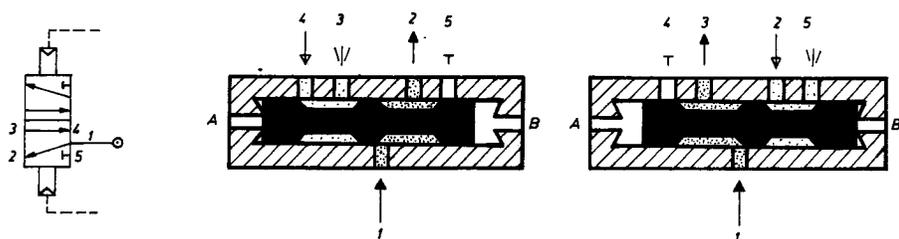
En cualquier caso, el cilindro se ajustará a la función o trabajo que deba realizar en el circuito, tal como se ha señalado arriba.

Ante cualquier duda respecto a la elección de un cilindro, o de otros elementos del circuito, conviene consultar al proveedor o al fabricante.



Distribuidor de 2 posiciones (p) y 3 vías (v) con accionamiento manual en un sentido y retorno a la posición de reposo por resorte.

- 1 – Símbolo neumático que representa al distribuidor de 2p y 3v.
- 2 – Croquis de funcionamiento del distribuidor, representado en posición de reposo.  
Por (1) llega la presión desde el circuito de alimentación.  
La vía (3) está comunicada con (2), por lo que cumple la misión de descarga.
- 3 – Croquis que representa al distribuidor accionado.  
La presión que llega por la vía (1) a través de (3) se le da camino para ser empleado en la utilización.  
La vía (2) queda bloqueada.



Distribuidor de 2p y 5v con accionamiento neumático en los dos sentidos.

El distribuidor es biestable ya que queda siempre la corredera en la última posición pilotada, aunque cese la presión de pilotaje.

- 1 – Símbolo neumático que representa al distribuidor de 2p y 5v.
- 2 – Croquis de funcionamiento del distribuidor, representado entrando aire de pilotaje por (B), con lo que la presión de la red entra por la vía (1) y sale por la (2), mientras que por las vías (4) y (3) se hace el escape de la utilización.  
La vía 5 queda bloqueada.
- 3 – Croquis que representa al distribuidor con la corredera accionada por (A).  
Por la vía (1) entra presión de la red, saliendo al circuito de utilización por la vía (3) mientras que por las vías (2) y (5) se hace el escape de la utilización. Esta última parte del circuito queda sin presión.  
La vía (4) queda bloqueada.

Distribuidor de 2p y 5v, con pilotaje neumático en un sentido y retorno a la posición de reposo por resorte.

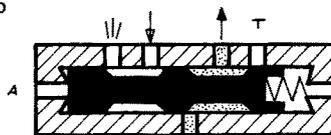
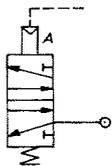


Fig. 1— Símbolo neumático.

Fig. 2— Croquis de funcionamiento del distribuidor, representado en posición de reposo.

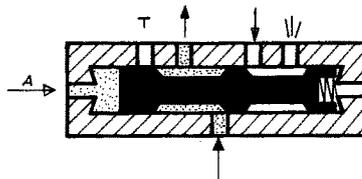


Fig. 3— Croquis que representa al distribuidor pilotado por A. Al cesar la presión por A, la corredera vuelve a la posición de fig. 2.

Distribuidor de 2p y 5v, con pilotaje electro-neumático en un sentido y retorno a la posición de reposo por resorte.

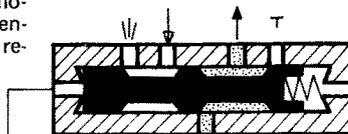
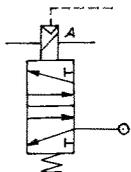


Fig. 1— Símbolo neumático.

Fig. 2— Croquis de funcionamiento del distribuidor, representado en posición de reposo.

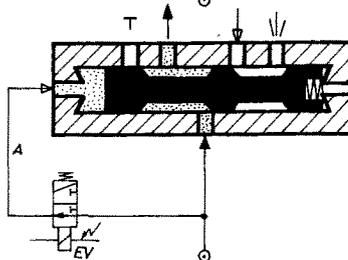


Fig. 3— Croquis que representa al distribuidor pilotado por A.

Al darle corriente eléctrica a la electroválvula, deja pasar la presión de pilotaje hacia (A), para que la corredera cambie de posición.

Cuando se desexcita EV la corredera vuelve a la posición representada en la fig. 2.

Distribuidor de 2p y 5v, con pilotaje electro-neumático para las dos posiciones del distribuidor.

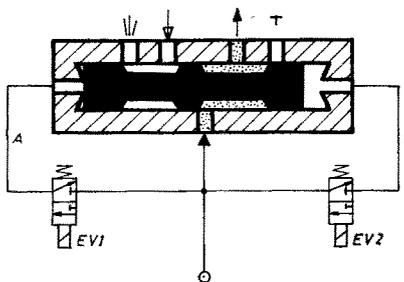
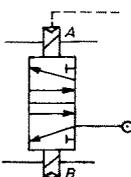


Fig. 1— Símbolo neumático.

Fig. 2— Las dos posiciones del distribuidor se consiguen por pilotaje

je electro-neumático, quedando la corredera en la última posición pilotada. por lo que es bistable. Una vez seleccionada la maniobra puede desexcitarse la electroválvula ya que no habrá cambio de corredera hasta que no se dé una nueva selección de maniobra.

Distribuidor de 2p y 5v, con pilotaje neumático para ambos casos por presión normal o diferencial.

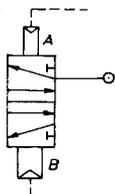


Fig. 1 Croquis que representa al distribuidor.

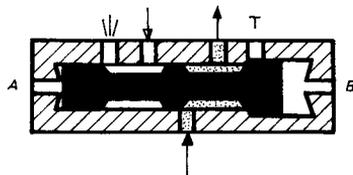


Fig. 2 Símbolo neumático que representa al distribuidor con tres posibilidades de maniobra.

- a) Pilotaje por (A)
- b) Pilotaje por (B)
- c) Pilotaje por (A) y (B) al mismo tiempo. En este caso, por presión diferencial, es como si estuviera pilotado por (B).

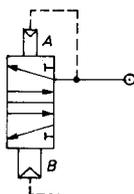


Fig. 3 Símbolo neumático que representa al distribuidor con dos posibilidades de maniobra.

- a) Pilotaje permanente por (A). Equivale a resorte.
- b) Pilotaje por (B) y permanente por (A). Por presión diferencial, domina (B).

Distribuidor de 3p y 5v, con posición normal en centro cerrado.

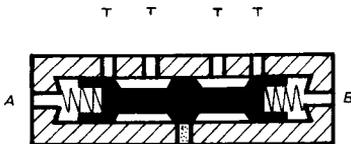
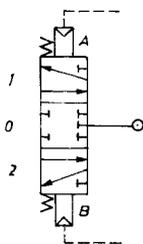


Fig. 2 Distribuidor representado en posición de reposo.

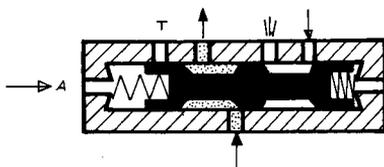


Fig. 3 Pilotaje neumático por (A)

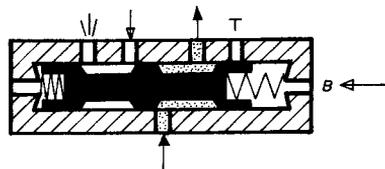
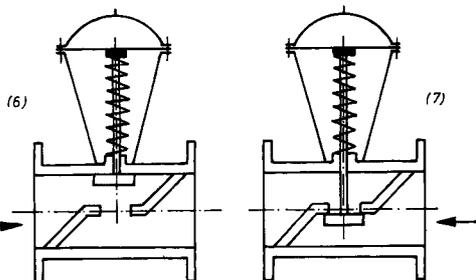
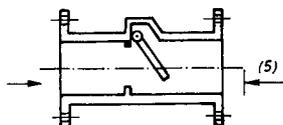
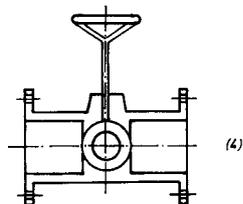
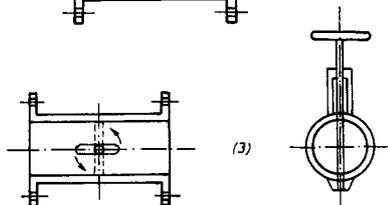
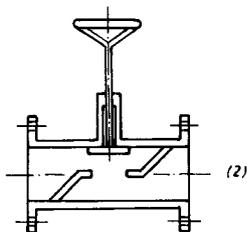
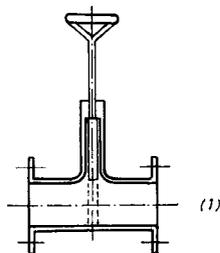


Fig. 4 Pilotaje neumático por (B)

Fig. 1 - Símbolo neumático en el que pueden verse las tres posiciones posibles en el distribuidor y que se representan gráficamente en las figuras 1, 2 y 3.

Al igual que se ha hecho para los elementos estudiados en estas tres últimas páginas, podría hacerse para el resto. Sin embargo, creemos que resulta suficiente esta introducción, para comprender el funcionamiento de los diferentes elementos que se utilizan en los esquemas de este capítulo y por otro lado, no alargar innecesariamente la obra.

Aconsejamos el uso y consulta de documentación y catálogos de las firmas constructoras.



1 – Válvula de compuerta.

2 – Válvula de asiento.

3 – Válvula de mariposá.

4 – Válvula de esfera.

5 – Antirretorno.

6 – Válvula directa pilotada neumáticamente.  
Sin pilotaje hay paso directo de fluido.  
Al pilotarse se cierra el paso al fluido.

7 – Válvula inversa pilotada neumáticamente.  
Sin pilotaje no hay paso de fluido.  
Al pilotarse se da paso al fluido.

Cada tipo de válvula se utilizará en función del tipo de fluido a controlar.

Las válvulas pueden ser acopladas a la tubería u otros elementos de la instalación por medio de bridas o tuercas en el caso de ser de pequeño diámetro.

Las válvulas vienen marcadas por su diámetro (en pulgadas o mm) y la presión nominal máxima a que pueden trabajar

Ejemplo: Válvulas de asiento de  $\phi = 2''$ , PN 25.

Las dimensiones de las válvulas se ajustan a normas. Las más utilizadas son las DIN.

El material con que están construidas las válvulas depende de la utilización que se les va a dar como es: líquidos corrosivos. Así se tendrán en fundición, latón, bronce e inoxidable.

**ESPESOR DE UN TUBO DE COBRE EN FUNCION DE SU DIAMETRO**

$$e = \frac{p \cdot d}{400} + 1,5$$

e — espesor en mm  
p — presión en atmósferas  
d — diámetro del tubo en mm

**DIAMETRO DE UN TUBO QUE DEBE TRANSPORTAR AGUA**

$$D = 0,019 \sqrt{\frac{Q}{v}}$$

D — diámetro en mm  
Q — volumen en m<sup>3</sup>/h a pasar por la tubería  
v — velocidad del fluido (para el agua ~ 0,65 m/s)

**DIAMETRO DE UN TUBO QUE CONDUCE GAS**

$$D = \sqrt{\frac{P}{116 \cdot p^{0,87}}}$$

D — diámetro en m  
P — paso de vapor en Kg/s  
p — presión en atmósferas

**LITROS DE AIRE CONTENIDOS EN UNA BOTELLA, EMBOLO, PISTON, ETC. A PRESION SUPERIOR A LA ATMOSFERICA**

$$L = p \cdot v$$

L — litros de aire a presión normal  
p — presión en atmósferas  
v — volumen del recipiente en litros

**PESO DEL AIRE ALMACENADO EN UN RECIPIENTE**

$$P = L \cdot d$$

P — peso en gramos  
L — litros de aire a presión normal  
d — densidad en gr/litro a presión normal

**FORMULA DE POISEUILLE**

Gasto de líquido que pasa por un tubo.

$$G = \frac{\pi r^4 (p_1 - p_2)}{8 L \cdot \eta}$$

G — gasto en litros/segundo (l/s)  
r — radio del tubo en mm  
p<sub>1</sub> — presión al inicio en N/m<sup>2</sup>  
p<sub>2</sub> — presión al final en N/m<sup>2</sup>  
L — longitud del tubo en m  
η — coeficiente de viscosidad en Kg/m<sup>3</sup>

**PASAR A VOLUMEN NORMAL L LITROS DE GAS A PRESION P Y TEMPERATURA T**

$$V_0 = \frac{P \cdot v}{P_0 (1 + \alpha t)}$$

V<sub>0</sub> — volumen a presión normal (760 cm de Hg a 0°C)  
P — presión del gas en cm de Hg  
v — volumen a presión P  
p<sub>0</sub> — presión normal (760 cm de Hg a 0°C)  
α — coeficiente de dilatación cúbica  
t — temperatura

**PESO DE UN LITRO DE AIRE**

1 litro de aire a T° de 0°C, a 45° de latitud sobre el nivel del mar es de:

1,292743 gramos.

**LEY DE BOYLE-MARIOTTE**

A temperatura constante, una masa de gas, ocupa un volumen que está en razón inversa a su presión.

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

$p_1$  — presión 1  
 $p_2$  — presión 2  
 $v_1$  — volumen a presión 1  
 $v_2$  — volumen a presión 2

**FORMULA DE BERNOULLI EN LOS GASES**

$$v = \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2)}{\delta - p_1}}$$

$v$  — velocidad de salida del gas de un recipiente en m/s  
 $p_1$  — presión del recipiente en  $N/m^2$   
 $p_2$  — presión exterior  
 $\delta$  — densidad del gas en  $Kg/m^3$

**TIPOS DE FLUJO**

- Flujo laminar
- Flujo turbulento

**PERDIDAS DE ENERGIA POR FRICCION**

- Longitud de la tubería
- Rugosidad de la tubería
- Del número de codos y curvas
- Diámetro de la tubería
- Velocidad del líquido

**NUMERO DE REYNOLD**

$$Re = \frac{v \cdot d_h}{\nu}$$

$$d_h = \frac{4S}{P}$$

$Re$  — número de Reynold  
 $v$  — velocidad del flujo en m/s  
 $d_h$  — diámetro hidráulico  
 $S$  — sección  
 $P$  — perímetro  
 $\nu$  — velocidad cinemática en  $m^2/s$

**PERDIDAS DE PRESION EN TUBOS RECTOS**

$$P_p = \lambda \frac{l \cdot \delta \cdot v^2 \cdot 10}{2 \cdot d}$$

$P_p$  — pérdida de presión en bar (flujo laminar y turbulento)  
 $\lambda$  — coeficiente de rozamiento  
 $l$  — longitud de la tubería en m  
 $\delta$  — densidad de  $Kg/dm^3$   
 $v$  — velocidad del líquido en la tubería en m/s  
 $d$  — diámetro de la tubería en mm

**DIAMETRO DE UNA TUBERIA DE VAPOR QUE TIENE EL EXTREMO CON SALIDA LIBRE**

$$d = \sqrt{\frac{Q}{116 \cdot p^{0,97}}}$$

$d$  — diámetro de la tubería en mm  
 $Q$  — caudal de vapor en  $Kg/s$   
 $p$  — presión de vapor en atmósferas

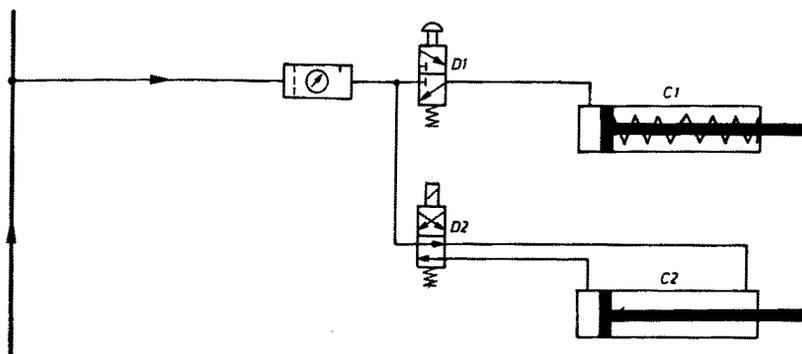


TABLA N° 1— Caudal máximo recomendado en tuberías de aire a presión para longitudes no superiores a 15 m.

El caudal máximo mantenido no debe exceder del 75%.

Para longitudes mayores de 15m, elegir diámetro superior

Presión inicial kg/cm <sup>2</sup>	DIAMETRO NOMINAL EN ROSCA GAS DE LAS TUBERIAS STANDARD								
	1/8"	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"
	CAUDAL MAXIMO RECOMENDADO (Litros minuto de aire libre)								
0,7	14	65	156	340	708	1133	2548	3539	7079
1,4	25	108	255	566	1133	1840	4247	5946	12743
2,1	34	142	340	849	1557	2831	5663	9061	16990
2,8	42	198	453	1048	1982	3539	7079	10619	21238
3,5	57	241	566	1274	2407	4248	9203	12742	25483
4,2	65	269	651	1557	2831	4814	9911	15574	29783
4,9	76	325	765	1699	3398	5380	12743	18406	32564
5,6	85	368	849	1840	3681	6513	13450	19822	36812
6,3	93	396	963	1982	4247	7079	14158	22653	42475
7,-	105	425	1048	2124	4814	8495	15854	25845	50970
8,7	119	510	1274	2973	5663	9911	20388	28317	59465
10,5	142	651	1416	3398	6513	11326	24069	31148	67960
12,3	173	708	1699	3828	7362	12742	26901	36812	76456
14,0	190	793	1982	4247	9061	14442	29732	42475	84950
18	232	1098	2664	5814	11651	20388	33495	58252	116504
20	256	1300	3000	6460	12960	23100	37400	66600	132540
25	317	1725	3850	8075	16250	28875	47000	85125	169500

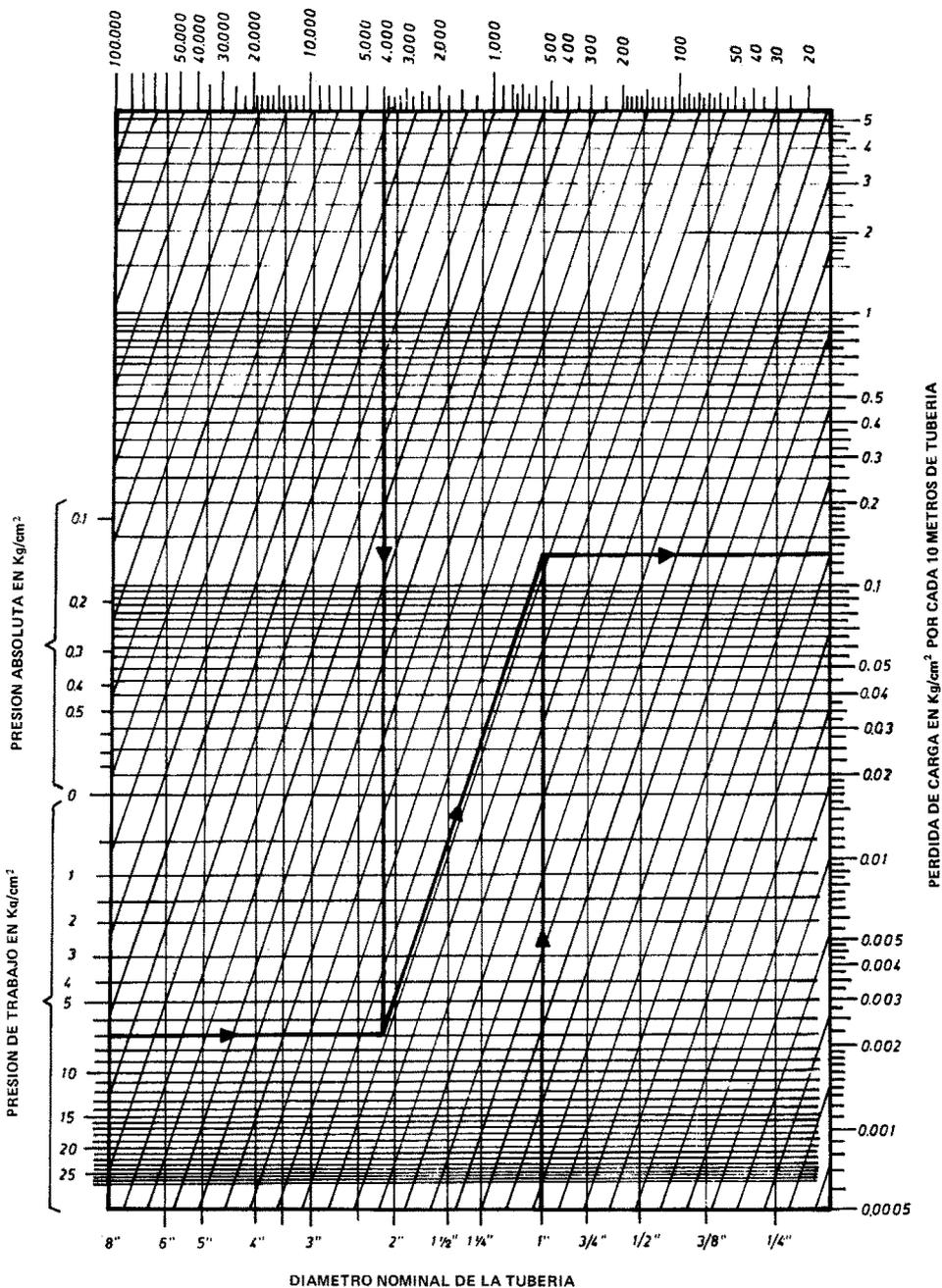
TABLA N° 2— Pérdidas por rozamiento en elementos utilizados en tuberías

Elemento de la instalación	DIAMETRO DE LA TUBERIA							
	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"
Válvula de compuesta	0,009	0,009	0,010	0,013	0,017	0,022	0,026	0,033
Válvula en ángulo	0,240	0,240	0,286	0,352	0,450	0,590	0,690	0,880
Válvula cónica	0,427	0,427	0,568	0,706	0,900	0,875	1,380	1,795
Codo a 45°	0,015	0,015	0,023	0,029	0,037	0,048	0,057	0,073
Codo a 90°	0,042	0,042	0,051	0,064	0,079	0,107	0,125	0,158
Te (recta en el interior)	0,015	0,015	0,021	0,033	0,046	0,055	0,067	0,090
Te (salida lateral)	0,076	0,096	0,100	0,128	0,162	0,214	0,246	0,317

NOTA: Véase aplicación de la Tabla N° 2 en 3° problema.

TABLA N° 3— Cálculo de pérdida de carga y diámetro de tuberías en función de la presión de trabajo y caudal de aire libre.

## CAUDAL DE AIRE LIBRE EN Litros/minuto



## CONVERSION DE LITROS DE AIRE A PRESION EN LITROS DE AIRE LIBRE

$$Q = Q_1 \left( \frac{P + 1,033}{1,033} \right)$$

$Q_1$  — litros de aire comprimido a presión P  
 $Q$  — litros de aire libre  
 $P$  — presión del aire comprimido en Kg/cm<sup>2</sup>

## GASTO DE CILINDROS NEUMATICOS

$$Q = \left( \frac{0,0000471 \cdot D^2 \cdot L}{t} \right) \cdot \left( \frac{P_1 + 1,033}{1,033} \right)$$

$Q$  — litros de aire libre en l/mn  
 $D$  — diámetro del émbolo en mm  
 $L$  — carrera del cilindro en mm  
 $P$  — presión del aire en Kg/cm<sup>2</sup>  
 $t$  — tiempo en realizarse la carrera

## EJEMPLO DE CALCULO

1<sup>er</sup> problema. Calcular la pérdida de carga de una tubería conociendo los siguientes datos:

- Longitud de la tubería — 30 m
- Diámetro — 1/2"
- Presión del aire — 7 Kg/cm<sup>2</sup>
- Caudal aire libre — 2.000 l/mn

Para solucionar este problema hay que hacer uso de la Tabla N° 3, tal como se indica en línea a trazos sobre la misma tabla.

La pérdida de carga hallada en la tabla es de 0,37 Kg/cm<sup>2</sup> por cada 10 m.

$$P_c = \frac{30 \times 0,37}{10} = 1,11 \text{ Kg/cm}^2 \text{ de pérdida de carga en los 30 m}$$

Si en lugar de elegir una tubería de 1/2", se hubiera elegido de 3/4", la pérdida de carga sería de 0,095 Kg/cm<sup>2</sup>, por cada 10 m.

$$P_c = \frac{30 \times 0,095}{10} = 0,285 \text{ Kg/cm}^2 \text{ de pérdida de carga en los 30 m}$$

2<sup>o</sup> problema. Haciendo uso de la tabla n° 3, determinar el diámetro de una tubería de la que conocemos los siguientes datos:

- Longitud de la tubería — 50 m
- Presión del aire — 7 Kg/cm<sup>2</sup>
- Caudal de aire libre — 2.500 l/mn
- Pérdida de carga en los 50 m — 0,5 Kg/cm<sup>2</sup>

Según la tabla, se tendría que poner un diámetro de tubería de 3/4", aunque podría elegirse de 1/2", ya que el resultado da próximo a esta medida

3<sup>er</sup> problema. Cuando en la instalación hay que intercalar curvas, válvulas y otros elementos, se tendrá en cuenta para el cálculo general de pérdida de carga los valores que se dan en la Tabla N° 2.

Calcular la pérdida de carga en un codo a 45°, situado en la tubería del 1<sup>er</sup> problema.

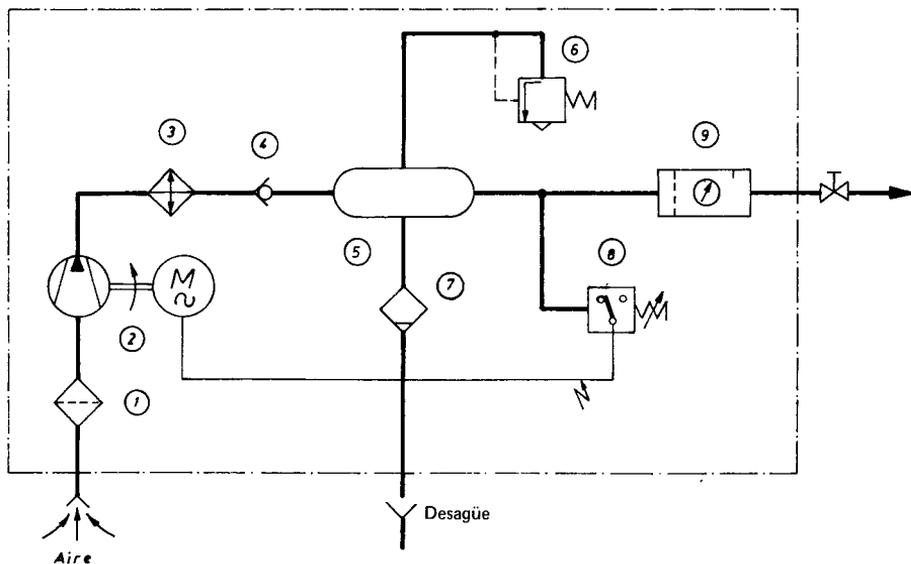
Para hacer el cálculo debe hacerse uso de la Tabla N° 3, donde se establecerá la pérdida de carga por cada 10 m de tubería.

En la tabla N° 2 se toma el factor correspondiente a un codo de 45° y diámetro de 1/2", correspondiéndole en este caso, 0,023.

Para calcular la pérdida de carga, se multiplica la pérdida de carga por cada 10 m de tubería por el factor de la Tabla N° 2, dando en este caso el siguiente valor:

$$P_{ce} = 0,37 \times 0,023 = 0,00851 \text{ Kg/cm}^2$$

La pérdida de carga del elemento se sumará a la pérdida de la tubería.



**GRUPO COMPRESOR DE AIRE FORMADO POR:**

- 1 – Filtro del aire aspirado.
- 2 – Grupo motocompresor.
- 3 – Refrigerador.
- 4 – Válvula antirretorno.
- 5 – Acumulador de aire, recipiente.
- 6 – Válvula de seguridad. Limitador de presión.
- 7 – Purgador manual.
- 8 – Presostato. Cuando el depósito alcanza la presión máxima, manda una señal de paro al motor.
- 9 – Conjunto de: filtro – indicador de presión – engrasador.

Un recipiente que tiene una capacidad de 200l a una presión de 30 atmósferas, bajo una temperatura de 22° C, se quiere conocer.

- a) Presión del recipiente si se bajara la temperatura a 0° C.
- b) Volumen que ocuparía el aire, bajo una presión de 1 atmósfera y 0° C de temperatura.
- c) Peso del aire contenido en el recipiente.

a) Presión del recipiente si se bajara la temperatura a 0° C.

$$p' = \frac{p \cdot 273}{273 + t} = \frac{30 \cdot 273}{273 + 22} = 27,76 \text{ atmósferas}$$

b) Volumen que ocuparía el aire, bajo una presión de 1 atmósfera y 22° C de temperatura.

$$V' = v \cdot p = 200 \cdot 30 = 6.000 \text{ litros}$$

c) Peso del aire contenido en el recipiente.

Densidad del aire: 1,293 g/dm<sup>3</sup> a la presión de una atmósfera.

Volumen que ocuparía el aire a 0° C

$$V'' = V \cdot P \cdot \frac{273}{273 + 22} = 5.552,54 \text{ litros}$$

$$\text{Peso del aire: } P = V'' \cdot d = 5.552,54 \cdot 1,293 = 7.178,73 \text{ g} = 7,178 \text{ Kg}$$

## FLUIDOS

## CONSUMO DE AIRE PARA CILINDROS NEUMATICOS

Presión de trabajo en atmósferas															
Diam. cilindro mm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Consumo de aire en litros por cm de carrera del cilindro														
6	0,0005	0,0008	0,0011	0,0014	0,0016	0,0019	0,0022	0,0025	0,0027	0,0030	0,0033	0,0036	0,0038	0,0041	0,0044
12	0,002	0,003	0,004	0,006	0,007	0,008	0,009	0,010	0,011	0,012	0,013	0,014	0,015	0,016	0,018
16	0,004	0,006	0,008	0,010	0,011	0,014	0,016	0,018	0,020	0,022	0,024	0,026	0,028	0,029	0,032
25	0,010	0,014	0,019	0,024	0,029	0,033	0,038	0,043	0,048	0,052	0,057	0,062	0,067	0,071	0,076
35	0,019	0,028	0,038	0,047	0,056	0,066	0,075	0,084	0,093	0,103	0,112	0,121	0,131	0,140	0,149
40	0,025	0,037	0,049	0,061	0,073	0,085	0,097	0,110	0,122	0,135	0,146	0,157	0,171	0,183	0,195
50	0,039	0,058	0,077	0,096	0,115	0,134	0,153	0,172	0,191	0,210	0,229	0,248	0,267	0,286	0,305
70	0,076	0,113	0,150	0,187	0,225	0,262	0,299	0,335	0,374	0,411	0,448	0,485	0,523	0,560	0,597
100	0,155	0,231	0,307	0,383	0,459	0,535	0,611	0,687	0,763	0,839	0,915	0,991	1,067	1,143	1,219
140	0,303	0,452	0,601	0,750	0,899	1,048	1,197	1,346	1,495	1,644	1,793	1,942	2,091	2,240	2,389
200	0,618	0,923	1,227	1,531	1,835	2,139	2,443	2,747	3,052	3,356	3,660	3,964	4,268	4,572	4,876
250	0,966	1,441	1,916	2,392	2,867	3,342	3,817	4,292	4,768	5,243	5,718	6,193	6,668	7,144	7,619

## Constantes críticas para algunos gases

Gases	T <sup>a</sup> crítica a 0° C	Presión crítica en Atmósferas
Vapor de agua	+ 374	218
Alcohol etílico	+ 243	63
Cloro	+ 146	76
Anhídrido carbónico	+ 31	73
Metano	+ 82	46
Oxígeno	- 118	51
Hidrógeno	- 240	13
Helio	- 268	2,5
Nitrógeno	- 146	33

## Peso por litro de diferentes gases y vapores industriales a 0° C y 760 Torr.

Acetona	-	2,00
Aceitileno	1,1709	0,9057
Acido clorhídrico	1,6391	1,2679
Aire (seco)	1,2928	1,0000
Alcohol metílico	1,4260	1,1030
Amoníaco	0,7714	0,5967
Anhídrido carbónico	1,9768	1,5291
Argón	1,7839	1,3799
Cloro	3,2140	2,4860
Cloruro metálico	2,3070	1,7840
Etano	1,3560	1,0490
Eter	-	2,5500
Etileno	1,2605	1,5500
Fluor	1,6950	1,3110
Gas del alumbrado	0,5600	0,4300
Helio	0,1785	0,1381
Hidrógeno	0,0898	0,0695
Nitrógeno	1,2505	0,9673
Oxígeno	1,4289	1,1053
Ozono	2,1440	1,6580
Propano	2,0037	1,5500
Vapor de agua	0,7680	0,5941

- 1 – Determinar el peso de un  $m^3$  de aire a  $20^\circ C$  de temperatura y sometida a una presión de 5 atmósferas.

$$\text{Temperatura absoluta: } T = 273 + 25 = 298^\circ$$

$$\text{Presión: } p = 4 \cdot 1,033 = 4,132 \text{ Kg/cm}^2 = 41.320 \text{ Kg/m}^2$$

Peso de un  $m^3$  de aire a  $20^\circ C$

$$P_g = \frac{p \cdot v}{R \cdot T} = \frac{41.320 \cdot 1}{29,27 \cdot 298} = 1,737 \text{ Kg/m}^3$$

- 2 – Determinar el peso del gas contenido en una botella de oxígeno con 70l de capacidad, sometido a una presión de 80 atmósferas y  $20^\circ C$  de temperatura.

Volumen normal equivalente

$$v = 70 \cdot 80 \cdot \frac{293}{273} = 6010l$$

Densidad del oxígeno: 1,43 g/l

Peso del gas contenido en la botella

$$P_g = 6010 \cdot 1,43 = 8594,3g = 8,5943 \text{ Kg}$$

- 3 – ¿Cuál es el peso de un volumen de aire de 200  $m^3$  a 760 de presión atmosférica a  $30^\circ C$ ?

Ecuación y equivalencias:

$$p \cdot v = P_g \cdot R \cdot T$$

$P_g$  – peso del gas en Kg

$p$  – presión del gas en  $\text{Kg/m}^2$

$v$  – volumen del gas en  $m^3$

$R$  – constante del gas

$T$  – temperatura absoluta del gas ( $273 + t^\circ$ )

$$P_g = \frac{p \cdot v}{R \cdot T}$$

Presión a que está sometido el gas

$$p = \frac{P'}{p_{ab}} \cdot 1,033 = \frac{696}{760} \cdot 1,033 = 0,946 \text{ Kg/cm}^2 = 9460 \text{ Kg/m}^2$$

Constante del gas:  $R = 29,27$

Temperatura:  $T = 273 + 30 = 303^\circ$

Peso del gas

$$P_g = \frac{p \cdot v}{R \cdot T} = \frac{9460 \times 200}{29,27 \times 303} = 213,33 \text{ Kg}$$

- 4 – Qué volumen a presión normal (760 mm) ocuparían 10l de aire que se encuentran a 720 mm de presión y  $30^\circ C$  de temperatura.

De la igualdad:  $p \cdot v = p_0 \cdot v_0 (1 + \alpha t)$

$$v_0 = \frac{p \cdot v}{p_0 (1 + \alpha t)} = \frac{72 \cdot 10}{76 (1 + \frac{1}{273} \cdot 30)} = 8,54l$$

Dilatación cúbica del aire y demás gases.

$$\alpha = \frac{1}{273} = 0,003663$$

- 5 — ¿A qué presión en Kg equivalen 760 mm de columna de Hg a 0° C?

La columna de Hg tiene una sección de 1 cm<sup>2</sup> de base, por lo que 760 mm = 76 cm de Hg, corresponden a 76 cm<sup>3</sup>

Peso de la columna de Hg

$$P_c = \frac{V \cdot d}{1.000} = \frac{76 \cdot 13,6}{1.000} = 1.033 \text{ Kg/cm}^2$$

$P_c$  — peso de la columna en Kg  
 $V$  — volumen de la columna en cm<sup>3</sup>  
 $d$  — densidad del mercurio ( $d = 13,6 \text{ Kg/dm}^3$ )

- 6 — ¿A qué presión en Kg equivale una columna de agua de 1 m?

Longitud: 1 m = 10 dm

Sección: 1 cm<sup>2</sup> = 0,01 dm<sup>2</sup>

Densidad del agua:  $d = 1 \text{ Kg/dm}^3$

Peso de la columna de 1 m

$$P_c = 10 \times 0,01 \times 1 = 0,1 \text{ Kg/cm}^2 = 10 \text{ Kg/mm}^2$$

- 7 — ¿Qué presión tendrá un recipiente de 10l de aire a 30° C si a 0° C tenía 5Kg?

No hay variación de volumen, por lo que  $v_0$  (volumen inicial) será igual a  $v$  (volumen final). ( $v_0 = v$ ).  
 De la igualdad del ejercicio 4, se tiene:

$$p = \frac{p_0 \cdot v_0 (1 + \alpha t)}{V} = \frac{5 \cdot 10 \left(1 + \frac{1}{273} \cdot 30\right)}{10} = 5,549 \text{ Kg}$$

- 8 — Un litro de aire seco a 0° C y presión atmosférica de 760 mm de columna de Hg, pesa 1,293g.

8.1 — ¿Cuánto pesará a 26° C?

8.2 — ¿Cuánto pesará a 10 atmósferas y 0° C?

Peso a 26° C

$$P = P_0 \cdot \frac{273}{273 \cdot t} = 1,293 \cdot \frac{273}{273 + 26} = 1,1805g$$

Peso a 10 atm.

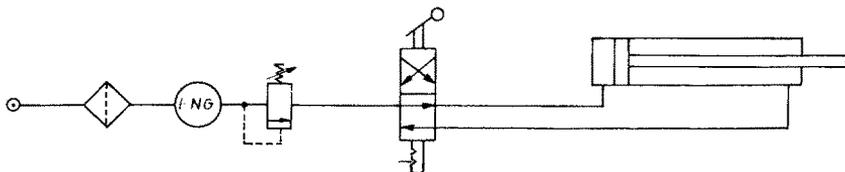
$$P = 1,293 \cdot 10 = 12,93g$$

- 9 — Un volumen de aire de 1l a presión normal, se comprime a 0,2l. Determinar la presión a que ahora se encuentra, si se supone que no hay variación de temperatura.

1 litro de aire a presión normal tiene una presión de 760 mm de columna de Hg = 1,033 Kg/cm<sup>2</sup>

Presión después de la compresión.

$$p = \frac{P^0}{V} = \frac{1.033}{0,2} = 5,165 \text{ Kg/cm}^2$$



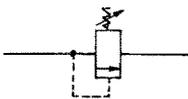
Circuito neumático simple que se analiza a continuación por elementos

**FILTRO**

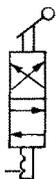
El filtro tiene por misión, purificar el aire, evitando el paso de partículas nocivas para los elementos móviles del circuito.

**ENGRASADOR**

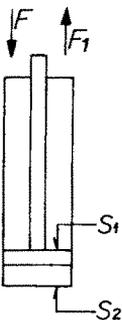
Su misión es la de engrasar las partes móviles, a la vez que evita la oxidación de los elementos del circuito, como consecuencia de la humedad que se contiene en el aire.

**MANORREDUCTOR**

Su función es la de regular la presión en el circuito de utilización, independientemente de la presión de la red de suministro. Las tuberías tendrán el diámetro suficiente que permita que la secuencia se realice en el tiempo previsto.

**DISTRIBUIDOR**

El distribuidor es el elemento de maniobra del circuito. El distribuidor podrá ser accionado de forma mecánica, neumática y eléctrica. Los hay de muy diversos tipos de acuerdo con la maniobra o maniobras a realizar.

**CILINDRO**

Sección (S)

$$S = \frac{F}{p}$$

S — sección en cm<sup>2</sup>  
F — fuerza en Kp  
p — presión en bar o Kg

Sección (S<sub>1</sub>)

$$S_1 = 0,785 D^2$$

S<sub>1</sub> — sección lado contrario al vástago  
D — diámetro del cilindro

Sección (S<sub>2</sub>)

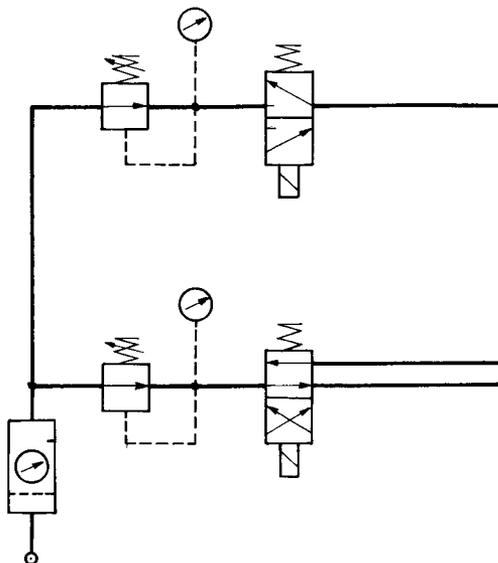
$$S_2 = \frac{S_1}{1,4}$$

S<sub>2</sub> — sección lado vástago  
F — fuerza salida en daN (Kg)  
F<sub>1</sub> — fuerza entrada en daN

Compresión  $F = S_1 \cdot p$ ; Tracción  $F_1 = S_2 \cdot p$

## Capítulo 4

### Esquemas neumáticos

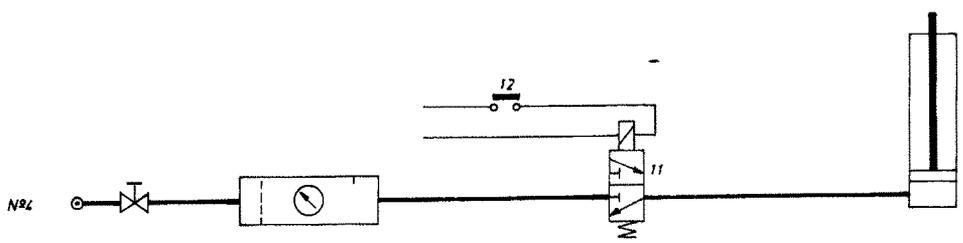
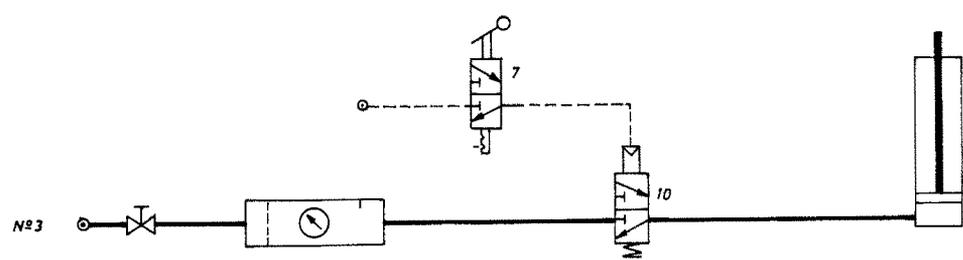
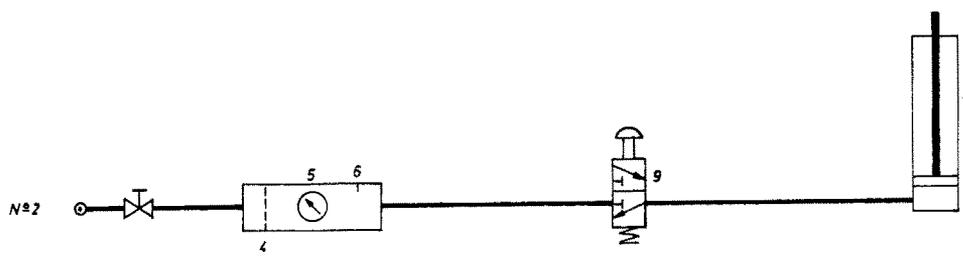
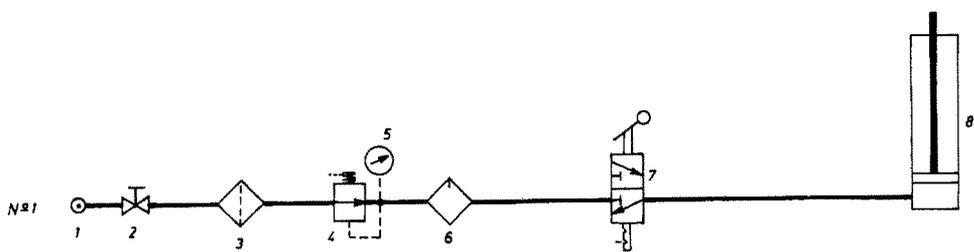


En este capítulo se estudian 59 esquemas, siendo muchos de ellos mixtos (electro-neumáticos).

Se parte de sencillos esquemas, que poco a poco aumentan en dificultad a medida que avanza el capítulo.

En los esquemas presentados se utilizan gran número de elementos neumáticos y eléctricos.

Sería interesante que los ejercicios se complementaran con catálogos de las casas fabricantes de aparellaje neumático, ya que de esta forma el lector tomará un mayor contacto con la realidad.



## DIVERSAS FORMAS DE MANDO DE UN CILINDRO DE SIMPLE EFECTO

Nº 1— Mando de un cilindro de simple efecto, por medio de un distribuidor de dos posiciones (2p) y tres vías (3v) accionado manualmente.

El distribuidor permanecerá en la posición cambiada en tanto no se vuelva a cambiar su posición.

El circuito dispone de los siguientes elementos

- 1 — Acometida. Inicio de instalación. Conexión o red de aire con presión.
- 2 — Válvula de aislamiento manual.  
Sirve para cerrar o aislar el circuito, cuando se desea intervenir en elementos del circuito.
- 3 — Filtro.
- 4 — Manorreductor.
- 5 — Indicador de presión.
- 6 — Engrasador.
- 7 — Distribuidor manual.
- 8 — Cilindro de simple efecto.  
Salida del vástago por presión del aire del circuito.  
Entrada del vástago por presión exterior.

Nº 2— Mando de un cilindro de simple efecto por medio de un distribuidor de 2p y 3v, tipo pulsador, accionado a mano.

Al cesar la fuerza que oprime el pulsador, el distribuidor vuelve a la posición inicial.

En este circuito se repiten todos los elementos del Nº 1, salvo el 7 que se ha sustituido por el 9.

El conjunto; filtro, manorreductor, indicador de presión y engrasador, se sustituyen por un símbolo único que simplifica el esquema.

Nº 3— Mando de un cilindro de simple efecto por medio de un distribuidor de 2p y 3v pilotado neumáticamente (presión del aire) por medio de otro distribuidor de 2p y 3v.

El distribuidor de maniobra su situará en el lugar que más convenga a la maniobra.

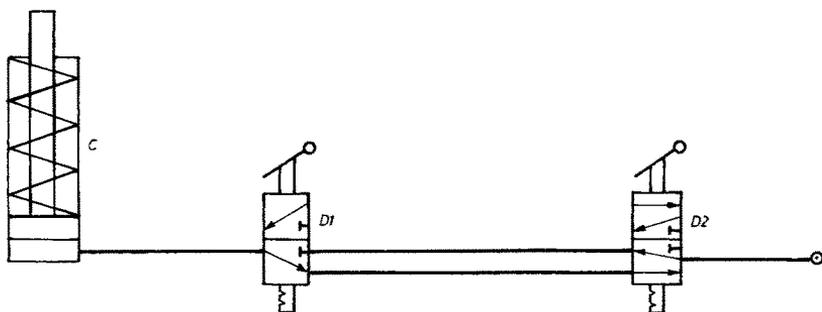
El distribuidor de maniobra tendrá dimensiones inferiores al distribuidor de potencia.

Nº 4— Mando de un cilindro de simple efecto por medio de un distribuidor de 2p y 3v pilotado eléctricamente mediante electroimán, pilotado a su vez por un contacto eléctrico que forma parte del telemando.

Hay distribuidores con accionamiento mixto, eléctrico y neumático.

El electroimán abre un paso, a través del cual pasa el aire a presión que empuja el émbolo del distribuidor cambiándolo de posición.

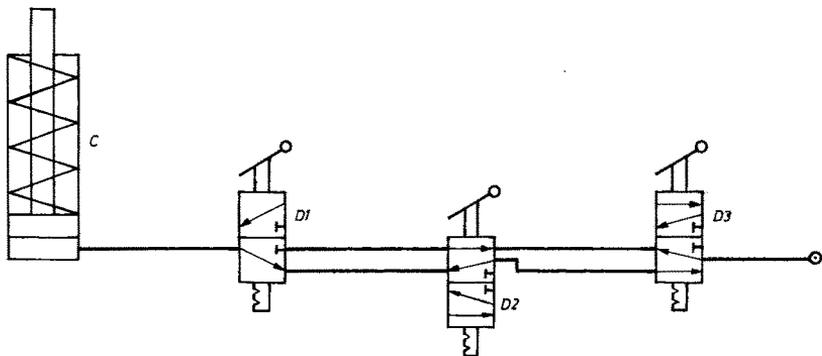
La utilización de los distribuidores pilotados eléctricamente facilita muchísimo la consecución de maniobras complicadas, razón por la cual son muy empleados.



Esquema de mando para un cilindro de simple efecto, con pilotaje desde dos puntos. Esquema tipo lámparas conmutadas.

El esquema consta de un cilindro de simple efecto con retorno por resorte y salida por presión, con mando por dos distribuidores de accionamiento manual, siendo uno de 2p y 5v.

El cambio de posición de cualquiera de los dos distribuidores, cambia igualmente la posición del vástago del cilindro.

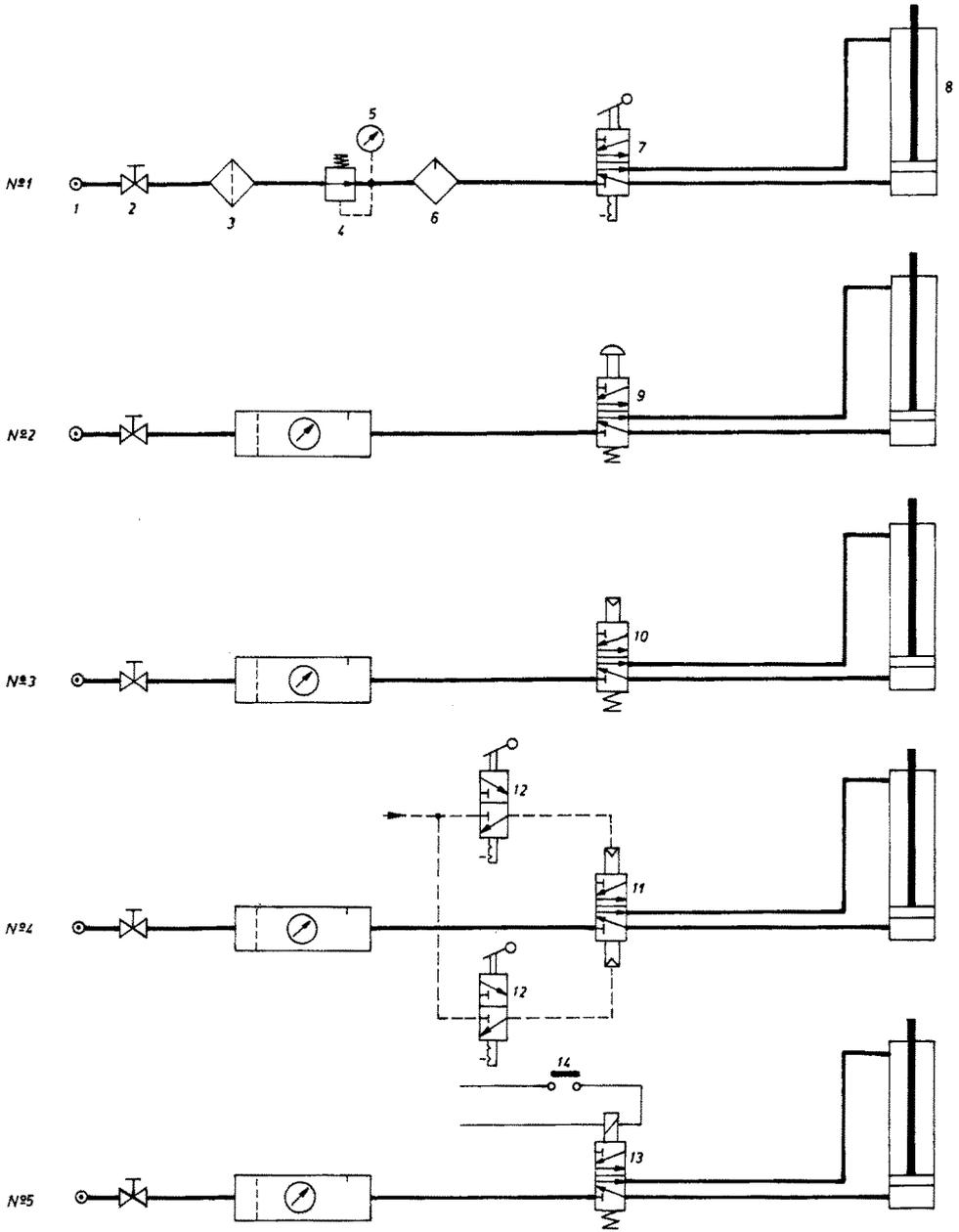


Esquema de mando para un cilindro de simple efecto, con pilotaje desde dos puntos. Esquema tipo lámparas conmutadas.

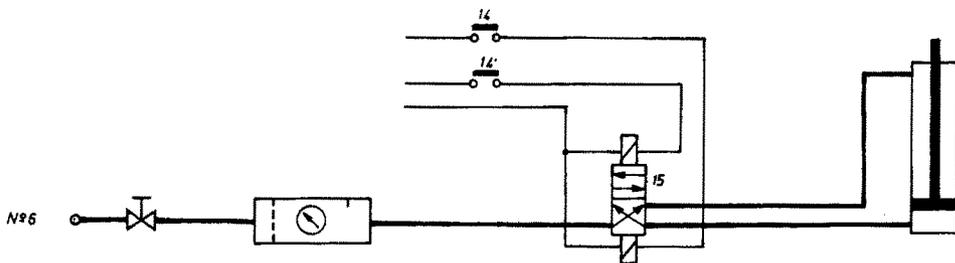
Este esquema representa un paso más sobre el ejercicio anterior y al igual que aquel consta de un cilindro de simple efecto con salida por presión y retorno por resorte, con mando por dos distribuidores de 2p. y 5v. y uno de 2p. y 3v.

Cualquiera de los tres distribuidores de que consta el esquema al ser modificada su posición cambia igualmente la posición del cilindro.

Ambos esquemas son más didácticos que prácticos. Su interpretación y diseño ayudará a un mejor desarrollo y comprensión de las maniobras neumáticas utilizando distribuidores.



En el cilindro de doble efecto, los movimientos del vástago, salir y entrar, se hacen por presión del aire del circuito.

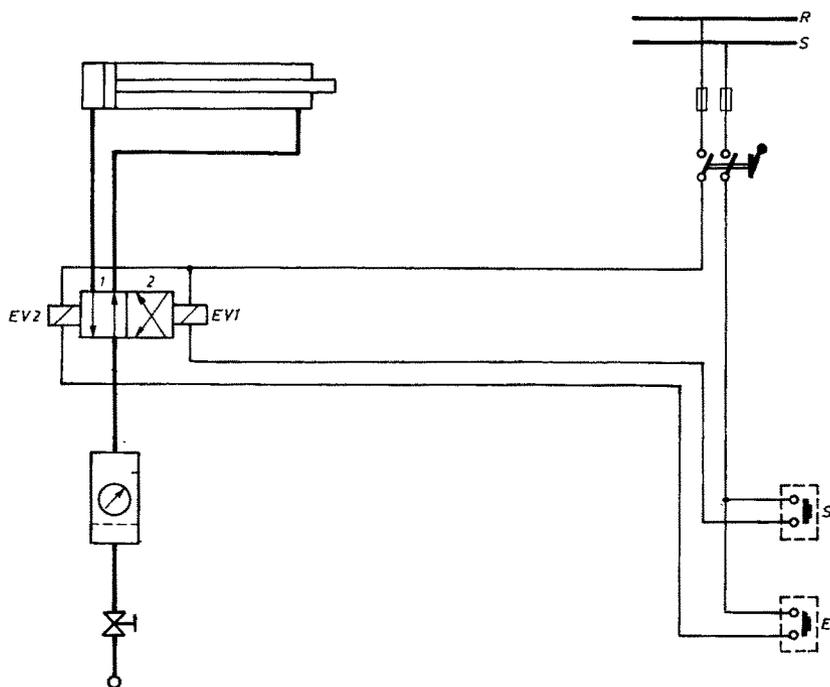


**DIVERSAS FORMAS DE MANDO DE UN CILINDRO DE DOBLE EFECTO**

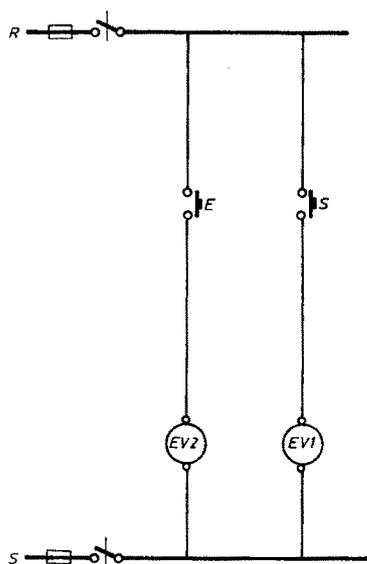
- Nº 1 – Mando de un cilindro de doble efecto por medio de un distribuidor de 2p y 5v accionando manualmente.
- Nº 2 – Mando de un cilindro de doble efecto por medio de un distribuidor de 2p y 5v accionado manualmente (pulsador), con retorno a la posición de reposo por medio de resorte.
- Nº 3 – Mando de un cilindro de doble efecto por medio de un distribuidor de 2p y 5v con mando neumático y retorno a la posición de reposo por medio de resorte.
- Nº 4 – Mando de un cilindro de doble efecto por medio de un distribuidor de 2p y 5v con doble pilotaje neumático.  
 La corredera del distribuidor es biestable, es decir, que se queda en la última posición pilotada. El pilotaje del distribuidor se hace desde dos distribuidores pilotados manualmente.
- Nº 5 – Mando de un cilindro de doble efecto por medio de un distribuidor de 2p y 5v pilotado eléctricamente. Retorno de la corredera a la posición de reposo por medio de resorte, una vez desexcitada la bobina.
- No 6 – Mando de un cilindro de doble efecto por medio de un distribuidor de 2p y 5v pilotado eléctricamente en los dos sentidos.  
 El comportamiento del distribuidor es igual al explicado para el esquema nº 4.

**RELACION DE ELEMENTOS QUE FORMAN PARTE DE LOS CIRCUITOS**

- |   |  |
|---|--|
| 1 – Acometida a la red de presión             | 12 – Distribuidor. Accionamiento manual.     |
| 2 – Llave general de cierre.                  | 13 – Distribuidor. Pilotaje eléctrico.       |
| 3 – Filtro                                    | 14.14' – Contacto eléctrico.                 |
| 4.5 – Manorreductor con indicador de presión. | Pilotan las dos posiciones del distribuidor. |
| 6 – Engrasador                                | 15 – Distribuidor. Pilotaje eléctrico.       |
| 7 – Distribuidor de accionamiento manual.     |  |
| 8 – Cilindro neumático.                       |  |
| 9 – Distribuidor. Otra versión de manual.     |  |
| 10 – Distribuidor. Pilotaje neumático.        |  |
| 11 – Distribuidor. Pilotaje neumático.        |  |



ESQUEMA GENERAL DE CONEXIONES



ESQUEMA ELECTRICO FUNCIONAL

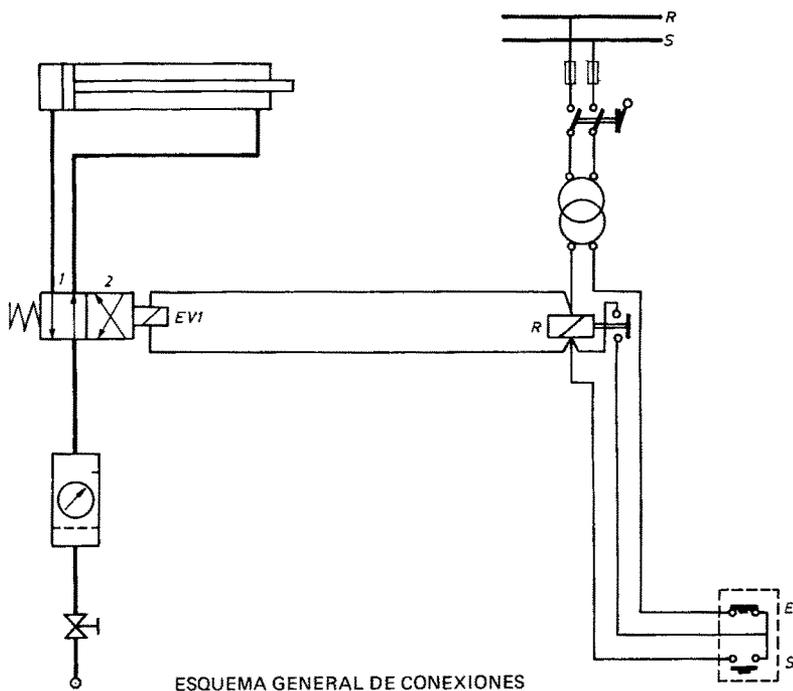
Esquema electroneumático para el mando de un cilindro de doble efecto, por medio de un distribuidor biestable de 2p. y 4v. con pilotaje para ambas posiciones por electroválvula.

Con este esquema se pretende explicar el funcionamiento del automatismo eléctrico comenzando a partir de este sencillo esquema.

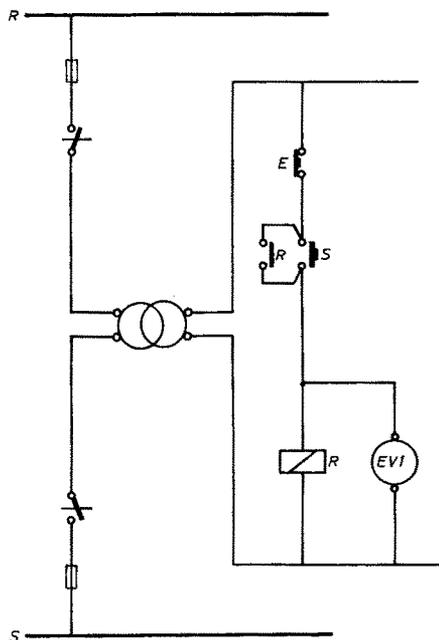
Para que salga el vástago habrá que pulsar en S. Al pulsar, se alimenta EV1 para que el distribuidor cambie su posición. Cuando se deja de pulsar el distribuidor quedará en la nueva posición, hasta que no haya un nuevo pilotaje en sentido contrario. Para que el vástago haga el retorno, se pulsará en E, que alimenta a EV2. La electroválvula volverá a cambiar la posición del distribuidor.

Al ser el distribuidor biestable, basta con el impulso que le da el electroimán durante el instante que se oprime el pulsador para que se realice el cambio de posición y en la que permanecerá mientras no haya nuevo impulso en sentido contrario.

En esta lámina se representa conjuntamente el esquema neumático y eléctrico y separadamente el esquema funcional eléctrico.



ESQUEMA GENERAL DE CONEXIONES



ESQUEMA ELECTRICO FUNCIONAL

Esquema electroneumático para el mando de un cilindro de doble efecto, por medio de un distribuidor de 2p y 4v con pilotaje por electroválvula para una posición (salida), y resorte para la otra (entrada).

El mando eléctrico se hace desde una botonera de marcha y paro.

El esquema eléctrico está pilotado bajo una tensión de 110V, lo que se consigue reduciendo la tensión de la red que es de 380V, con un transformador.

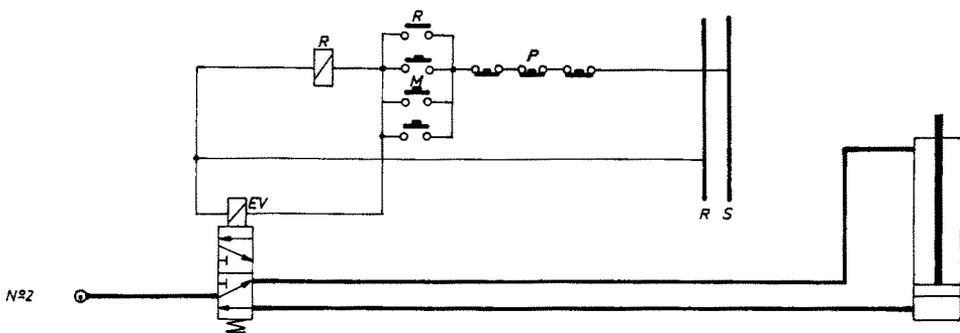
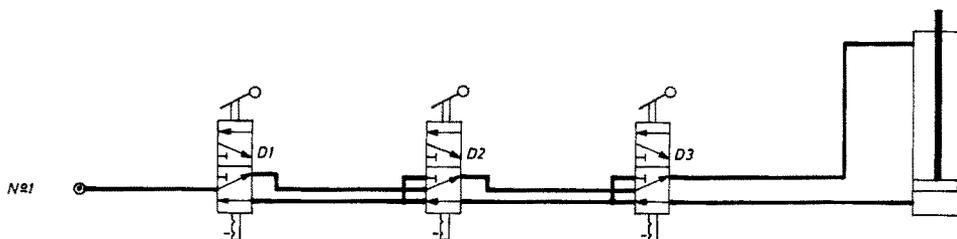
Queremos insistir en la diferencia entre este esquema y el precedente. En el anterior, al ser el distribuidor biestable, bastaba con un impulso para cambiar la posición del distribuidor.

En este caso, si se quiere que el distribuidor permanezca en la posición 2 deberá pilotarse EV1 todo el tiempo que se desee mantener la maniobra. Como quiera que la bobina del electroimán debe quedar pilotada todo el tiempo que dure la maniobra, necesita la ayuda de un relé que se conectará en paralelo (R + EV1).

Como se sabe, el relé queda realimentado después de pulsar en S por medio de su contacto auxiliar.

El paro se consigue al pulsar en E, cae la maniobra R + EV1. El resorte del distribuidor devolverá a éste a la posición de reposo.

En esta lámina se representan conjuntamente el esquema neumático y eléctrico y separadamente el esquema funcional.



Mando de un cilindro de doble efecto, desde varios puntos.

N° 1 — Mando de un cilindro de doble efecto desde tres puntos indistintamente, por medio de distribuidores de 2p y 5v, con accionamiento manual.

N° 2 — Mando de un cilindro de doble efecto desde tres puntos para mandar salida de vástago y tres puntos, que pueden estar emparejados con los de salida, para efectuar la entrada.

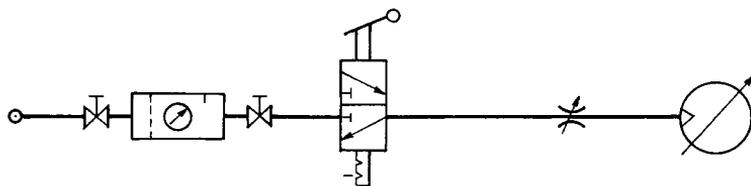
Para salida de vástago, pulsar en M.

Para entrada de vástago, pulsar en P.

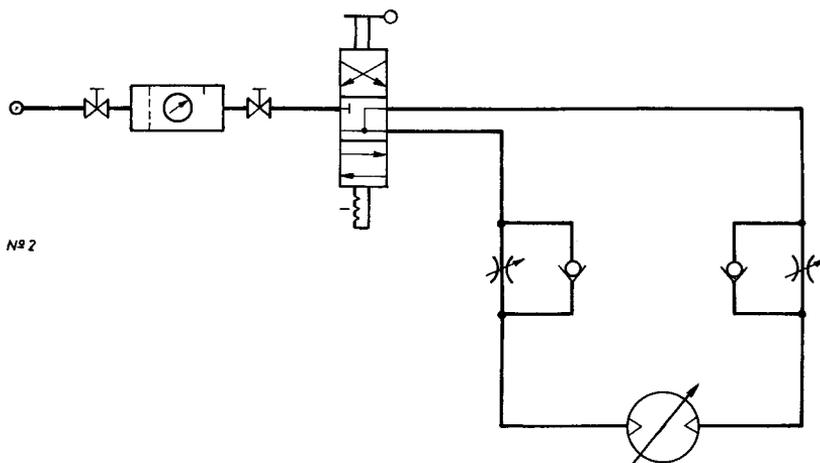
El gobierno del distribuidor pilotado por electroválvula se hace a través de un relé al que se conecta en paralelo la electroválvula.

Cuando se pulsa en M, se excita la bobina del relé que se realimenta a través de contacto auxiliar R hasta que no se interrumpa el circuito pulsando en P.

Como puede apreciarse fácilmente al comparar los dos esquemas, puede verse que el esquema mixto (neumático-eléctrico) resulta más simple en la parte neumática y más sencillo en la realización y colocación de los elementos de maniobra.



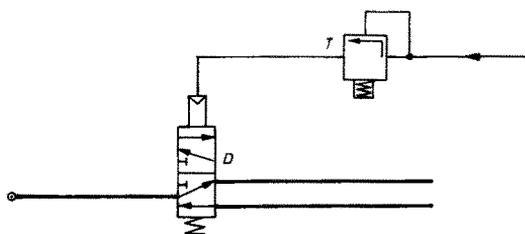
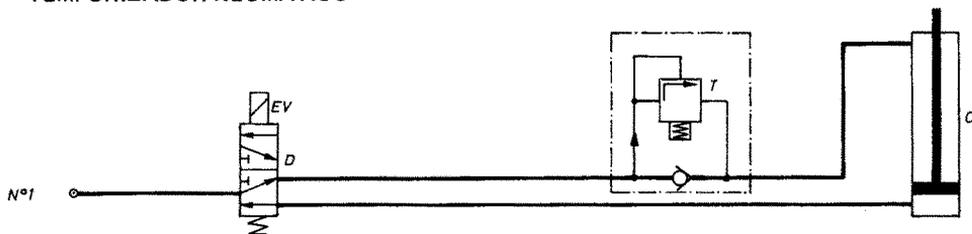
Nº 1



Nº 2

- Nº 1 – Esquema para el mando de un motor neumático con pilotaje desde un distribuidor de 2p a 4v de accionamiento manual.  
 El motor tiene un solo sentido de giro y regulación de caudal, por lo que su velocidad será variable.  
 El esquema se inicia con un filtro, manorreductor y filtro.
- Nº 2 – Esquema para el mando de un motor neumático con pilotaje desde un distribuidor de 3p y 3v de accionamiento manual.  
 El motor tiene dos sentidos de giro y regulación de caudal individual para cada sentido de giro, lo que hace que la velocidad pueda ser variable.  
 Como puede apreciarse en ambos esquemas, el mando de un motor neumático resulta muy sencillo, equivaliendo el esquema nº 1 al mando de un cilindro de simple efecto y el nº 2 al mando de un cilindro de doble efecto.

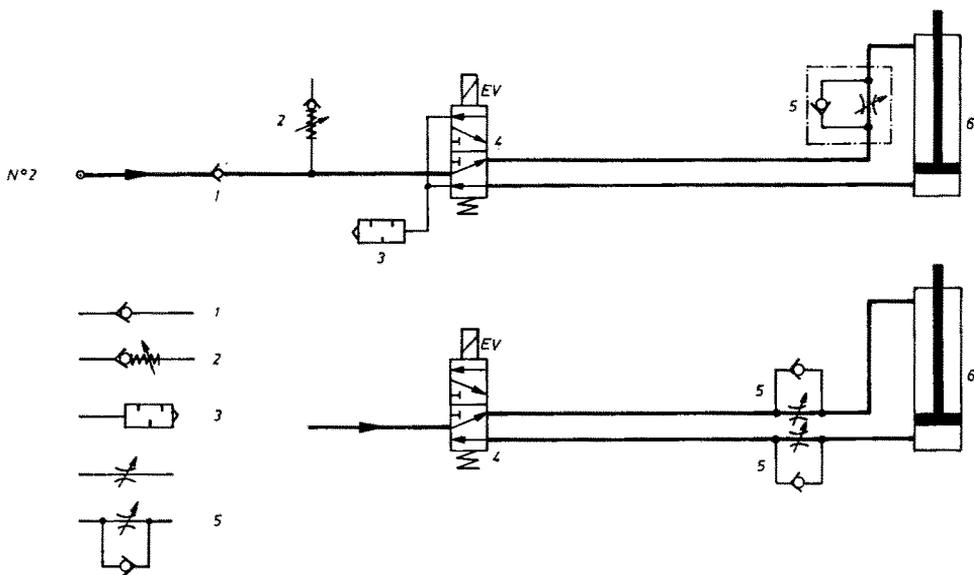
TEMPORIZADOR NEUMÁTICO



Este esquema es una variante de utilización del temporizador.

El temporizador se ha intercalado en el circuito de maniobra del distribuidor, retardando la maniobra del mismo durante un tiempo, desde que se da la señal de cambio.

ELEMENTOS DE REGULACION EN UN CIRCUITO NEUMÁTICO



Nº 1— Mando de un cilindro de doble efecto mediante un distribuidor de 2p y 5v pilotado por electroválvula y retorno por resorte.

Cuando el distribuidor cambia de posición al recibir una señal eléctrica, el vástago del cilindro realiza la salida inmediatamente al cambio. Esta salida se hace de forma rápida, ya que el circuito no tiene ningún impedimento.

Al cambiar de nuevo la posición del distribuidor para que el vástago efectúe la entrada (retorno), ésta no se hará hasta que pasado un tiempo, previamente reglado en el temporizador y que será, cuando el circuito quede libre de obstáculos.

La presión que el distribuidor envía al cilindro para que su vástago realice la entrada, se encuentra con el temporizador y el antirretorno, razón por la cual, mientras que el temporizador pilotado por la misma presión del circuito no abra el paso, no se ejecutará la maniobra.

Nº 2— En el circuito que aquí se representa, se han introducido diferentes elementos neumáticos que se van a encontrar en los ejercicios que se estudian en este capítulo.

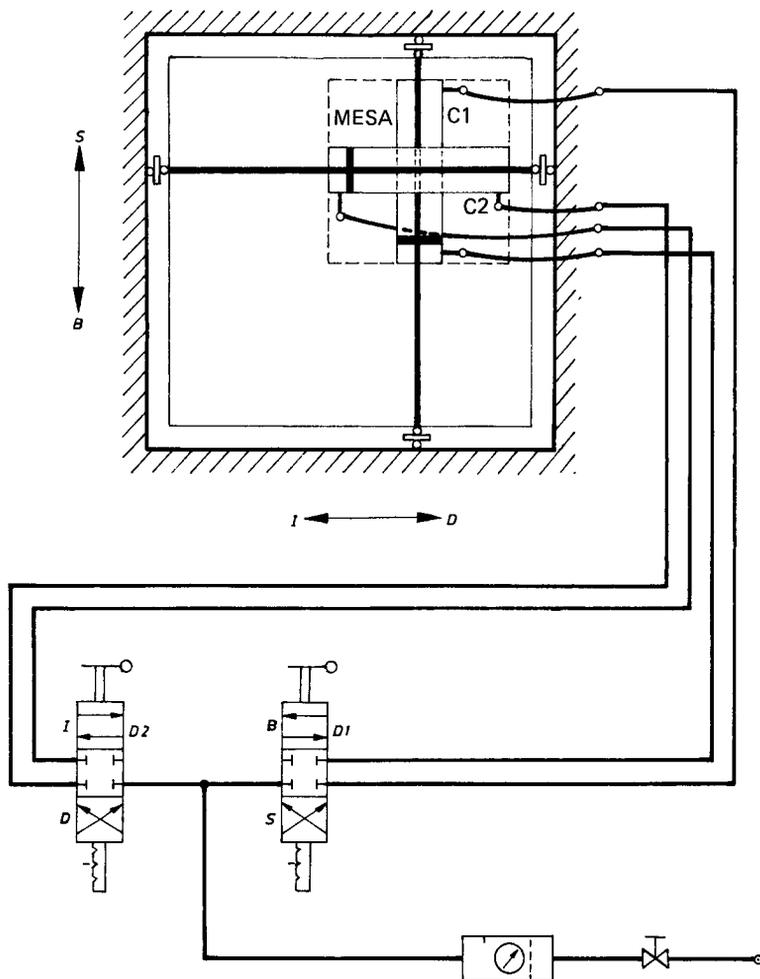
El esquema básicamente está preparado para el mando de un cilindro de doble efecto por medio de un distribuidor de 2p y 5v pilotado por electroválvula, con salida lenta del vástago y entrada rápida.

Los elementos que forman parte del circuito son:

- 1 — Antirretorno simple.
- 2 — Antirretorno que pone el circuito a escape.
- 3 — Silenciador de escape para las dos posiciones del distribuidor.
- 4 — Distribuidor.
- 5 — Conjunto regulador de caudal en una dirección.
- 6 — Cilindro de doble efecto.

Nº 3— Variante del esquema nº 2, con la particularidad de que los avances del vástago del cilindro pueden regularse en velocidad y tiempo en su salida y entrada, mediante regulador de caudal en un sentido, intercalado en las dos tuberías de alimentación del cilindro.

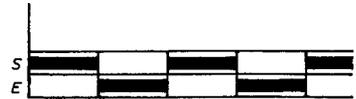
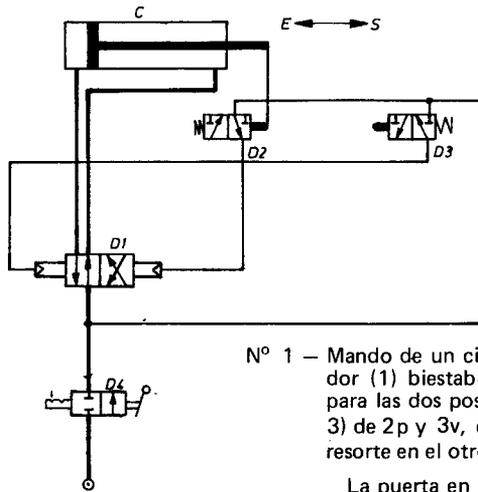
En la realidad práctica, se utilizan los elementos aquí representados de forma más concreta y puntual. Con estos ejemplos sólo se pretende que el lector vea el lugar donde pueden colocarse estos aparatos representados por símbolos.



Accionamiento de una mesa móvil por medio de dos cilindros de doble efecto y doble vástago, fijos en los extremos, pero con posibilidad de desplazamiento, los cuales están gobernados por dos distribuidores de 3 posiciones y 4 vías mandados neumáticamente.

Poniendo los distribuidores en la posición centro cerrado, la mesa quedará bloqueada.

El cuerpo de los cilindros está fijado a la mesa, y recuperan vástago en un sentido y otro, según por donde entre el aire a los cilindros.



Nº 1 — Mando de un cilindro de doble efecto mediante un distribuidor (1) biestable (\*) de 2p y 4v, pilotado neumáticamente para las dos posiciones, por medio de dos distribuidores (2 y 3) de 2p y 3v, con accionamiento mecánico en un sentido y resorte en el otro.

La puerta en marcha del circuito se hace por medio de otro distribuidor (4) de 2p y 3v con accionamiento manual.

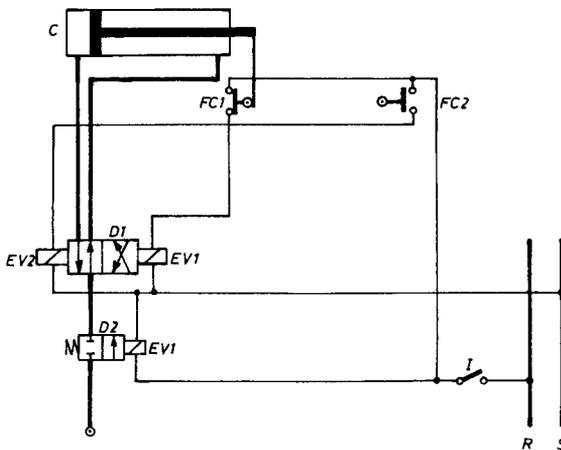
Al darle presión al circuito por cambio de posición de (4), el vástago del cilindro inicia la salida.

Cuando el vástago llega al límite de su recorrido, acciona el distribuidor (3), cambiándose la posición del distribuidor que pilota a su vez al distribuidor (1), que al cambiar su posición hace que se invierta la alimentación al cilindro y con ello que el vástago realice el retorno.

Cuando el vástago complete su entrada, acciona el distribuidor (2), quien a su vez pilota a (1), cambiando su posición haciendo que el vástago inicie de nuevo la salida.

Las salidas y entradas del vástago se repetirán de forma continua en tanto que no se accione el distribuidor (4).

(\*) Se entiende por distribuidor biestable a aquel cuya corredera permanece en la posición últimamente pilotada aunque falte la presión.

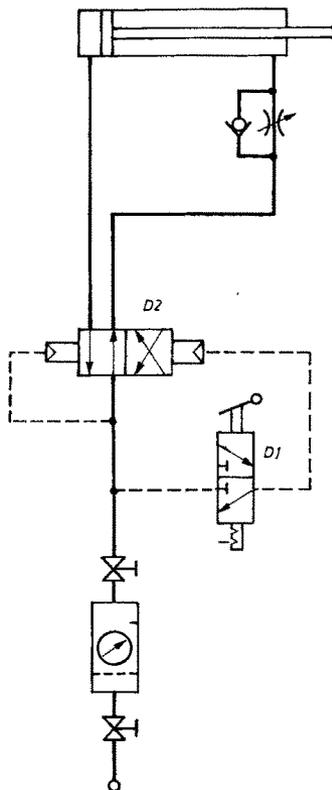


Nº 2— Igual maniobra que en el ejemplo anterior, pero sustituyendo los elementos de maniobra con pilotaje neumático por eléctrico.

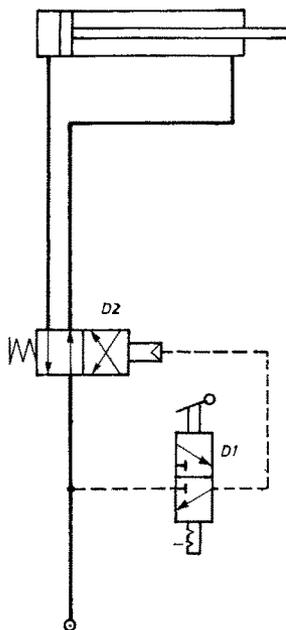
El esquema queda sensiblemente simplificado al sustituir los elementos neumáticos por eléctricos.

El mando del circuito se hace, accionando un interruptor.

Nº1



Nº2



Diversos esquemas para el mando de un cilindro gobernado por distribuidor pilotado neumáticamente.

Nº 1 — Mando de un cilindro de doble efecto por medio de un distribuidor (D2) de 2p y 4v con pilotaje por aire desde otro distribuidor (D1) de 2p y 3v de accionamiento manual, con retorno a la posición de reposo por la presión del aire de la red.

El distribuidor D2 funciona por presión diferencial que llega desde la misma red.

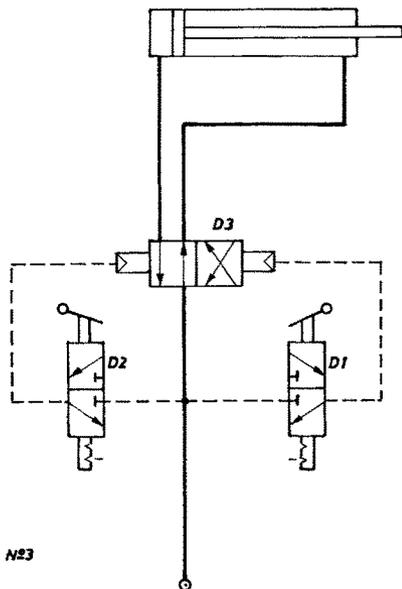
Al poner D1 a escape, la presión de la red devuelve a D2 a la posición representada en el esquema.

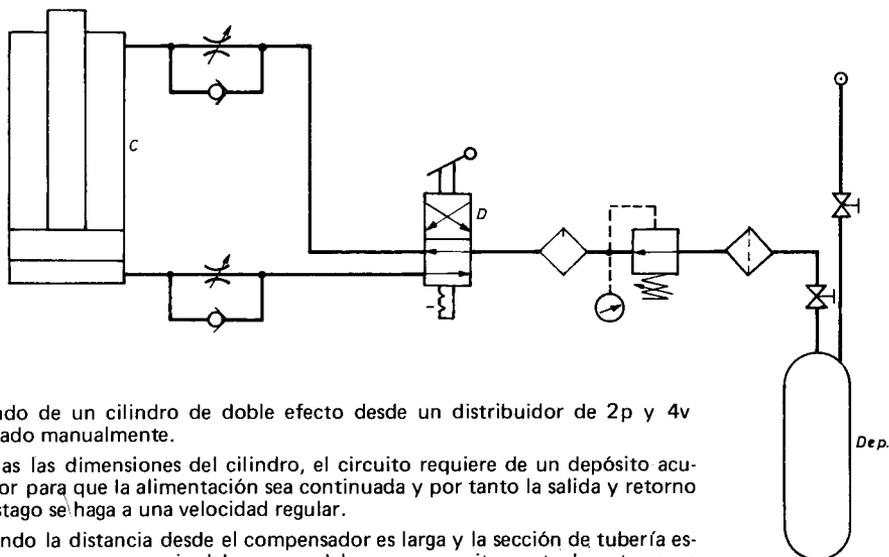
Nº 2 — Esquema similar al nº 1 con la diferencia de que el distribuidor D2 retorna a la posición de reposo, al cesar el pilotaje desde D1, por resorte.

Nº 3 — Esquema de maniobra para un cilindro con la misma finalidad que los dos anteriores, pero con mando por distribuidores de 2p y 3v de accionamiento manual, siendo el distribuidor D3 de pilotaje biestable, es decir, que queda en la última posición pilotada.

Estando pilotado D3 desde D2, aunque se accione D1 no habrá pilotaje desde este último mientras no se suprima el pilotaje desde D2.

Nº3

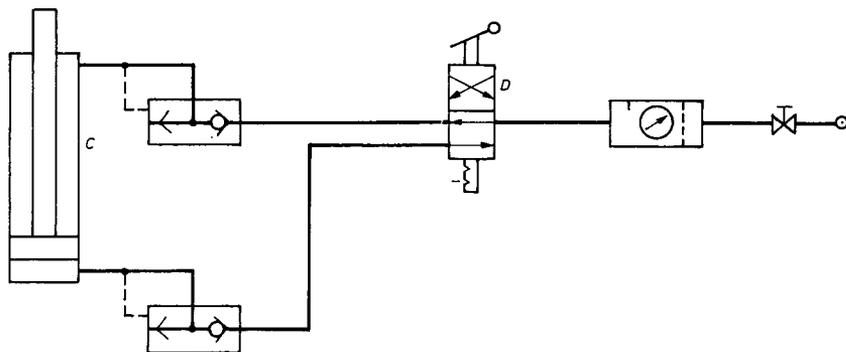




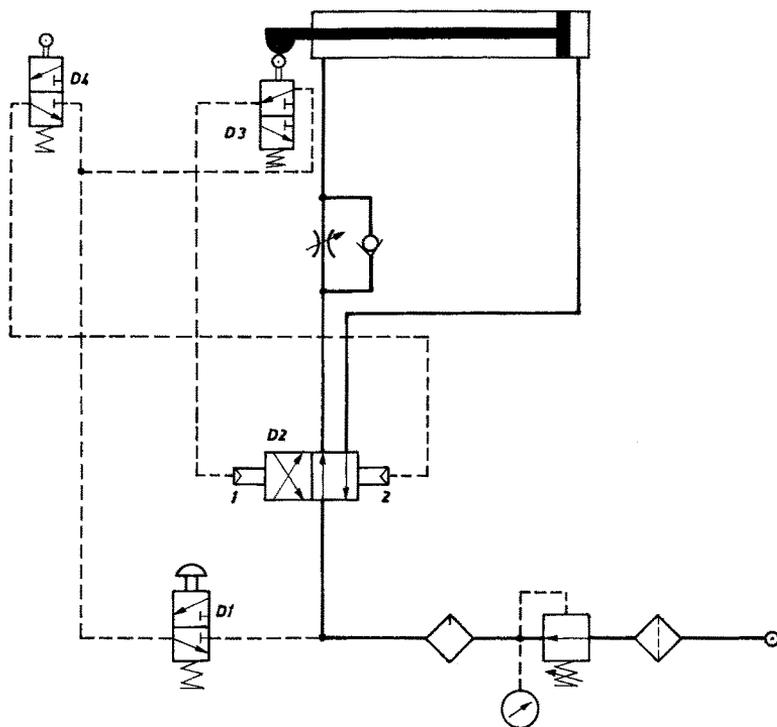
Mando de un cilindro de doble efecto desde un distribuidor de 2p y 4v accionado manualmente.

Dadas las dimensiones del cilindro, el circuito requiere de un depósito acumulador para que la alimentación sea continuada y por tanto la salida y retorno del vástago se haga a una velocidad regular.

Cuando la distancia desde el compensador es larga y la sección de tubería es casa y como consecuencia del gran caudal que se necesita puntualmente en un momento dado, podría ser causa a su vez de una pérdida de carga, es aconsejable poner un acumulador lo más próximo a la utilización.



Esquema para el mando de un cilindro de doble efecto, con gobierno por distribuidor de 2p y 4v, de accionamiento manual, teniendo como particularidad el que el escape del aire puesto a la atmósfera se hace de forma rápida, utilizando selectores que se acoplan lo más próximo a los dos orificios de alimentación del cilindro.



Esquema para el mando de un cilindro de doble efecto, que, cada vez que se pulsa en el distribuidor D1, el vástago realiza la maniobra de salida a retorno.

El circuito consta de:

- 1 equipo regulador a base de: filtro, manorreductor y engrasador.
- 1 distribuidor D1 de 2p y 3v de accionamiento manual por pulsador.
- 1 distribuidor D2 de 2p y 4v de pilotaje neumático biestable para las dos posiciones.
- 2 distribuidores D3 y D4 de 2p y 3v de accionamiento mecánico.
- 1 conjunto regulador de caudal para regular la velocidad de salida del vástago.

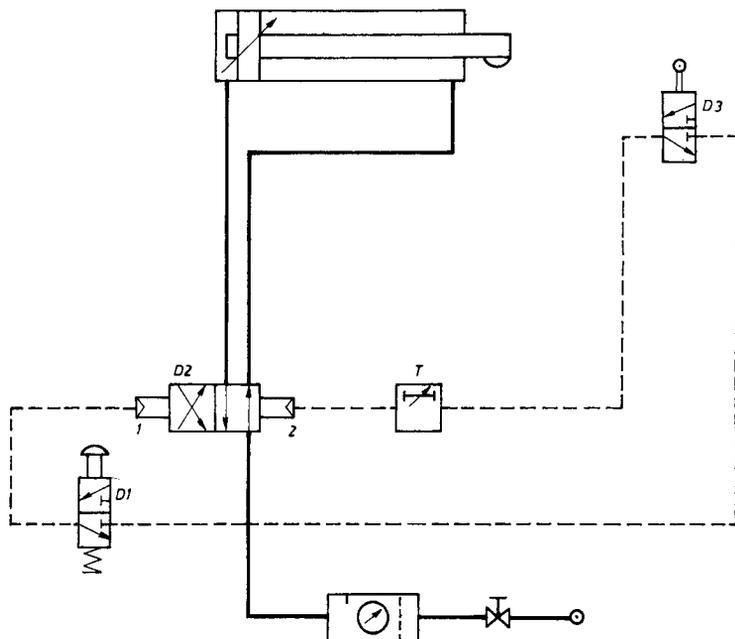
#### Funcionamiento:

Al pulsar en D1, a través de D3 llega aire de pilotaje a (1) del distribuidor D2 con lo que éste cambia su posición, de manera que el cilindro realiza la salida de su vástago a velocidad regulada.

Al llegar el vástago al final de su recorrido quedará concluida la maniobra. Será en este momento cuando quede accionado D4, quien prepara el circuito para que al pulsar de nuevo en D1 se disponga el circuito para que el vástago haga el retorno.

Estando accionado D4, al pulsar en D1 llega aire de pilotaje a (2) del distribuidor D2 con lo que éste cambia su posición para que el vástago realice el ciclo de retorno.

Cada vez que se pulsa en D1, el vástago realiza el ciclo de salida a retorno, siendo la salida regulada en lo que a velocidad se refiere y rápida para el retorno.



Esquema para el mando de un cilindro de doble efecto, que cada vez que se pulsa en D1 el vástago realiza el ciclo de salida y el de retorno después de un tiempo de haber concluido la salida.

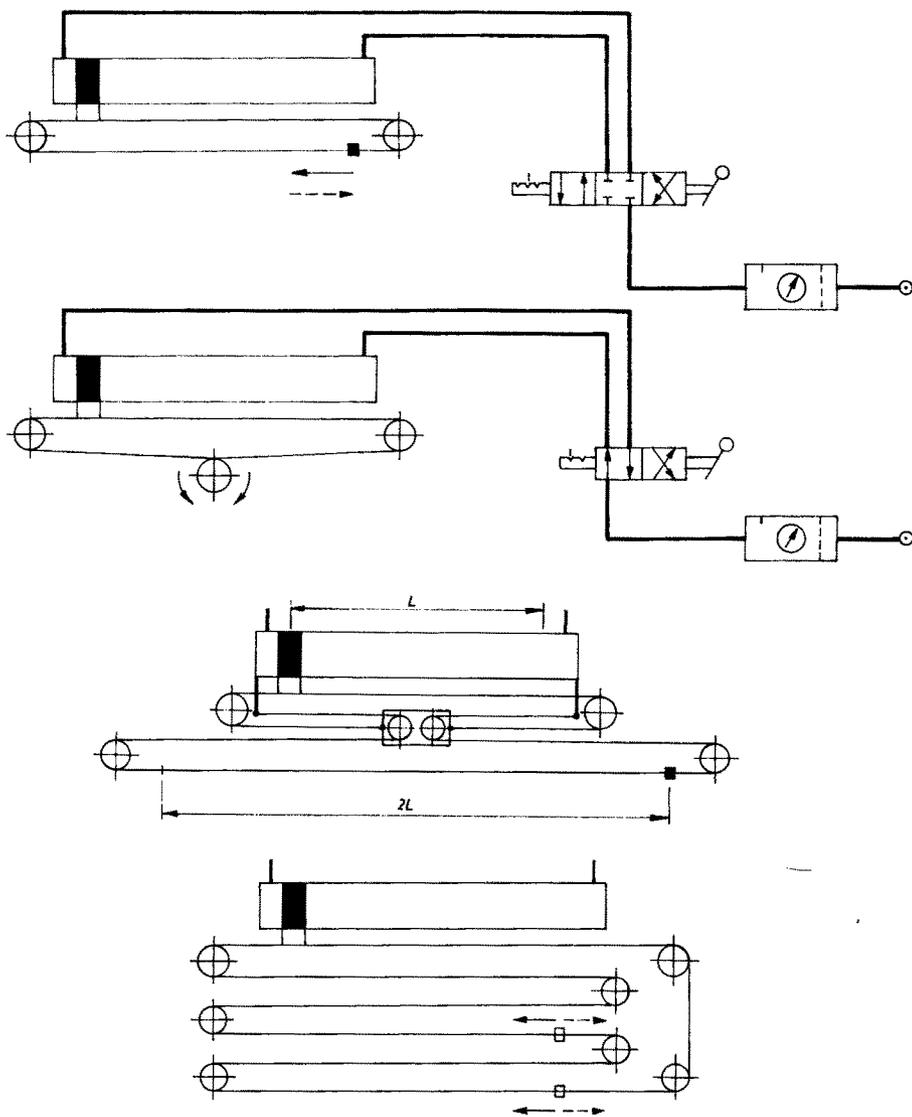
El circuito consta de:

- 1 conjunto regulador de presión y condiciones del aire.
- 1 distribuidor regulador de presión y condiciones del aire.
- 1 distribuidor D1 de 2p y 3v de accionamiento manual por pulsador.
- 1 distribuidor D2 de 2p y 4v de pilotaje neumático biestable para las dos posiciones.
- 1 distribuidor D3 de 2p y 3v de accionamiento manual.

#### Funcionamiento:

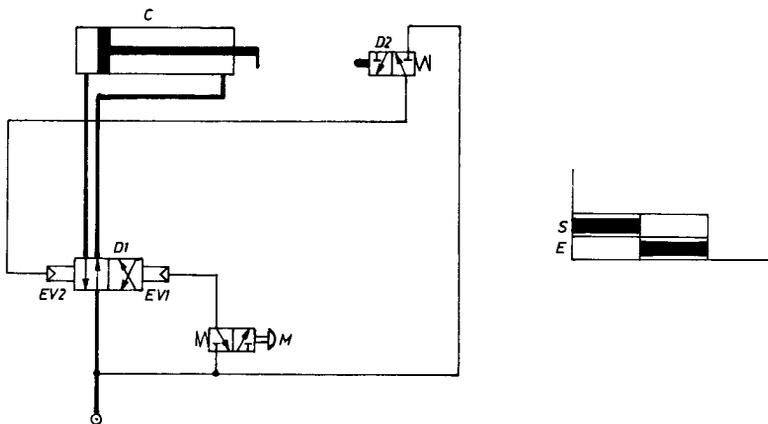
Al pulsar en D1 llega aire a (1) de D2 con lo que el distribuidor cambia de posición y lo dispone para que el vástago realice la salida.

Al llegar el vástago al final de su recorrido acciona el final de curso D3 que deja pasar aire de pilotaje hacia D2, que se encuentra con el temporizador T quien hasta después de transcurrido no dejará pasar el aire a (2) de D2. Será en este momento cuando D2 cambia de posición y la presión del aire que llega al cilindro haga que el vástago realice el ciclo de retorno. Cada vez que se pulse en D1 el cilindro realiza el ciclo que se ha descrito.



Diversas aplicaciones de cilindros especiales, que disponen de émbolo y no de vástago.

- 1 — Desplazamiento de una puerta, una regla corredera, un chasis de máquina, etc.  
 La longitud de desplazamiento es igual a la carrera del émbolo.
- 2 — Giro de un redondo o eje, a partir de un cilindro como el que muestra la figura.  
 El eje girará a derecha o izquierda, según sea la posición del distribuidor y desplazamiento del émbolo.
- 3 — Una forma de aumentar el espacio de recorrido. En este caso, multiplicando por dos.
- 4 — Complejo sistema para hacer que dos soportes de pistolas de pintura, se desplacen en el sentido que se indica en la figura.



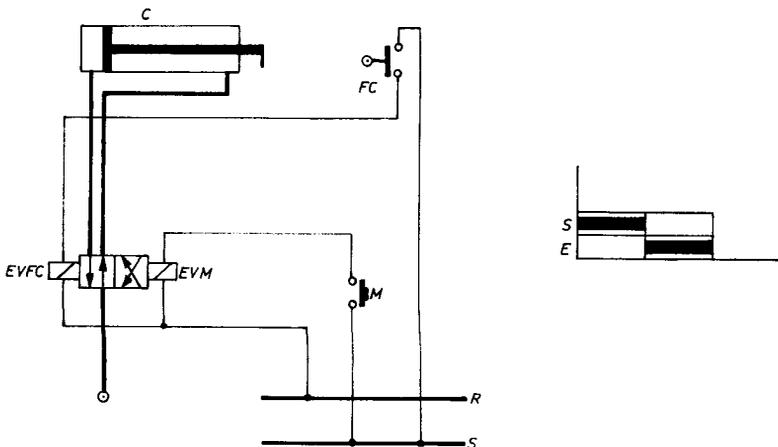
— Gobierno de un cilindro de doble efecto, de manera que cada vez que se oprime el distribuidor M, el vástago hace automáticamente la salida y su entrada a continuación.

El distribuidor (1) es biestable.

Pulsando en M, se pilota (1), que cambia su posición, iniciando el vástago la salida.

Cuando el vástago completa su salida, acciona (2), pilotando a (1), cambiando su posición e iniciando el vástago su entrada.

Para realizar un nuevo ciclo habrá que pulsar nuevamente en M.

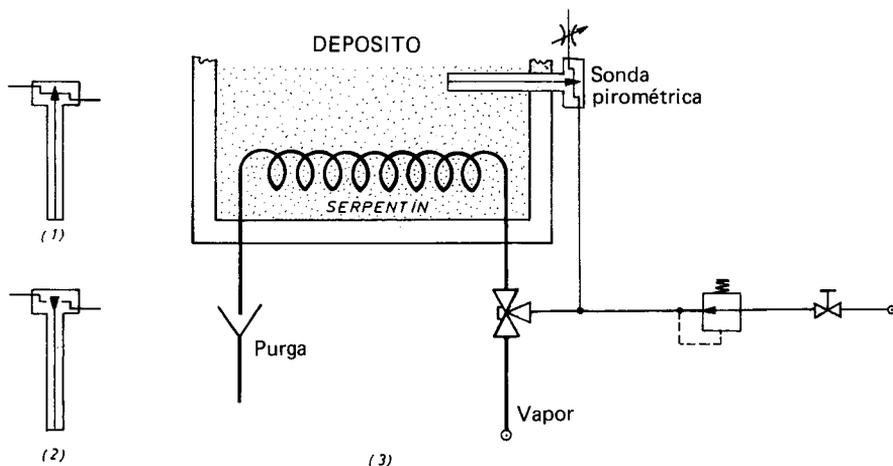


— La misma maniobra del esquema anterior pero sustituyendo los elementos neumáticos de maniobra por eléctricos.

El distribuidor (1) es biestable.

Para que el vástago inicie su salida, se pulsará en M.

El fin de curso (FC) es el que invierte la carrera del vástago para que inicie su retorno.



### CAÑAS PIROMETRICAS

1 - Caña pirométrica directa.

Este elemento neumático deja pasar el aire, mientras la temperatura del recipiente está dentro de los límites de reglaje de la caña.

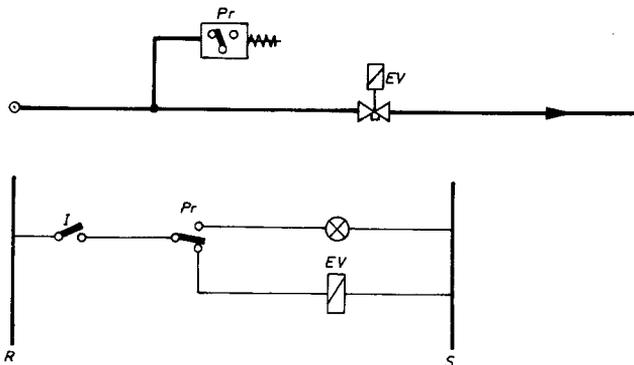
2 - Caña pirométrica inversa.

Elemento neumático contrario en funcionamiento al anterior.

3 - Ejemplo de aplicación de una caña pirométrica directa.

Cuando la caña pirométrica corta el paso de aire (líquido frío), se excita la válvula inversa VI, dando paso de vapor al serpentín, mediante el cual se calienta el depósito.

Cuando la caña hace escape (líquido caliente), la válvula inversa vuelve a la situación de reposo (cierra el paso) con lo que se corta el paso de vapor.



### PRESOSTATO

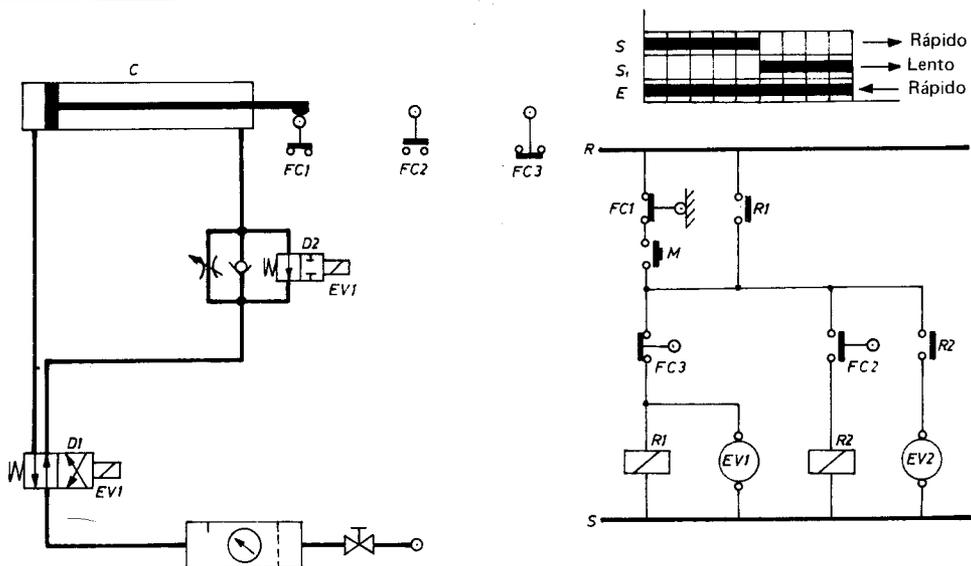
Ejemplo de aplicación: Circuito con fluido bajo presión.

Cuando la presión de la tubería sobrepasa el límite de reglaje, el presostato cambia la posición de su contacto, con lo que deja de alimentar a la electroválvula, si el circuito eléctrico estaba cerrado cortando el paso de fluido.

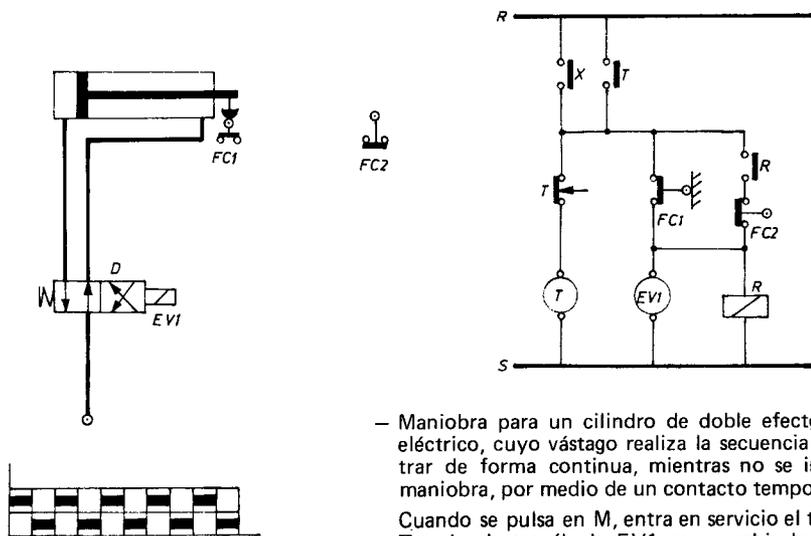
Al cortarse el paso de fluido una lámpara señala el fallo de presión que se da en la tubería.

Al volver la presión del fluido al régimen tolerado, el presostato cambia la posición de su contacto, se apaga la lámpara y se alimenta la electroválvula que pilota la abertura de la válvula y con ello el paso de fluido en la tubería.

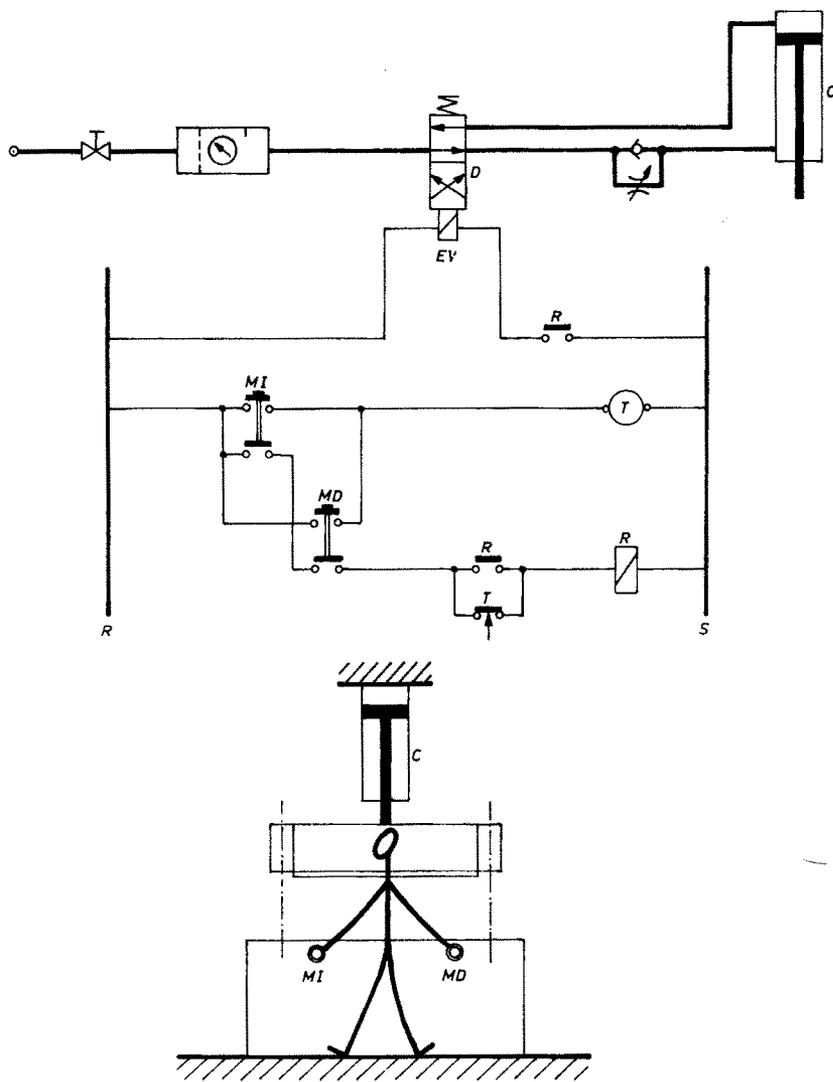
Hay presostatos que regulan presiones máximas y mínimas con el mismo aparato.



- Mando de un cilindro de doble efecto que realiza la secuencia que se representa en el gráfico. El circuito es mixto, electropneumático.
- Al pulsar en M, el distribuidor (1) cambia su posición, con lo que el vástago inicia la salida rápida.
- Al llegar el vástago a FC2, se excita R2 y el distribuidor (2) pilotado por EV2 interrumpe el escape rápido de aire que ahora tiene que pasar por el regulador, con lo que el vástago avanza en velocidad lenta.
- Cuando el vástago ha hecho todo su recorrido, acciona FC3, quien desconecta a los distribuidores (1) y (2), iniciándose a continuación la entrada del vástago a velocidad rápida.



- Maniobra para un cilindro de doble efecto por mando eléctrico, cuyo vástago realiza la secuencia de salir e entrar de forma continua, mientras no se interrumpa la maniobra, por medio de un contacto temporizado T.
- Cuando se pulsa en M, entra en servicio el temporizador T y la electroválvula EV1 que cambia la posición del distribuidor iniciando el vástago la salida.
- Al llegar el vástago a FC2, se inicia el retorno.



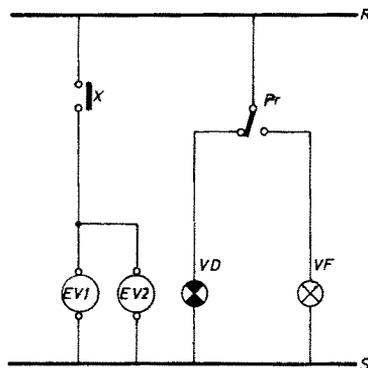
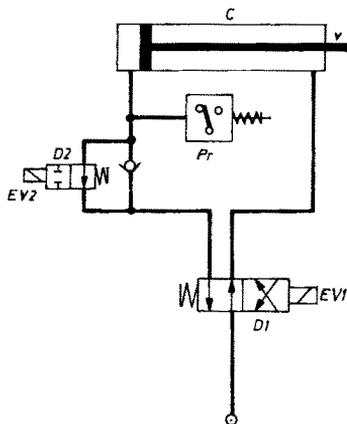
Esquema de seguridad para una prensa en la que interesa que el operario tenga las dos manos apoyadas sobre los pulsadores, mientras la cuchilla descienda. Si durante la maniobra deja de pulsarse en uno cualquiera de los dos pulsadores, la cuchilla sube.

La cuchilla no descenderá si no se pulsa en los dos botones a un mismo tiempo.

Caso de pulsar un botón por un medio mecánico, para que al operario le pueda quedar libre una mano para así poder sujetar o accionar la pieza a cortar, el automatismo no permitirá la bajada de la cuchilla cuando se pulse el otro botón.

El automatismo está preparado para que los dos botones sean pulsados a un mismo tiempo, con un desfase máximo de 2 segundos, ya que en caso contrario, la cuchilla no baja.

El circuito electrónico es válido tanto si el accionamiento del cilindro es por fluido líquido (hidráulico) o gaseoso (neumático).

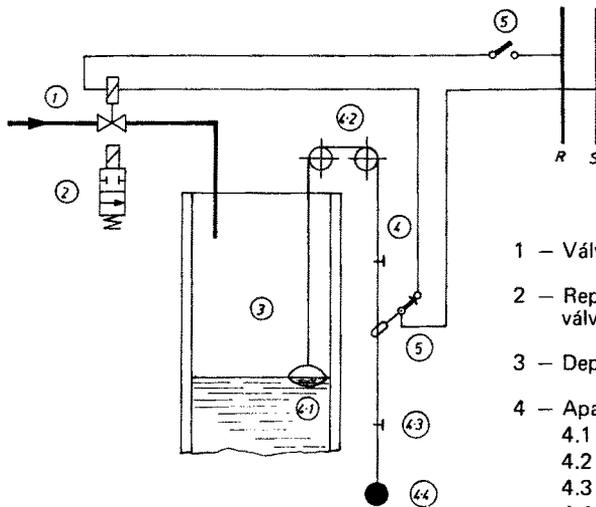


Mando de un cilindro de doble efecto por medio de un distribuidor de 2p y 4v con accionamiento por electroválvula y retorno por resorte.

Cuando el contacto X conecte el circuito de maniobra, los distribuidores (1) y (2) cambian su posición dando paso al fluido para que el vástago haga la secuencia de salida.

Si durante el tiempo de trabajo del vástago resulta empujado con una posición superior a la de la tubería de servicio, el antirretorno impedirá que la sobrepresión repercuta en el circuito de alimentación. A su vez, el presostato cambiará la posición de su contacto y avisará el defecto, mediante una lámpara de señalización (Pn - presión normal, Pa - presión anormal).

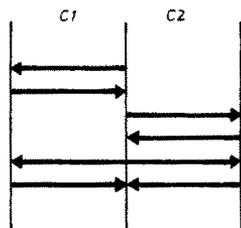
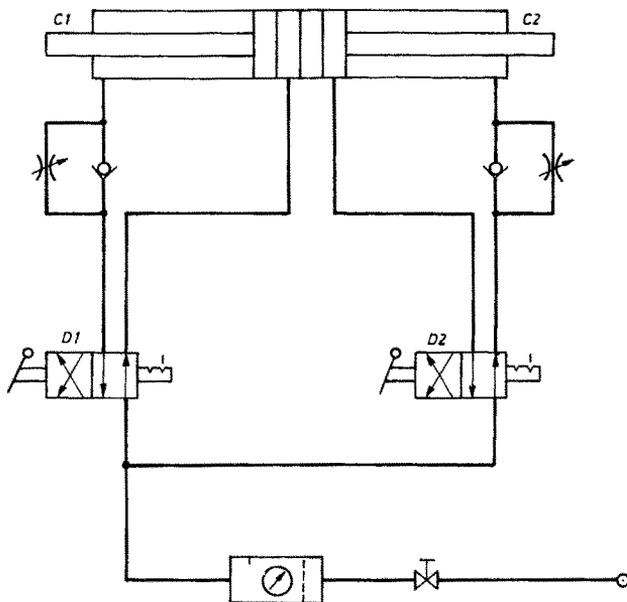
Cuando el contacto X se abre, los distribuidores (1) y (2) vuelven a la posición de reposo, con lo que el vástago inicia el retorno. A través del distribuidor (2), se hace el escape.



- 1 - Válvula pilotada eléctricamente.
- 2 - Representación equivalente de la válvula (1).
- 3 - Depósito que se llena.
- 4 - Aparato para la detección de nivel
  - 4.1 - Boya
  - 4.2 - Roldanas y cables
  - 4.3 - Topes de nivel bajo (B) y alto (A)
  - 4.4 - Contrapeso
- 5 - Interruptor de mando.

Esquema mixto electroneumático para el llenado de un depósito, utilizando un dispositivo de detección de nivel que cerrará y abrirá accionado por electroválvula en función de los niveles reglados.

Para poner la instalación en servicio, bastará con cerrar el interruptor (5).



Esquema para el mando de dos cilindros de doble efecto que pueden realizar las maniobras que se señalan en el gráfico de maniobras.

El esquema consta de:

- 1 conjunto regulador de presión y condiciones del aire.
- 2 cilindros de doble efecto.
- 2 conjuntos reguladores de velocidad.
- 2 distribuidores de 2p y 4v de accionamiento manual.

**Funcionamiento:**

Con D1 se acciona sobre C1.

Con D2 se acciona sobre C2.

Para ambos casos, el accionamiento es individual.

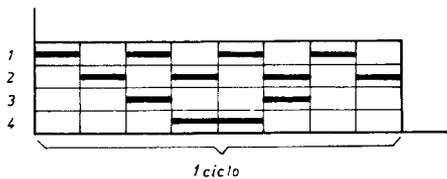
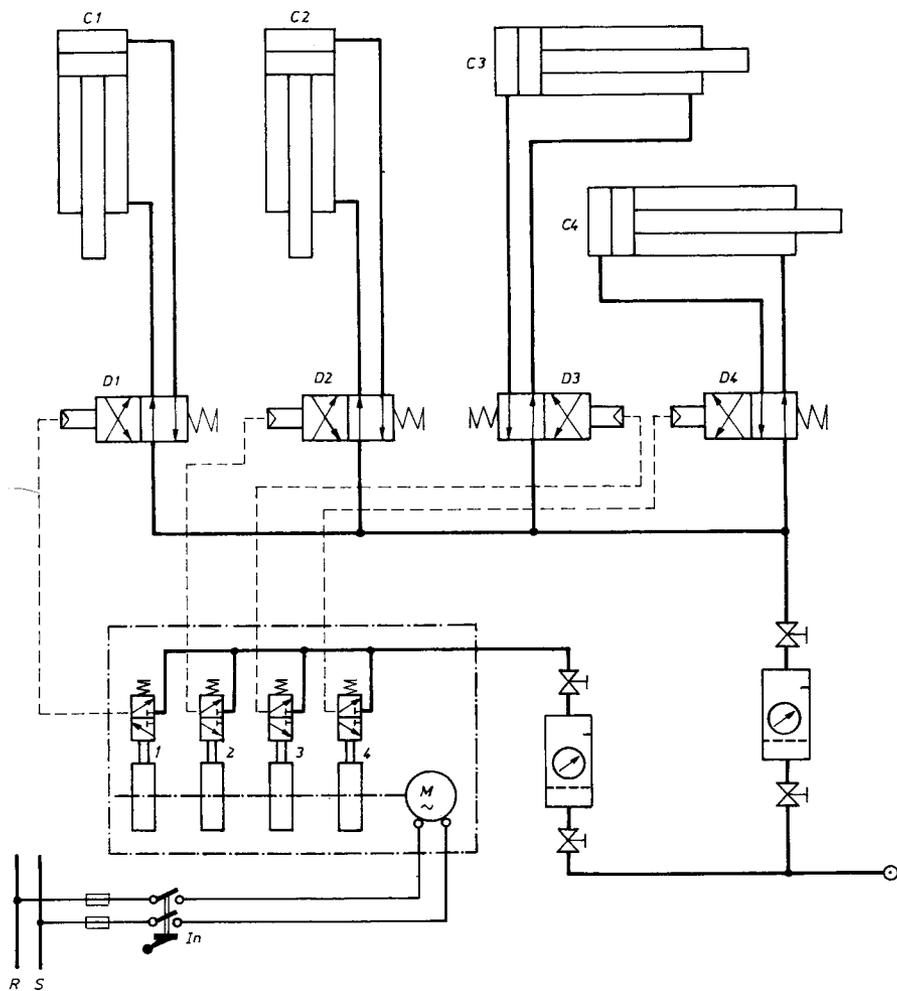
Debido al montaje opuesto de los dos cilindros puede realizarse el programa que se señala en el gráfico representado bajo el esquema.

1º Salida y entrada del vástago de C1.

2º Salida y entrada del vástago de C2.

3º Salida de C1 y C2 y a continuación entrada de C1 y C2.

Los dos cilindros disponen de regulación de velocidad para la salida del vástago.



Esquema para el mando de 4 cilindros de doble efecto que realiza ciclos continuados como el que se señala en el programa dibujado bajo el esquema.

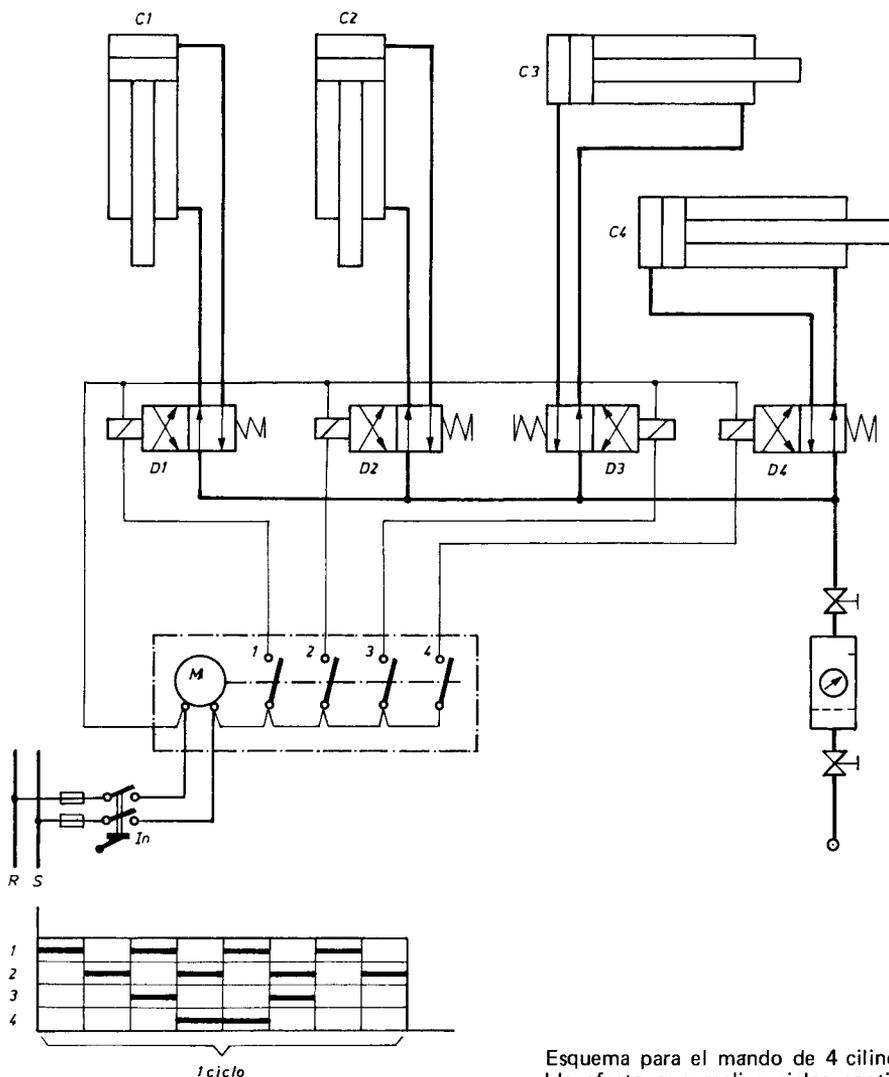
Todo el pilotaje del esquema se hace desde un programador neumático accionado por motorreductor eléctrico.

El motorreductor mueve un árbol de levas que a su vez cambia la posición de los distribuidores de acuerdo con la forma de las levas que realizan el programa que se pide.

Todos los elementos neumáticos del circuito están pilotados neumáticamente.

En función a la forma de las levas se consigue que los cilindros realicen una determinada maniobra.

Hay programadores de muchas levas con sus correspondientes distribuidores. El número de levas corresponderá al número de circuitos a alimentar.



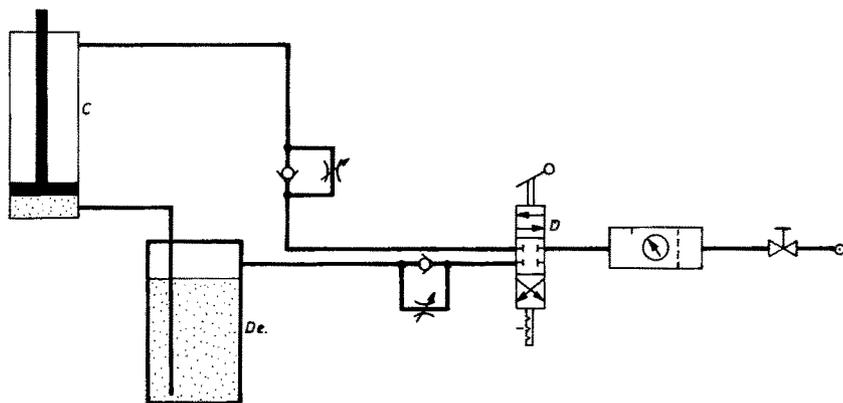
Esquema para el mando de 4 cilindros de doble efecto que realiza ciclos continuados como el que se señala en el programa representado bajo el esquema.

Este circuito equivale al representado en la página anterior, teniendo como diferencia el que el pilotaje de los distribuidores que gobiernan a los cilindros se hace por corriente eléctrica.

El pilotaje eléctrico de los distribuidores simplifica sensiblemente el circuito, particularmente en lo que a programador se refiere.

La combinación de la electricidad con la neumática simplifica de forma muy sensible los circuitos de maniobra, haciendo que resulten más sencillos tanto en la ejecución como en su conservación.

En lo que respecta al programador las levas accionan contactos y éstos a su vez se encargan de dar o quitar la corriente que alimenta a las electroválvulas de los distribuidores que alimentan a los cilindros.



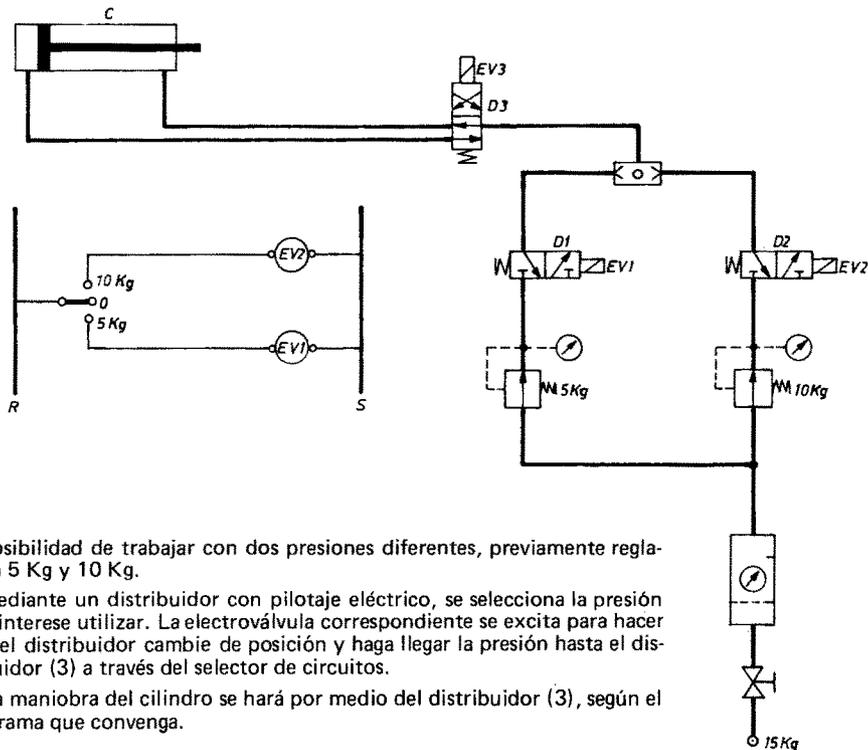
Mando de un cilindro de doble efecto mediante un distribuidor manual de 3p y 4v.

El empuje del vástago se hace con aceite. El aire que llega de la red a través del distribuidor va a un depósito que contiene aceite. La presión transmitida por el aire al depósito, hace que el aceite fluya hacia el cilindro.

La ventaja de utilizar circuito mixto aire-aceite viene dada por ser el aceite más difícil de comprimir, siendo a su vez más uniforme la salida del vástago; además absorbe las presiones exteriores.

Para el retorno del vástago se alimenta el cilindro con aire.

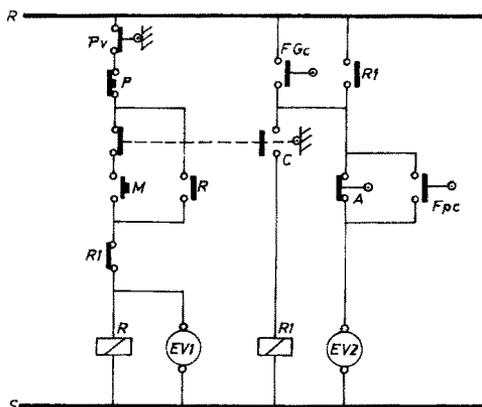
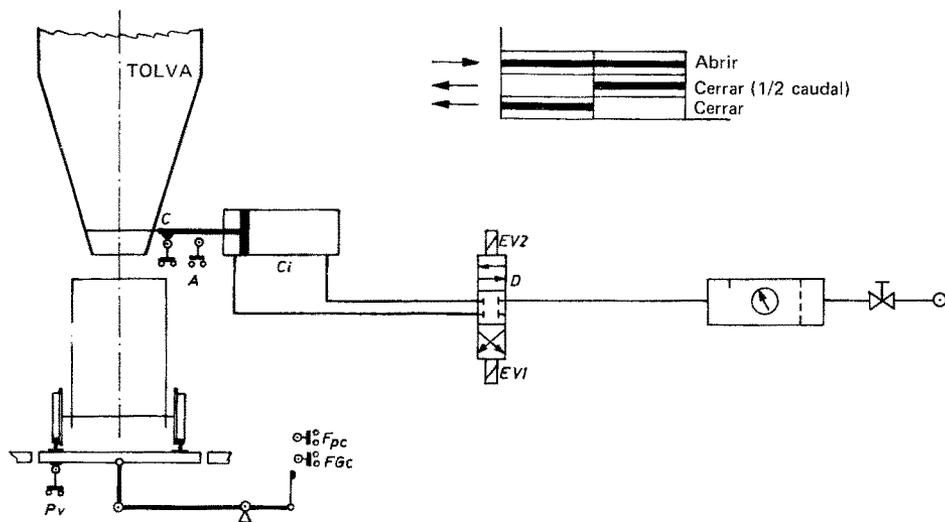
Al ser el distribuidor de 3p, en la posición centro, queda bloqueado el cilindro.



Posibilidad de trabajar con dos presiones diferentes, previamente reguladas a 5 Kg y 10 Kg.

Mediante un distribuidor con pilotaje eléctrico, se selecciona la presión que interese utilizar. La electroválvula correspondiente se excita para hacer que el distribuidor cambie de posición y haga llegar la presión hasta el distribuidor (3) a través del selector de circuitos.

La maniobra del cilindro se hará por medio del distribuidor (3), según el programa que convenga.



Esquema electroneumático utilizado para la carga de una vagoneta con mineral.

El circuito neumático tiene por finalidad abrir una tajadera a través de la que fluye el mineral con la que se carga la vagoneta.

El distribuidor es de 3p y 4v, con posición normal en centro.

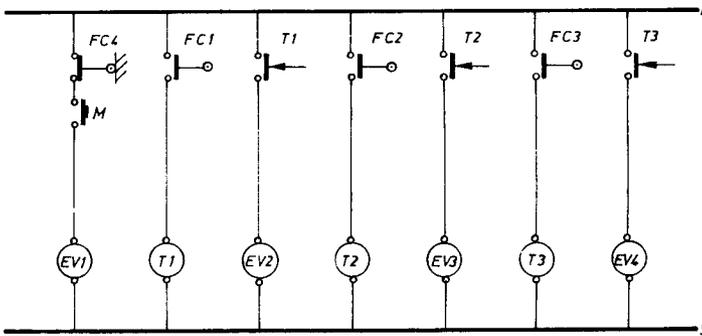
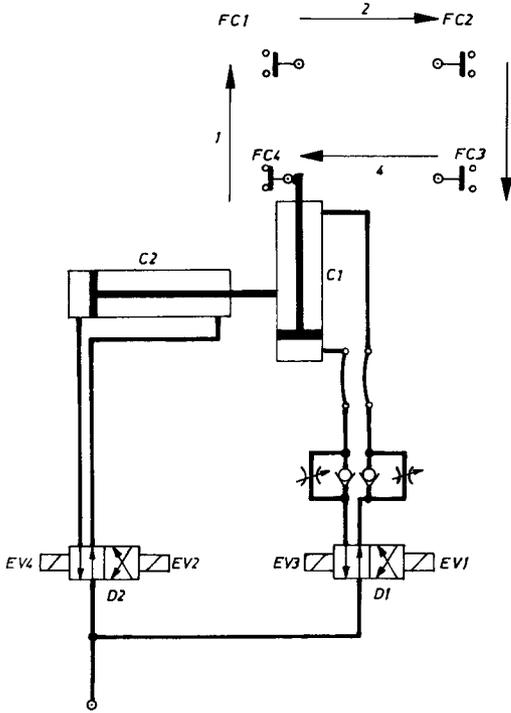
Para que pueda iniciarse el ciclo, es imprescindible la presencia de vagoneta (Pv, conectado).

Al pulsar marcha en M, se excita EV1, dando lugar a la abertura de la tajadera.

Cuando la carga está próxima al peso, FGC (contacto de báscula que pilota el final del gran caudal) conecta EV2, cerrándose una parte del paso de producto, hasta FCM.

Al completarse el peso, FPC (fin pequeño caudal) vuelve a conectar EV2 para que se complete el cierre del paso de producto.

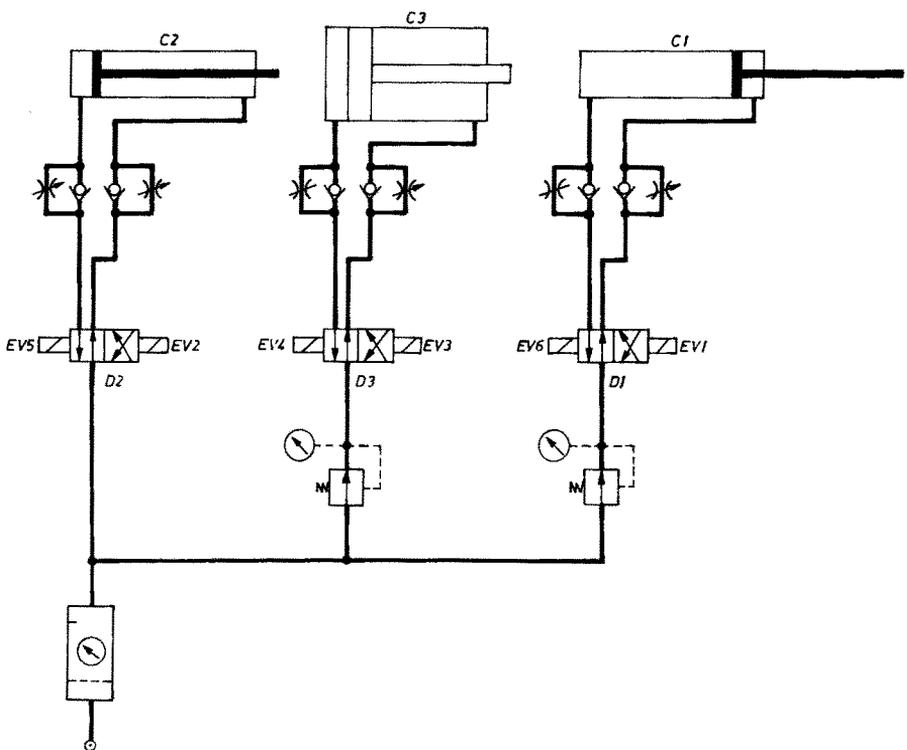
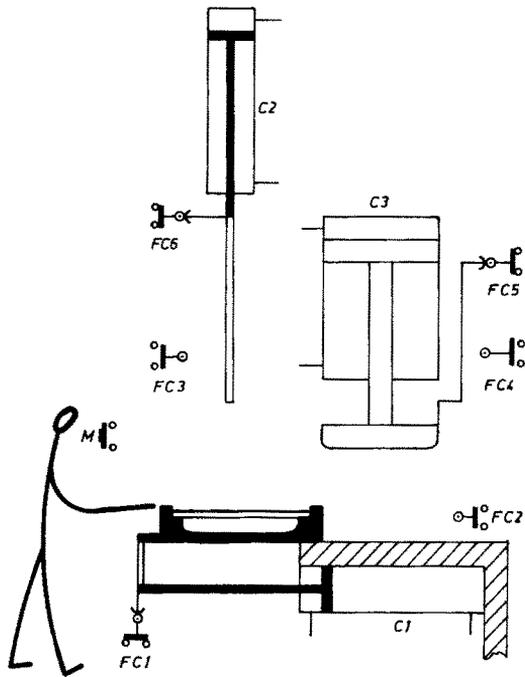
Este esquema o similar, puede utilizarse para el llenado de bidones, bolsas, cajas, etc. En todos estos casos, el esquema mixto (electroneumático) resulta imprescindible.

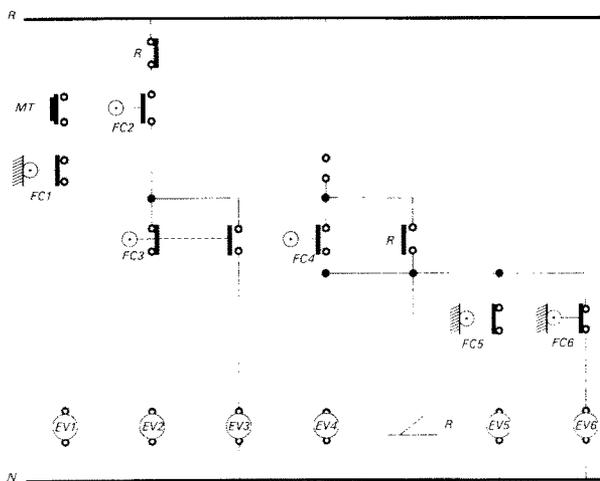


Esquema electroneumático, que mediante dos cilindros pilotados por dos distribuidores de 2p y 4v, realiza el ciclo señalado en la parte superior del esquema:

- Recorrido 1 – Al pulsar en M el vástago de C1 realiza su salida.
- Recorrido 2 – Después de un tiempo (T1) de que el vástago de C1 ha llegado a FC1, comienza la salida del vástago de C2.
- Recorrido 3 – Después de un tiempo (T2) de que el vástago de C2 ha llegado a FC2, comienza la entrada o retorno del vástago de C1.
- Recorrido 4 – Después de un tiempo (T3) de que el vástago de C1 ha llegado a FC3, comienza la entrada o retorno del vástago C2.







**ESQUEMA DE UNA PRENSA**

El esquema consta de los siguientes elementos:

- Una mesa con soporte donde se coloca la pieza a troquelar y que es accionada por el cilindro C1.
- Una rejilla de seguridad que descenderá antes de que baje la prensa y que es accionada por el cilindro C2.
- La prensa que troquele la pieza y que es accionada por el cilindro C3.

**Funcionamiento:**

Una vez puesta la pieza sobre la mesa, el operario pulsa en M con lo que se inicia el ciclo.

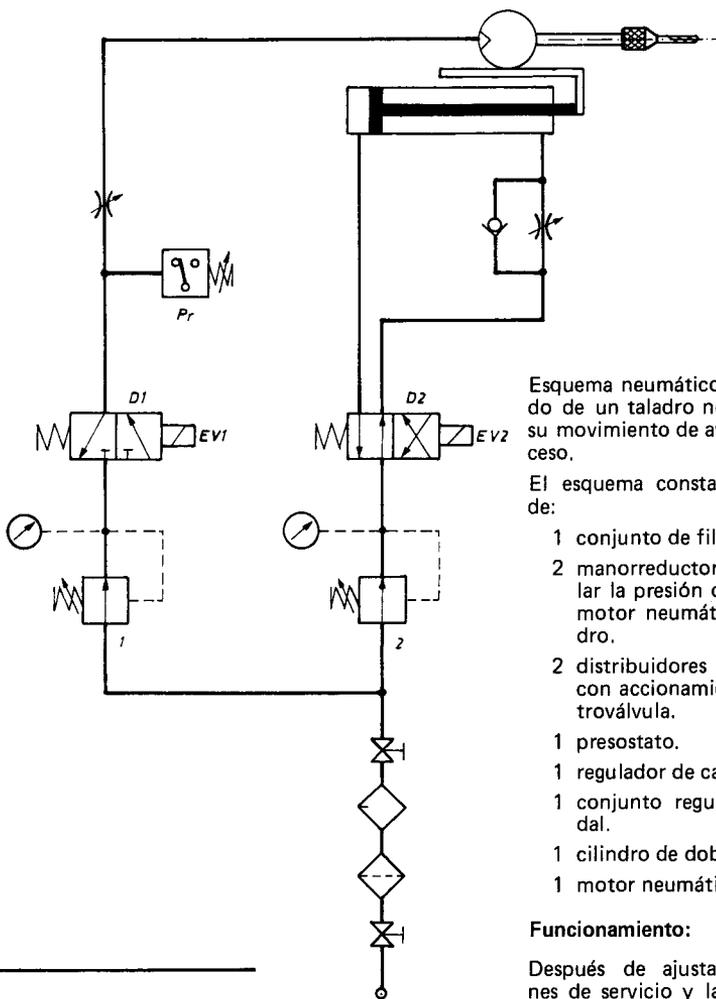
Avanza la mesa hasta accionar FC2. A continuación baja la rejilla de protección que se completa al accionar FC3. En este momento, la prensa (C3), inicia su bajada que completa al bajar hasta FC4 que mandará al mismo tiempo subir la prensa, hasta volver a accionar FC5. En este momento, se inicia la elevación de la rejilla que termina al accionar FC6, que es el momento de que el cilindro C1 inicie la evacuación de la pieza ya troquelada, concluyendo la operación cuando queda accionado el contacto FC1.

Cada vez que se pulse en M, se realizará un ciclo como el que se acaba de describir.

Los distribuidores utilizados son biestables. Esto quiere decir, que quedan siempre en la última posición en que han sido pilotados.

Elementos neumáticos de la instalación.

- Distribuidor D1 con sus electroválvulas EV1 y EV6 que gobiernan el cilindro C1.
- Distribuidor D2 con sus electroválvulas EV2 y EV5 que gobiernan el cilindro C2.
- Distribuidor D3 con sus electroválvulas EV3 y EV4 que gobiernan el cilindro C3.



Esquema neumático para el mando de un taladro neumático con su movimiento de avance y retroceso.

El esquema consta básicamente de:

- 1 conjunto de filtro y engrase.
- 2 manorreductores para regular la presión de servicio del motor neumático y el cilindro.
- 2 distribuidores de 2p y 4v con accionamiento por electroválvula.
- 1 presostato.
- 1 regulador de caudal.
- 1 conjunto regulador de caudal.
- 1 cilindro de doble efecto.
- 1 motor neumático.

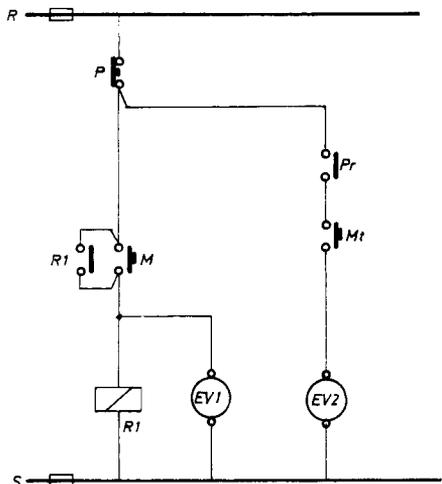
**Funcionamiento:**

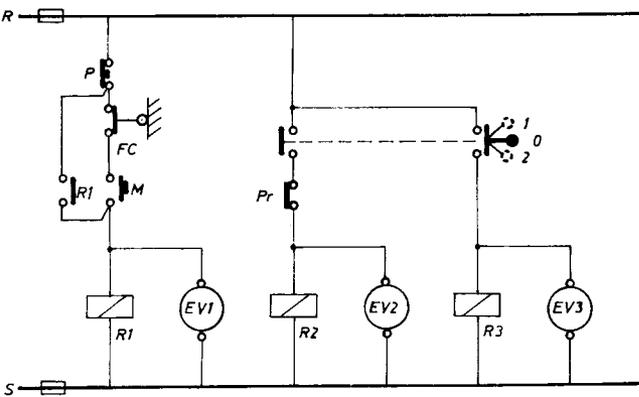
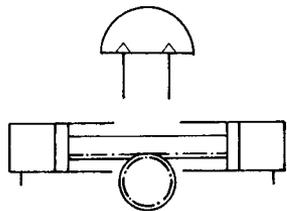
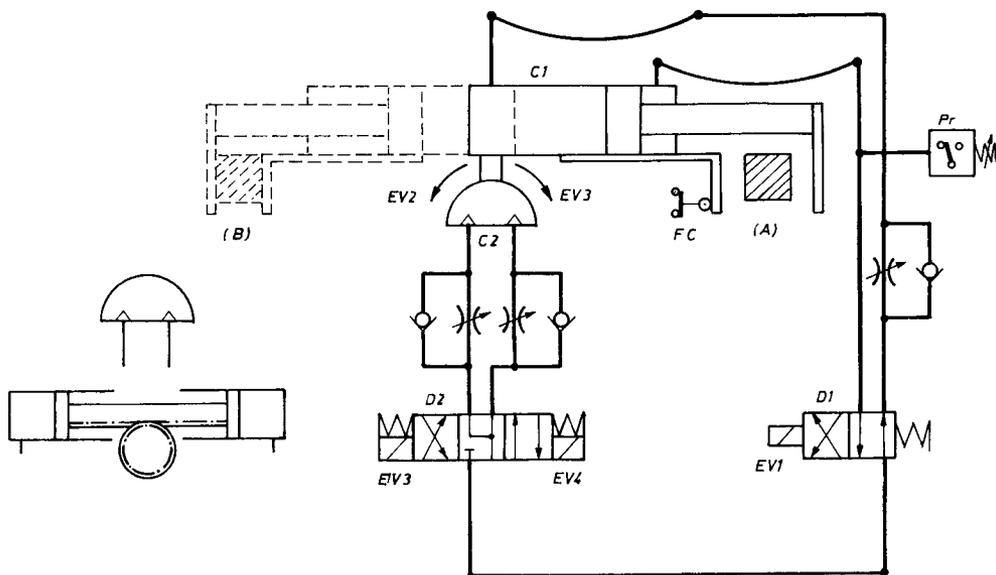
Después de ajustar las presiones de servicio y las velocidades para el motor neumático y el cilindro para su avance (salida), se podrá pulsar en la marcha M con lo que entrará R1 y EV1 del distribuidor D1 y a través de éste último, presión al motor que empezará a girar.

Estando girando el motor habrá presión en Pr. Es en esta circunstancia cuando puede hacerse el avance. Para conseguirlo, habrá que pulsar en Mt de forma continua con lo que entrarán R2 y EV2 del distribuidor D2 y a través de este último el cilindro hará su salida.

Si faltara presión al motor, el presostato Pr abriría su contacto y en consecuencia, aunque se estuviera pulsando en Mt el cilindro hará la entrada (retroceso).

En funcionamiento normal, si se deja de pulsar en Mt, el cilindro hará la entrada.





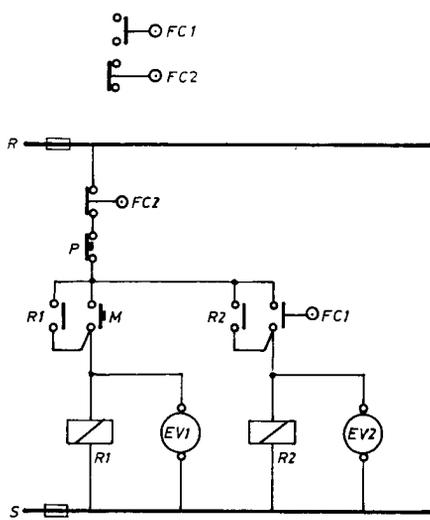
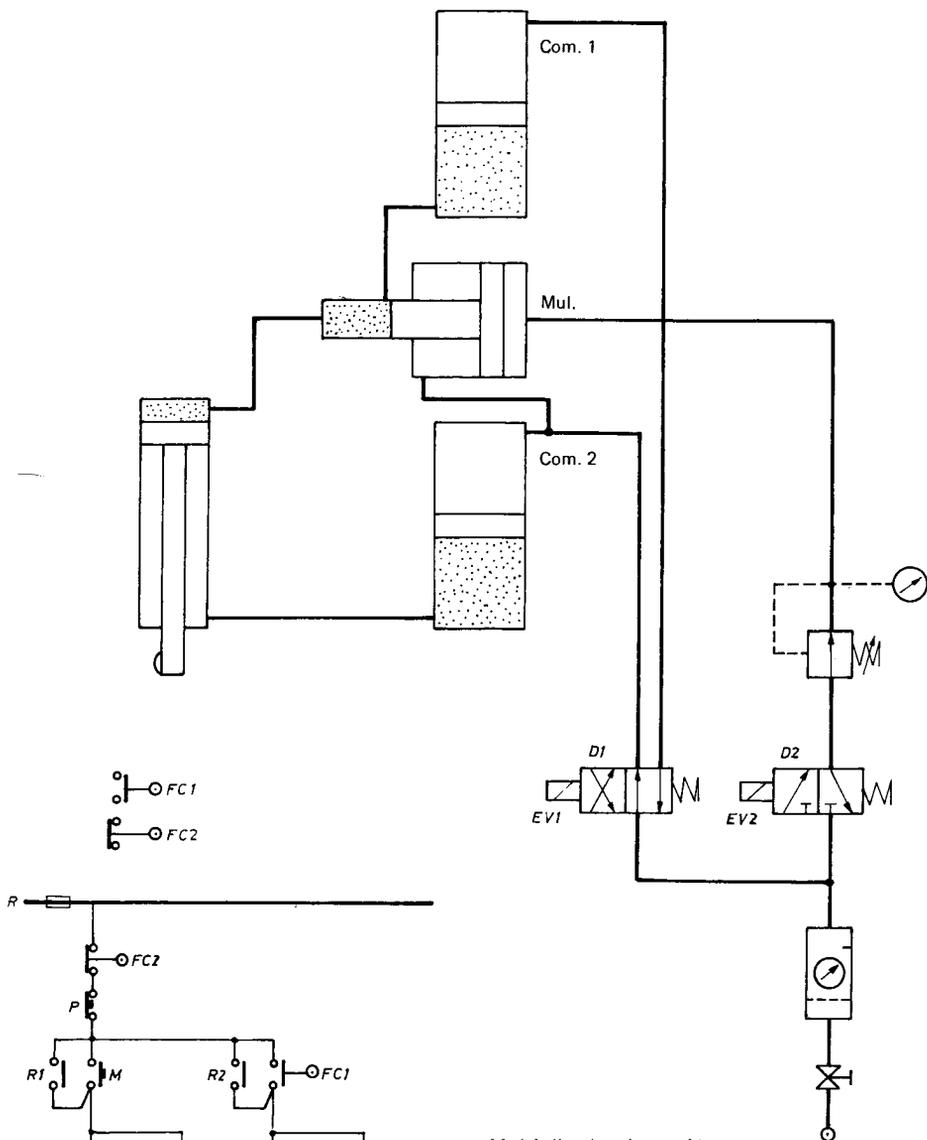
Esquema para el mando de un circuito neumático que realiza las maniobras de coger una pieza y transportarla a otro lugar situado a 180° del primero por medio de un cilindro rotativo.

**Funcionamiento:**

Una vez posicionada la pieza entre las garras prensoras se pulsará en M para que el cilindro C1 tome la pieza, lo que consigue por medio del relé R1 que alimenta a la electroválvula EV1 del distribuidor D1. Al haber presión en C1 es cuando puede hacerse girar el conjunto por medio del conmutador (Con) que se posicionará en 1, excitándose R2 y EV1 que dispondrá al distribuidor D2 para que alimente al cilindro giratorio para que vaya de la posición (A) a la (B). Será condición para que gire C2, que el presostato esté bajo presión.

Al llegar la pieza a B se abrirán las garras pulsando en P. No podrán volverse a cerrar las garras hasta que el conjunto no adquiera la posición inicial o de reposo. Para volver el conjunto a la posición inicial, habrá que cambiar la posición de (Con) a 2, con lo que C2 girará hasta posicionar el conjunto en la forma representado el esquema.

El circuito neumático dispone de los elementos de regulación de presión y caudal.



**Multiplicador de presión**

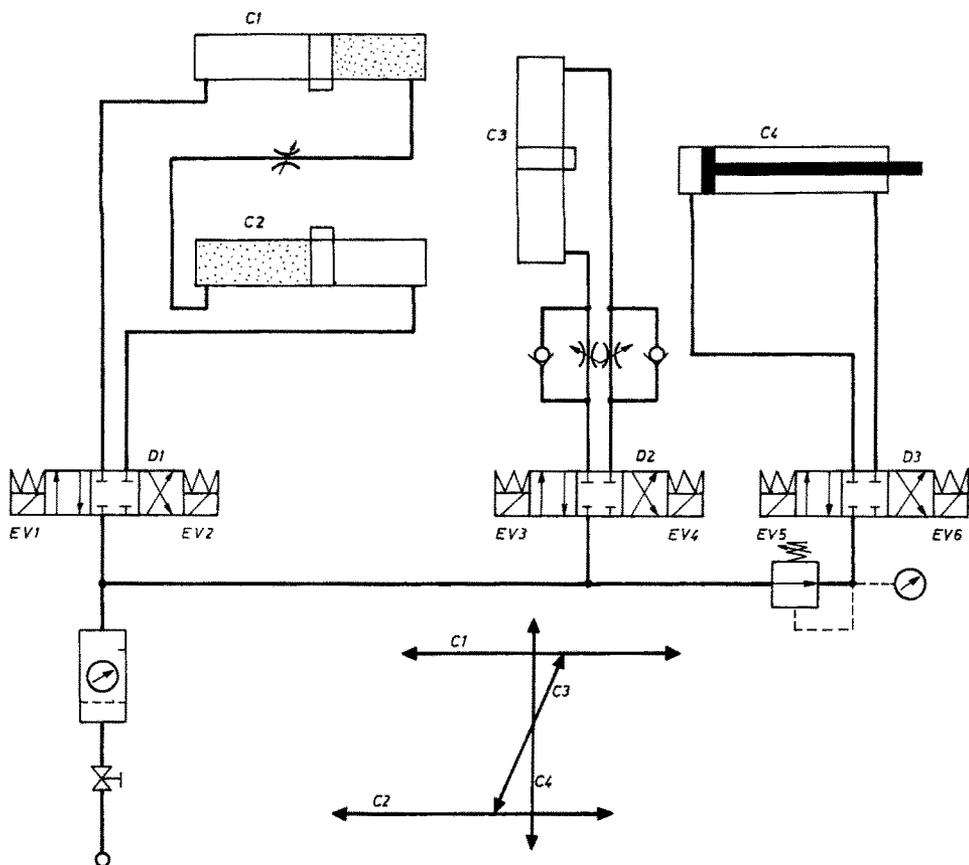
Circuito mixto aire/aceite que funciona como sigue:

Al dar corriente a EV1 el distribuidor D1 cambia su posición alimentando al cilindro multiplicador, que alimenta el último tramo del recorrido del cilindro con presión muy superior al de la red.

El vástago del cilindro desciende con la presión de la red de aire. Al llegar el vástago a FC1 se pilota D2 a través de R2 y EV2, con lo que llega presión al cilindro multiplicador, que alimenta el último tramo del recorrido del cilindro con presión muy superior al de la red.

Cuando el vástago completa su recorrido acciona FC2 que tira toda la maniobra, de modo que al volver a la posición de reposo los distribuidores D1 y D2, el vástago del cilindro hace su retorno, con lo que se completa la maniobra.

Este tipo de circuito tiene su aplicación en prensas y cortadoras.



Esquema neumático que realiza el esquema de maniobra que se representa en el gráfico dibujado bajo el esquema.

La maniobra podrá realizarse de forma manual o automática, según convenga.

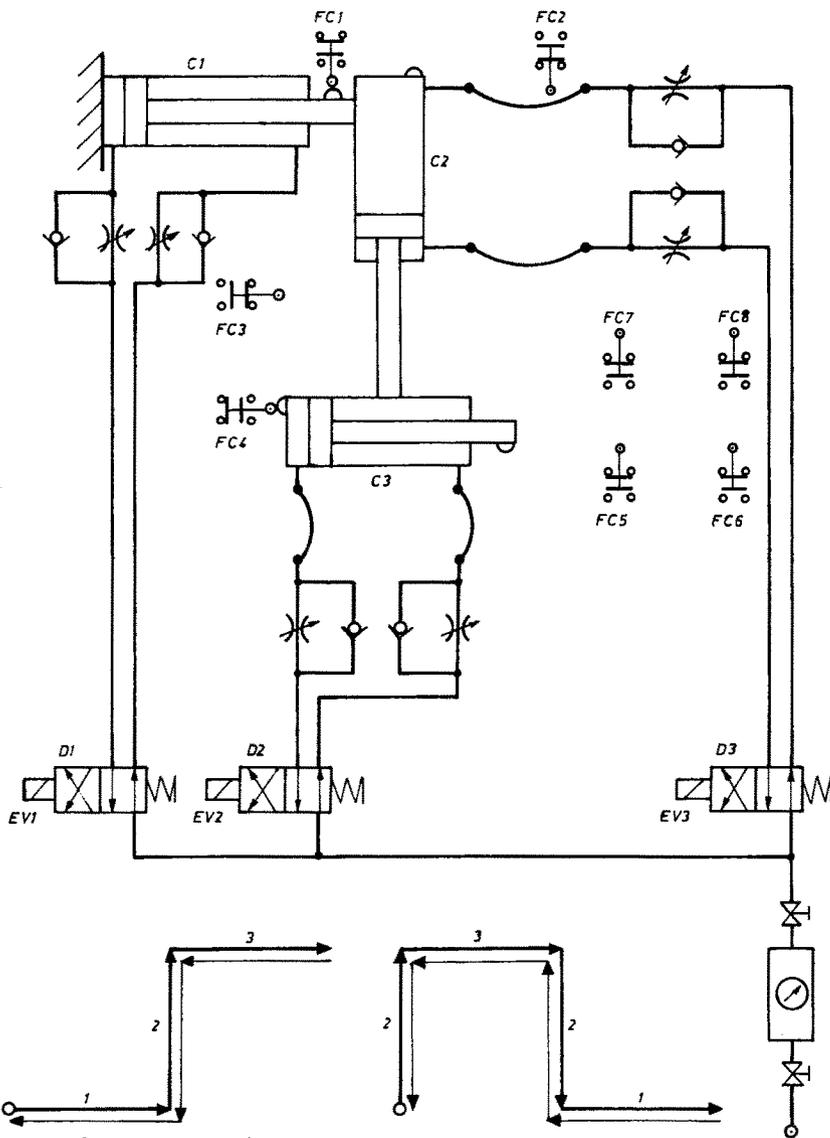
El circuito consta de:

Dos cilindros C1 y C2 que mueven sus émbolos a un mismo tiempo, regulando su velocidad por regulador de caudal. Los dos émbolos están unidos y sobre la unión va montado el cilindro C3 a cuyo émbolo va acoplado el cilindro C4.

Este esquema neumático puede emplearse para realizar maniobras de mecanizado o secuencias de un proceso.

Los cilindros sin vástago pero con émbolo como los aquí utilizados tienen múltiples aplicaciones en procesos de mecanizado y manipulación.

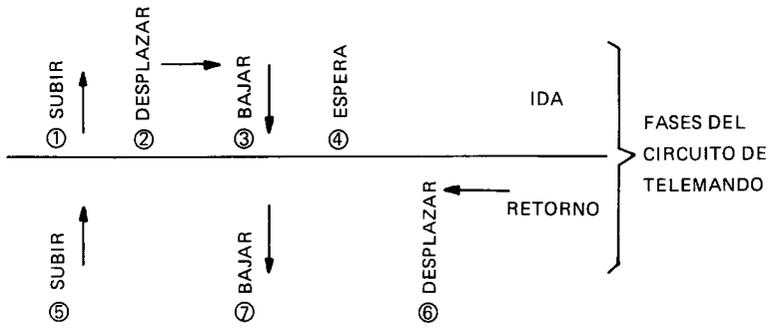
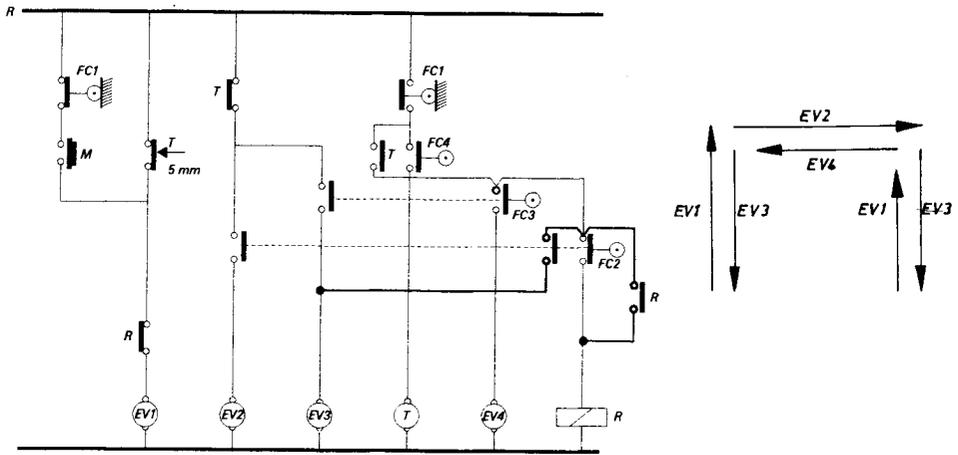
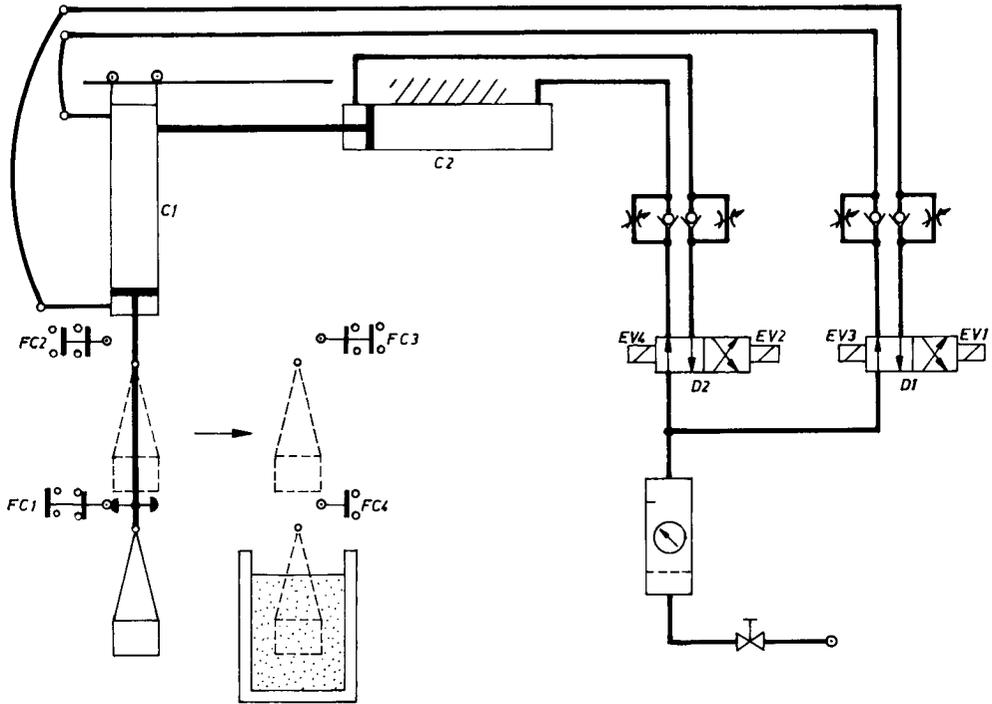
Los ciclos de trabajo a realizar por un determinado circuito se ajustarán a la demanda del mecanismo. Las posibilidades de maniobra son muy amplias. Aquí podemos citar el caso de los robots como una aplicación de las maniobras múltiples a conseguir con cilindros neumáticos, hidráulicos, electroimanes, motores, etc.



Esquema neumático que se completará con un circuito eléctrico de maniobra que pueda realizar maniobras como las señaladas en la parte inferior del esquema.

A lo largo de la obra el objetivo principal ha sido el de presentar y estudiar esquemas de los denominados básicos, que luego serán utilizados en la práctica de una forma global en función a cuáles sean las necesidades del mecanismo a automatizar.

Es importante que el Técnico conozca correctamente los elementos neumáticos y sus posibilidades de automatización, ya que de esta forma conseguirá de ellos las máximas prestaciones.



Esquema electroneumático para una instalación destinada a la limpieza química de piezas que se depositan en una cesta o recipiente metálico.

La instalación neumática consta básicamente de dos cilindros cuya misión es la de elevar la cesta, desplazarla e introducirla en el recipiente con líquido. Pasado el tiempo fijado para el tratamiento químico, la cesta se eleva y vuelve al punto de partida.

#### Funcionamiento:

Al pulsar en M, se excita EV1, con lo que el distribuidor D1 manda al cilindro C1 subir.

Al llegar la cesta al nivel alto, acciona FC2, alimentándose la electroválvula EV2 que a través de D2 manda desplazar a cesta al cilindro C2 hasta que llega a FC3. En este momento se excita EV3, iniciando C1 el descenso de la cesta.

El recorrido completo de ida se completa cuando la cesta acciona FC4. En este momento inicia la cuenta el temporizador T. Transcurrido el tiempo previsto para el tratamiento, T conecta su contacto temporizado y alimenta EV1, con lo que sube la cesta.

Cuando llega a FC3, se conecta EV4 y la cesta se desplaza. Al llegar a FC2, se conecta EV3 que manda descender la cesta completándose el ciclo cuando la cesta llega a FC1.

Mientras se realiza el ciclo, la marcha M queda bloqueada.

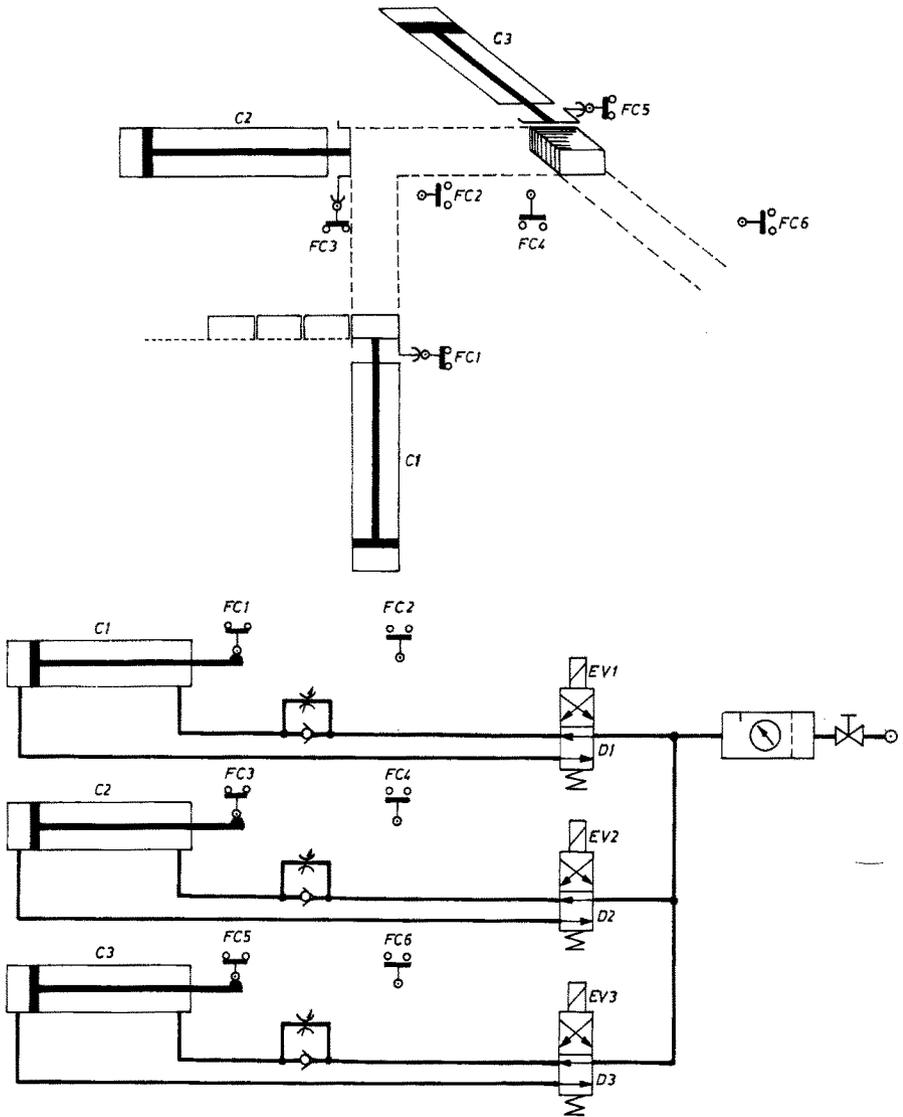
Cada vez que se pulsa en M, se realiza un ciclo completo.

El circuito neumático consta de:

- Cilindros neumáticos de doble efecto: C1 y C2.
- Distribuidores de 2p y 4v, biestables, con accionamiento por electroválvula en los dos sentidos: D1 y D2.
- Reguladores de caudal para todos los sentidos de desplazamiento.
- Conjunto de regulación del circuito: filtro, manorreductor y engrasador.

El circuito eléctrico consta de:

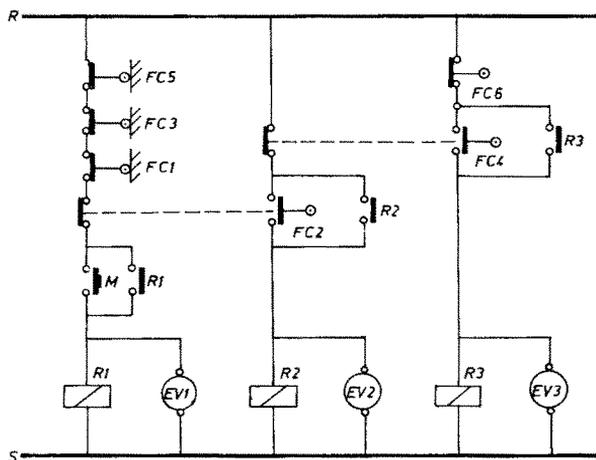
- Pulsador de marcha: M
- Finales de carrera: FC
- Temporizador: T



Esquemas electroneumáticos para el mando de una instalación destinada a elevar piezas y luego des-  
 plazarlas en dos sentidos diferentes.

El esquema neumático consta de:

- Conjunto de regulación del circuito: filtro, manorreductor y engrasador.
- Distribuidores de 2p y 4v con mando por electroválvula en un sentido y retorno por resorte: D1, D2 y D3.
- Cilindros de doble efecto: C1, C2 y C3.



– Regulación de velocidad para la salida del vástago, en los tres cilindros.

**Funcionamiento:**

Al pulsar en M, se conecta el relé R1 y la electroválvula EV1, iniciando el vástago de C1 su salida y por tanto, la ascensión de la pieza. Al llegar a la parte alta, se acciona FC2, con lo que se conecta R2 y EV2 que hacen salir el vástago de C2 y se desconecta R1 y EV1 con lo que el ascensor desciende al entrar el vástago.

Cuando el vástago de C2 completa su recorrido acciona FC4, conectando R3 y EV3 que hacen que el vástago de C3 inicie su salida y desconectando al mismo tiempo a R2 y EV2, con lo que el vástago de C2 inicia la vuelta.

Al llegar C3 al final de su recorrido, acciona FC6 que desconecta R3 y EV3, iniciando el vástago de C3 su recuperación.

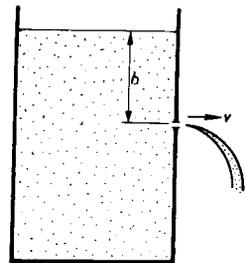
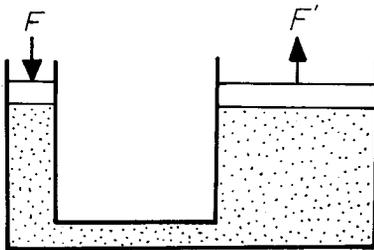
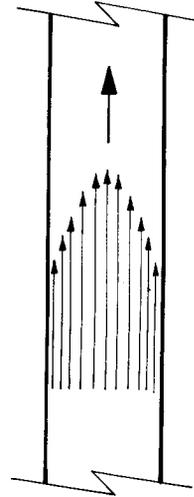
Cuando todos los vástagos están dentro, los fines de curso FC1, FC3 y FC5 estarán cerrados. Será en este momento cuando, pulsando en M, pueda iniciarse un nuevo ciclo.

Al ser los distribuidores de pilotaje eléctrico en un sentido y retorno por resorte, el esquema eléctrico debe ser capaz de mantener conectado la electroválvula todo el tiempo que lo precise la maniobra, lo que se consigue a base de un relé conectado en paralelo con la electroválvula, que dispone de un contacto de rearme.

Capítulo 5

Física aplicada a hidráulica

Física aplicada a fluidos .....	129
Viscosidad .....	133
Medición de densidades en los líquidos .....	135
Grado de acidez (pH) del agua .....	137



**HIDRAULICA**

Es una parte de la física que estudia las leyes de movimiento y equilibrio de los líquidos y su aplicación práctica.

**PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS**

Las propiedades de los fluidos son: a) Fluidez, b) Viscosidad, c) Compresibilidad y d) Régimen de flujo.

**a) Fluidez**

Se define como fluidez, la mayor o menor facilidad que encuentra un fluido a fluir.

**a) Viscosidad**

La viscosidad viene dada por la mayor o menor resistencia de las moléculas de los fluidos a desplazarse unas sobre otras.

Dada la importancia de esta propiedad de los fluidos se estudia con más profundidad dentro de este mismo capítulo.

**c) Compresibilidad**

Un fluido sometido a presión se comprime. Sin embargo esta compresibilidad es muy reducida en los líquidos, no así en los gases.

En algunos cálculos se toma el fluido como si no fuera compresible. Ahora bien, en otros casos en que la presión es importante debe tenerse en cuenta este concepto.

Seguidamente se dan algunos coeficientes de compresión para fluidos.

Agua	0,00005
Aceite mineral	0,00008
Emulsión aceite/agua (50 a 60% de aceite)	0,00007
Líquidos sintéticos (ésteres fosfóricos)	0,00004

Variación de volumen con la presión

$\Delta V = V \cdot \Delta p \cdot \beta$	$\Delta V$ – variación de volumen en $\text{dm}^3$
	$V$ – volumen inicial en $\text{dm}^3$
	$\Delta p$ – variación de presión en $\text{Kg/cm}^2$
	$\beta$ – coeficiente de compresibilidad en $\text{cm}^2/\text{Kg}$

**d) Régimen de flujo**

El flujo puede circular por un conducto en régimen laminar o turbulento.

Este concepto resulta muy importante a la hora de determinar las pérdidas de carga que se originan en un fluido que circula por un conducto.

**Pérdida de carga**

Todo fluido al circular por un conducto encuentra dos tipos de dificultad o resistencia que originan pérdidas de carga. Estas resistencias son:

- Resistencias localizadas que producen pérdidas de carga locales, tales como curvas, codos, tubos, válvulas, uniones, racores, etc.

- Resistencias distribuidas, que originan pérdidas de carga locales y tienen su origen en el frotamiento.

Las pérdidas de carga se deben principalmente a:

- Caudal Q que circula por el circuito.
- Longitud del circuito.
- Diámetro de la tubería
- Régimen de flujo
- Viscosidad del fluido

Cálculo de la pérdida de carga

$$\Delta p = \frac{0,02295 \cdot \delta \cdot L \cdot Q^2 \cdot f}{d^5}$$

$\Delta p$  - pérdida de carga en Kg/cm<sup>2</sup>

$\delta$  - peso específico del fluido en Kg/dm<sup>3</sup>

L - longitud de la tubería en metros

Q - caudal que circula en dm<sup>3</sup>/mn

t - coeficiente de frotamiento

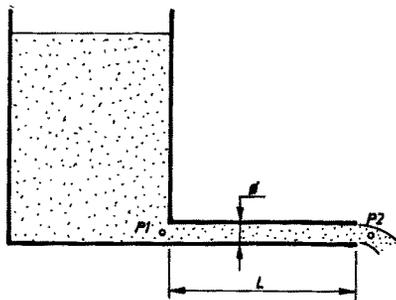
d - diámetro de la tubería en cm

v - velocidad del fluido en m/s

$$\Delta p = \frac{0,51 \cdot \delta \cdot L \cdot v^2 \cdot f}{d}$$

## LEY DE POISEUILLE

El gasto de salida de un líquido por un tubo es directamente proporcional a la cuarta potencia del radio del tubo y a la diferencia de presiones entre los extremos del mismo, e inversamente proporcional a la longitud del tubo y al coeficiente de viscosidad.



$$G = \frac{\pi r^4 (p_1 - p_2)}{81 \mu}$$

G - gasto en L/seg

r - radio del tubo en dm

L - longitud del tubo en dm

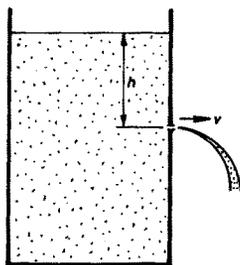
p1 - presión mayor en N/m<sup>2</sup>

p2 - presión menor en N/m<sup>2</sup>

$\mu$  - viscosidad en kg · m<sup>-1</sup> · s<sup>-1</sup> (decapoise)

## TEOREMA DE TORRICELLI

La velocidad de salida de un líquido contenido en un recipiente a través de un orificio pequeño, es igual a la que alcanzaría un cuerpo cayendo libremente desde una altura igual a la diferencia de nivel entre la superficie del líquido y el orificio de salida.



Velocidad teórica (vt)

$$v_t = \sqrt{2gh}$$

Velocidad real (vr)

$$v_r = \alpha \cdot k \sqrt{2gh}$$

g - aceleración, 9,81

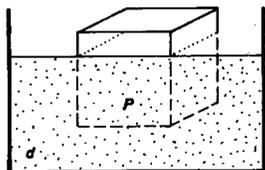
h - altura

q - coeficiente (0,62)

k - coeficiente de velocidad (0,85 ÷ 0,90)

**PRINCIPIO DE ARQUIMEDES**

Todos los cuerpos sumergidos en un líquido en reposo, experimentan un empuje hacia arriba, igual al peso del líquido desalojado.



- $E = (v \cdot d) \cdot p$
- $E$  – empuje
- $v$  – volumen del cuerpo en el líquido
- $d$  – densidad del líquido
- $p$  – peso del cuerpo

**NUMERO DE REYNOLD (Re)**

$$Re = \frac{v \cdot dh}{\mu}$$

- $v$  – velocidad del flujo en m/s
- $dh$  – diámetro hidráulico
- $\mu$  – viscosidad cinemática en  $m^2/s$

Re crítico  $\cong 2.300$ , es válido para tubos redondos, rectos y lisos.

Con el número de Reynold crítico, el flujo cambia de laminar a turbulento o viceversa.

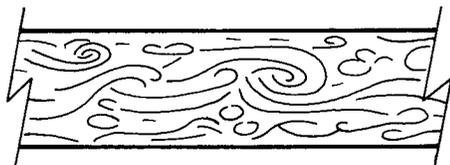
- Flujo laminar       $Re < Re$  crítico
- Flujo turbulento       $Re > Re$  crítico

**FLUJOS**

a) Flujo laminar



b) Flujo turbulento



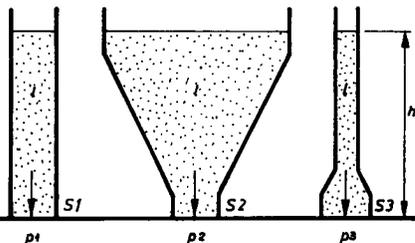
$$v_m = \frac{\Delta p \cdot d^2}{32 \mu l}$$

$$Q = S \cdot v_m = \frac{p \cdot d^4}{40,7 \mu l}$$

- $v_m$  – velocidad media
- $\Delta p$  – diferencia de presión
- $d$  – diámetro de la tubería
- $\mu$  – viscosidad del fluido
- $L$  – longitud de la tubería
- $p$  – presión puntual
- $Q$  – caudal
- $S$  – sección de la tubería

**PRESION HIDROSTATICA**

Una columna de líquido ejerce como consecuencia de su propio peso, una presión sobre la superficie en que actúa.



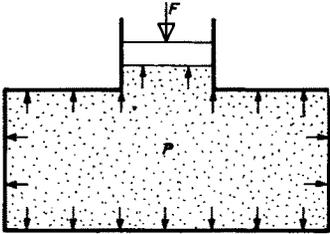
La presión está en función de la altura ( $h$ ) de la columna, de la densidad ( $d$ ) del líquido y de la gravedad ( $g$ )

$$p = h \cdot d \cdot g$$

La presión ejercida sobre el fondo de los diferentes recipientes de igual sección es la misma, con independencia de su forma, si la altura ( $h$ ) son iguales.

presión:  $p_1 = p_2 = p_3$  ;  $S_1 = S_2 = S_3$ , sección el mismo líquido ( $l$ ) en los tres recipientes

### PRESION POR FUERZAS EXTERNAS (Ley de Pascal)



La presión ejercida sobre un líquido se transmite por igual en todas las direcciones.

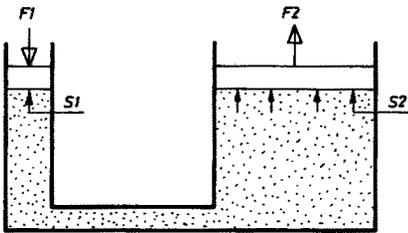
Presión: Es la fuerza (F) que se ejerce, por unidad de superficie.

$$p = \frac{F}{S}$$

Presión de una columna de agua (c.d.a.): 10 m de c.d.a., ejercen una presión sobre el fondo, de 1 bar.

### TRANSMISION HIDRAULICA DE FUERZAS (Prensa hidráulica)

El principio anterior se aplica en la prensa hidráulica.



Presión ejercida por la fuerza F1

$$p1 = \frac{F1}{S1}$$

Fuerza resultante (F2) como consecuencia de la presión p1.

$$F2 = p1 \cdot S2$$

- (1) Para los líquidos, a más temperatura, menos viscosidad.
- (2) Para el aire, a más temperatura, más viscosidad.

En laboratorio se mide la viscosidad en un recipiente que tiene en el fondo un agujero, por la cantidad de líquido que pasa a su través en un determinado tiempo.

### MEDIDAS DE LA VISCOSIDAD

$$1 \text{ poise} = 1 \text{ dina} \cdot \text{s/cm}^2 = 0,01019 \text{ Kg. s/m}^2$$

$$1 \text{ stoke} = 1 \text{ dina/1poise} = 1 \text{ cm}^2/\text{s} = 0,0001 \text{ m}^2/\text{s}$$

Submúltiplo es el centistoke (cSt), que equivale a la viscosidad del agua a 20° C (exactamente 1,0038 cSt)

### Unidades prácticas

(°E) Engler — utilizado en Europa continental.

(°S) Saybolt — utilizado en USA

(°R) Redwood — utilizado en Gran Bretaña

### Equivalencias entre las diferentes unidades

22 E50, equivale a 12.000 S<sup>210</sup>, equivale a 10.000 R<sup>210</sup>

Engler en grados centígrados (°C)

Saybolt y Redwood en grados Fahrenheit (°F)

Paso de stokes (St) a grados Engler (°E)

$$\text{St} = 0,084\text{E} - \frac{0,08}{\text{E}}$$

Temperaturas en que se miden los aceites, cuando se dan en grados Engler.

Los aceites ligeros se miden a 20° C

Los aceites para máquinas se miden a 50° C

Los aceites pesados se miden a 100° C

Algunas equivalencias entre unidades de viscosidad

Viscosidad cinemática en centistokes	°E	°S	°R
3	1,12	32,6	31
3,92	1,3	39	36
6,25	1,5	46	41
11,8	2,0	65	58
16,7	2,5	85	74
21,2	3,0	105,8	90,3
25,4	3,5	121,0	106
29,6	4,0	138,5	122
33,4	4,5	159,3	138

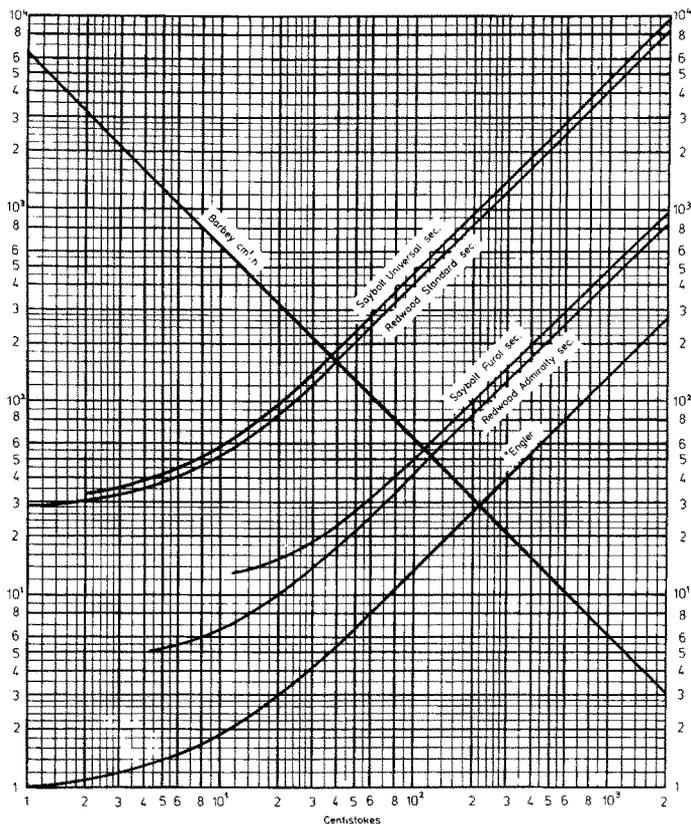
Viscosidad para líquidos en centipoises a 21° C

Agua	0,018
Octano	0,540
Petróleo	0,550
Aceite de oliva	1,00
Alcohol	1,20

Trementina	1,45
Mercurio	1,50
Parafina	2
SAE-5 (Muy ligero)	32
SAE-10 (ligero)	70
SAE-30 (medio)	300
SAE-50 (pesado)	800

**VISCOSIDAD**

Gráfico para la recorversión de unidades de viscosidad en centistokes (cSt).



**VISCOSIDAD DINAMICA**

1 Poise (PI) = 0,0102 kg/s • m<sup>2</sup> = 36,72 Kg/h • m<sup>2</sup>

**VISCOSIDAD CINEMATICA**

1 m<sup>2</sup>/s = 10<sup>4</sup> stokes (st)

Otras unidades:

Engler (E) — utilizado en Europa Continental

Redwood (R) — utilizado en G.B.

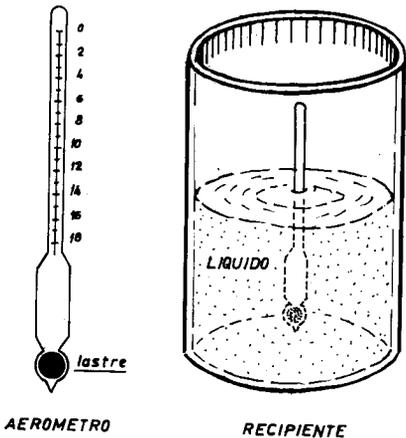
Saybolt (S) — utilizado en U.S.A.

(E), en grados Centígrados

(R) y (S), en grados Fahrenheit

## 1 - AEROMETROS

Los aerómetros son aparatos que dan la densidad de los líquidos de forma directa. Hay que distinguir dos casos:



### 1.1 - Líquidos con densidad mayor que el agua.

Para este caso, el aerómetro se construye lastreado y su marcado se hace de la manera siguiente:

Al meterlo en agua se hundirá al máximo, haciéndole a nivel del líquido, la marca cero.

A continuación se toma un líquido de densidad 10, haciendo la marca correspondiente. Se divide de 0 a 10 en diez partes iguales, pudiendo poner a continuación divisiones.

Si la densidad del líquido a medir es de 2,5, el aerómetro se hundirá hasta la marca 2,5.

### 1.2 - Líquidos con densidad menor que el agua inferior, que corresponderá al agua pura.

Las marcas se harán hacia arriba.

Cuanto más se introduzca el aerómetro, menos densidad tendrá el líquido.

## 2 - PESA-ACIDOS

Los aerómetros destinados a medir ácidos, se llaman pesa-ácidos.

El valor de ácido contenido en un líquido a medir (riqueza de ácido) se da en grados Beaumé.

Para construir el aerómetro se introduce en una disolución 150g de sal común y 85 g de agua. A nivel de la línea de flotación se marca el número 15, que representa 15° Beaumé.

El intervalo entre el 15 y el cero correspondiente a la línea de agua se divide en 15 partes. Cada parte es un grado Beaumé. Se puede seguir dividiendo en las partes que se desee y las dimensiones del aerómetro permitan.

Densidad a partir del número de grados (n) Beaumé.

$$d = \frac{144,3}{144,3 \cdot n}$$

## 3 - ALCOHOLÍMETRO CENTESIMAL

El cero del aerómetro está en la parte inferior de la varilla y corresponde al agua pura. El 100 en la parte superior y corresponde al alcohol puro.

Si el líquido tiene 25% de alcohol, el alcoholímetro señalará 25, que corresponde a la riqueza en alcohol.

## 4 - VISCOSIDAD

Se define como viscosidad, al rozamiento interno en un fluido.

A causa de la viscosidad, es necesaria una fuerza para que una capa del líquido se deslice sobre la otra, cuando hay una capa de líquido entre ambas.

La viscosidad de un líquido decrece con la temperatura.

Una definición clásica de viscosidad es la de resistencia del fluido a fluir.

Valores típicos de coeficientes de viscosidad a distintas temperaturas.

T° en °C	VISCOSIDAD		
	Aceite de ricino (1) en poises	Agua (1) en centipoises	Aire (2) en micropoises
0	53	1,792	171
20	9,86	1,005	181
40	2,31	0,656	190
60	0,80	0,467	200
80	0,30	0,357	209
100	0,17	0,284	218

**GRADO DE ACIDEZ**

- < 7 = SOLUCION ACIDA (0 a 7)  
 = 7 = SOLUCION NEUTRA  
 > 7 = SOLUCION BASICA (7 a 14)

**MEDICION DEL PH**

**Tipo de potenciómetro** Es un método preciso y empleado en Laboratorio.

**Tipo colorímetro** Método menos preciso pero muy utilizado en la industria.  
 En este método se utiliza el papel de tornasol. Por el color que toma el papel se sabe si el líquido es ácido, base o neutro, aunque no se puede conocer el grado que le corresponde.

Color rojo – Acido

Color no modificado – Neutro

Color azul – Base

**Comportamiento del agua**

- A 0° C – PH = 7,47 (Base)  
 21° C – PH = 7,07 (Base)  
 25° C – PH = 7 (Neutro)  
 220° C – PH = 5,68 (Acido)

**Ejemplos de grados PH**

- PH = 0,1 – Acido clorhídrico  
 3,7 – Acido fórmico  
 7 – Agua pura  
 9,25 – Amoníaco normal

**EL AGUA**

El agua es la sustancia más abundante en la naturaleza.

El agua natural nunca es pura por tener disueltas otras sustancias, como son, sales calcáreas, magnéticas y disolución.

- Un litro de agua a 4° C pesa 1 Kg (1.000 g)  
 a 8° C pesa 999,8 g  
 a 0° C pesa 999,8 g

**Estado en que se presenta el agua**

**Agua natural** – Debe ser incolora, inodora e insípida, conteniendo cierta cantidad de sales que no superarán los 0,5g por litro.

**Agua destilada** – Purificada por destilación. Utilización química.

**Agua filtrada** – Se le han eliminado las materias en suspensión.

**Agua esterilizada** – Se le han destruido los microbios y bacterias con cloro y ozono.

La ebullición, rayos solares y rayos ultravioleta también esterilizan el agua.

**Agua potable** – El agua no dura, filtrada y esterilizada, es potable.

**Dureza del agua**

Cuando el agua lleva disueltos más de 0,6g de materias minerales por litro, se dice que es dura.

Las aguas duras producen incrustaciones calcáreas, en las tuberías.

Las aguas calcáreas deben su dureza al carbonato cálcico (C O<sub>3</sub> Ca).

Las aguas salitrosas deben su dureza al sulfato de calcio (SO<sub>4</sub> Ca).

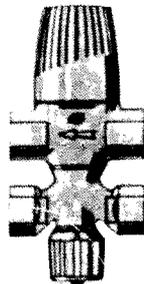
Los carbonatos cálcico y magnésico son insolubles y pueden ser eliminados por filtración.

También se consigue eliminar dureza del agua por medio de la permutación, mediante la aportación de una sustancia formada por aluminio silicato sódico que reacciona con sales cálcicas, originando sales sódicas.

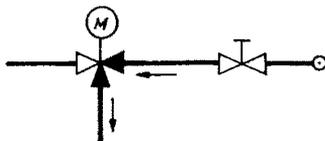
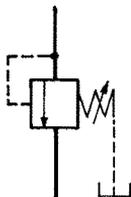
Regenerar el permutador se consigue poniéndolo en contacto con sal común.

Capítulo 6

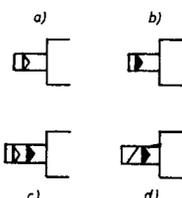
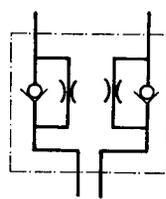
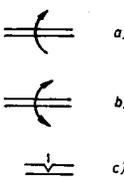
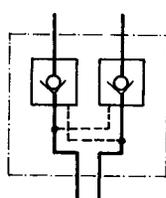
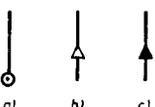
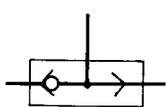
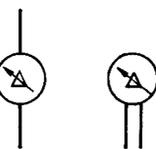
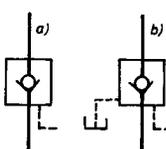
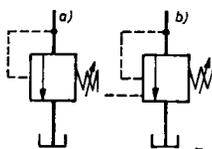
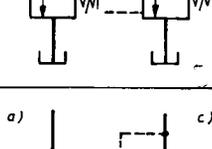
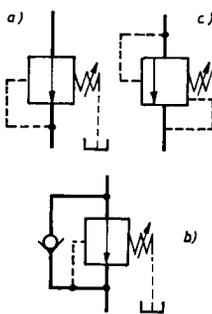
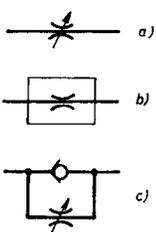
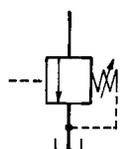
Introducción a la hidráulica

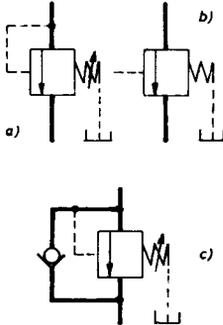
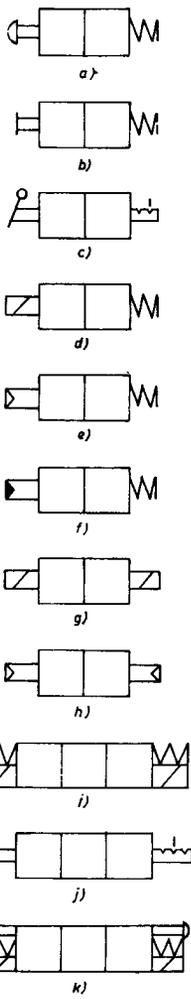
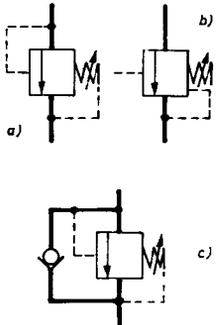
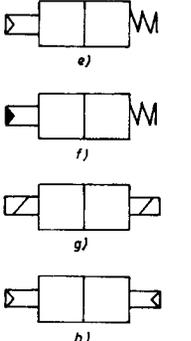
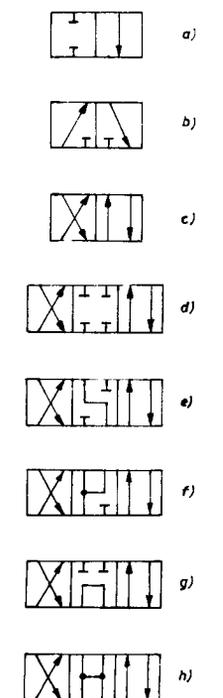
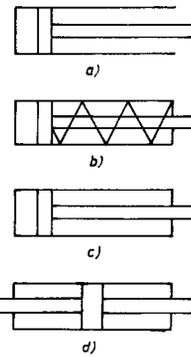


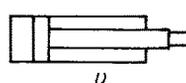
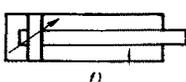
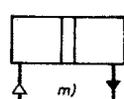
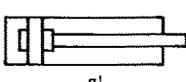
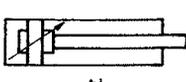
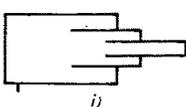
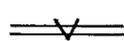
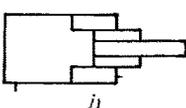
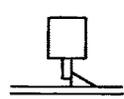
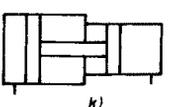
Símbolos hidráulicos .....	141
Distribuidores hidráulicos .....	145
Centrales hidráulicas .....	147
Motor oscilante-acumuladores .....	150
Bomba de engranajes .....	151
Bomba de paletas .....	152
Circuitos hidráulicos .....	153
Caudal que pasa por una tubería .....	156



SIMBOLO	DENOMINACION	SIMBOLO	DENOMINACION
	Tubería de carga rígida		Motor monofásico de corriente alterna
	Tubería flexible		Motor trifásico de corriente alterna
	Cruce de tuberías con unión		Motor térmico
	Cruce de tuberías sin unión		Bomba de caudal constante a) Un sentido del flujo b) Doble sentido de flujo
	Tubería de maniobra (pilotaje)		Bomba de caudal variable a) Un sentido del flujo b) Doble sentido del flujo
	Derivación tapada (cerrada)		Bomba de accionamiento manual
	Recipiente para fluido hidráulico		Motor hidráulico a) Un sentido del flujo b) Doble sentido del flujo
	Recipiente para fluido hidráulico a presión		Motor hidráulico de caudal variable a) Un sentido del flujo b) Doble sentido del flujo
	Escape al aire		Motor hidráulico oscilante con ángulo de rotación limitado
	Acumulador hidráulico		Accionamientos a) Mecánico b) Pulsador c) Leva d) Pedal
	Filtro (símbolo general)		
	Filtro con purga		
	Manómetro		
	Intercambiador de calor. Calentador		Accionamientos a) Resorte b) Roldana c) Eléctrico a bobina d) Eléctrico a doble bobina
	Intercambiador de calor. Refrigerador		
	Intercambiador de calor. Refrigerador líquido		
	Presostato		Llave de paso

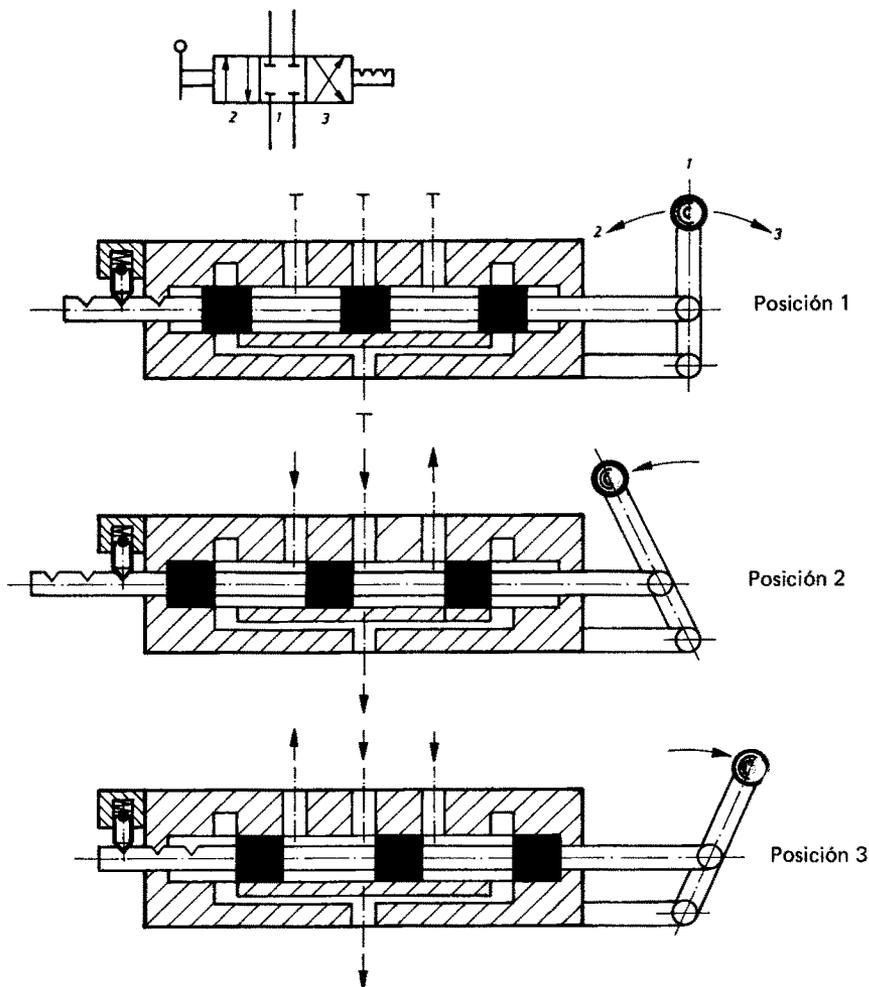
SIMBOLO	DENOMINACION	SIMBOLO	DENOMINACION
	<p>Accionamientos</p> <p>a) Neumático</p> <p>b) Hidráulico</p> <p>c) Neumático-Hidráulico</p> <p>d) Electro-Hidráulico</p>		<p>Válvula doble de control y regulación de caudal</p> <p>Para regular los dos sentidos de circulación del fluido hidráulico.</p>
	<p>a) Eje con un sentido de giro</p> <p>b) Eje con doble sentido de giro</p> <p>c) Enclavamiento mecánico</p>		<p>Válvula doble de retención con accionamiento pilotado por la presión del circuito</p>
	<p>a) Inicio de instalación</p> <p>b) No hay flujo hidráulico</p> <p>c) Hay flujo hidráulico</p>		<p>Selector de circuitos</p>
	<p>Manómetro diferencial. Señala máximo y mínimo</p>		<p>Válvulas antirretorno</p> <p>a) Pilotada a la apertura</p> <p>b) Pilotada a la apertura con drenaje</p>
	<p>Caudalímetro</p>		<p>Válvulas limitadoras de presión (Seguridad)</p> <p>a) Pilotaje interno</p> <p>b) Pilotaje exterior a distancia</p>
	<p>Contador-totalizador</p>		<p>Válvulas de reducción de presión</p> <p>a) Reductora</p> <p>b) Reductora con retención</p> <p>c) Reductora diferencial con drenaje</p>
	<p>Accionamiento motorizado en dos sentidos</p>		<p>Válvulas de reducción de presión</p> <p>a) Reductora</p> <p>b) Reductora con retención</p> <p>c) Reductora diferencial con drenaje</p>
	<p>a) Válvula reguladora de caudal (variable)</p> <p>b) Válvula reguladora de caudal en un sentido.</p> <p>c) Conjunto de regulador más antirretorno</p>		<p>Válvula de exclusión</p>

SÍMBOLO	DENOMINACION	SÍMBOLO	DENOMINACION
	<p><b>Válvulas de secuencia.</b></p> <p>Permiten e impiden el paso de caudal entre dos puntos de un circuito mediante pilotaje interno o externo.</p> <p>a) Pilotaje interno                      b) Pilotaje externo                      c) Con retención</p>		<p><b>Accionamiento o pilotaje de válvulas distribuidoras</b></p> <p>a) Por pulsador en un sentido y retorno por resorte                      b) Por accionamiento mecánico y retorno por resorte                      c) Por palanca manual y enclavamiento mecánico                      d) Por electroimán y retorno por resorte                      e) Por aire y retorno por resorte                      f) Por fluido hidráulico y retorno por resorte                      g) Por electroimán para las dos posiciones. Queda en el último pilotaje (biestable).                      h) Por aire para las dos posiciones.                      i) Por electroimán para las dos posiciones extremas. Al faltar pilotaje vuelve al centro.                      j) Por palanca manual. Representado en posición centro.                      k) Por electroimán y manualmente. En reposo, posición centro.</p>
	<p><b>Válvulas de contrapresión.</b></p> <p>Estas válvulas originan una contrapresión a la salida de un actuador, que deberá ser vencida para que ésta pueda moverse.</p> <p>a) Pilotaje interno                      b) Pilotaje externo                      c) Con retención</p>		<p>i) Por electroimán para las dos posiciones extremas. Al faltar pilotaje vuelve al centro.                      j) Por palanca manual. Representado en posición centro.                      k) Por electroimán y manualmente. En reposo, posición centro.</p>
	<p><b>Válvulas distribuidoras</b></p> <p>a) 2 posiciones (2p)                      2 vías (2v)                      b) 2p - 3v                      c) 2p - 4v                      d) 3p - 4v                      e) 3p - 4v                      f) 3p - 4v                      g) 3p - 4v                      h) 3p - 4v</p>		<p><b>Cilindros hidráulicos</b></p> <p>a) De simple efecto                      b) De simple efecto. Retorno por resorte                      c) De doble efecto                      d) De doble efecto. Doble vástago.</p>

SÍMBOLO	DENOMINACION	SÍMBOLO	DENOMINACION
	e) Cilindro Freno en lado izquierdo		l) Cilindro en diferencial
	f) De doble efecto Freno en lado izquierdo, regulable		m) Convertidor de presión aire/aceite
	g) De doble efecto Freno regulable en ambas carreras.		Mecanismos articulados
	h) De doble efecto Freno regulable en ambas carreras		Conexiones rotativas - de 1 vía - de 3 vías
	i) Cilindro telescópico de simple efecto		Dispositivo de paro brusco
	j) Cilindro telescópico de doble efecto		Dispositivo de enclavamiento
	k) Multiplicador de presión		Termómetro

**VALVULAS DE 3 Y 4 VIAS**

VALVULA EN T		VALVULA EN L	
3 vías	4 vías	3 vías	4 vías
			
			
			
			



En esta lámina se representa un distribuidor de 3 posiciones y 4 vías de accionamiento manual con enclavamiento para las tres posiciones.

#### POSICION 1<sup>1</sup>

A esta posición corresponde la situación intermedia, en la que todas las vías están cerradas.

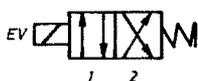
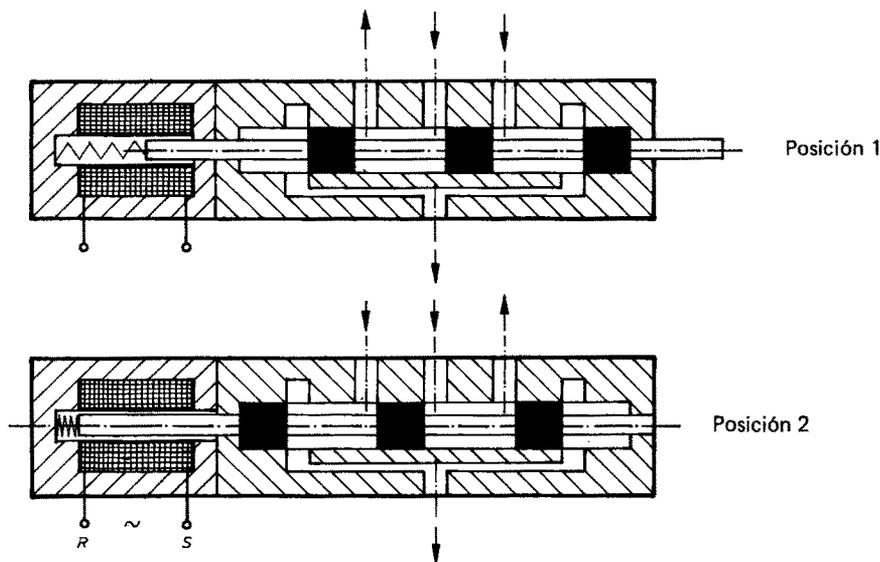
#### POSICION 2

En esta situación el aire tiene entrada al circuito utilizador y al mismo tiempo se da escape al fluido bajo presión que tenía una parte del circuito.

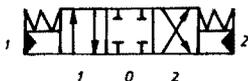
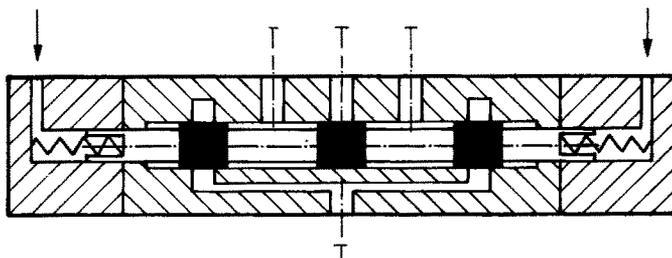
#### POSICION 3

Situación similar a la anterior pero conmutando la entrada por salida y la salida por entrada.

En la parte superior de la lámina se representa simbólicamente el distribuidor de 3p. y 4v. que se ha estudiado, en sus tres posiciones de trabajo.



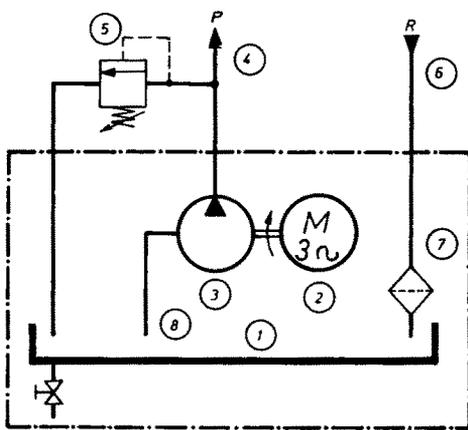
Distribuidor de 2p. y 4v. con pilotaje por electroimán para un desplazamiento y retorno a la posición de reposo y resorte.



Distribuidor de 3p. y 4v. con pilotaje por aire o por fluido hidráulico para las posiciones 1 y 2. En reposo, sin pilotaje el distribuidor se encuentra en posición de centro cerrado. A esta posición le llevan los resortes.

Pensamos, que para el estudio de los circuitos hidráulicos resulta suficiente la explicación que aquí se hace sobre el funcionamiento de los distribuidores.

Para ampliar este tema recomendamos consultar el capítulo sobre Esquemas Neumáticos.



- 1 – Recipiente
- 2 – Motor eléctrico
- 3 – Bomba (engranajes o pistón)
- 4 – Salida de aceite con presión (P)
- 5 – Válvula de seguridad. A una presión determinada, la presión P (líquido), es enviada al recipiente.
- 6 – Retorno de aceite (R)
- 7 – Filtro de aceite, llegada
- 8 – Filtro de aceite, salida

**GENERALIDADES SOBRE CENTRALES HIDRAULICAS**

- Pequeña presión nominal: de 0 a 50 bar
- Media presión: de 50 a 150 bar
- Alta presión: de 150 a 250 bar

**Características principales de una central hidráulica:**

- Volumen del depósito  
 $V = 3 \cdot Q_c$  en litros       $Q_c$  – caudal de la bomba por minuto
- Presión nominal a suministrar en bar
- Potencia del motor

$$P = \frac{P \cdot Q_c}{450 \cdot \eta} \text{ en CV}$$

$P$  – presión en bar  
 $Q_c$  – caudal en litros/mn.  
 $\eta$  – rendimiento (motor-bomba), 0,8

- Filtro de salida (aspiración) – 160  $\mu$  (micras)
- Filtro de llegada (retorno) – 1.500 a 2.000  $\mu$
- Válvula de seguridad  
 Se reglará a  $P_a = p \cdot 1,1$        $p$  – presión de servicio
- Otros elementos anexos al grupo hidráulico
  - Manómetro indicador de presión.
  - Sonda de temperatura.  
 La temperatura del aceite en el depósito o en la tubería, no debe sobrepasar 65° a 70° C.
  - Al fabricante se le darán todas las indicaciones posibles a fin de que el suministro se ajuste a las necesidades reales de la instalación.

## LIQUIDOS HIDRAULICOS

Pueden distinguirse tres clases de líquidos hidráulicos, a saber:

- Líquidos de base acuosa.
- Líquidos sintéticos.
- Aceites minerales y vegetales

## LIQUIDOS DE BASE ACUOSA

- Aceite mineral en agua  
Mezcla: Hasta un 15% de aceite, resto, agua.  
Temperatura de trabajo: Entre + 10° C y + 70° C
- Agua en aceite mineral  
Mezcla: 50% a 60% de aceite mineral, resto, agua.  
Temperatura de trabajo: Entre + 10° C y + 70° C
- Agua con glicerina  
Mezcla: Hasta 50% de glicerina, resto, agua. Puede llegarse hasta 65% de glicerina.  
Temperatura de trabajo: Entre -45° C y + 65° C.
- Glicol-agua  
Mezcla: 35% a 60% de agua, resto, alcohol.  
Temperatura de trabajo: Entre -15° C y + 60° C

## LIQUIDOS SINTETICOS

- Esteres fosfatados  
Temperatura de trabajo: Entre -55° C y + 150° C
- Siliconas  
Temperatura de trabajo: Entre -70° C y + 300° C.

## ACEITES MINERALES Y VEGETALES

Tienen el inconveniente de que se degradan con la temperatura.  
Temperatura de trabajo: Entre + 10° C y + 100° C

## ADITIVOS

Para mejorar, conservar y dar propiedades especiales a los líquidos hidráulicos, se les añade aditivos, tales como:

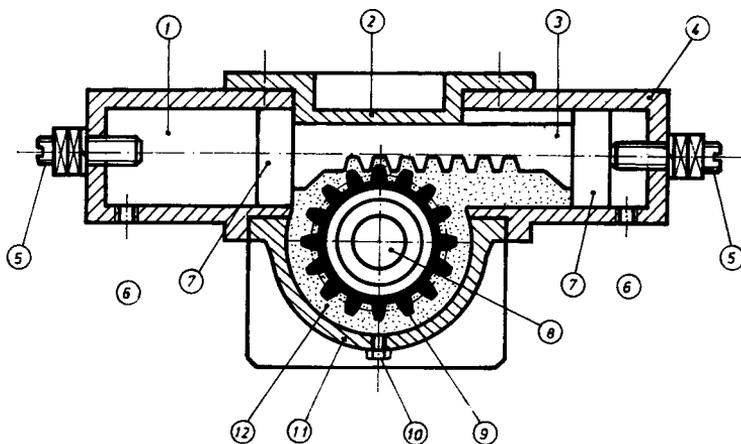
- Viscosos  
Aumentan la viscosidad del líquido hidráulico
- Anticongelantes  
Mejoran la fluidez a bajas temperaturas
- Adherentes  
Mejoran la adherencia a las paredes de los elementos metálicos del circuito
- Antiespumantes  
Reducen la formación de espumas  
Las siliconas son los más utilizados (1 parte de silicona por 10<sup>6</sup> partes de fluido)
- Antioxidantes  
Para trabajar de 100° C a 130° C, aminas-fenoles  
Para trabajar de 150° C a 200° C, productos con contenido de azufre y fósforo.

## PUNTOS IMPORTANTES A CONSIDERAR EN UN LIQUIDO HIDRAULICO

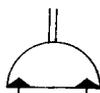
- Viscosidad

La viscosidad de los aceites hidráulicos varía entre 15 y 20 centistokes, equivalentes a 2,5° E y 16° E. Los valores más normales varían entre 35 y 70 centistokes. El índice de viscosidad señala la variación de viscosidad de un líquido, en función de la temperatura.

- Untosidad  
Adherencia del fluido a las paredes metálicas.
- Poder antiespuma  
La formación de espuma depende de la dispersión del aire en el aceite.  
Un buen purgado reduce la espuma del líquido.
- Filmoresistencia  
Resistencia límite a la rotura de la película de aceite que cubre las partes en presión y movimiento del circuito.
- Índice de acidez  
El líquido hidráulico no debe ser ácido para que no resulte corrosivo.  
El índice de acidez se da en mg de potasa (KOH) necesarios para neutralizar 1g de aceite y su peso debe ser inferior a 0,1g de potasa.
- Estabilidad química  
Con la temperatura, el oxígeno y otras sustancias que recoge el líquido al recorrer el circuito, como: hierro, plomo, cobre, estaño, cinc, ácidos, etc, resultan agentes perjudiciales que tienden a envejecerlo.  
La estabilidad química es la resistencia al envejecimiento.
- Detergencia  
Propiedad que tiene el aceite de mantener diluidos, diferentes productos, tales como: lacas, barnices, lodos, agentes limpiadores, etc.
- Punto de destello  
Temperatura a la cual, los gases emanados se inflaman espontáneamente en presencia de una llama, en condiciones normales.
- Punto de coagulación  
Si se baja la temperatura, sobre todo en un aceite con predominio de parafina, se hace viscoso.
- Punto de anilina  
Muy importante resulta conocer este dato, cuando se utilizan juntas de perburán o neopreno.  
Este valor señala la temperatura más baja a que puede mezclarse el aceite y la anilina a partes iguales, de una forma homogénea y transparente.
- Punto de inflamación  
Temperatura a la cual se obtiene una combustión permanente si se aproxima una llama.  
Aproximadamente a 20° C sobre el punto de destello.
- Punto autoinflamación  
Temperatura a la cual los vapores de aceite se inflaman espontáneamente.



## MOTOR OSCILANTE

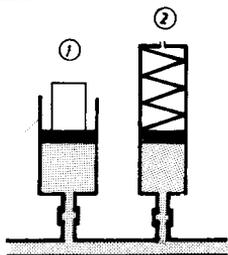


Símbolo

- 1 - Cámara del cilindro
- 2 - Tope fijo que delimita carrera
- 3 - Vástago
- 4 - Carcasa
- 5 - Topes regulables que delimitan el ángulo de giro
- 6 - Entradas y salidas de fluidos a la cámara
- 7 - Embolos
- 8 - Eje giratorio donde se hace la aplicación
- 9 - Piñón transmisor del esfuerzo
- 10 - Tuerca tapón de relleno
- 11 - Carcasa
- 12 - Aceite

Cantidad de aplicaciones para cuando se requieren movimientos con ángulos de giro inferiores a  $360^\circ$ .

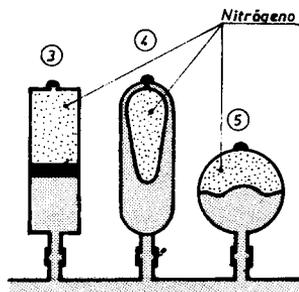
## ACUMULADORES HIDRAULICOS



El acumulador hidráulico tiene por función, el de absorber un determinado volumen de fluido a presión y devolverlo al circuito en el momento que éste lo precise.

Al acumulador hidráulico puede encontrarse en el circuito hidráulico bajo diferentes formas, como son:

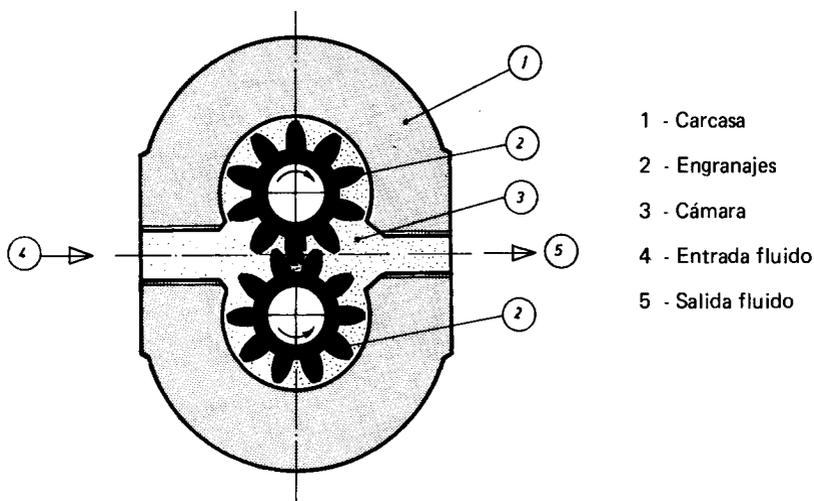
- 1 - Acumulador de peso
- 2 - Acumulador de resorte
- 3 - Acumulador de pistón
- 4 - Acumulador de vejiga
- 5 - Acumulador de membrana



Las funciones que el acumulador hidráulico realiza en un circuito pueden ser estas:

- Reserva de fluido a presión. Cuando el sistema precisa presión y caudal durante un corto tiempo.
- Compensación de fugas
- Compensación de volumen
- Eliminar o reducir los golpes de ariete producidos por cortes bruscos de fluido
- Disminuir irregularidades de la presión dada por las bombas.

Los acumuladores hidráulicos tendrán el dimensionado que precise la función propia de su utilización y la que le corresponda por las características del circuito. Se recomienda consultar con el proveedor en el momento de elegir un acumulador.



### DATOS PRINCIPALES PARA EL CALCULO

- $d_p$  — diámetro primitivo en cm  
 $d_e$  — diámetro exterior en cm  
 $d$  — distancia entre ejes de piñones  
 $l$  — longitud del diente  
 $z$  — número de dientes del piñón  
 $Q$  — caudal en l/h  
 $Q_1$  — caudal en  $\text{cm}^3$  por vuelta  
 $n$  — núm. de r.p.m.  
 $P_h$  — potencia hidráulica en KW  
 $P_m$  — potencia del motor  
 $\Delta p$  — diferencia de presión en bar

### CAUDAL EN $\text{cm}^3$ POR VUELTA ( $Q_1$ )

$$Q_1 = \frac{\pi}{2} \cdot l [d_e^2 - d^2 - d_p^2 \left( d_p^2 \frac{\pi}{3 \cdot z} \right) ]$$

Fórmula aproximada que resulta válida para el cálculo

$$Q_1 = 2 \cdot l \left( \frac{\pi}{4} \cdot d_e^2 - \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \right) = \frac{\pi}{2} \cdot l (d_e^2 - d^2)$$

### CAUDAL EN LITROS HORA ( $Q$ )

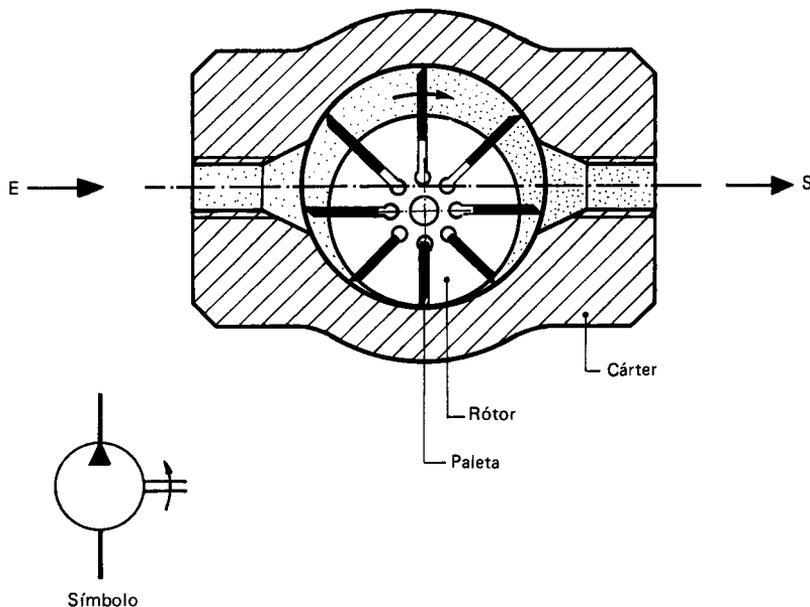
$$Q = \frac{Q_1 \cdot n \cdot 60}{1000}$$

### POTENCIA HIDRAULICA ( $P_h$ )

$$P_h = \frac{Q_1 \cdot n}{600} \cdot \Delta p \quad \left( \frac{Q_1 \cdot n}{1000} = l/mn \right)$$

### POTENCIA DEL MOTOR ( $P_m$ )

$$P_m = P_h + P_{\text{pérdidas}}$$



Otro de los tipos de bomba hidráulica es la de paletas, pudiendo ser de caudal fijo o variable, con una gama muy amplia de utilización en la que a caudales se refiere, pudiendo oscilar su aplicación entre 2,5 y 300l/mn.

Este tipo de bomba trabaja a baja presión, siendo su campo normal de utilización de 0 a 140 bars a velocidades que oscilan entre 500 y 3.000 r.p.m.

El principio de funcionamiento en que se basa esta bomba consiste básicamente en un rotor en el que se alojan unas paletas móviles que giran dentro de una cámara (cárter).

Las paletas toman el aceite que llega de E y transportan el fluido hacia S. El aceite se toma del recipiente a presión atmosférica de forma que al girar el rotor comprime el aceite entre las paletas al ir reduciendo la sección de la cámara y con esta compresión la presión del fluido.

Caudal teórico que da una bomba de paletas

$$Q = 2A \cdot n \cdot \left[ \pi (R^2 - r^2) - \frac{(R - r) e \cdot z}{\cos \gamma} \right]$$

Q - caudal en cm<sup>3</sup> /mn

A - anchura del rotor en cm

n - número de revoluciones por minuto

R - radio mayor del perfil del anillo estator en cm

r - radio menor del perfil del anillo estator en cm

e - espesor de la paleta en cm

z - número de paletas

γ - ángulo de inclinación de la paleta con respecto al radio

## BOMBA DE PISTONES

Las bombas de pistones se utilizan para grandes presiones, que pueden variar entre 150 y 2.000 bars, con caudales que oscilan entre 0,3 y 250 dm<sup>3</sup>/mn y velocidades de hasta 7.000 r.p.m.

Hay bombas de pistones en línea, de pistones radiales y de pistones axiales.

Para cada caso se elegirá el tipo de motor que más convenga. Conviene definir claramente las necesidades y después consultar al proveedor elegido.

**MOTOR HIDRAULICO**

Consumo (Q)

$$Q = \frac{V \cdot n}{1.000 \cdot \eta_v} \text{ en l/mn}$$

Velocidad (n)

$$n = \frac{Q \cdot \eta_v \cdot 1.000}{V}$$

Momento de giro (M)

$$M = \frac{\Delta p \cdot V \cdot \eta_{hv}}{2 \cdot \pi \cdot 100}$$

M – en d a Nm  
 $\Delta p$  – diferencia de presión entre la entrada y la salida  
 $\eta_{hv}$  – rendimiento hidráulico-mecánico (entre 0,9 y 0,95)

Potencia

$$(1) P = \frac{\Delta p \cdot Q \cdot \eta_t}{600}$$

$\eta_t$  – rendimiento total (entre 0,8 y 0,85)  
 $\eta_t = \eta_v \cdot \eta_{hv}$

P – potencia en kW

$$(2) P = \frac{\Delta p \cdot Q \cdot \eta_t}{441,2}$$

P – potencia en CV

**BOMBA HIDRAULICA**

Caudal

$$Q = \frac{V \cdot n \cdot \eta_v}{1.000}$$

Q – caudal en l/mn  
V – caudal dado por la bomba en cm<sup>3</sup>  
n – r.p.m.  
 $\eta_t$  – rendimiento volumétrico (entre 0,9 y 0,95)

Potencia de accionamiento de la bomba

$$(1) P_s = \frac{p \cdot Q}{600 \cdot \eta_t}$$

$P_s$  – potencia en kW  
p – presión de servicio en bar  
 $\eta_t$  – rendimiento total

$$(2) P_s = \frac{p \cdot Q}{441,2 \cdot \eta_t}$$

 $P_s$  – potencia en CV

Viscosidad del aceite para circuitos hidráulicos

La viscosidad de trabajo varía entre:

2,5° E y 16° E para los más normales  
(15 centistokes y 120 cstk)

**Indice de viscosidad**

Regular	– 60 a 80
Bueno	– 80 a 90
Muy bueno	– 90 a 100
Excelente	– más de 100

**Indice de acidez**

Será inferior a 0,1

Corresponde a los miligramos de potasa (KOH) que son necesarios para neutralizar un gramo del aceite que se hace la medición.

**Líquidos hidráulicos**

- aceites minerales y vegetales
- líquidos de base acuosa
- líquidos sintéticos

**Características que deben reunir los líquidos hidráulicos**

- Tener buen rendimiento en la transmisión de energía
- Buen comportamiento con la temperatura
- Poca compresibilidad
- No alacar las juntas
- Ser un buen lubricante
- No ser oxidante
- No ser tóxico
- Inalterable con el tiempo
- No ser inflamable

**FUERZAS DEL CILINDRO**

Comprensión (Fc)

$$F_c = \frac{0,785 \cdot d_1^2 \cdot p}{10^4} \text{ en KN}$$

d<sub>1</sub> - diámetro del émbolo en mm

Tracción (Ft)

$$F_t = \frac{0,785 (d_1^2 - d_2^2) \cdot p}{10^4} \text{ en KN}$$

d<sub>2</sub> - diámetro del vástago en mm

p - presión de servicio

**RENDIMIENTO DE CILINDROS HIDRAULICOS ( η )**

Varía entre 0,85 y 0,95

**FUERZA DEL CILINDRO (F)**

$$F = p \cdot S \text{ en daN}$$

S - superficie en mm<sup>2</sup>

**VELOCIDAD SALIDA DEL VASTAGO (v)**

$$(1) v = \frac{L}{10^3 \cdot t} \text{ en m/s}$$

L - carrera del vástago

$$(2) v = \frac{Q}{6 \cdot S} \text{ en m/s}$$

**CAUDAL NECESARIO PARA HACER UNA CARRERA (Qn)**

$$(1) Q_n = \frac{S \cdot v}{10} \text{ en l/mn}$$

$$(2) Q_n = \frac{V}{t} \text{ en l/mn}$$

**CAUDAL REAL PARA HACER UNA CARRERA (Qr)**

$$Q_r = \frac{Q_n}{\eta} \text{ en l/mn}$$

$\eta$  - rendimiento volumétrico (tiene en cuenta fugas) para cálculo:  $\eta = 0,95$

**VOLUMEN DE UNA CARRERA (Cilindrada), (V)**

$$V = \frac{5 \cdot L}{10^4} \text{ en litros}$$

**TIEMPO EN SALIR O ENTRAR EL VASTAGO DE UN CILINDRO (t)**

$$t = \frac{6 \cdot S \cdot L}{10^3 \cdot Q_r} \text{ en segundos}$$

**PERDIDAS DE PRESION EN TUBOS RECTOS ( $\Delta p$ )**

$$\Delta p = \lambda \frac{10 \cdot l \cdot v^2 \cdot \delta}{2}$$

$\lambda$  - en flujo turbulento ( $\lambda t$ )

$\delta$  - densidad del fluido

$$\lambda t = \frac{0,316}{4\sqrt{Re}}$$

$v$  - velocidad del flujo en m/s

$l$  - longitud de la tubería en m

$d$  - diámetro interior de la tubería en mm.

$\lambda$  - coeficiente de rozamiento

$Re$  - número de Reynold

$\nu_i$  - viscosidad cinemática en c St ó  $\text{mm}^2/\text{S}$

$\lambda$  - en flujo laminar ( $\lambda l$ )

$$\lambda l = \frac{64}{Re}$$

Nº de Reynold ( $Re$ )

$$Re = \frac{10^3 \cdot v \cdot d}{\nu_i}$$

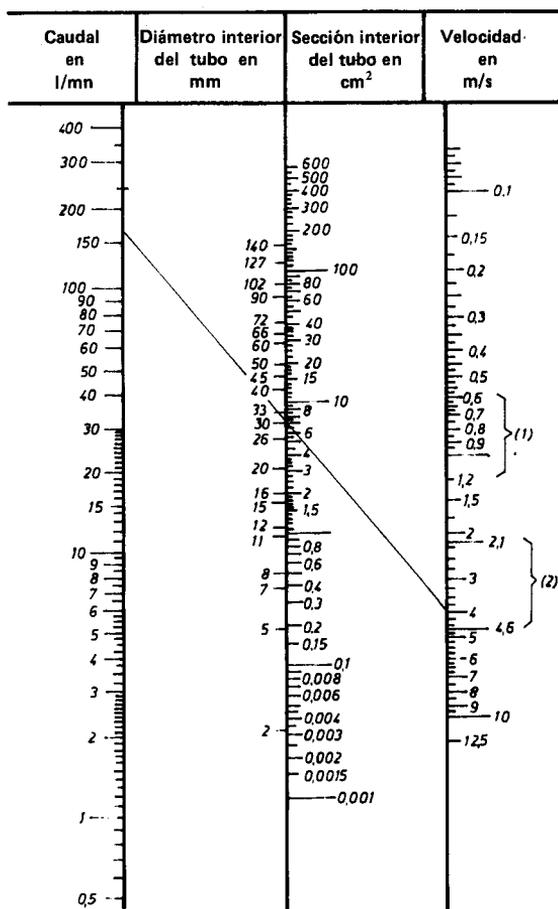
**VELOCIDAD DEL FLUJO EN UNA TUBERIA**

$$v = \frac{4Q \cdot 10^2}{6 \cdot d^2 \cdot \pi} \text{ en m/s}$$

$Q$  - caudal que pasa por la tubería en l/s.

Abaco para determinar el caudal de fluido hidráulico que pasa por una tubería de un determinado diámetro, en función de su velocidad.

Este ábaco es válido para aceites con una viscosidad máxima de 9° E o 38° C. circulando a temperaturas que oscilen entre 20° C y 68° C.



(1) Velocidad recomendada en conductos de aspiración

(2) Velocidad recomendada en líneas de presión

Ejemplo de aplicación. Determinar el caudal de fluido hidráulico que pasa por una tubería dentro de los límites arriba señalados, si su diámetro interior es de 30 mm y la velocidad de circulación es de 4 m/s.

Al prolongar la recta que une 4 m/s, con 30 mm, corta a la línea de caudal en aproximadamente 160 l/mn.

Velocidad del fluido en una tubería (vf)

$$vf = \frac{21,22 \cdot Q}{d}$$

Caudal nominal (Q)

$$Q = \frac{S \cdot v}{10}$$

vf - en m/s

Q - en l/mn

d - diámetro interior en mm

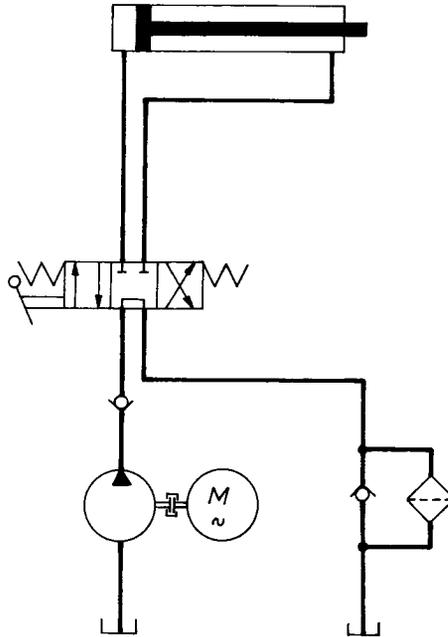
S - sección efectiva en cm<sup>2</sup>

v - velocidad del pistón en m/mn

## Capítulo 7

### Esquemas hidráulicos

Esquemas básicos sobre circuitos hidráulicos con utilización de una amplia gama de aparatos y elementos hidráulicos.



**DIFERENCIAS ENTRE UN CIRCUITO NEUMATICO Y UN CIRCUITO HIDRAULICO**

La similitud entre los circuitos neumáticos e hidráulicos es muy grande en lo que a trazado de esquemas y aparatos se refiere, particularmente en su representación simbólica. Sin embargo, hay unas diferencias muy específicas, como son las que se enumeran a continuación.

**CIRCUITOS NEUMATICOS**

En los circuitos neumáticos, el aire de retorno, el que no ejecuta la maniobra, se manda a escape (atmósfera) y se pierde.

El aire bajo presión que empuja a un émbolo, por ejemplo, puede permanecer en situación de empuje todo el tiempo que sea necesario sin ningún problema.

Normalmente, las tomas de aire bajo presión se hacen de una tubería o colector general, alimentada por un grupo compresor y que puede atender a una red muy extensa de elementos neumáticos.

El circuito neumático necesita engrase para evitar que la humedad del aire oxide elementos fijos y móviles del circuito, que luego dificultan el correcto funcionamiento.

**CIRCUITO HIDRAULICO**

En los circuitos hidráulicos, el fluido hidráulico de retorno se recupera, es decir, que debe conducirse al depósito único.

El grupo de compresión y bombeo suele alimentar a una instalación mucho más limitada en amplitud que el compresor del circuito neumático.

Particularmente el grupo de compresión y bombeo debe protegerse contra sobrepresiones en las interrupciones de caudal al circuito, cosa que en el circuito neumático no tiene importancia.

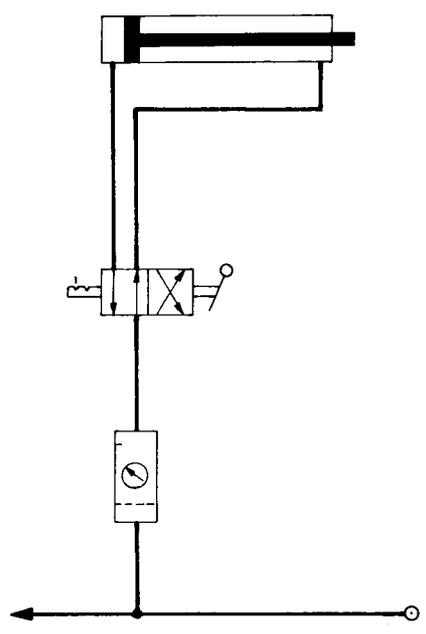
El circuito hidráulico requiere tubería de ida y retorno.

Las fugas de aceite son siempre más molestas que las de aire.

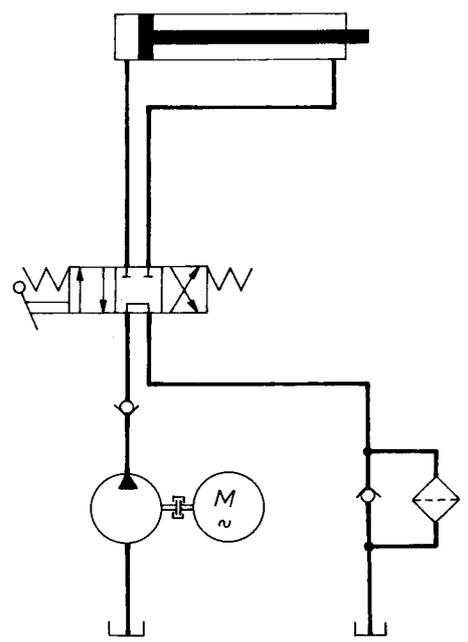
Al no tener escapes a la atmósfera, no hay problemas por ruido.

**ESQUEMAS COMPARATIVOS SOBRE EL MANDO DE UN CILINDRO POR DISTRIBUIDOR MANUAL**

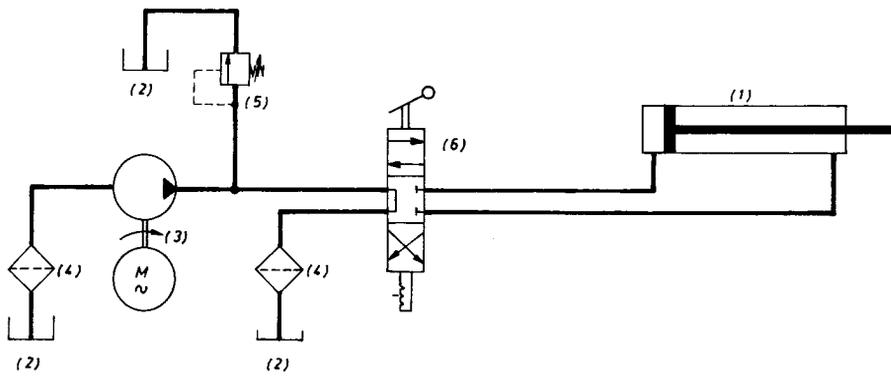
**ESQUEMA NEUMATICO**



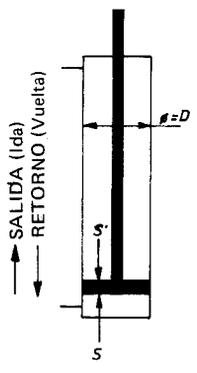
**ESQUEMA HIDRAULICO**



Circuito hidráulico simple que se analiza seguidamente por elementos



**CILINDRO**



Sección (S)

$$S = \frac{F}{P}$$

S – sección en  $\text{cm}^2$  (lado opuesto al vástago)  
 F – fuerza en Kp  
 P – presión en bar o Kg

$$S' = \frac{F'}{P}$$

S' – sección en  $\text{cm}^2$  (lado del vástago)  
 F' – fuerza en Kp

$$S = S' \cdot 1,4$$

Según se utilice el cilindro para realizar el trabajo en el recorrido de IDA o VUELTA, se empleará una u otra sección,

Fuerza del cilindro (F)

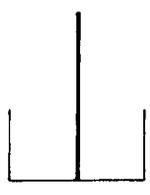
$$F = P \cdot S \text{ en Kp (IDA)}$$

$$F' = P \cdot S \text{ en Kp (VUELTA)}$$

Rendimiento de un cilindro ( $\eta$ )

$$\eta = 0,85 \div 0,95$$

**DEPOSITO**



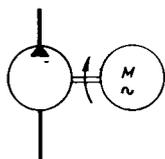
Volumen del depósito

Se establece como norma general que el depósito tendrá un volumen de 3 veces el caudal suministrado por la bomba en un minuto.

$$V = 3 \cdot Q_c$$

V – volumen en litros  
 $Q_c$  – caudal de la bomba por minuto.

**GRUPO MOTO-BOMBA**



**DATOS NECESARIOS PARA EL CALCULO:**

Caudal a dar por la bomba (Q)

Rendimiento

Caudal de cálculo (Q<sub>c</sub>)

$$Q_c = Q \cdot \eta_v \quad \eta_v - \text{rendimiento volumétrico}$$

Potencia (P)

$$P = \frac{P \cdot Q_c}{450 \cdot \eta} \quad \begin{array}{l} P - \text{presión en bar} \\ Q_c - \text{caudal en dm}^3/\text{mn} \end{array}$$

$\eta$  - rendimiento del conjunto motor bomba (0,8)

**FILTRO**



Por lo general se calcula un filtro para la salida del depósito y otro para la llegada al mismo.

**DATOS NECESARIOS:**

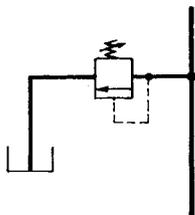
Caudales Q y Q<sub>1</sub>

Por lo general son válidos:

Salida del depósito (aspiración) - 160 μ (micras)

Llegada al depósito (retorno) - 1.500 a 2.000 μ

**VALVULA DE SEGURIDAD**



**DATOS NECESARIOS:**

Presión de servicio (p)

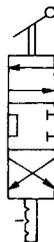
La válvula de seguridad se ajusta alrededor de un 10 % sobre la presión de servicio

p<sub>a</sub> - presión de ajuste

p - presión de servicio

$$p_a = p \cdot 1,1$$

**DISTRIBUIDOR**



Las dimensiones del distribuidor estarán calculadas en función del tiempo que se prevea para los recorridos de Ida y Vuelta.

**DATOS NECESARIOS:**

Dimensiones del cilindro (φ) y longitud (L)

Tiempo de carrera (T)

Velocidad de salida del vástago (v<sub>v</sub>)

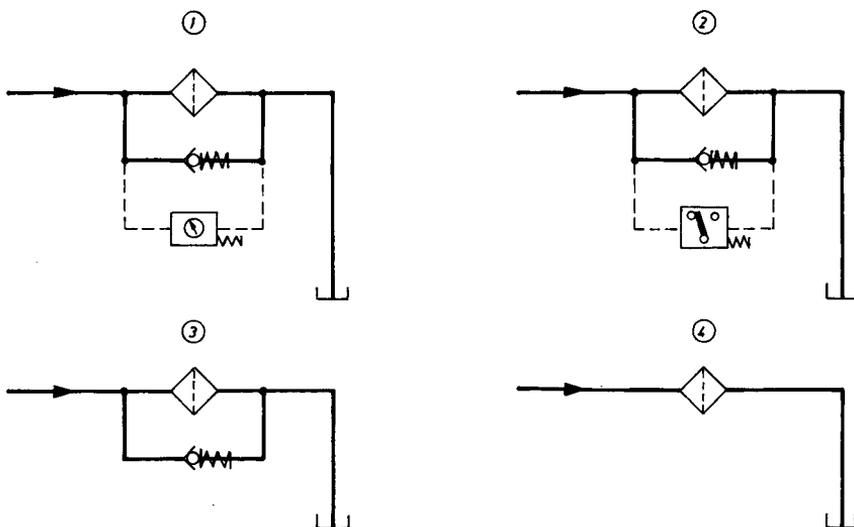
$$v_v = \frac{L}{T} \quad \begin{array}{l} v_v - \text{en cm/s} \\ L - \text{en cm} \\ T - \text{en segundos} \end{array}$$

Caudal (Q) lado del vástago

$$Q = \frac{v_v \cdot S \cdot 60}{1000} \quad \begin{array}{l} Q - \text{caudal en l/mn} \\ S - \text{sección en cm}^2 \\ v_v - \text{velocidad cm/s} \end{array}$$

Caudal (Q') lado contrario al vástago

$$Q' = Q \cdot 1,4$$



### FILTROS PARA EL CIRCUITO DE RETORNO EN CENTRALES HIDRAULICAS

#### 1 – Filtro con indicador visual

Si aumenta la presión de la tubería de retorno como consecuencia de obturación del filtro por falta de limpieza, un antirretorno abrirá el circuito al llegar a la presión a que está ajustado.

Un indicador de presión señala constantemente la situación del filtro. Si aumenta la presión, es una señal clara de que el filtro está sucio.

Será necesario vigilarlo con cierta frecuencia.

#### 2 – Filtro con presostato

Al igual que el filtro anterior el circuito dispone como seguridad de una válvula antirretorno regulada a una presión determinada.

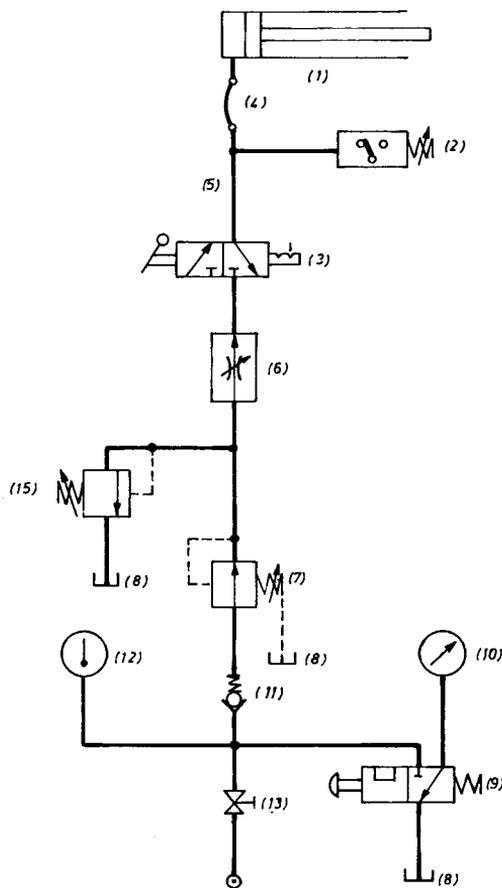
El presostato se reglará a una presión inferior a la del antirretorno. Si por falta de limpieza del filtro, el circuito alcanza una presión determinada, el presostato por medio de su contacto activará una señal acústica, luminosa o con otra función.

#### 3 – Filtro con antirretorno

El antirretorno abrirá su circuito en caso de atasco del filtro.

#### 4 – Filtro

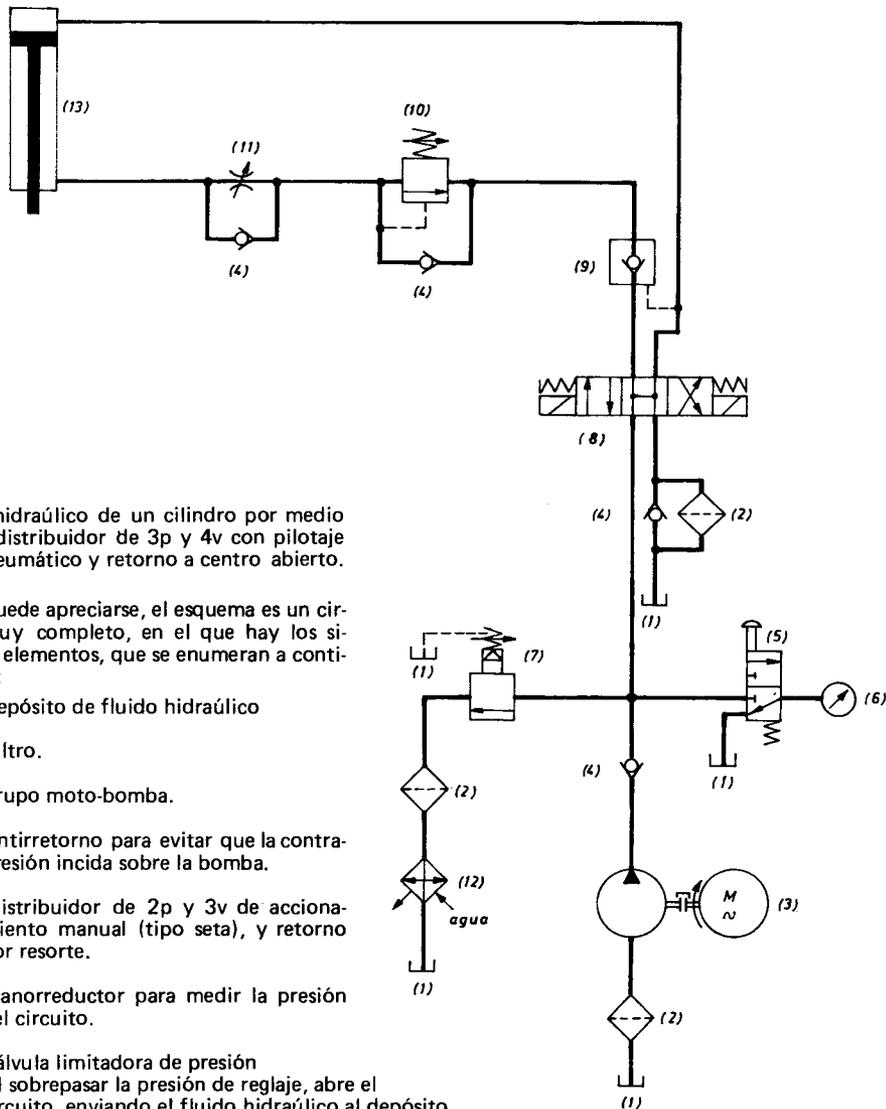
Instalación normal de un filtro cuyo circuito no tiene muchas impurezas y que se limpia periódicamente.



Esquema para el mando de un cilindro de simple efecto por medio de un distribuidor accionado manualmente.

El esquema lleva incorporado los elementos que se relacionan a continuación.

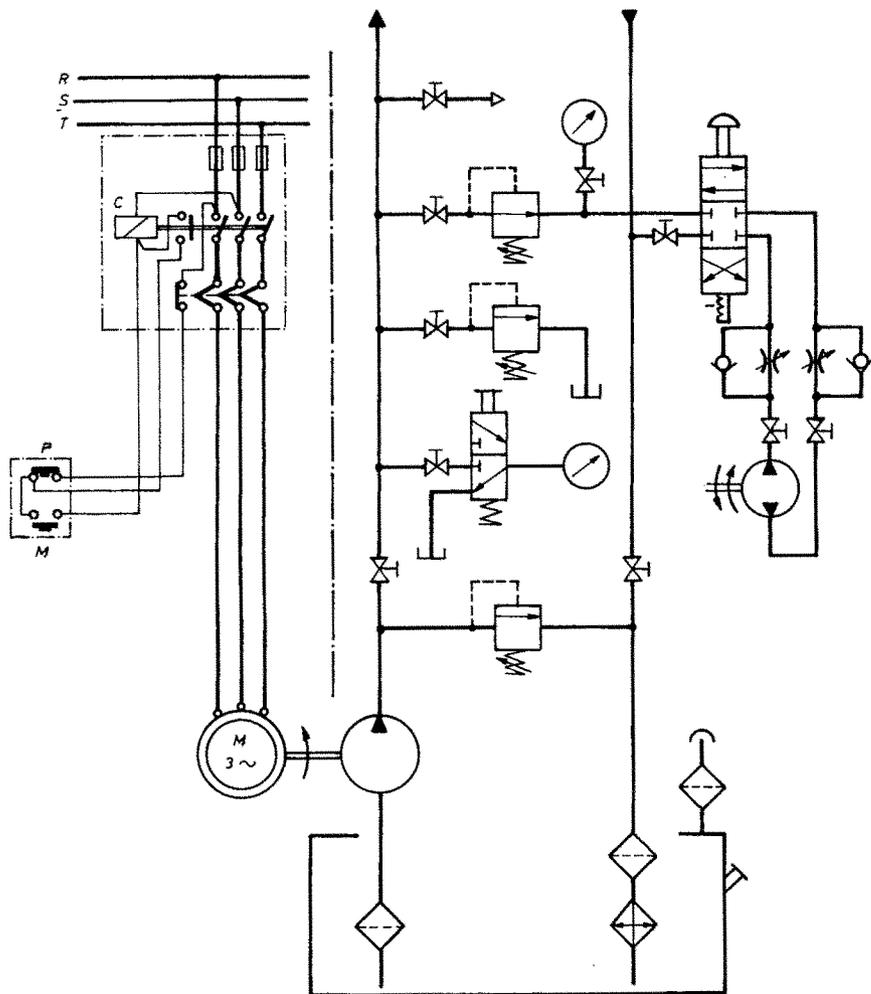
- (1) Cilindro neumático de simple efecto.  
Retorno o entrada del vástago por fuerza exterior.
- (2) Presostato. Señalará, cuándo el vástago está alimentado bajo presión.
- (3) Distribuidor de 2p. y 3v. de accionamiento manual y enclavamiento para los 2p.
- (4) Alimentación a cilindro, flexible.
- (5) Tubería rígida en resto de circuito.
- (6) Regulador de caudal regulable con una sola circulación de fluido.
- (7) Válvula reductora de presión.  
La presión que llega de la central (14), se reglará en función de las necesidades del circuito utilizador. En este caso el cilindro que eleva una determinada carga.
- (8) Recipiente de fluido hidráulico.  
Aunque se representen varios sobre un mismo esquema, siempre es uno.
- (9) Distribuidor de 2 p. y 3v., de accionamiento manual (pulsador) y retorno a la posición inicial por resorte.
- (10) Manómetro.
- (11) Válvula antirretorno tarada.
- (12) Termómetro. Señala la temperatura del fluido hidráulico.
- (13) Válvula manual de aislamiento.
- (14) Punto en que se inicia la instalación. Detrás queda el grupo hidráulico.
- (15) Válvula limitadora de presión (seguridad).



Mando hidráulico de un cilindro por medio de un distribuidor de 3p y 4v con pilotaje electro neumático y retorno a centro abierto.

Como puede apreciarse, el esquema es un circuito muy completo, en el que hay los siguientes elementos, que se enumeran a continuación:

- 1 —Depósito de fluido hidráulico
- 2 —Filtro.
- 3—Grupo moto-bomba.
- 4 —Antirretorno para evitar que la contrapresión incida sobre la bomba.
- 5 —Distribuidor de 2p y 3v de accionamiento manual (tipo seta), y retorno por resorte.
- 6 —Manorreductor para medir la presión del circuito.
- 7 —Válvula limitadora de presión  
Al sobrepasar la presión de reglaje, abre el circuito, enviando el fluido hidráulico al depósito.
- 8 —Distribuidor de 3p y 4v con posición normal en centro abierto.
- 9 —Antirretorno pilotado por la presión del circuito contrario.
- 10 —Válvula limitadora de presión.
- 11 —Regulador de caudal.
- 12 —Refrigerador del fluido hidráulico por agua.
- 13 —Cilindro hidráulico.



Ejemplo de esquema mixto en el que se representa a un mismo tiempo el esquema eléctrico y el esquema hidráulico.

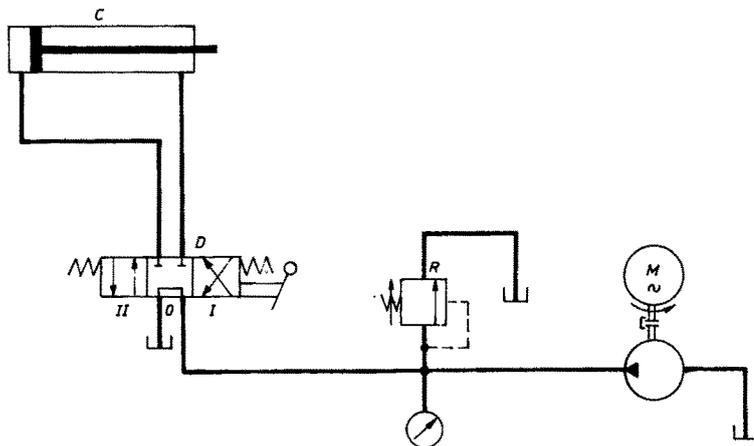
El esquema y circuito hidráulico tiene su base en la central hidráulica, cuya misión es la de conseguir que el fluido adquiera la presión que requiere la utilización.

El grupo motor-bomba está entrenado por un motor eléctrico trifásico, cuyo mando se hace desde una caja de pulsadores de marcha y paro.

No es habitual representar el esquema tal como aquí se hace, ya que lo normal es representar el circuito hidráulico separado del pilotaje cuando éste se hace eléctricamente.

Para la interpretación del esquema aconsejamos que el lector repase el capítulo eléctrico y los símbolos hidráulicos.

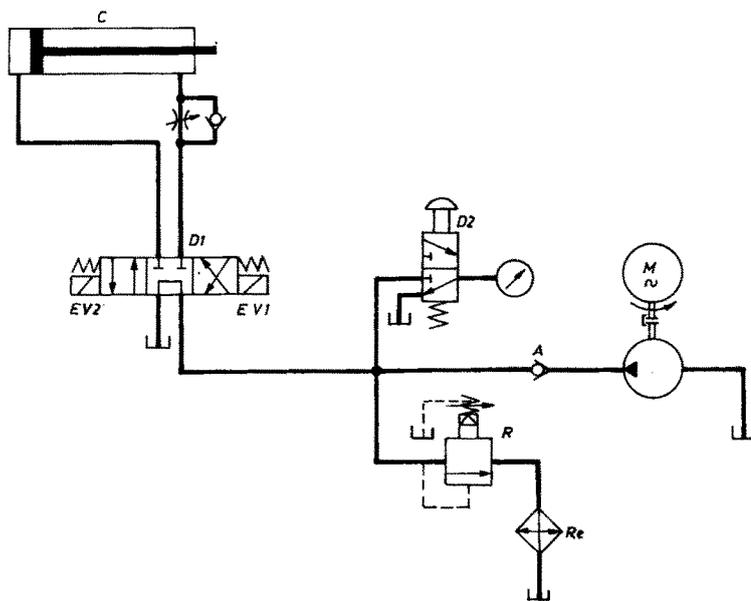
La central hidráulica se estudia en este mismo capítulo. Normalmente, los esquemas hidráulicos que en esta obra se estudian empiezan desde la bomba e incluso después, por la simple razón de simplificar y no repetir un mismo elemento.



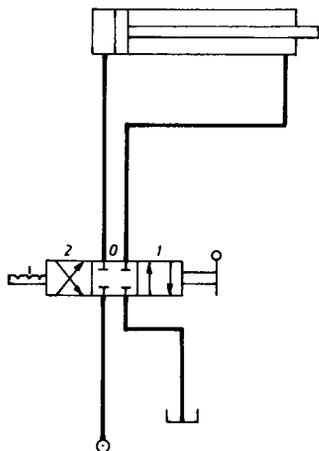
Mando de un cilindro de doble efecto, por medio de un distribuidor de 3p y 4v de accionamiento manual y posición normal en centro cerrado.

El circuito dispone de válvula limitadora de presión con posibilidad de reglaje, manorreductor y grupo moto-bomba.

Al adquirir sobrepresión el circuito por no haber desplazamiento de vástago, el limitador de presión abre el circuito retornando el fluido bombeado al depósito.



Circuito similar al anterior, en el que se incluye, además, un atirretorno (A), un refrigerador de fluido (Re) y un distribuidor (D2) de 2p y 3v de accionamiento manual, para a través de él, medir la presión del circuito.

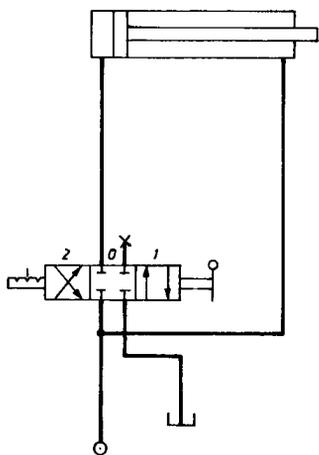


**Nº 1** - Mando de un cilindro de doble efecto mediante un distribuidor de 3p. y 4v. con posición centro cerrada y que se acciona manualmente.

En posición 1, el vástago realiza la salida.

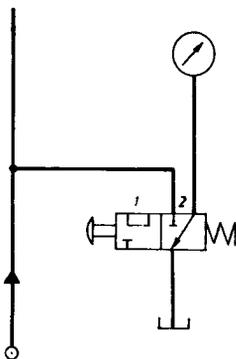
En posición 2, el vástago realiza el retorno o entrada.

En posición 0, el vástago queda bloqueado.

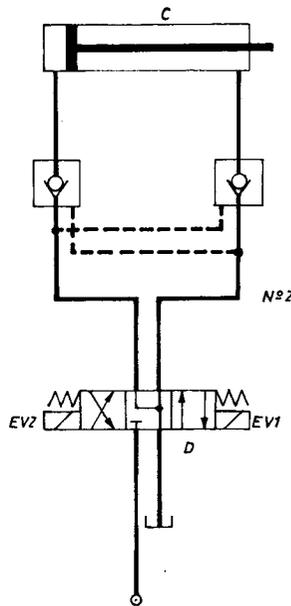
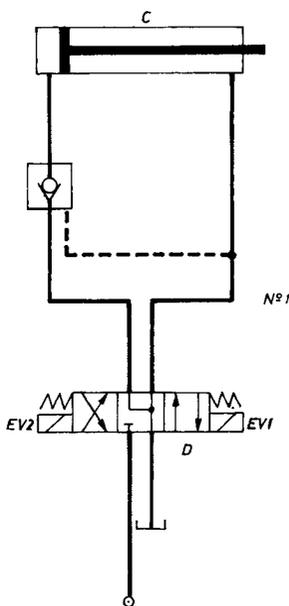


**Nº 2** - Mando de un cilindro de doble efecto mediante un distribuidor de accionamiento manual que tiene 3p. y 4v., con posición centro cerrado.

Este circuito tiene un funcionamiento diferencial.



**Nº 3** - Esquema hidráulico para alimentar de fluido a un manómetro con el que se desea realizar la lectura de presión del circuito, utilizando un distribuidor especial para este tipo de medición que tiene 2p. y 3v. con accionamiento manual, estando en posición 0 a escape y en posición 1, en medición.



**Esquema n° 1**

Mando hidráulico de un cilindro por medio de un distribuidor de 3p y 4v., con posición normal en centro y mando por electroválvula.

Cuando se pilota EV1, el vástago hace su salida sin ningún impedimento.

Si mientras sale el vástago o cuando ha salido completamente, se dejara de excitar EV1, el distribuidor volvería al centro y el vástago del cilindro quedaría en la posición en que se encontraba al interrumpirse la excitación.

La válvula antirretorno impide que el vástago pueda hacer el retorno, aunque exista una fuerte presión exterior.

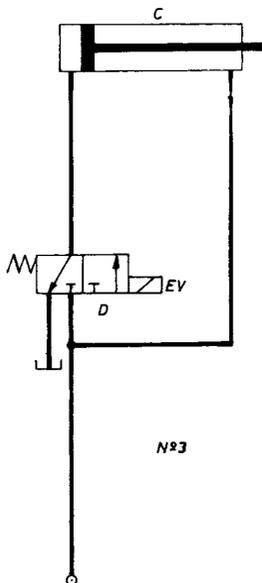
Cuando se excita EV2 al darle corriente eléctrica, se manda presión al cilindro para que su vástago realice el retorno. La misma presión que se envía al cilindro pilota el antirretorno, para que deje paso libre al fluido del cilindro, que ahora es empujado por el émbolo y que va libremente, camino del depósito.

El retorno del vástago se hace con la misma velocidad que la salida.

**Esquema n° 2**

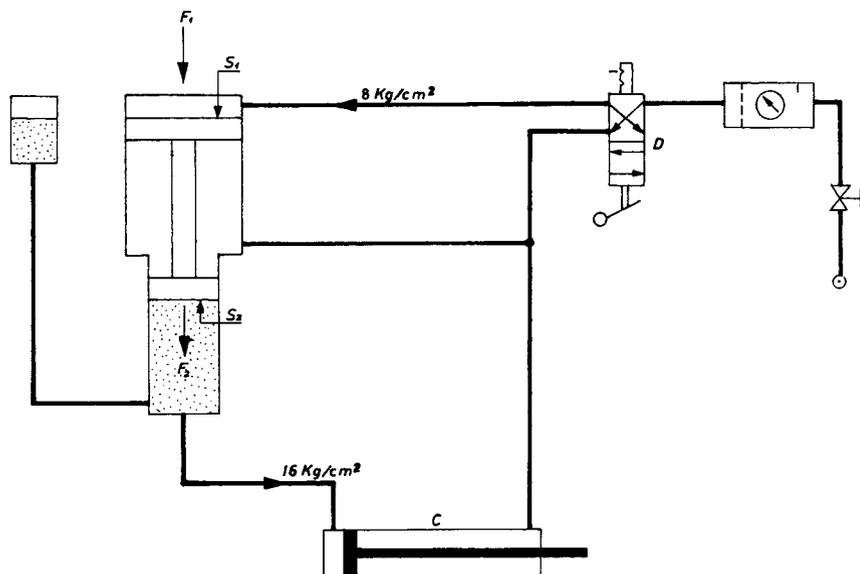
Mando hidráulico de un cilindro, por medio de un distribuidor de 3p. y 4v., con posición normal en centro y mando por electroválvula.

Este esquema dispone de antirretorno pilotado, en las dos direcciones del vástago.



**Esquema n° 3**

Mando hidráulico de un cilindro por medio de un distribuidor de 2p. y 3v. con pilotaje por electroválvula en un sentido y retorno por resorte, en el otro sentido.



**APLICACION DE UN MULTIPLICADOR DE PRESION**

Circuito mixto aire-aceite.

Con el multiplicador de presión se consigue aumentar la presión suministrada por la red de aire, a valores superiores, de acuerdo con las necesidades de la utilización.

En el caso concreto que se estudia, la transformación de presión y fuerza, es la siguiente:

- Presión suministrada por la red de aire: 8 kg/cm<sup>2</sup>
- Superficie émbolo mayor del multiplicador: S<sub>1</sub> = 100 cm<sup>2</sup>
- Fuerza transmitida por el multiplicador:

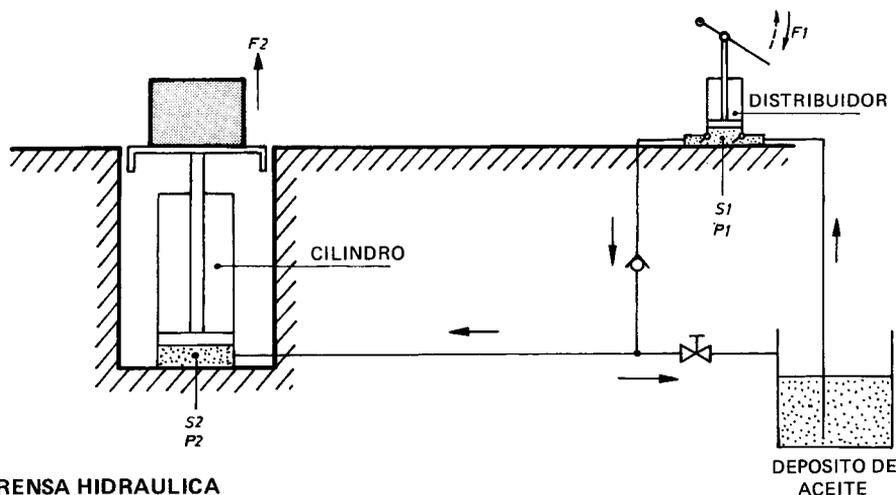
$$F_1 = P \cdot S_1 = 8 \times 100 = 800 \text{ kg.}$$

- Superficie émbolo menor del multiplicador: S<sub>2</sub> = 50 cm<sup>2</sup>
- Fuerza en el émbolo menor: F<sub>2</sub> = F<sub>1</sub> = 800 kg.
- Presión transmitida a la red de alimentación del cilindro:

$$P_1 = \frac{F_2}{S_2} = \frac{800}{50} = 16 \text{ kg/cm}^2$$

En este caso concreto, se ha multiplicado por dos, la presión dada por la red de aire, pasando de 8 kg/cm<sup>2</sup> a 16 kg/cm<sup>2</sup>.

El multiplicador es un cilindro con dos secciones diferentes que recibe el empuje de aire en el émbolo mayor y transmite la misma fuerza a través de otro émbolo de menor sección. Será en función de las dimensiones del segundo émbolo, el poder multiplicador que tenga. Cuanto más pequeño sea la sección, mayor será el poder multiplicador. Para compensar las fugas de aceite que puedan darse en el circuito, un recipiente cerrado a escape recarga la parte del multiplicador con aceite de forma permanente.

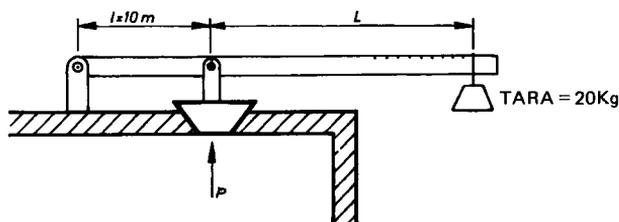


**PRENSA HIDRAULICA**

En la prensa hidráulica se hace aplicación del principio de Pascal, cuyo enunciado dice: la presión ejercida sobre un punto de un líquido en reposo, se transmite con igual intensidad en todos los sentidos y direcciones. ( $p_1 = p_2$ )

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} ; \quad F_2 = F_1 \frac{S_2}{S_1}$$

- S<sub>1</sub> – sección del distribuidor
- S<sub>2</sub> – sección del émbolo (cilindro)
- F<sub>1</sub> – fuerza ejercida en el distribuidor
- F<sub>2</sub> – fuerza ejercida sobre el cilindro



**VALVULA DE SEGURIDAD**

Una válvula de seguridad debe quedar a escape cuando se supere en el recipiente la presión de 15 kg/cm<sup>2</sup>. Calcular la distancia L a que habrá que poner la tara de 30 kg (despreciando el peso de la barra), si el diámetro del agujero es de 6 cm.

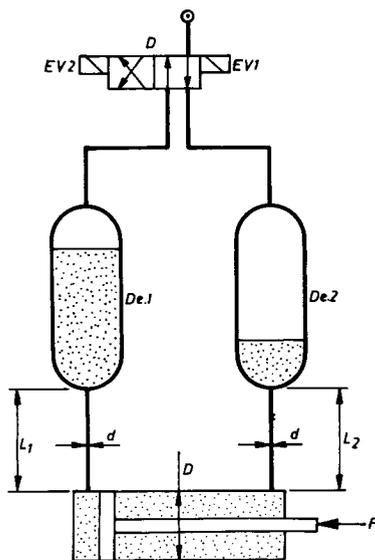
Sección:  $S = 0,785 \cdot d^2 = 0,785 \times 6^2 = 28,26 \text{ cm}^2$

Empuje:  $E = P \cdot S = 15 \times 28,26 = 423,9 \text{ kg}$ .

$$E \cdot l = T (l + L); \quad L = \frac{E \cdot l}{T} - l$$

Distancia L

$$L = \frac{E \cdot l}{T} - l = \frac{423,9 \times 10}{30} - 10 = 131,3 \text{ cm} = 1313 \text{ mm}$$



**INTERCAMBIADOR OLEONEUMATICO  
 (AIRE – ACEITE)**

- D – diámetro del cilindro en mm
- d – diámetro de la tubería en mm
- L =  $L_1 + L_2$ ; longitud total de la tubería en mm
- v – velocidad del vástago en m/s
- p – presión del aire en bar
- $v_1$  – viscosidad del aceite en cSt

Los intercambiadores aire/aceite son en realidad convertidores que transforman la presión neumática en hidráulica del mismo valor y que permiten asociar la simplicidad de los mandos neumáticos, a las posibilidades de regulación de los temas oleohidráulicos.

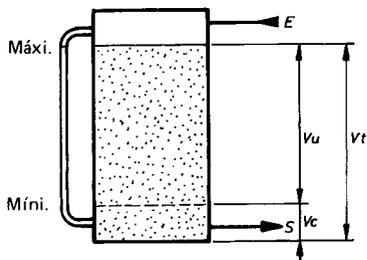
**MONTAJE:** Los intercambiadores deben ser fijados en posición vertical y situarse en puntos más elevados que el cilindro.

En funcionamiento, el nivel del aceite no será inferior al mínimo, ni superior al máximo señalado en el recipiente.

**FLUIDOS UTILIZADOS:**

- El aire será lo más seco posible, ya que incide directamente sobre el aceite.
- Los aceites serán minerales hidráulicos con densidad comprendida entre 15 y 40 cSt a 40°C (2,5 a 5,5° E a 40°C).
- Punto de anilina  $\cong 100^\circ\text{C}$ .
- Los aceites deben ser antioxidantes y antiespuma.

**CARACTERISTICAS DEL INTERCAMBIADOR**



Los orificios de entrada y salida del aceite a cada uno de los dos depósitos tendrán un dispositivo interno que evite la turbulencia y la emulsión del aceite.

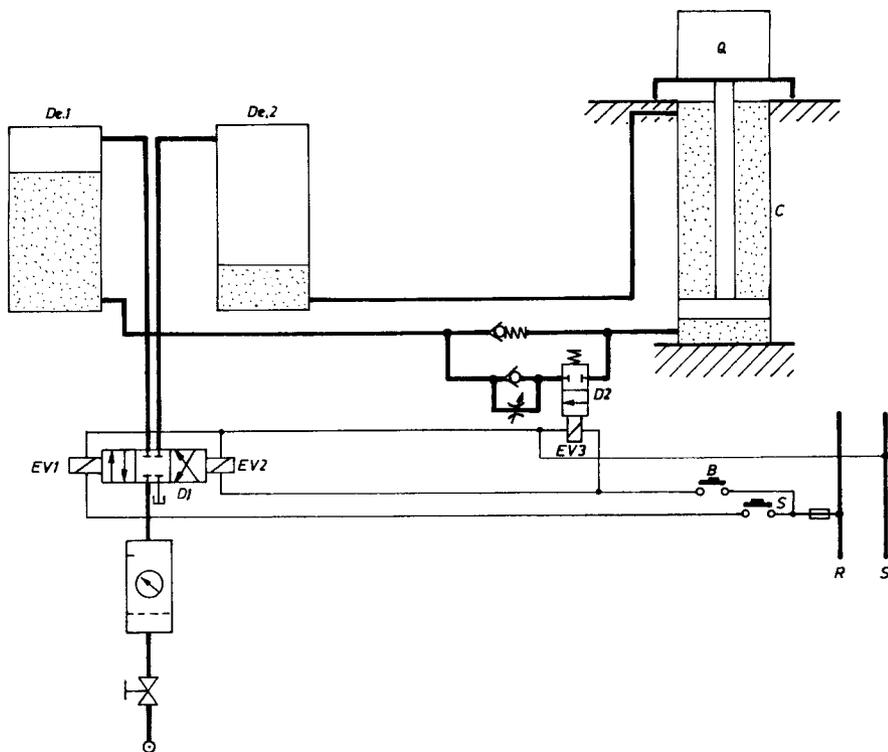
**Capacidad:**

- Vu – volumen útil de aceite
- Vc – volumen de compensación
- $Vt = Vu + Vc$  – volumen total

La capacidad del recipiente dependerá del cilindro a accionar. A título de ejemplo:

cilindro $\emptyset$ 50 mm y carrera	L = 500; capacidad 1000 cm <sup>3</sup> = 1L
" $\emptyset$ 100 mm " "	L = 350; " 3000 cm <sup>3</sup> = 3L
" $\emptyset$ 125 mm " "	L = 350; " 5000 cm <sup>3</sup> = 5L

Se recomienda consultar a las casas constructoras.



Esquema óleo-neumático para el mando de una mesa elevadora.

Con el fin de evitar variaciones y falta de uniformidad en la subida y bajada, así como los movimientos por variación del peso sobre la mesa, se ha elegido este tipo de circuito mixto.

El esquema consta básicamente de los siguientes elementos:

- Llave general de paso de aire.
- Grupo filtro-manorreductor-engrasador.
- Distribuidor de 3p. y 4v. con posición normal en centro cerrado, por la acción de resortes.
- Electroválvula de 2p. y 2v.
- Conjunto regulador de caudal con antirretorno.
- Antirretorno de seguridad regulable.
- 2 Depósitos para aceite o fluido hidráulico.
- Cilindro hidráulico.

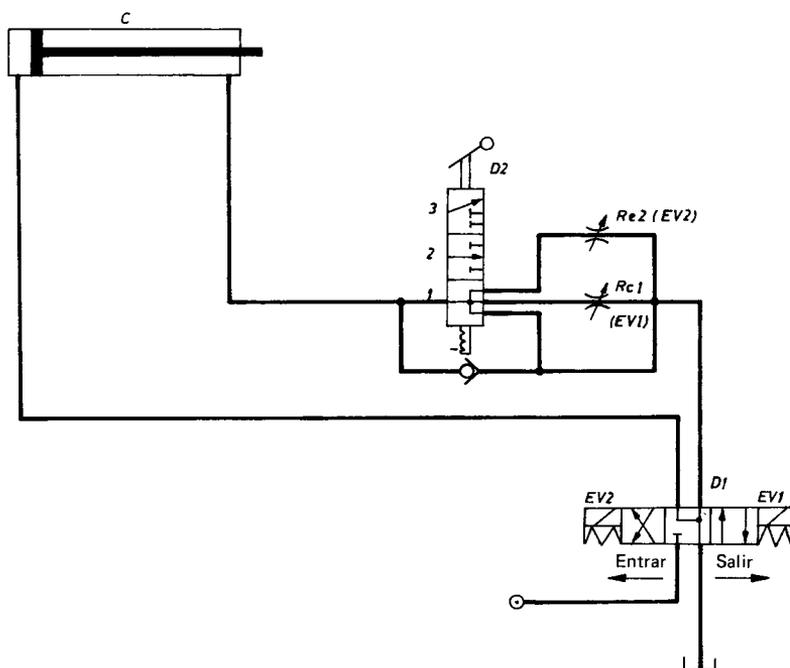
**Funcionamiento:**

El vástago del cilindro subirá (S) o bajará (B) mientras se esté oprimiendo el correspondiente botón de subir o bajar.

La subida la hace la mesa sin tener el circuito hidráulico ninguna limitación.

La bajada tiene una seguridad que se consigue mediante un regulador de caudal. Esta seguridad tiene por finalidad el de que el peso sobre la mesa no influya en la mayor o menor rapidez del descenso.

Como puede apreciarse, el esquema eléctrico para el mando de las dos maniobras, no puede ser más simple, debido a que para subir y bajar la mesa es necesario que se esté pulsando en el correspondiente botón, todo el tiempo que dure la maniobra.



Esquema para el gobierno de un cilindro hidráulico, que pueda realizar tres maniobras diferentes, según sea la posición del distribuidor  $D_2$ .

El esquema consta de:

- 1 Distribuidor ( $D_1$ ) de 3p. y 4v. con pilotaje por electroválvulas y posición normal de reposo, en centro.  
Se utiliza para mando de entrada y salida de vástago.
- 1 Distribuidor ( $D_2$ ) de 3p. y 4v. con pilotaje manual.  
Según sea la posición de este distribuidor, será la maniobra que realice el vástago del cilindro (C).
- 1 Antirretorno que regula los retornos del vástago.
- 2 Reguladores de caudal que regulan la velocidad de salida del vástago.

Las maniobras que puede realizar el cilindro son las siguientes:

Posición 1 del distribuidor  $D_2$

- EV1, excitada – Salida rápida del vástago
- EV2, excitada – Entrada rápida del vástago

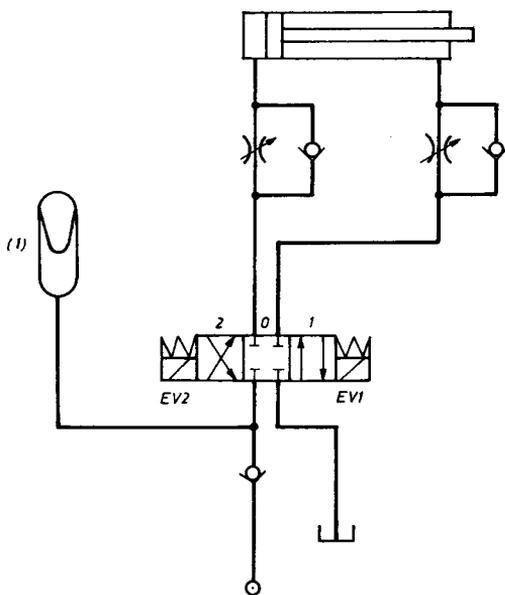
Posición 2 del distribuidor  $D_2$

- EV1, excitada – Salida lenta del vástago (velocidad,  $v_1$ )
- EV2, excitada – Entrada rápida del vástago

Posición 3 del distribuidor  $D_2$

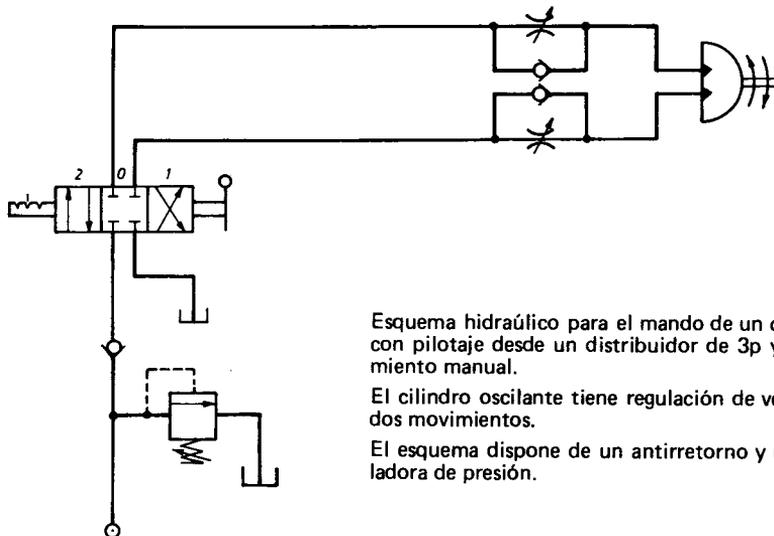
- EV1, excitada – Salida lenta del vástago (velocidad,  $v_2$ )
- EV2, excitada – Entrada rápida del vástago

Si durante la maniobra de entrada o salida del vástago, se interrumpe la maniobra, éste quedará en la posición en que se encontraba en el momento de la interrupción. Al reanudarse la maniobra, el vástago saldrá o entrará en función de la selección que se haya hecho.



Esquema hidráulico para el mando de un cilindro de doble efecto con regulación de caudal (velocidad) para los dos movimientos del vástago, por medio de un distribuidor de 3p. y 4v, con posición centro cerrado y mando por electroimán para las posiciones 1 y 2, retornando al centro (posición 0), cuando falta pilotaje en EV1 ó EV2.

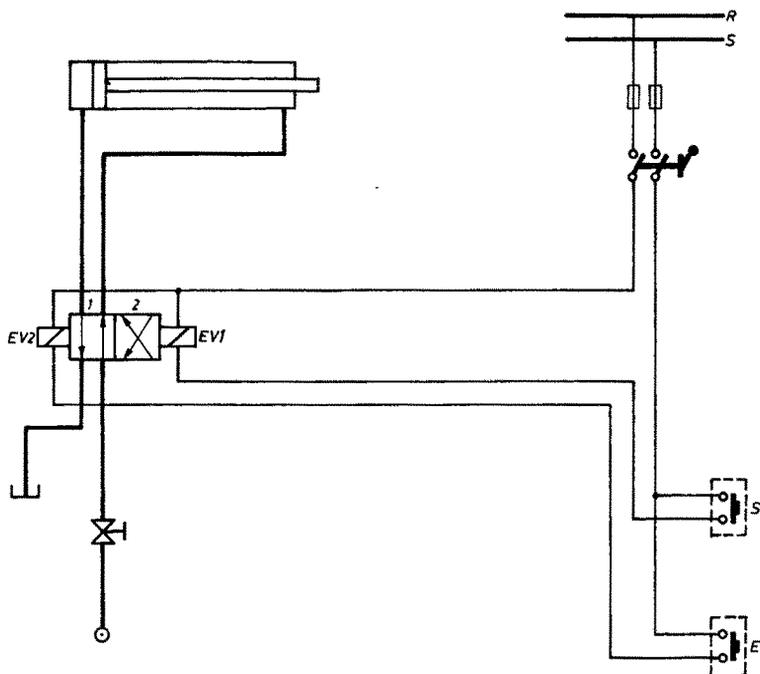
El circuito dispone de un amortiguador de golpe de ariete (1) que absorbe o amortigua el empuje de la presión en el circuito, cuando hay un corte brusco de la circulación del fluido bajo presión, como consecuencia de pasar el distribuidor de las posiciones 1 ó 2 a la posición 0.



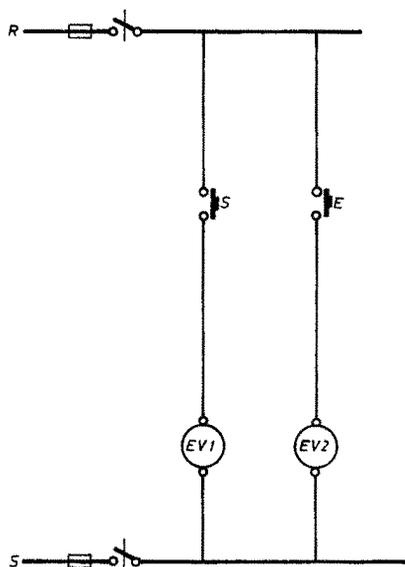
Esquema hidráulico para el mando de un cilindro oscilante con pilotaje desde un distribuidor de 3p y 4v, de accionamiento manual.

El cilindro oscilante tiene regulación de velocidad para sus dos movimientos.

El esquema dispone de un antirretorno y una válvula reguladora de presión.



**ESQUEMA GENERAL DE CONEXIONES**



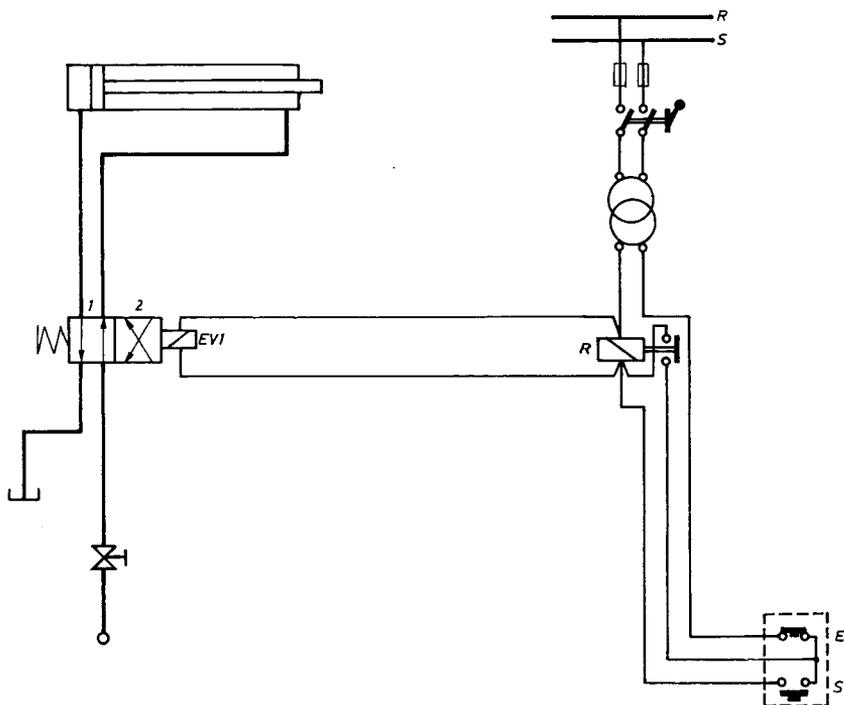
**ESQUEMA ELECTRICO FUNCIONAL**

Esquema electrohidráulico para el mando de un cilindro de doble efecto, por medio de un distribuidor biestable de 2p. y 4 v. con pilotaje para ambas posiciones por electroválvula. Con este esquema se pretende explicar el funcionamiento del automatismo eléctrico, comenzando a partir de este sencillo esquema.

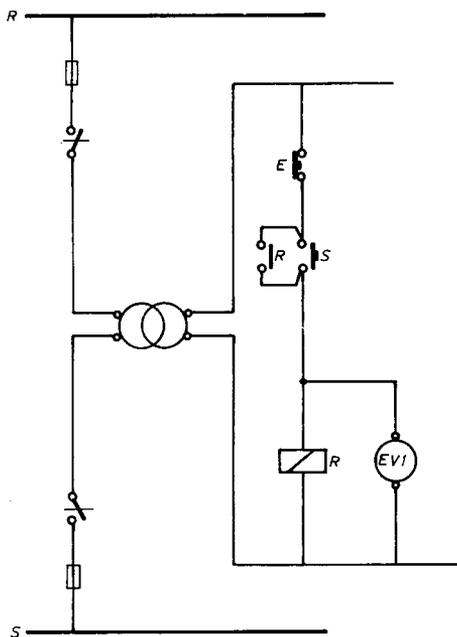
Para que salga el vástago habrá que pulsar en S. Al pulsar, se alimenta EV1 para que el distribuidor cambie su posición. Cuando se deja de pulsar, el distribuidor quedará en la nueva posición, hasta que no haya un nuevo pilotaje en sentido contrario. Para que el vástago haga el retorno, se pulsará en E, que alimenta a EV2. La electroválvula volverá a cambiar la posición del distribuidor.

Al ser el distribuidor biestable basta con el impulso que le da el electroimán durante el instante que se oprime el pulsador para que se realice el cambio de posición y en la que permanecerá mientras no haya nuevo impulso en sentido contrario.

En esta lámina se representa conjuntamente el esquema hidráulico y eléctrico y separadamente el esquema funcional eléctrico.



ESQUEMA GENERAL DE CONEXIONES



Esquema electrohidráulico para el mando de un cilindro de doble efecto, por medio de un distribuidor de 2p. y 4v. con pilotaje por electroválvula para una posición (salida) y resorte para la otra (entrada).

El mando eléctrico se hace desde una botonera de marcha y paro.

El esquema eléctrico está pilotado bajo una tensión de 110 V, lo que se consigue reduciendo la tensión de la red, que es de 380 V, con un transformador.

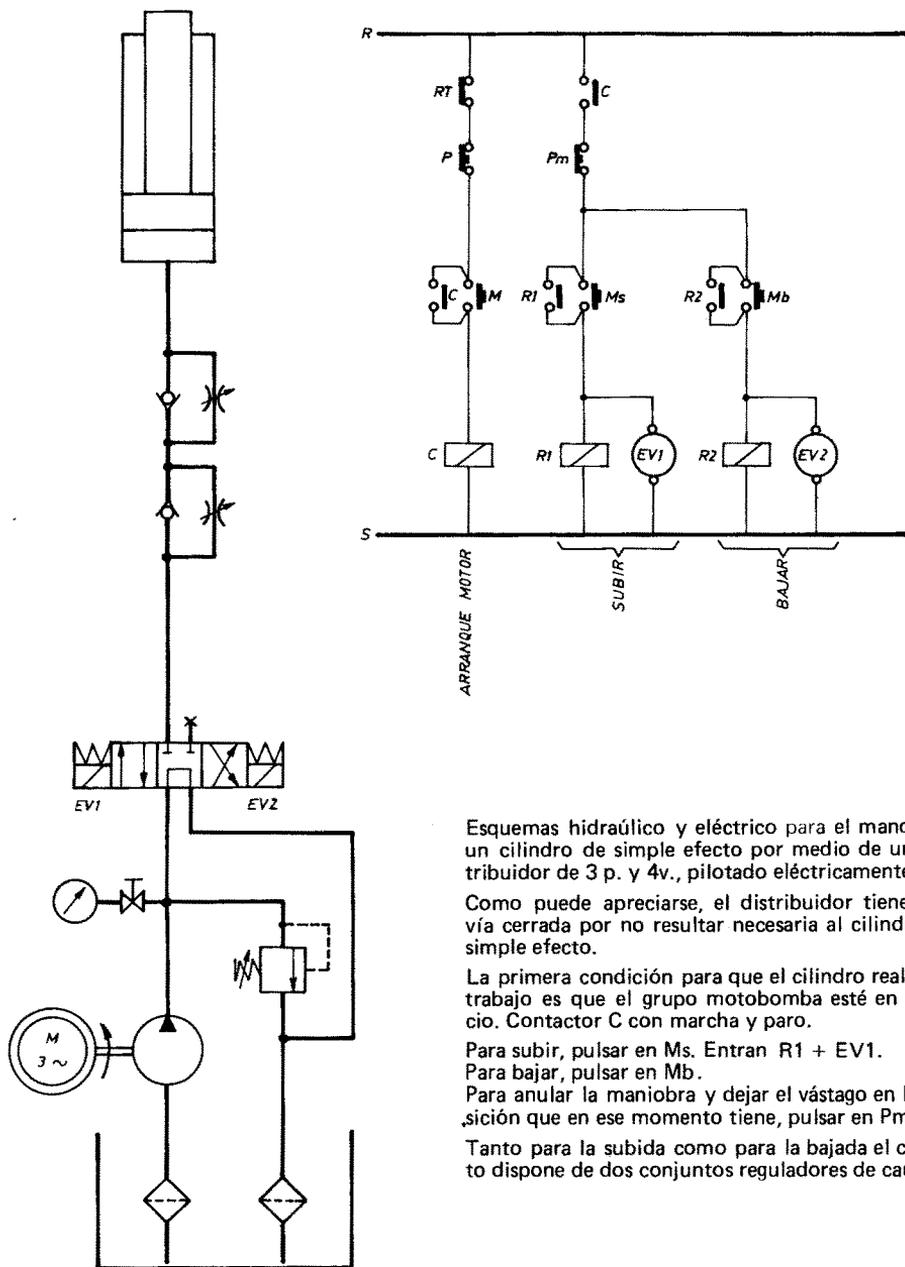
Queremos insistir en la diferencia entre este esquema y el precedente. En el anterior, al ser el distribuidor biestable, bastaba con un impulso para cambiar la posición del distribuidor.

En este caso, si se quiere que el distribuidor permanezca en la posición 2, deberá pilotarse EV1 todo el tiempo que se desee mantener la maniobra. Como quiera que la bobina del electroimán debe quedar pilotada todo el tiempo que dure la maniobra, necesita la ayuda de un relé que se conectará en paralelo (R + EV1).

Como se sabe, el relé queda realimentado después de pulsar en S por medio de su contacto auxiliar.

El paro se consigue al pulsar en E. Cae la maniobra R + EV1. El resorte del distribuidor devolverá a éste a la posición de reposo.

En esta lámina se representan conjuntamente el esquema hidráulico y eléctrico y separadamente el esquema funcional.



Esquemas hidráulico y eléctrico para el mando de un cilindro de simple efecto por medio de un distribuidor de 3 p. y 4v., pilotado eléctricamente.

Como puede apreciarse, el distribuidor tiene una vía cerrada por no resultar necesaria al cilindro de simple efecto.

La primera condición para que el cilindro realice el trabajo es que el grupo motobomba esté en servicio. Contactador C con marcha y paro.

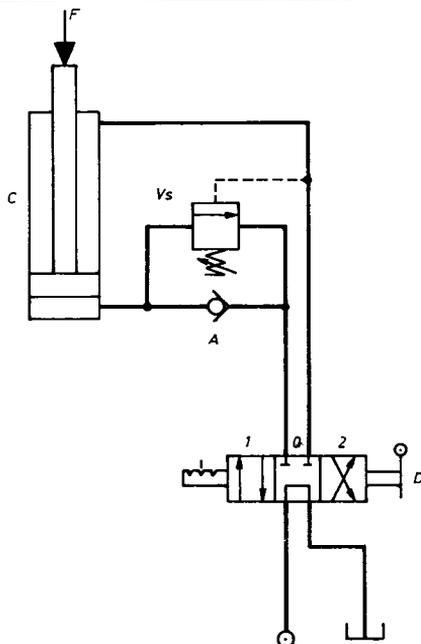
Para subir, pulsar en Ms. Entren R1 + EV1.

Para bajar, pulsar en Mb.

Para anular la maniobra y dejar el vástago en la posición que en ese momento tiene, pulsar en Pm.

Tanto para la subida como para la bajada el circuito dispone de dos conjuntos reguladores de caudal.





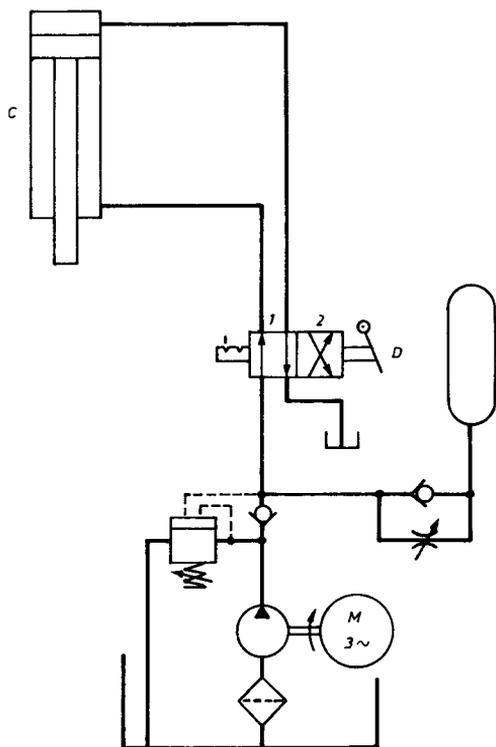
**Bloqueo de posicionamiento**

Al poner el distribuidor de accionamiento manual en la posición 1, se dispone el circuito hidráulico que alimenta al cilindro para que el vástago realice la salida venciendo la fuerza F.

Al llegar el vástago al final de su recorrido, el esquema próximo al cilindro está concebido para que resulte imposible que retroceda, salvo la parte que corresponde a la compresibilidad del aceite. Este bloqueo se consigue con el antirretorno A y la válvula de secuencia Vs.

Al poner el distribuidor en posición 0, el vástago también queda bloqueado al tener cerradas las dos vías que alimentan al cilindro.

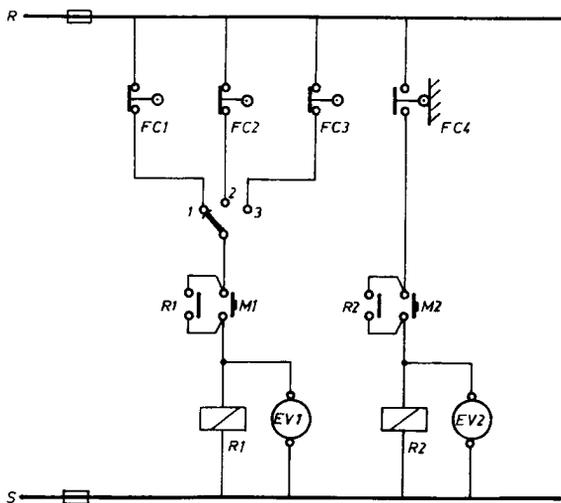
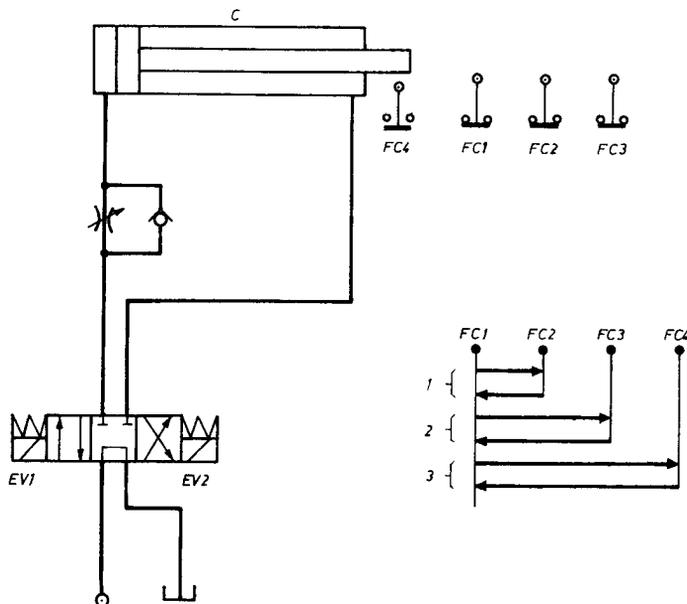
Al poner el distribuidor en la posición 2, el vástago hace el retorno al ser pilotada la válvula Vs por la presión que llega a la parte superior del cilindro y de esta manera dar paso a la evacuación de fluido de la parte inferior del cilindro.



**Circuito con acumulador**

En el esquema aquí representado la finalidad del acumulador es la de reducir la potencia motriz del grupo motobomba en el momento que el vástago hace su salida para realizar el trabajo.

En función al volumen del acumulador podrá reducirse la potencia del motor en 2, 3, 4 ó más veces la que le correspondría de no tener acumulador.

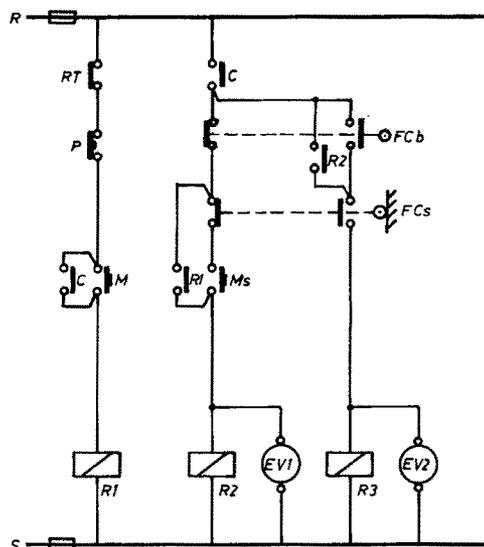
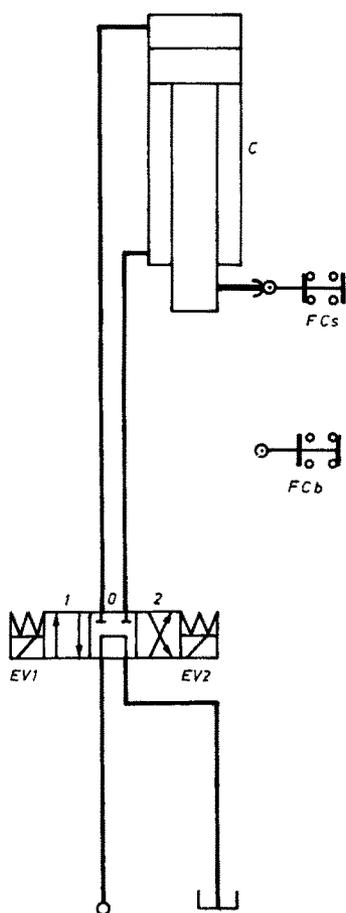


Esquema hidráulico eléctrico mediante el cual se pueden realizar los tres ciclos que se representan en el gráfico.

En la posición 1 del conmutador, al pulsar en M1 entran R1 + EV1 disponiendo al distribuidor para que alimente al cilindro a fin de que su vástago realice la salida. Al llegar el vástago a FC2, tira la maniobra eléctrica, R1 + EV1, con lo que el distribuidor se posiciona en centro cerrado y el vástago parado.

Para que el vástago haga la entrada habrá que pulsar en M2, entrando R2 + EV2. Al completar el vástago el retorno accionará FC1 y tirará la maniobra R2 + EV2, volviendo el distribuidor a la posición de centro cerrado y el cilindro al reposo.

En posición 2 del conmutador, el vástago saldrá hasta FC2 y en la posición 3, hasta FC3. Para los tres casos la entrada se realizará pulsando en M2.



Esquemas hidráulico y eléctrico para el gobierno de un cilindro de doble efecto pilotado por un distribuidor de 3p. y 4v. de accionamiento por electroválvula para dos posiciones y cuando éste falta, se sitúa en centro cerrado. Cada vez que se pulsa en Ms el vástago hace el ciclo de salir y entrar.

**Funcionamiento**

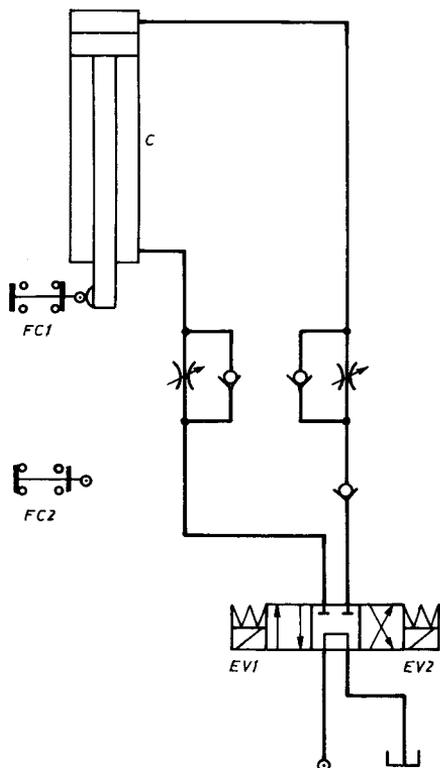
Pulsando en M, se pone en servicio el grupo motobomba.

Pulsando en Ms entra el distribuidor en la posición 1, a través de R1 + EV1.

Al llegar fluido a la parte superior del cilindro el vástago realizará la salida, que completará al llegar a FCb.

Al ser accionado el final de carrera FCb, desconecta R1 + EV1 y conecta R2 + EV2, de forma que entra la posición 2 del distribuidor y con ella llega fluido al cilindro para que su vástago realice la subida (retorno), que se completará cuando accione a FC2. Al ser accionada el final de carrera FCs, desconecta R2 + EV2, volviendo el circuito a la posición de reposo y el cilindro bloqueado.

El esquema eléctrico está dispuesto para que estando en servicio, aunque se pulse en Ms, estando el vástago haciendo el retorno, no se pare y entre el ciclo de salida.



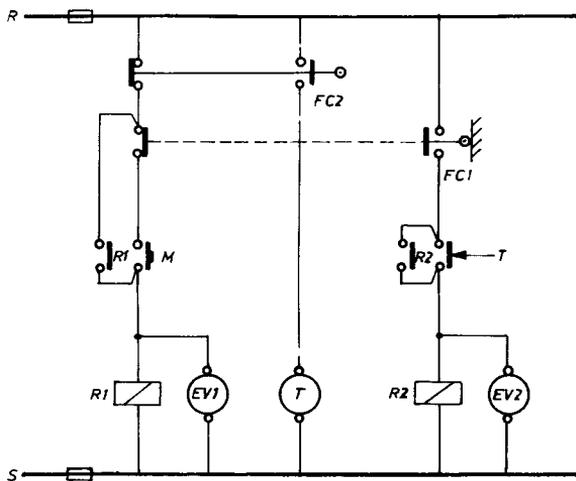
Esquema hidráulico y eléctrico para el gobierno de un cilindro de doble efecto que funciona de la forma que se explica a continuación.

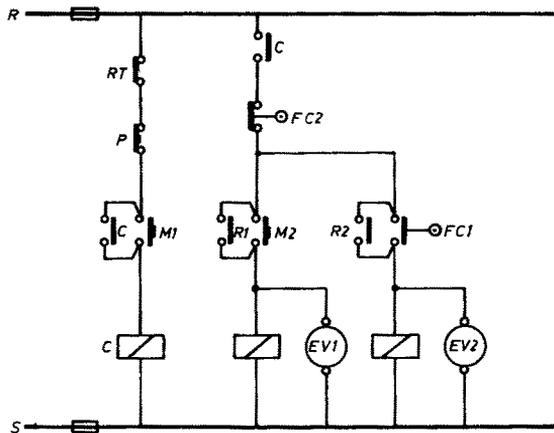
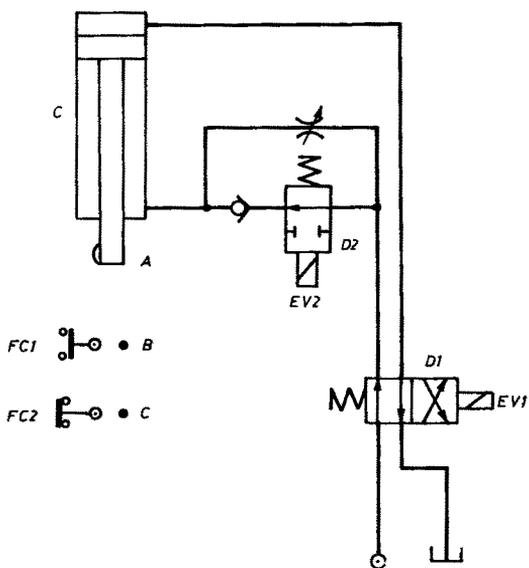
El circuito hidráulico que alimenta al cilindro para que su vástago realice la salida se pondrá en servicio cuando se pulsa en el botón MB. Será en este momento cuando entre EV1 del distribuidor y el vástago inicie su salida.

Al llegar el vástago a FC2 se desexcita EV1, con lo que el distribuidor vuelve a la posición centro, quedando el vástago bloqueado.

Al mismo tiempo que se desexcita EV1 entra en servicio el temporizador T. Pasados 10 minutos (tiempo reglado) conecta el contacto temporizador T y a través de éste el relé R2 y EV2, con lo que el vástago inicia la subida.

Al completarse el retorno se acciona FC1 que desconectará R2 y EV2, volviendo el distribuidor a la posición de centro cerrado.





Esquema hidráulico y eléctrico para el gobierno de un cilindro de doble efecto, que realiza el ciclo de funcionamiento que se explica a continuación.

Pulsando en M1 se pone en servicio el grupo motobomba.

Pulsando en M2 entra el distribuidor D1 por medio de R1 + EV1 con lo que baja el vástago rápidamente hasta B. Al llegar el vástago a B, acciona FC1, a través del cual entra el distribuidor D2 por medio de R2 + EV2.

Al entrar D2 se interrumpe el escape libre de fluido, que ahora lo hace a través del regulador de caudal, por lo que el recorrido entre B y C será lento.

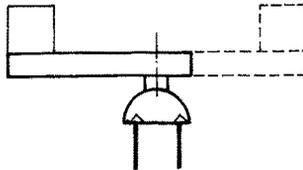
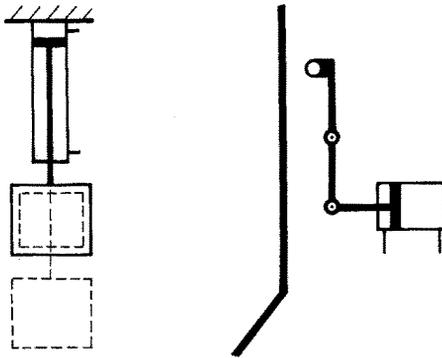
Al completar el vástago su carrera, acciona FC2 que tira la maniobra eléctrica y con ella a D1 y D2 que vuelven a posición de reposo. De esta forma el vástago hace el retorno rápidamente.

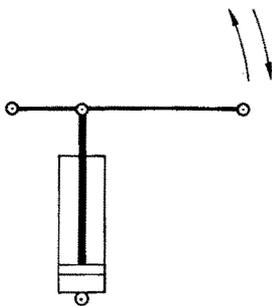
## Capítulo 8

# Ejemplos de aplicación neumática e hidráulica

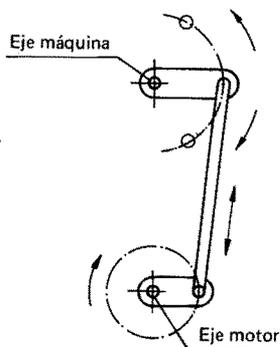
En este capítulo se presentan diversos ejemplos de aplicación de elementos neumáticos, utilizando como base, el cilindro neumático.

Articulaciones .....	187
Aplicación de cilindros .....	188

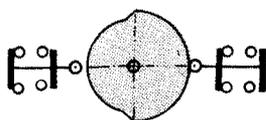




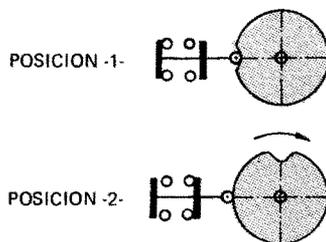
Movimiento similar al de la excéntrica de la figura de la derecha, realizado con un cilindro.



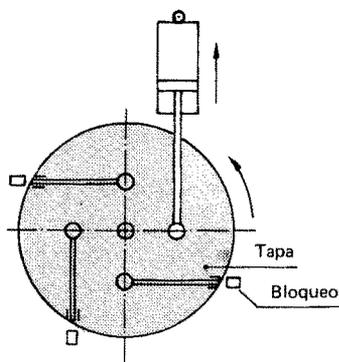
Excéntrica accionada por motor.



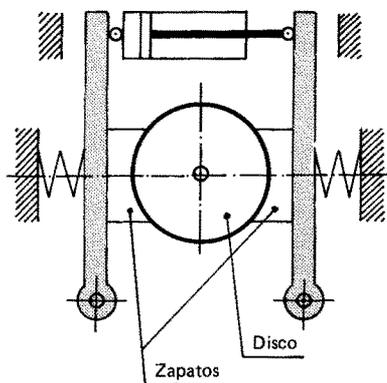
Ejemplo de leva utilizada para el accionamiento de fines de curso.



Ejemplo de leva para contacto fin de curso con una sola posición de reposo. A utilizar en contactos de seguridad con una posición determinada de trabajo.

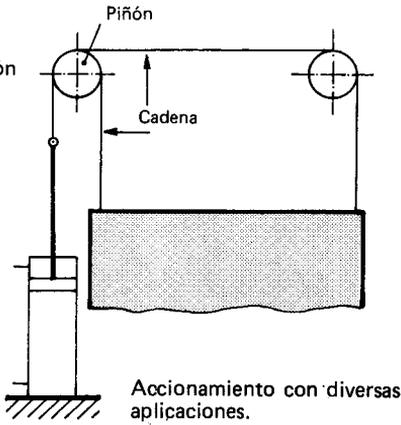


Ejemplo de enclavamiento en cuatro puntos para una tapa, con accionamiento por cilindro.

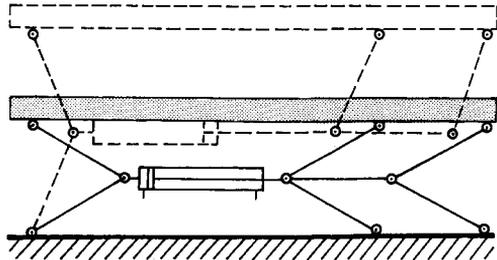


Ejemplo de freno.

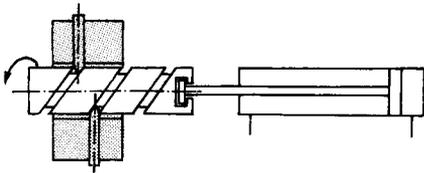
Tapa  
 Puerta  
 Protección  
 Etc.



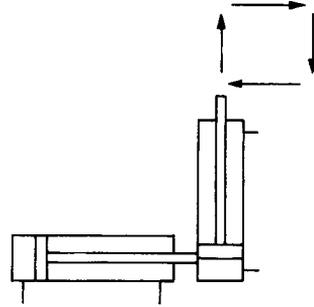
Accionamiento con diversas aplicaciones.



Mesa elevadora articulada accionada por cilindro neumático o hidráulico.

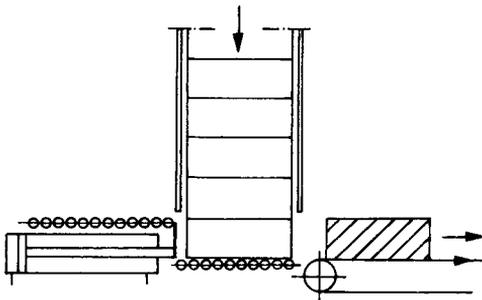


Otra forma de hacer girar un eje que es empujado por un cilindro.

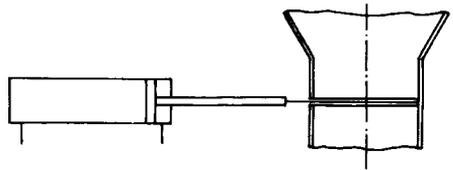


Cilindros para la realización del programa arriba señalado.

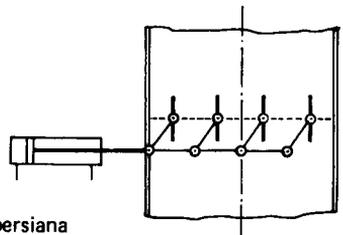
El programa puede acomodarse a las circunstancias que requiera el proceso de fabricación.



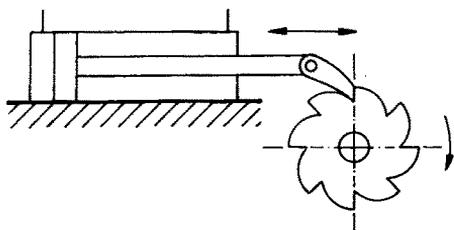
Empujador de piezas.



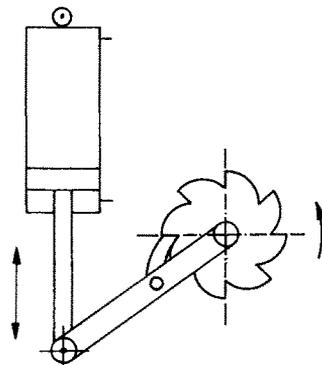
Cierre tipo tajadera. Otro tipo muy utilizado es el llamado mariposa.



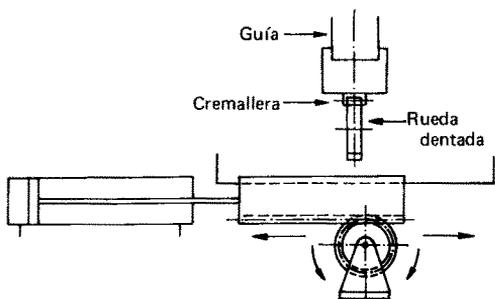
Cierre tipo persiana



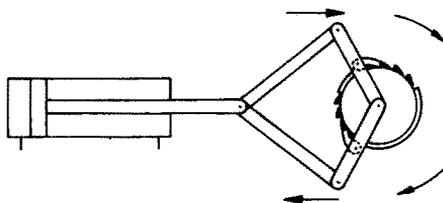
Cada salida del vástago supone el avance de un diente de la rueda dentada.



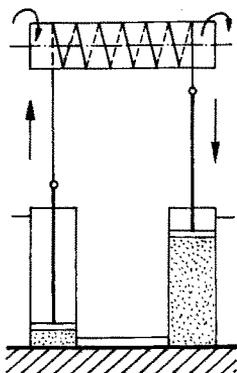
Igual que la figura anterior modificando el sistema de accionamiento.



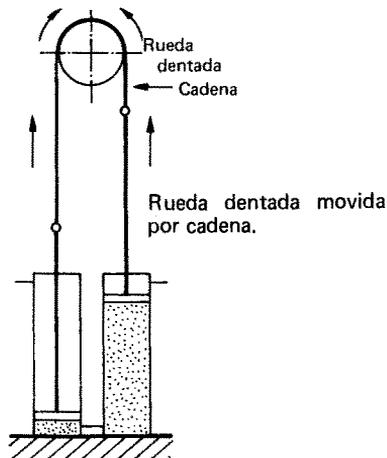
Al salir el vástago, la rueda gira en un sentido y al entrar en sentido contrario.



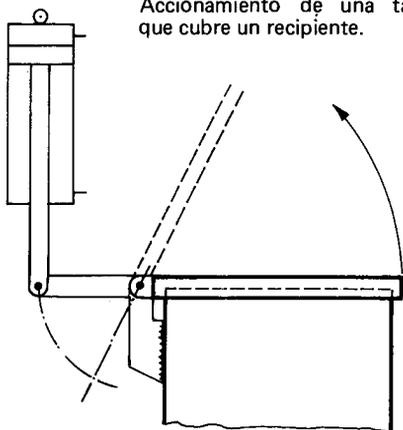
Tanto en la salida del vástago como en la entrada, gira la rueda dentada.



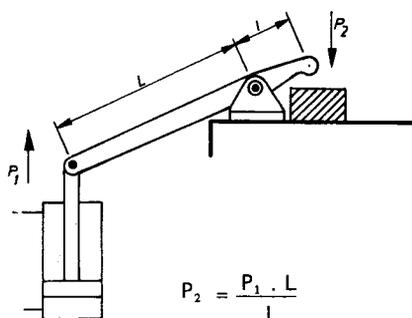
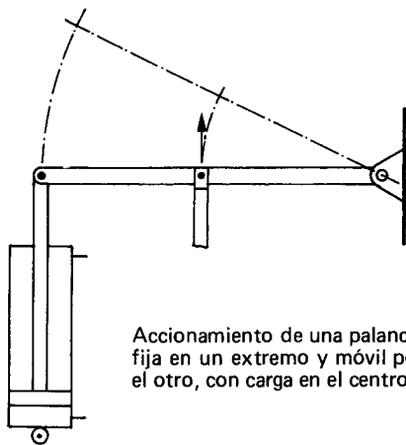
Giro de un cilindro mediante dos cilindros en serie. La comunicación entre ambos cilindros se hace con aceite.



Accionamiento de una tapa que cubre un recipiente.

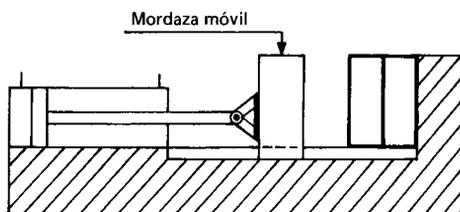


Accionamiento de una palanca, fija en un extremo y móvil por el otro, con carga en el centro.

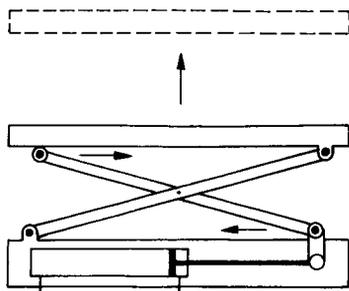


$$P_2 = \frac{P_1 \cdot L}{l}$$

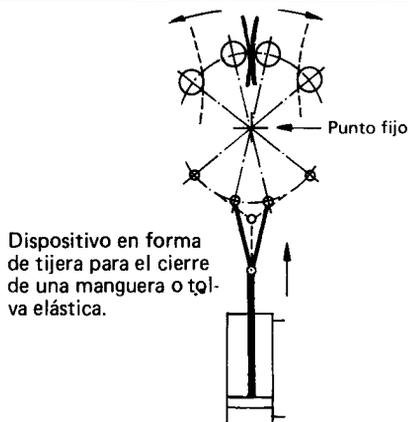
Efecto multiplicador.  
 Utilizado para sujetar una pieza.



Mordaza móvil para fijar piezas.



Mesa elevadora.

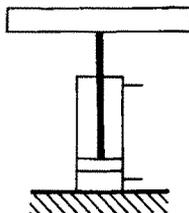


Dispositivo en forma de tijera para el cierre de una manguera o tollva elástica.

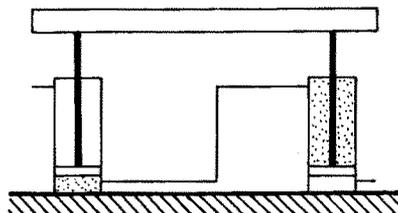
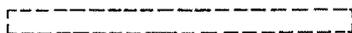
Mesa elevadora .

El fluido puede ser aire o aceite.

La acción del émbolo es directa sobre la mesa.



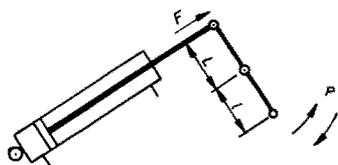
Mesa elevadora.



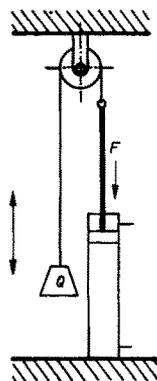
Para que los dos lados suban al mismo tiempo, entre los dos cilindros (serie), se mete otro fluido que no sea aire (aceite).

$$P = \frac{F \cdot L}{l}$$

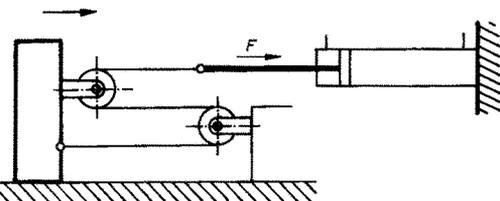
P – Empuje en Kg.  
 F – Fuerza del cilindro  
 L – Longitud brazo mayor  
 l – Longitud brazo menor



Efecto multiplicador para aplicar a frenos y otros elementos de transmisión:



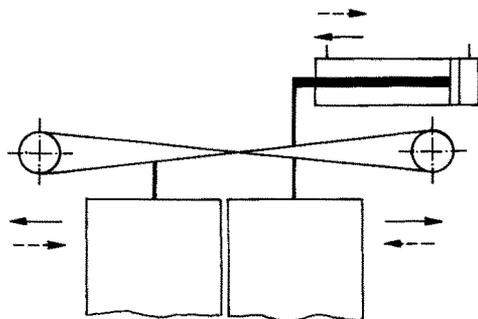
Aplicación de cilindro y polea en elevación de cargas.



Desplazamiento de un móvil utilizando poleas.

Con la combinación de poleas se consigue aumentar la fuerza dada por el cilindro.

$$Q = 2F$$

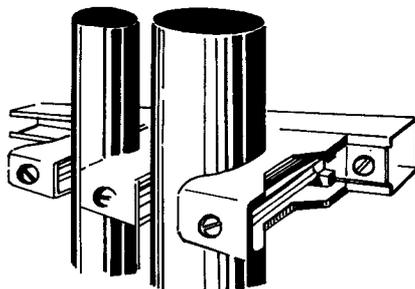
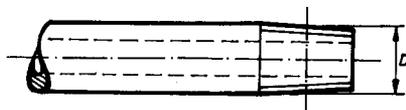
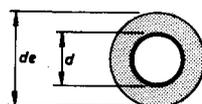
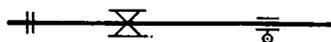
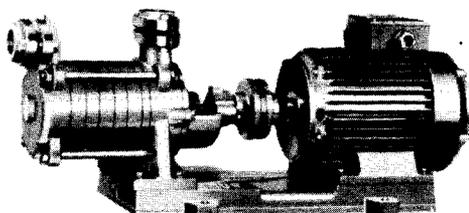


Dispositivo para mover dos puertas en sentido contrario.

Capítulo 9

Transporte y manipulación  
de fluidos

Símbolos de tuberías .....	195
Clases de tuberías .....	196
Diámetro de tuberías .....	197
Cálculo de tuberías de agua en fontanería .....	198
Bombas hidráulicas .....	199
Electrobombas .....	200
Fluidos .....	202
Fluidos-vapor .....	203
Aislamiento térmico-calorifugado .....	204
Cálculo del espesor de un aislamiento .....	205
Elementos de anclaje y fijación .....	207
Rosca ISO para tubos .....	209
Tornillería .....	210
Mecánica (roscado a mano) .....	212
Clasificación de gases .....	213
Productos químicos en la industria .....	214
Hidrocarburos .....	215
Peso de líquidos .....	216
Peso de cuerpos sólidos .....	217



Diversas formas de sujeción de tuberías y su representación por símbolos

SIMBOLO	DENOMINACION	SIMBOLO	DENOMINACION
	Soporte con fricción del tubo		Tubo suspendido.
	Soporte con fricción del tubo por guía.		Tubo de pie.
	Soporte con fricción del tubo sobre rodillos.		Suspensión elástica.
	Soporte con fricción del tubo sobre bolas.		Apoyo elástico.
	Punto fijo de fijación.		Apoyo de compensación.

Diferentes formas de unión de tuberías, según norma DIN 2 429.

SIMBOLO	DENOMINACION	SIMBOLO	DENOMINACION
	Unión de bridas.		Unión roscada.
	Unión de bridas con disco de agujero ciego.		Acoplamiento.
	Brida ciega.		Unión soldada.
	Unión de manguito.		Cordón de manguito.
	Manguito esférico.		Manguito esférico roscado.
	Manguito de enchufe.		Manguito de enchufe soldado.
	Unión de grapas.		Accesorio soldado.

Símbolos de aparatos y elementos utilizados en circuitos de tuberías

SIMBOLO	DENOMINACION	SIMBOLO	DENOMINACION
	Válvula de paso recto con flotador y a bridas.		Grifos de tres pasos con bridas.
	Válvula angular con flotador y a bridas.		Sombbrero para lluvia.
	Válvula de compuerta a bridas.		Sifón.
	Grifo de paso recto con bridas.		Junta de dilatación en forma de lira.
	Manómetro o vacuómetro.		Separador de agua.
	Termómetro.		Separador de aceite.

**CLASES DE TUBERIAS**

En función al material en que están fabricadas las tuberías, se pueden distinguir las clases más utilizadas que se señalan a continuación:

**1 – Tubería de fibrocemento**

Se fabrican en diámetros que varían entre 50 y 1.000 mm.  
Se emplean en distribución de agua y desagües, principalmente.

**2 – Tuberías de polipropileno de alta y baja densidad**

El de baja densidad es más flexible y se fabrica hasta 65 mm de diámetro.  
El de alta densidad, más duro, se fabrica en diámetros que van de 63 a 400 mm.  
El campo de trabajo varía para ambos casos entre 4 y 10 Kg/cm<sup>2</sup> de presión. Es aislante de la electricidad y tiene facilidad de montaje.

**3 – Tuberías de cobre**

Fabricadas en diámetros que oscilan entre 6 y 100 mm, con espesores que varían entre 0,75 y 2,5 mm.

Se utilizan en diversos tipos de conducción de fluidos.

Los diámetros más usuales son los que se señalan a continuación

8 x 10 mm	20 x 22 mm	51 x 54
10 x 12 "	25 x 28 "	59 x 63
13 x 15 "	32 x 35 "	76 x 90
16 x 18 "	39 x 42 "	96 x 100

**4 – Tuberías de acero**

Muy utilizadas para diversas clases de fluidos.  
Se utilizan en pequeñas y mediados diámetros.  
Unión por soldadura, manguitos, bridas.  
Para diámetros normalizados, véase tablas de este capítulo.

**5 – Tuberías de fundición**

Se fabrican en diámetros de hasta 600 mm.  
Se emplean principalmente en distribución subterránea de agua, bajo presión de hasta 20 Kg/cm<sup>2</sup>.

**6 – Tuberías de plomo**

Empleadas en conducciones de baja presión. Su empleo cada vez es menor.  
No se emplea para transportar fluidos calientes.  
Las uniones se hacen por soldadura blanda.

**7 – Tuberías de cloruro de polivinilo. (PVC)**

Se fabrican en diámetros de hasta 250 mm, para presión máxima de 16Kg/cm<sup>2</sup>.  
Resiste a los ácidos. No se corroe. Se puede soldar y pegar.  
Frágil a temperaturas inferiores a 0°C. Pierde propiedades con el envejecimiento.  
Muy utilizado actualmente.

**8 – Tuberías de plástico tipo Rilsan**

Empleada principalmente en conducciones de aire de circuitos neumáticos en diámetros pequeños y presiones de hasta 8 Kg/cm<sup>2</sup>.  
Acoplamiento rápidos por racores.

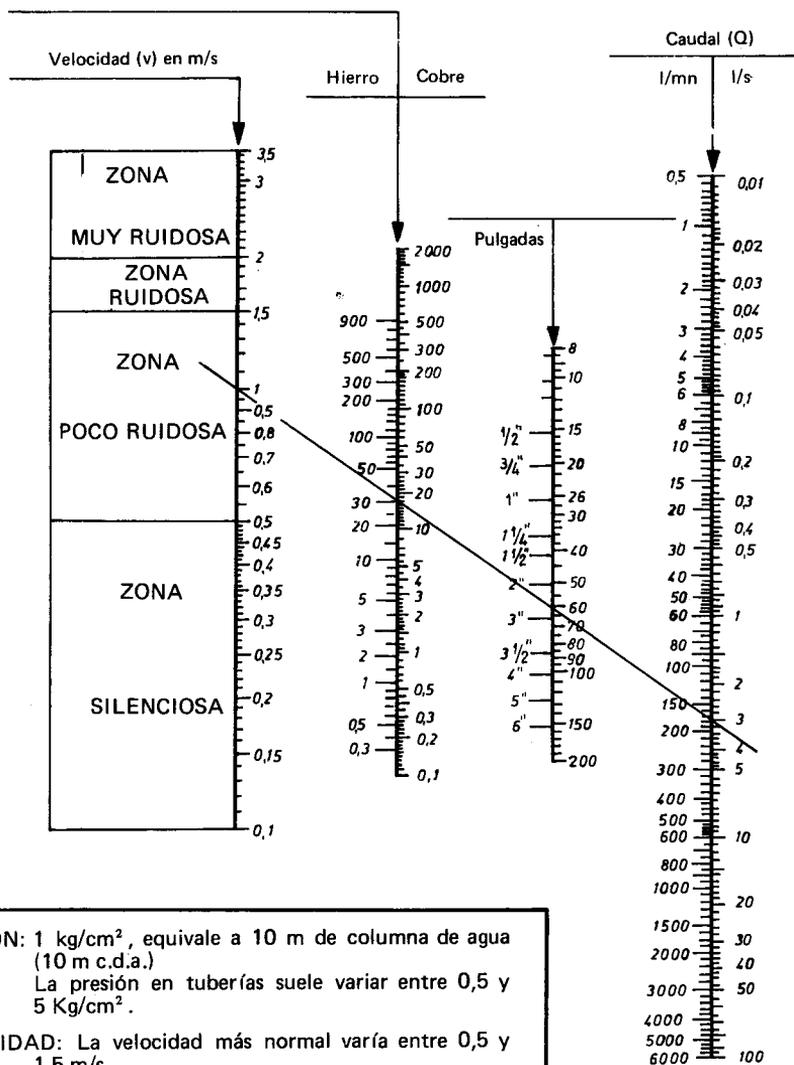
**9 – Tuberías de goma**

Diferentes diámetros y espesores, según sea su aplicación.  
Empleadas en conducciones de agua y aire.

**DIAMETROS NORMALIZADOS DE TUBOS**

DESIGNACION				Espesor	Peso del tubo en Kg/m	Volumen de agua en l/m	Sección interior en cm <sup>2</sup>	Sección del metal en cm <sup>2</sup>
Diámetros (φ)								
Nominal		Exter.	Inter.					
Pulg.	mm							
3/8"	10	17,2	12,2	2,35	0,852	0,123	1,23	1,09
	10	17,2	13,6	1,8	0,688	0,145	1,45	0,87
1/2"	15	20	16	2	0,890	0,201	2,01	1,13
	15	21,3	16	2,65	1,220	0,201	2,01	1,55
	15	21,3	17,3	2	0,962	0,235	2,35	1,21
3/4"	20	25	21	2	1,130	0,346	3,46	1,45
	20	26,9	21,6	2,65	1,580	0,366	3,66	2,02
	20	26,9	22,3	2,3	1,410	0,391	3,91	1,77
1"	25	30	24,8	2,6	1,770	0,483	4,83	2,24
	25	31,8	26,6	2,6	1,880	0,556	5,56	2,38
	25	33,7	27,2	3,25	2,440	0,581	5,81	3,11
	25	35	29,8	2,6	2,077	0,697	6,97	2,65
1 1/4"	32	38	32,8	2,6	2,290	0,845	8,45	2,89
	32	42,4	35,9	3,25	3,140	1,012	10,12	4,00
	32	42,4	37,2	2,6	2,570	1,087	10,87	3,25
1 1/2"	40	44,5	39,3	2,6	2,700	1,213	12,13	3,42
	40	48,3	41,8	3,25	3,610	1,372	13,72	4,60
	40	48,3	43,1	2,6	2,950	1,459	14,59	3,73
	40	51	45,8	2,6	3,120	1,647	16,47	3,96
2"	50	54	48,8	2,6	3,180	1,870	18,70	4,20
	50	57	51,2	2,9	3,900	2,059	20,59	4,93
	50	60,3	53	3,65	5,100	2,206	22,06	6,50
	50	60,3	54,5	2,9	4,140	2,333	23,33	5,23
2 1/2"	65	70	64,2	2,9	4,830	3,237	32,37	6,11
	65	76,1	68,8	3,65	6,510	3,718	37,18	8,30
	65	76,1	70,3	2,9	5,280	3,882	38,82	6,66
	65	92,5	76,1	3,2	6,310	4,548	45,48	8,08
3"	80	88,9	80,8	4,05	8,470	5,128	51,28	10,79
	80	88,9	82,5	3,2	6,810	5,346	53,46	8,61
	80	95	87,8	3,6	7,900	6,055	60,55	10,33
3 1/2"	90	101,6	93,5	4,05	9,700	6,866	68,66	12,41
	90	101,6	94,4	3,6	8,760	6,999	69,99	11,08
4"	100	108,0	100,8	3,6	9,350	7,980	79,80	11,81
	100	114,3	105,3	4,5	12,100	8,709	87,09	15,51
	100	114,3	107,1	3,6	9,900	9,009	90,09	12,51
5"	125	133	125,0	4	12,800	12,272	122,72	16,21
	125	139,7	130	4,85	16,200	13,273	132,73	20,55
	125	139,7	131,7	4	13,500	13,622	136,22	17,06
	125	152,4	143,4	4,5	16,400	16,151	161,51	20,90
6"	150	159	150	4,5	17,100	17,671	176,71	21,86
	150	165,1	155,4	4,85	19,200	18,967	189,67	24,41
	150	165,1	156,1	4,5	17,800	19,138	191,38	22,70
	150	168,3	159,3	4,5	18,100	19,931	199,31	23,15
7"	175	191,2	180,5	5,35	24,000	25,582	255,82	30,64
8"	200	215	204	5,5	31,100	32,685	326,85	39,59
9"	225	241	228,5	6,25	38,100	41,007	410,07	46,10
10"	250	267	254	6,5	41,500	50,671	506,71	53,10

Pérdida de carga en mm de c.d.a.  
por cada metro de longitud de tubería



**PRESION:** 1 kg/cm<sup>2</sup>, equivale a 10 m de columna de agua (10 m c.d.a.)  
La presión en tuberías suele variar entre 0,5 y 5 Kg/cm<sup>2</sup>.

**VELOCIDAD:** La velocidad más normal varía entre 0,5 y 1,5 m/s.

**CAUDAL:** Depende de la velocidad y de la sección de la tubería.

$$Q = S \cdot v$$

Q – caudal en litros segundo (l/s)

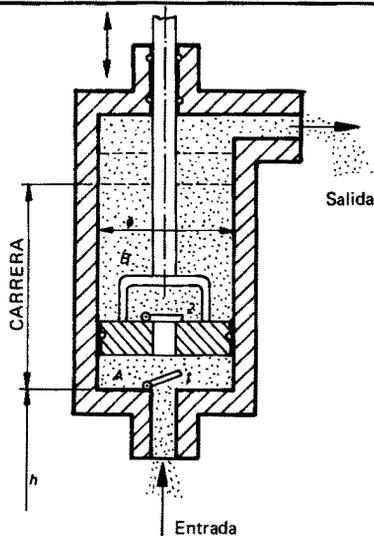
S – sección en dm<sup>2</sup>

v – velocidad en dm/s

#### UTILIZACION DEL ABACO

Dados por ejemplo el caudal en l/s ó l/mn y la velocidad prevista para el fluido, se podrá determinar el diámetro de la tubería y la pérdida de carga trazando una línea, tal como se representa sobre el abaco.

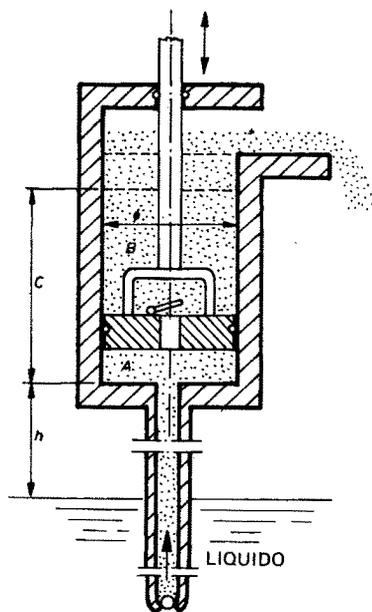
Caudal = 3 l/s; Velocidad = 1 m/s;  $\phi$  = 60 mm; Pérdida de carga en tubo de Fe = 30 mm c.d.a.



**BOMBA DE EMBOLO**

Al subir el émbolo se aspira el líquido, que irá llenando la cámara a medida que avanza, estando abierto 1 y cerrado 2.

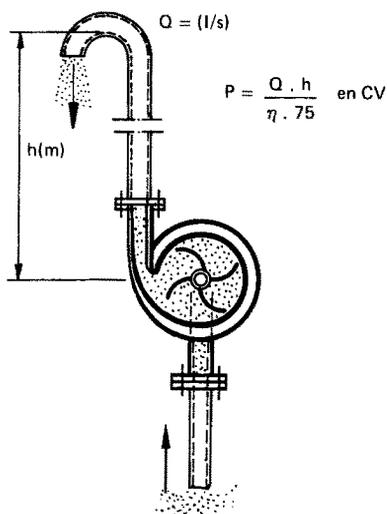
Al bajar el vástago se cierra 1 y se abre 2. En este movimiento el líquido pasa de la cámara A a la B. Al volver a subir el émbolo el contenido de B sale y vuelve a llenarse A.



**BOMBA DE EMBOLO**

Bomba similar a la anterior, en la que se suprime el cierre.

El principio de funcionamiento es igual al descrito para el caso anterior.



**BOMBA ROTATIVA**

La rueda de paletas gira a gran velocidad lo que produce una fuerza centrífuga, mediante la cual se aspira el líquido, habiendo hecho un cebado previo de tuberías.

La rueda es movida por un motor eléctrico o de explosión.

**EJEMPLO:** Una bomba aspirante que está instalada en un pozo a 6 m del agua, tiene las siguientes características:

- Diámetro del émbolo = 1,2 dm.
- Carrera del émbolo = 3 dm
- Emboladas = 30 por mn..

Se quiere saber:

- Caudal en litros por segundo, minuto y hora.
- Potencia absorbida por el motor, suponiendo un rendimiento de  $\eta = 0,6$ .

$$Q = S \times \text{Carrera} \times \text{Emboladas} = 1,14 \times 3 \times 30 = 102,6 \text{ l/mn.}$$

$$S = 0,785 \times d^2 = 0,785 \times 1,2^2 = 1,14 \text{ dm}^2.$$

$$Q_1 = 102,6 : 60 = 1,71 \text{ L/s}$$

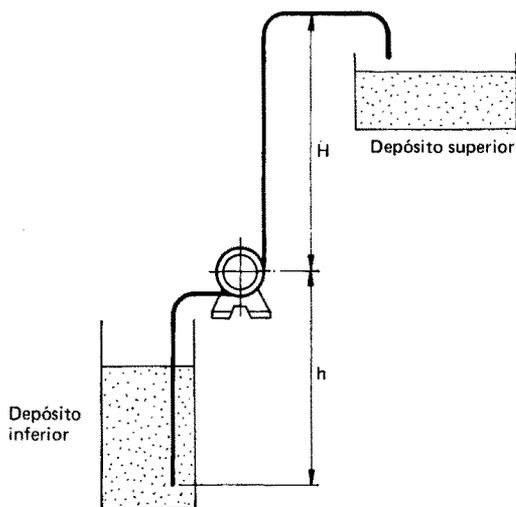
$$Q_2 = 102,6 \times 60 = 6156 \text{ l/h} = 6,156 \text{ m}^3 \text{ h}$$

Potencia del motor

$$P = \frac{V \cdot h}{\eta \cdot 75} = \frac{1,71 \times 7}{0,6 \times 75} = 0,266 \text{ CV}$$

Volumen del emboladas por segundos

$$V = Q_1 = 1,71 \text{ l/s} = 1,71 \text{ dm}^3 / \text{s}$$



### A) BOMBAS DE EMBOLO

#### Velocidad del émbolo

Entre 0,25 y 0,5 m/s para bombas de transmisión, hasta 0,75 para bombas de vapor de acción directa.

#### Altura de la columna de aspiración

En teoría, se podría llegar hasta 10,33m.

En la práctica solo se puede llegar hasta 7m.

La experiencia dice que:

Para agua fría  $\leq 30^{\circ}\text{C}$  - Aspiración vertical máxima, entre 6,5 y 7 m.

Para agua fría  $\leq 30^{\circ}\text{C}$  - Aspiración inclinada con longitud de hasta 15m, altura máxima, entre 5 y 6m.

Para agua entre 50 y 60°C - Aspiración vertical máxima, entre 1,4 y 2m.

#### Coefficiente de rendimiento ( $\eta$ )

Bombas nuevas	$\eta = 0,80$
Bombas ordinarias	0,80
Bombas viejas	0,75
Bombas con deficiente funcionamiento	0,65

#### Diámetro del émbolo de la bomba (D)

$$D = \sqrt{\frac{8 \cdot Q}{r \cdot v \cdot \eta}}$$

D - diámetro del émbolo en m.

Q - caudal de la bomba en  $\text{m}^3/\text{s}$

v - velocidad media del émbolo en m/s

$\eta$  - rendimiento

#### Carrera del émbolo (c)

a) Bombas aspirantes

$$c = 1,5 D \text{ a } 2 D$$

b) Bombas aspirantes-impelentes de simple efecto

$$c = 2D \text{ a } 4D$$

c) Bombas aspirantes-impelentes de doble efecto

$$c = 2D \text{ a } 3D$$

Número de emboladas (n)

$$n = \frac{30 \cdot v}{C}$$

Diámetro de los tubos de aspiración

Se calculan en función del caudal Q a transportar y de la velocidad del mismo sobre la tubería. En conducciones cortas, la velocidad del agua no deberá ser superior a 1,5 m/s.

Potencia de la bomba

$$P = \frac{1000 \cdot Q (H + h)}{75 \cdot \eta}$$

P – potencia en CV  
Q – caudal en m<sup>3</sup>/s  
H – altura en m  
h – pérdida de carga  
η – rendimiento

## B) BOMBAS CENTRIFUGAS

Velocidad del agua en la tubería (v)

$$v = 0,25 \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

v – velocidad en m/s  
g – aceleración 9,81  
h – altura de la aspiración en m

Caudal de cálculo (Q<sub>1</sub>)

$$Q_1 = \frac{Q}{3.600 \cdot \eta}$$

Q<sub>1</sub> – caudal de cálculo en l/s  
Q – caudal a bombear en l/s  
η – rendimiento de la bomba (η varía entre 0,6 y 0,8)

Sección de la tubería (S)

$$S = \frac{Q_1}{v}$$

S – sección en dm<sup>2</sup>  
Q<sub>1</sub> – caudal en l/s  
v – velocidad en dm/s

Diámetro de la tubería (d)

$$d = \sqrt{\frac{100 \cdot S}{0,785}}$$

d – diámetro en mm  
S – sección en dm<sup>2</sup>

Potencia absorbida por el motor en función de la altura a aspirar

$$P = 22 \cdot Q \cdot h$$

P – potencia en CV  
Q – caudal de cálculo en m<sup>3</sup>/s  
h – altura de aspiración en m

Potencia absorbida por el motor en función de la altura a elevar

$$P = \frac{Q \cdot h}{75 \cdot \eta}$$

P – potencia en CV  
Q – caudal en l/s  
h – altura a elevar en m  
η – rendimiento (generalmente bajo)

**COLORES DISTINTIVOS EN LAS CONDUCCIONES DE FLUIDOS POR TUBERIAS**

Las tuberías para diferentes líquidos se identificarán mediante colores distintivos.

FLUIDO	DISTINTIVO
Agua potable	Verde
Agua caliente	Verde con banda blanca
Agua condensada	Verde con banda amarilla
Agua de alimentación	Verde con banda roja
Agua de purga	Verde con banda negra
Vapor saturado	Rojo
Vapor sobrecalentado y recalentado	Rojo con banda blanca
Vapor de escape	Rojo con banda verde
Combustibles gaseosos	Amarillo
Combustibles líquidos:	
- Pesados	Marrón con banda negra
- Ligeros	Marrón con banda amarilla
Vacío	Gris
Acidos	Naranja
Lejía	Lila
Aire	Azul

**DIAMETRO DE LA TUBERIA**

Tendrá un diámetro que asegure una velocidad máxima de:

- Vapor saturado 50 m/s
- Vapor sobrecalentado y recalentado 60 m/s
- Agua caliente y sobrecalentada 5 m/s

Equivalencia de un tubo de diámetro  $\phi$ , por n tubos de  $\phi_1$ .

Para hacer el cálculo de la equivalencia de un tubo a varios cuya sección sea equivalente, se debe tener en cuenta que al decrecer la sección disminuye la proporción en el caudal con relación al diámetro del tubo, por tener el de diámetro menor mayores rozamientos.

El cálculo de las secciones equivalentes están hechas en base a la raíz cuadrada de la quinta potencia de sus diámetros.

$\phi$	pulg.	1/8	1/4	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5	6	7	8	9	10
Int.		3	6	10	13	19	25	32	38	50	64	75	90	100	113	125	150	175	200	225	
pulg.	m/m																				
1/8	3	1																			
1/4	6	2,1	1																		
3/8	10	4,5	2,1	1																	
1/4	13	8	3,8	1,8	1																
3/4	19	16	8	3,6	2	1															
1	25	30	14	6,6	3,7	1,8	1														
1 1/4	32	60	28	13	7	3,6	2	1													
1 1/2	38	88	41	19	11	5,3	2,9	1,5	1												
2	50	164	77	36	20	10	5,5	2,7	1,9	1											
2 1/2	64	255	120	56	31	16	8	4,3	2,9	1,6	1										
3	75	439	206	97	54	27	15	7	5	2,7	1,7	1									
3 1/2	90	632	297	139	78	38	21	11	7	3,9	2,5	1,4	1								
4	100	867	407	191	107	53	29	15	10	5,3	3,4	2	1,4	1							
4 1/2	113	1148	539	253	141	70	38	19	13	7	4,5	2,6	1,8	1,3	1						
5	125	1525	716	335	188	93	51	26	17	9	6	3,5	2,4	1,8	1,3	1					
6	150	2414	1133	531	297	147	80	40	28	15	9	5,5	3,8	2,8	2,1	1,6					
7	175	3483	1635	766	428	212	116	58	40	21	14	8	5,5	4	3	2,3	1,4				
8	200	4795	2251	1054	590	292	160	80	55	29	19	10,9	7,6	5,5	4,2	3,1	2	1,4			
9	225	6369	2990	1401	783	388	212	107	73	39	25	14	10	7,3	5,5	4,2	2,6	1,9			
10	250	8468	3976	1862	1042	516	282	142	97	52	33	19	13	10	7,4	5,6	3,5	2,4	1,8	1,3	1
11	275	10693	5020	2352	1315	651	356	179	122	65	42	24	17	12	9,3	7	4,4	3,1	2,2	1,7	1,3
12	300	13292	6240	2923	1635	809	443	223	152	81	52	30	21	15	12	8,7	5,5	3,8	2,8	2	1,6

**CANTIDAD DE VAPOR SATURADO QUE PUEDE PASAR POR LAS TUBERIAS  
 (Conocidos paso y presión)**

Paso de la tubería en m/m	Cantidad vapor que pasa por la tubería m <sup>3</sup> /hora	Presión efectiva del vapor kgs/cm <sup>2</sup>							
		4	5	6	7	8	9	10	11
25	21	56	66	77	84	97	100	120	130
30	34	90	100	120	140	150	170	200	220
40	70	190	220	250	300	320	350	380	420
50	120	300	370	430	500	550	600	650	720
60	190	500	600	700	700	870	900	1.050	1.150
70	280	700	870	1.000	1.400	1.300	1.400	1.550	1.700
80	400	1.000	1.250	1.400	1.600	1.800	2.000	2.200	2.400
90	500	1.300	1.500	1.800	2.000	2.200	2.500	2.700	3.000
100	700	1.800	2.100	2.500	2.800	3.000	3.500	3.800	4.000
125	1.100	2.900	3.500	4.000	4.400	5.000	5.500	6.100	6.500
150	1.600	4.100	4.900	5.700	6.000	7.000	8.000	8.600	9.500
175	2.350	6.100	7.300	8.500	9.000	10.700	12.000	13.000	14.000
200	3.000	8.300	10.000	11.000	13.000	14.000	16.000	17.000	19.000
250	5.300	14.000	17.000	19.000	22.000	24.000	27.000	29.000	32.000
300	7.000	20.000	24.000	27.000	31.000	35.000	38.000	42.000	45.000
		Peso del vapor en kilos por hora							

**VELOCIDAD DEL VAPOR EN LAS TUBERIAS EN RELACION CON LA PRESION Y EL PASO**

Los valores indicados corresponden a 1.000 Kg de vapor por hora.

La velocidad que se da en la tabla para el vapor es en metros por segundo.

Paso en mm.	30	40	50	60	70	80	90	100	120	140	160	200	300
3 atms.	170	95	61	42,3	31,2	24	18,9	15,3	10,6	7,8	6	3,8	1,7
4 "	122,3	83,5	53,6	37	27,3	21	16,5	13,4	9,4	6,8	5,2	3,3	1,5
5 "	104,1	70,3	45,2	31,3	23	17,8	14	11,3	7,9	5,8	3,4	2,8	1,3
6 "	95	61	39,2	27,1	20	15,4	12,2	9,8	6,8	5	4,8	2,4	1,1
7 "	85,2	53,6	34,6	24	17,6	13,8	10,7	8,6	6	4,4	3,3	2,1	1
8 "	77,8	48	30,9	21,4	15,5	12,1	9,5	7,7	5,4	3,9	3	1,9	0,9
9 "	70,3	44	28	19,4	14,3	11	8,6	7	4,9	3,6	2,7	1,8	0,8
10 "	65	39,6	25,4	17,6	13	10	7,9	6,4	4,4	3,2	2,5	1,6	0,7
11 "	60,7	36,6	23,5	16,3	12	9,2	7,3	5,9	4,1	3	2,3	1,5	0,6
12 "	57,5	34,2	22	15,2	11,2	8,6	6,8	5,5	3,8	3,8	2,1	1,4	0,6
13 "	53,3	32	21	14,2	10,4	8	6,3	5,1	3,5	2,6	2	1,3	0,6
14 "	50	30	19,3	13,4	9,8	7,5	5,9	4,8	3,3	2,4	1,9	1,2	0,5
15 "	48	28	18	12,4	9,2	7	5,5	4,5	3,1	2,3	1,7	1,1	0,5
18 "	42,5	24	15,4	10,7	7,8	6	4,7	3,8	2,7	2,9	1,5	1	0,4
20 "	38	21,5	13,8	9,5	7	5,4	4,2	3,4	2,4	1,1	1,3	0,9	0,4

**TENSION DEL VAPOR DE AGUA CON RELACION A LA TEMPERATURA**

	Tensión		Temperat.		Tensión		Temp.		Tensión		Temp.	
	atms.	m/m	atms.	m/m	en C	en C	K/cm <sup>2</sup>	m/m	en C	K/cm <sup>2</sup>	m/m	en C
1	760	100	16	12.116	201,91	1	735,7	99,09	16	11.771	200,34	
2	1.520	120,60	17	12.920	204,87	2	1.471,4	119,58	17	12.507	203,28	
3	2.280	133,91	18	13.680	207,69	3	2.207	132,80	18	13.243	206,08	
4	3.040	144,00	19	14.440	210,40	4	2.943	142,83	19	13.978	208,77	
5	3.800	152,22	20	15.200	213,01	5	3.679	151,01	20	14.714	211,36	
6	4.560	159,22	21	15.960	215,52	6	4.414	157,96	21	15.450	213,85	
7	5.320	165,35	22	16.720	217,94	7	5.150	164,04	22	16.186	216,24	
8	6.080	170,82	23	17.480	220,27	8	5.886	169,47	23	16.921	218,56	
9	6.840	175,77	24	18.240	222,53	9	6.621	174,39	24	17.657	220,81	
10	7.600	180,31	25	19.000	224,73	10	7.357	178,90	25	18.393	222,98	
11	8.360	184,51	26	19.760	226,85	11	8.093	183,07	26	19.129	225,09	
12	9.120	188,42	27	20.520	228,92	12	8.828	186,95	27	19.864	227,14	
13	9.880	192,09	28	21.280	230,93	13	9.564	190,59	28	20.600	229,13	
14	10.640	195,54	29	22.040	232,88	14	10.300	194,02	29	21.336	231,07	
15	11.400	198,80	30	22.800	234,78	15	11.036	197,26	30	22.071	232,96	

**PROPAGACION DEL CALOR**

- Conductibilidad
- Radiación
- Convección

La radiación calorífica se propaga a 300.000 Km/s

**GENERALIDADES.** En el momento actual, en el que los productos energéticos son caros e inciden tremendamente en el coste de un producto elaborado y del confort, resulta de suma importancia el evitar la disipación innecesaria de energía, particularmente cuando se presenta en forma calorífica.

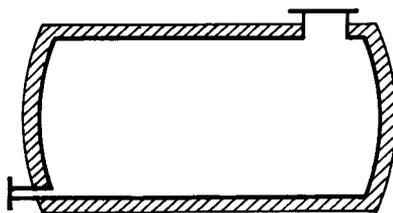
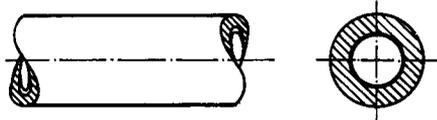
El calor y el frío no son fáciles de aislar; sin embargo, se ha avanzado de manera muy apreciable en la reducción de la pérdida de energía por radiación y convección, tanto en los focos de generado de calor, como en su transporte y en los aparatos de aplicación. Un factor importantísimo que ayuda a evitar la disipación de la energía, es el calorifugado.

El calorifugado consiste en aislar los elementos del calor o frío, con materiales aislantes a fin de evitar o reducir la pérdida de calor o frío, según sea el caso de que se trate.

En el caso concreto del transporte de frío, con el calorifugado se reduce considerablemente la condensación del vapor y también la oxidación de la tubería.

En conclusión, toda tubería que transporta líquidos e incluso gases y en la que se quiere evitar disipación de energía o influencias ambientales del exterior respecto al líquido o gas que se transporta, se debe aislar térmicamente con el calorifugado.

TUBERIA



DEPOSITO

### CALCULO DE LA PERDIDA CALORIFICA EN UNA TUBERIA

$$Q = \frac{\pi (t_1 - t_2)}{\frac{1}{2\lambda} \cdot \log \frac{de}{di} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot de}} \quad \text{En la práctica: } Q = \frac{\pi (t_1 - t_2) 2\lambda}{\log \frac{de}{di}}$$

Q —pérdida de calor en kilocalorías (Kcal) por m<sup>2</sup> y por hora.

t<sub>1</sub> —temperatura en °C, en el interior de la tubería (fluido)

t<sub>2</sub> —temperatura en °C, en el exterior, de la tubería (ambiente)

λ —coeficiente de conductividad término del aislamiento, a la temperatura del fluido considerado.

e —espesor del aislamiento en metros.

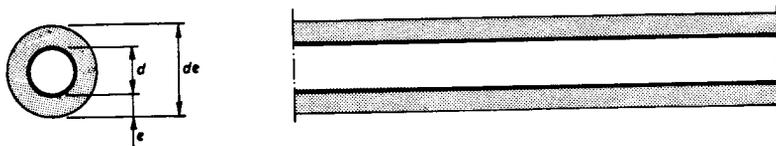
α<sub>2</sub> —coeficiente de transmisión entre el exterior del aislamiento y la capa de aire adyacente.

d<sub>1</sub> —diámetro exterior de la tubería (desnuda), en metros.

d<sub>2</sub> —diámetro exterior del aislamiento en metros.

### CALCULO DE LA PERDIDA CALORIFICA EN UNA SUPERFICIE

$$Q = \frac{t_1 - t_2}{\frac{e}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad \text{En la práctica } Q = \frac{\lambda (t_1 - t_2)}{e} \quad \text{por ser } 1/\alpha_2 \text{ de valor casi despreciable}$$



Calcular el espesor de un aislamiento de corcho a poner en una tubería de diámetro  $d = 80$  mm, por la que circula vapor a  $180^\circ\text{C}$ , para que el exterior del aislamiento no deje pasar más de  $20^\circ\text{C}$ , suponiendo un rendimiento  $\eta = 90\%$ .

— Calorías dispersadas por metro lineal de tubería (c)

$$c = 17,5 \text{ (en tabla)}$$

— Diferencia de temperatura ( $\Delta t$ )

$$\Delta t = T - t = 180 - 20 = 160^\circ\text{C}$$

— Desarrollo del tubo (L)

$$L = 2\pi r = \pi d = 3,14 \cdot 80 = 251,2 \text{ mm} = 0,2512 \text{ m}$$

— Superficie del tubo por metro lineal (S)

$$S = 1 \cdot L = 0,2512 \text{ m}^2$$

— Dispersión de calorías por metro lineal ( $Q_m$ )

$$Q_m = c \cdot \Delta t \cdot S = 17,5 \cdot 160 \cdot 0,2512 = 703,36 \text{ cal.}$$

— Con aislamiento, las pérdidas residuales serán:

$$Q_p = \frac{Q_m}{100 \cdot \eta} = \frac{703,36}{100 \cdot 90} = 70,336 \text{ cal.}$$

— Diámetro exterior del aislamiento ( $d_e$ )

$$d_e = \text{antilog} \left( \frac{k \cdot \Delta t \cdot 6,28}{Q_p} \right) \cdot d = \text{antilog} \left( \frac{0,045 \cdot 160 \cdot 6,28}{70,336} \right) \cdot 0,08 = 0,152 \text{ m}$$

— Espesor del aislante (e)

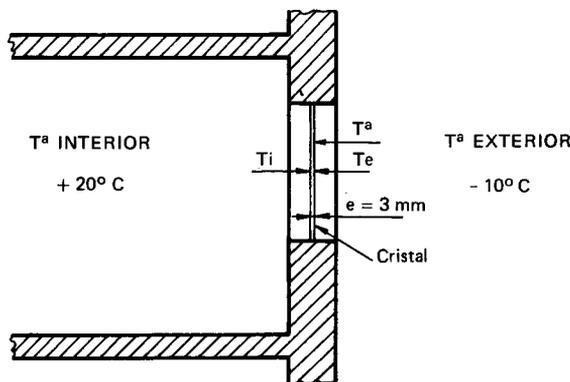
$$e = \frac{d_e - d}{2} = \frac{152 - 80}{2} = 36 \text{ mm.}$$

Coeficientes de conductividad térmica (k)

Abeto	0,090	Serrín de madera	0,065
Pino	0,090	Cascarilla de arroz	0,050
Encina	0,020	Corcho en láminas	0,042
Algodón	0,045	Corcho triturado	0,045
Ladrillos	0,750	Turba	0,070

Pérdidas caloríficas de las paredes metálicas desnudas, sin aislar, (c).

Temperatura del vapor en $^\circ\text{C}$	Pérdidas por $\text{m}^2$
120	10
140	14
150	16
165	17
180	17,5
200	18



Calcular en el cristal de la ventana de un edificio, cuyos datos son los que se indican en la figura superior, la temperatura a que se encuentra el cristal, así como la pérdida de calor.

- 1 – Temperatura media a que se encuentra el cristal (T)

$$T = \frac{20 - 10}{2} = 5^{\circ}\text{C}$$

Diferencia de la temperatura del cristal con el ambiente interior:  $20 - 5 = 15^{\circ}\text{C}$

Diferencia de la temperatura del cristal con el ambiente exterior:  $10 - (-5) = 15^{\circ}\text{C}$

- 2 – Coeficientes de convección natural en el aire a la presión atmosférica.

Disposición de la superficie	Coef. de convección en cal/s. cm <sup>2</sup> . °C (h)
Lámina horizontal, mirando hacia arriba	0,0000595 $(\Delta t)^{1/4}$
Lámina horizontal, mirando hacia abajo	0,0000314 $(\Delta t)^{1/4}$
Lámina vertical	0,0000424 $(\Delta t)^{1/4}$
Tubo horizontal o vertical (diámetro - D)	0,0001 $\left(\frac{\Delta t}{D}\right)^{1/4}$

- 3 – Convección que se da en la ventana de cristal

$$h = 0,0000424 (\Delta t)^{1/4} \text{ en cal./s cm}^2. ^{\circ}\text{C}$$

$$; \Delta t = \frac{20 + 10}{2} = 15^{\circ}\text{C}$$

$$h = 0,0000424 (15)^{1/4} = 0,0000834$$

- 4 – Calor transmitido por unidad de superficie (cm<sup>2</sup>)

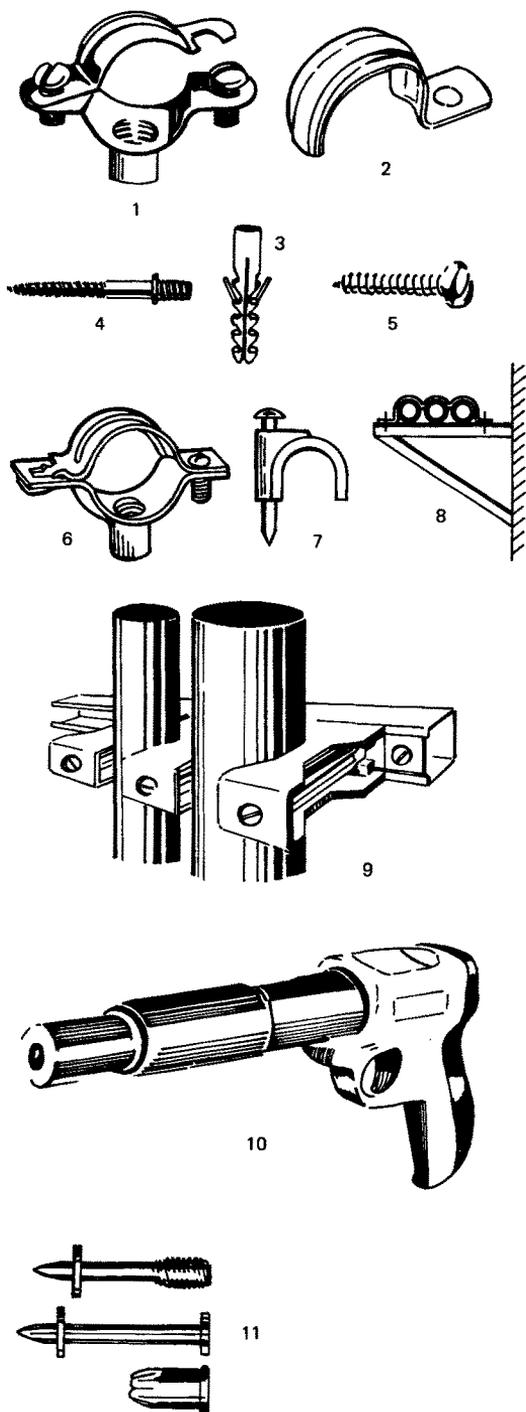
$$\frac{H}{\Delta} = 0,834 \times 10^{-4} \times 15 = 0,001251 \text{ cal/s.cm}^2$$

- 5 – Diferencia de temperatura en el cristal entre la pared interior y pared exterior ( $\Delta t$ ) suponiendo que el cristal tiene 3 mm de espesor.

$$\Delta t = \frac{L}{K} \cdot \frac{H}{\Delta} = \frac{0,3}{0,002} \cdot 12,51 \times 10^{-4} = 0,1876^{\circ}\text{C}$$

$$T_i = 5 + \frac{0,1876}{2} = 5,0938^{\circ}\text{C}$$

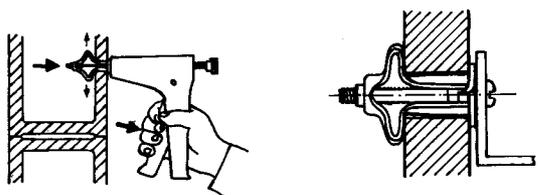
$$T_e = 5 - \frac{0,1876}{2} = 4,9062^{\circ}\text{C}$$



En esta lámina se representan una serie de elementos de fijación que pueden ser como un exponente de las muy variadas formas que existen y que varían en función de cuál sea su aplicación y función.

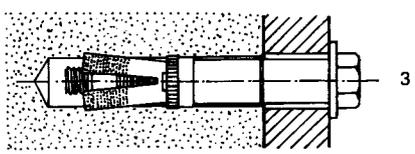
Los elementos representados en esta lámina, son los siguientes:

- 1 – Abrazadera
- 2 – Abrazadera
- 3 – Taco de plástico
- 4 – Tornillo con cabeza roscado
- 5 – Tornillo
- 6 – Abrazadera (similar a la n° 1)
- 7 – Abrazadera para cables y tubos con pequeño diámetro
- 8 – Soporte para tubos anclados a la pared
- 9 – Abrazadera adaptable
- 10 – Pistola para clavar tornillos y clavos. En la construcción de edificios es muy común en la actualidad el hacer fachadas exteriores, separaciones interiores e incluso tejados con chapas perfiladas. En estos casos, es necesario el disponer de elementos cómodos y prácticos que ayuden a realizar el trabajo con eficacia y rapidez. En la actualidad existe una gama muy amplia de aparatos y elementos auxiliares que ayudan a realizar el trabajo con rapidez, comodidad y calidad.
- 11 – Tornillo para pistola  
Clavo para pistola  
Percutor

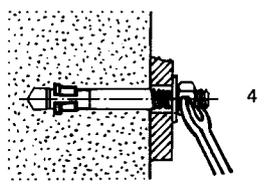


1

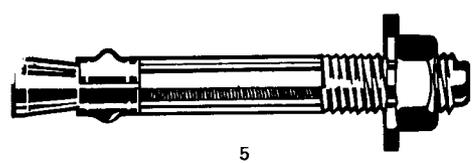
2



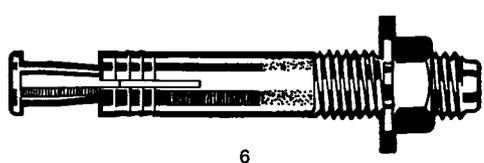
3



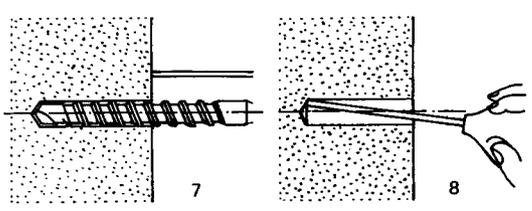
4



5

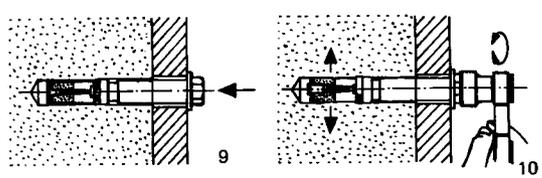


6



7

8



9

10

En esta lámina se representan una serie de elementos de anclaje.

Cada vez es mayor la utilización de estos elementos comerciales de anclaje y que sustituyen con toda garantía las zarpas de anclaje.

Los elementos reflejados en la lámina son los siguientes:

1 y 2 — Fijación de piezas sobre paredes de pequeño espesor (metálicas o mampostería) con el auxilio de una pistola especial.

3 — Ejemplo de bulón de expansión montado y apretado.

4 — Variante de bulón de expansión.

5 y 6 — Bulones de expansión

7 al 10 — Diversas fases en la colocación de un bulón de expansión.

7 — Taladrado

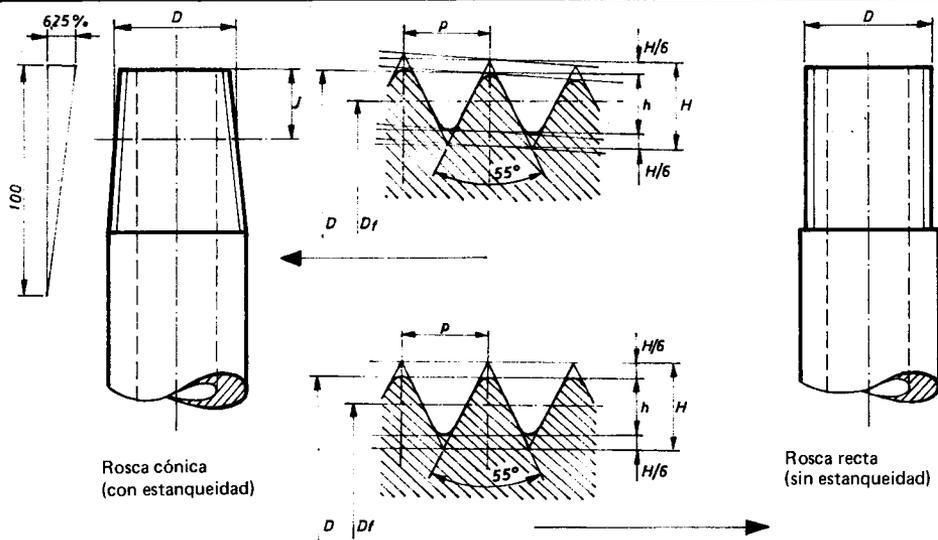
8 — Limpieza

9 — Introducción del bulón

10 — Apriete del bulón

En esta lámina sólo se pretende reflejar una muestra de la abundante gama de elementos de anclaje existentes en el comercio.

Para mayor amplitud de elementos y características, les remitimos a los catálogos de las casas suministradoras, así como a la consulta directa con sus agentes de información y venta.

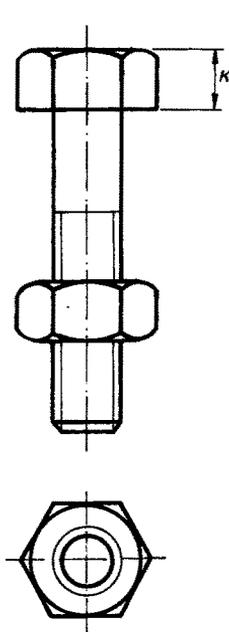


El perfil de rosca para tubos puede ser cilíndrico sin estanqueidad y cónico con estanqueidad (conocida 6,25%).

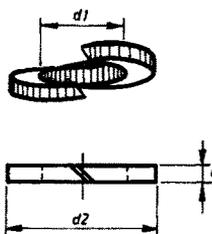
El diámetro nominal, siempre se indica en pulgadas. Este diámetro, no siempre coincide con el interior del tubo, ya que depende del tipo que sea: ligero, medio o fuerte. Así se tiene, que para un tubo de 1", de diámetro exterior tiene 33,7 mm y su diámetro interior podrá ser 27,9, 27,2 ó 25,6 mm, según del tipo de tubo que se trate.

### DIMENSIONES PARA TUBOS

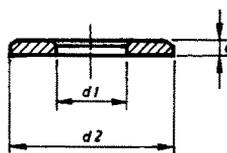
Denominación usual		Diámetro exterior mm	Diámetro interior mm	Espesor		
en pulgadas	en mm			Serie ligera	Serie media	Serie fuerte
1/8	5 x 10	10,2	6	1,8	2	2,65
1/4	8 x 13	13,5	8	2	2,35	2,90
3/8	12 x 17	17,2	10	2	2,35	2,90
1/2	15 x 21	21,3	15	2,35	2,65	3,25
3/4	20 x 27	26,9	20	2,35	2,65	3,25
1	26 x 34	33,7	25	2,9	3,25	4,05
1 1/4	33 x 42	42,4	32	2,9	3,25	4,05
1 1/2	40 x 49	48,3	40	2,9	3,25	4,05
2	50 x 60	60,3	50	3,25	3,65	4,50
2 1/2	66 x 76	76,1	65	3,25	3,65	4,50
3	80 x 90	88,9	80	3,25	4,05	4,85
3 1/2	90 x 102	101,6	90	3,65	4,05	4,85
4	102 x 114	114,3	100	3,65	4,50	5,40
5	127 x 140	139,7	125	—	4,50	5,40
6	152 x 165	165,1	150	—	4,50	5,40



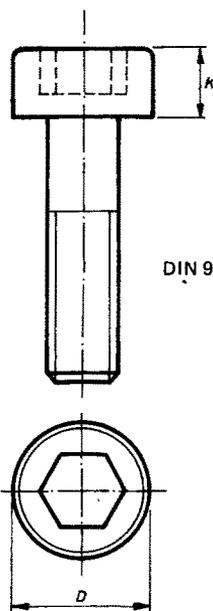
DIN 931



DIN 127



DIN 125



DIN 912

Diámetro nominal	TORNILLO CABEZA EXAGONAL DIN 931				ARANDELA ELASTICA DIN 127			ARANDELAS DIN 125		
	Altura cabeza	Entre-caras	Diagonal	Altura tuerca DIN 934	φ Exterior d <sub>2</sub>	φ Interior d <sub>1</sub>	Espesor	φ Exterior d <sub>2</sub>	φ Interior d <sub>1</sub>	Espesor
2	1,2	4,0	4,6	1,6	3,9	2,1	0,5	5,5	2,2	0,5
2,5	1,8	5,0	5,7	2,0	4,6	2,6	0,6	7,0	2,7	0,5
3	2,0	5,5	6,4	2,4	5,7	3,1	0,8	7,0	3,2	0,5
3,5	2,4	6,0	6,9	2,8	6,2	3,6	0,8	8,0	3,7	0,5
4	2,8	7,0	8,1	3,2	7,1	4,1	0,9	9,0	4,3	0,8
5	3,5	9,0	10,4	4,0	8,7	5,1	1,2	11,0	5,3	1,0
6	4,5	10,0	11,5	5,0	11,1	6,1	1,6	12,0	6,4	1,5
8	5,5	14,0	16,2	6,5	14,2	8,2	2,0	17,0	8,4	2,0
10	7,0	17,0	19,6	8,0	17,2	10,2	2,2	21,0	10,5	2,5
12	8,0	19,0	21,9	9,5	20,2	12,2	2,5	24,0	13,0	3,0
14	9,0	22,0	25,4	11,0	23,2	14,2	3,0	28,0	15,0	3,0
16	10,5	24,0	27,7	13,0	26,2	16,2	3,5	30,0	17,0	3,0
18	12,0	27,0	31,2	15,0	28,2	18,2	3,5	34,0	19,0	4,0
20	13,0	30,0	34,6	16,0	32,2	20,2	4,0	36,0	21,0	4,0
22	14,0	32,0	36,9	17,0	34,5	22,5	4,0	40,0	23,0	4,0
24	15,0	36,0	41,6	18,0	38,5	24,5	5,0	44,0	25,0	4,0
27	17,0	41,0	47,3	20,0	41,5	27,5	5,0	50,0	28,0	5,0
30	19,0	46,0	53,1	22,0	46,5	30,5	6,0	56,0	31,0	5,0
33	21,0	50,0	57,7	25,0	53,5	33,5	6,0	60,0	34,0	5,0
36	23,0	55,0	63,5	28,0	56,5	36,5	6,0	68,0	37,0	6,0
39	25,0	60,0	69,3	30,0	59,5	39,5	6,0	72,0	40,0	6,0
42	26,0	65,0	75,0	32,0	66,5	42,5	7,0	78,0	43,0	7,0
45	28,0	70,0	80,8	35,0	69,5	45,5	7,0	85,0	46,0	7,0
48	30,0	75,0	86,5	38,0	73,0	49,0	7,0	92,0	50,0	8,0
52	32,0	80,0	92,4	40,0	81,0	53,0	8,0	98,0	54,0	8,0

**DIMENSIONES DEL FILETE WHITWORTH (paso de gas)**

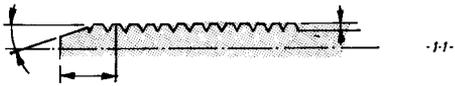
Denominación usual		Nº de hilos por pulgada	Paso P en mm	Diámetros			Distancia J	
en pulgadas	en mm			Exterior D	Sobre el flanco df	Núcleo d	Mínima	Máxima
1/8	5 x 10	28	1,337	9,728	9,147	8,566	3,1	4,9
1/4	8 x 13	19	1,337	13,157	12,301	11,445	4,7	7,3
3/8	12 x 17	19	1,814	16,662	15,806	14,950	5,1	7,7
1/2	15 x 21	14	1,814	20,955	19,793	18,631	6,4	10
3/4	20 x 27	14	2,309	26,441	25,279	24,117	7,7	11,3
1	26 x 34	11	2,309	33,249	31,770	30,291	8,1	12,7
1 1/4	33 x 42	11	2,309	41,910	40,431	38,952	10,4	15
1 1/2	40 x 49	11	2,309	47,803	46,232	44,845	10,4	15
2	50 x 60	11	2,309	59,614	58,135	56,656	13,6	18,2
2 1/2	66 x 76	11	2,309	75,184	73,705	72,226	14	21
3	80 x 90	11	2,309	87,884	86,405	84,926	17,1	24,1
3 1/2	90 x 102	11	2,309	100,330	98,851	97,372	18,7	25,7
4	102 x 114	11	2,309	113,030	119,551	110,072	21,9	28,9
5	127 x 140	11	2,309	138,430	136,951	135,472	28	35
6	152 x 165	11	2,309	163,830	162,351	160,872	35	42

**CARGAS MAXIMAS PARA TORNILLOS EN EL MINIMO LIMITE ELASTICO**

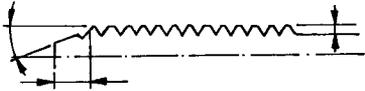
Diámetro nominal del tornillo	Paso en mm	Sección resistente en mm <sup>2</sup>	Sección del núcleo en mm <sup>2</sup>	Cargas en el mínimo límite elástico según sección resistente en Kp			
				5.6	8.8	10.9	12.9
M-4	0,7	8,78	7,75	260	560	790	950
M-5	0,8	14,2	12,7	420	910	1.280	1.530
M-6	1	20,1	17,9	600	1.290	1.810	2.170
M-7	1	28,9	26,2	870	1.850	2.600	3.120
M-8	1,25	36,6	32,8	1.090	2.340	3.290	3.950
M-10	1,5	58,0	52,3	1.740	3.710	5.200	6.250
M-12	1,75	84,3	76,2	2.530	5.400	7.600	9.100
M-14	2	114	105	3.450	7.350	10.350	12.400
M-16	2	157	144	4.710	10.000	14.100	17.000
M-18	2,5	192	175	5.760	12.300	17.300	20.700
M-20	2,5	245	225	7.350	15.700	22.000	26.500
M-22	2,5	303	282	9.090	19.400	27.300	32.700
M-24	3	353	324	10.590	22.600	31.800	38.100
M-27	3	459	427	13.770	29.400	41.300	49.600
M-30	3,5	561	519	16.830	35.900	50.500	60.600

La norma DIN 267 distingue 12 clases de tornillería:

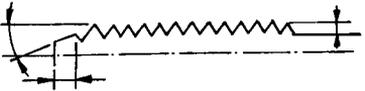
3.6, 4.6, 4.8, 5.6, 5.8, 6.6, 6.8, 6.9, 8.8, 10.9, 12.9, 14.9



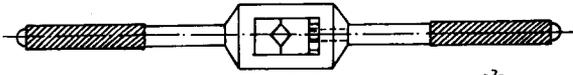
-1-



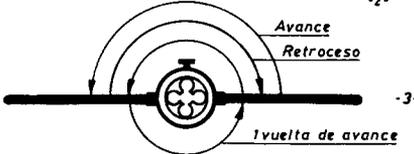
-1-2-



-1-3-



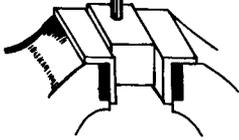
-2-



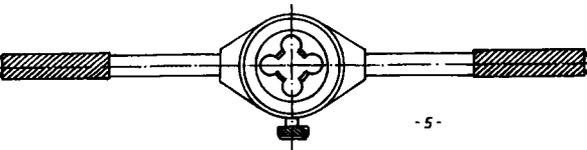
-3-



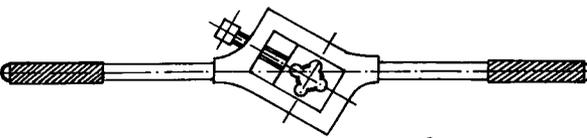
-4-



-4-



-5-



-6-

**ROSCADO DE AGUJEROS**

Para roscar interiores (agujeros), se emplean machos, que son tornillos contruidos de materiales resistentes y que llevan tres o más ranuras longitudinales para que por ellas salga la viruta que arrancan.

En todo macho de roscar se distinguen tres partes: punta, cuerpo y mango.

La punta siempre es cónica. Del juego de tres machos, el más cónico es el primero. El segundo es cónico en la mitad del anterior y el tercero en la mitad del segundo.

El cuerpo corresponde a la parte de macho que lleva los dientes y que son unos 25.

El mango tiene una parte cilíndrica en la que van impresas las características del macho, acabando en una espiga cuadrada que es por donde se sujeta al bandeador.

El juego más normal de machos está formado por tres (fig. 1) teniendo las características siguientes:

El primer macho es el que se encarga de hacer la guía helicoidal en todo el agujero.

La punta es cónica y el resto cilíndrico, estando la rosca rebajada hasta ser 0,5 de h.

En el segundo macho, la altura del filete es de 0,8 de h. Al pasar el segundo macho se deja muy marcado el filete. El tercero deja el filete terminado.

Para hacer girar los machos, se utiliza el bandeador (fig. 2).

**ROSCADO DE REDONDOS**

Para el roscado de redondos, tornillos y espárragos, se emplean las terrajas y los portaterrajas que soportan a las primeras.

Existen dos tipos de terrajas: las de cojinete y las de cojinete partido.

La terraja de cojinete fig. 3, consiste en una tuerca con cuatro cortes en una longitud aproximada de 75°. Los cuatro agujeros tienen por finalidad evacuar las virutas cortadas por los cuatro cortes.

Estas terrajas, como puede observarse en la figura 3, disponen de un tornillo, con el que se ajusta el corte, aunque lo más correcto es no manipularlo.

Para colocarlo en el bandeador, lleva marcado un rebaje en el que encaja el tornillo que lo aprieta y a la vez le impide girar.

La terraja de cojinete partido (fig. 6) es otra forma de aparato de roscado.

En la fig. 3 se representa la forma correcta de hacer girar el bandeador para hacer el roscado.

La fig. 4 representa la forma de roscado en un agujero utilizando terrajas.

Las fig. 5 y 6 corresponden a bandeadores para terrajas.

Fuentes en donde se originan gases y que pueden ser causa de explosión:

- Fábricas de productos químicos en general.
- Fábricas de pinturas y barnices.
- Fábricas de productos farmacéuticos.
- Fábricas de explosivos y pirotecnia.
- Industria del petróleo en general. Refinerías, estaciones de oleoductos, sondajes, etc.
- Instalaciones de almacenamiento y vertido de combustible.
- Talleres de pintura.
- Almacenamiento de cereales.
- Buques petroleros y butaneros.
- Industria del carbón.
- En general, cualquier industria donde se puedan generar gases con mayor o menor grado de riesgo de explosión.

Las normas VDE designan con (Ex) al material eléctrico de construcción antiexplosiva.

Con (Sch) para el material eléctrico antiexplosivo utilizado en minas.

Otras indicaciones de protección vienen dadas por:

(d) Brindaje resistente a la presión.

Las piezas que puedan inflamar mezclas explosivas se encuentran encerradas en una caja, que a la explosión de una mezcla en su interior, resiste una presión determinada fijada mediante ensayos, e impide la transmisión de la explosión a las mezclas que rodean al aparato.

(e) Seguridad aumentada. En estas máquinas o piezas, se toman medidas especiales que impiden la formación de chispas, arcos o temperaturas especiales.

Cifra característica de la clase de explosión	Símbolos de los diferentes grupos y sus temperaturas de inflamación				
	G1 > 450°	450° > G2 > 300°	300° > G3 > 200°	200° > G4 > 135°	135° > G5 > 100°
1	Acetato de etilo	Acetato amílico	Bencinas	Acetaldehido	
	Acido acético	Alcohol butílico	Hexano-n	Eter etílico	
	Amoniaco	Alcohol etílico	Petróleo *		
	Benzol (puro)				
	Etano	Butano			
	Metano				
	Metanol				
	Oxido de carbono				
	Propano				
	Tolueno				
2	Etilene Gas urbano		Petróleo *		
3a	Gas de agua Hidrógeno				
3b					Sulfuro de carbono
3c-3n		Acetileno			

\* Según la composición

La combinación del sistema de protección empleado junto con la cifra característica de la clase de explosión y del grupo de inflamación nos definirá exactamente la "calidad antiexplosiva" del aparato de que se trata.

Por ejemplo: aparato tipo "A" Ex. d 3a G4.

Ex = antiexplosivo.

d = protección "blindaje resistente a la presión".

3a = para gases tipos 1, 2 y 3a.

G4 = para grupo de inflamación G1, G2, G3 y G4.

La protección 3n G5 incluye por tanto todos los gases detallados en la tabla anterior.

**CLASIFICACION DE LOS PRODUCTOS QUIMICOS SEGUN CLASE****– INFLAMABLES**

- CLASE A: Productos licuados con presión de vapor superior a 1 kg/cm<sup>2</sup> a 15° C
  - Subclase A1: De clase A almacenados licuados a menos de 0° C (refrigerados).
  - Subclase A2: De clase A almacenados licuados en otras condiciones (presurizados).
- CLASE B: No comprendidos en A y con punto de inflamación inferior a 55° C.
  - Subclase B1: De clase B con punto de inflamación inferior a 38° C.
  - Subclase B2: De clase B con punto de inflamación entre 38° y 55° C.
- CLASE C: Productos con punto de inflamación entre 55° y 120° C.
- CLASE D: Productos con punto de inflamación superior a 120° C.

**– TOXICOS**

- CLASE E: Límite de seguridad menor de 100 ppm (partes por millón).
- CLASE F: Límite de seguridad mayor de 100 ppm.

**– REACTIVOS**

- CLASE G: Reactividad 3 ó 4
  - 4: a presión y temperatura normales detonan
  - 3: a presión y temperatura normal detonan con iniciador
- CLASE H: Reactividad inferior a 3

**PROYECTO E INSTALACION**

La obra civil, recipientes, instalación de fluidos e instalación eléctrica así como el emplazamiento del almacenaje del líquido estarán de acuerdo con las normas establecidas por el Ministerio de Industria para cada tipo de líquido.

Toda instalación de almacenamiento de líquidos peligrosos estará aprobada en su proyecto y realización por los departamentos correspondientes, tales como son el Ayuntamiento y el Ministerio de Industria.

La documentación a adjuntar a las entidades reseñadas son: Memoria técnica, planos, presupuesto, instrucciones para el uso, conservación y seguridad.

**PROYECTO CONTRA INCENDIOS**

Por el riesgo que comportan el almacenamiento y trasiego de los líquidos inflamables, resulta capítulo importante, el que se refiere a la protección contra incendios de estas instalaciones.

De entre las formas de protección entresacamos las siguientes:

- Protección con agua
- Protección con espuma
- Protección con agua con espumante
- Protección con atmósfera inerte
- Protecciones especiales
- Ignifugado
- Extintores
- Alarmas
- Puestas a masa
- Instalaciones eléctricas antideflagantes
- Telemando con seguridad intrínseca

## **OCTANAJE**

El octanaje viene dado por la proporción de iso-octano que hay en la mezcla de hidrocarburo denominado gasolina.

## **HIDROCARBUROS**

Son compuestos formados exclusivamente por C y H. Al sustituir H por los demás elementos, se forman los compuestos orgánicos.

Los hidrocarburos son derivados del petróleo, por abundar en ellos C y H.

## **PETROLEO**

Tal como se extrae de los yacimientos no es utilizable, por lo que hay que refinarlo. Para hacer el refino se somete al petróleo a una destilación, con el siguiente proceso:

Hasta 45° se desprenden gases combustibles

De 45° a 160° se obtiene la gasolina, que corresponde aproximadamente al 40% del petróleo refinado.

De 160° a 300° se obtiene el queroseno

De 300° a 350° se obtiene el gas-oil y aceite pesado de densidad 0,89

A más de 350° se obtienen los aceites lubricantes grasos desprovistos de acidez

De los residuos del refino queda el alquitrán

Enfriando a 0° los aceites pesados (gas-oil) y separando la parte sólida de la líquida, después de filtrada, da la parafina empleada en múltiples aplicaciones.

Por destilación fraccionada de la gasolina se obtienen, entre otros, los siguientes productos: bencina, nafta, éter de petróleo, etc.

## **ALQUITRAN DE HULLA**

De su destilación se obtienen:

- a) Aceites ligeros. Un 5 % de la cantidad destilada, que contiene benceno y tolueno
- b) Aceites medios. Un 12% de la cantidad destilada, que contiene principalmente naftaleno y fenol.
- c) Aceites pesados. Un 9% de la cantidad destilada. Se emplea para quemar en calefacción y motores Diesel
- d) Aceite de antraceno. Representa el 19%.
- e) El resto no destilable se emplea como asfalto de carreteras.

Peso de líquidos en kg/dm <sup>3</sup>	PESO	T <sup>a</sup>		PESO	T <sup>a</sup>
Aceites de: algodón	0,93	15°	Leche semidesnatada	1,030	15°
alquitrán	1,1	—	Lejía de potasa con:		
coco	0,93	15°	10% KOH	1,0918	15°
colza	0,91 a 0,92	15°	20% KOH	1,1884	15°
creosota	1,04 a 1,1	15°	30% KOH	1,2905	15°
linaza	0,93	15°	40% KOH	1,3991	15°
nabos	0,92	15°	50% KOH	1,5143	15°
oliva	0,951	18°	Lejía de sosa con:		
palma	0,91	15°	10% Na OH	1,1089	20°
pescado	0,92 a 0,93	15°	20% Na OH	1,2191	20°
pino	0,855	15°	30% Na OH	1,3279	20°
resina	0,96	15°	40% Na OH	1,4300	20°
recino	0,961	18°	50% Na OH	1,5253	20°
tocino	0,92	18°	Metanol	0,7915	20°
trementina	0,87	15°	Mercurio	13,5951	0°
Aceites minerales	0,77 a 0,98	15°	Mercurio	13,5588	15°
Aceites para máquinas	0,89 a 0,94	20°	Mercurio	13,5457	20°
Aceites para cilindros	0,90 a 0,94	20°	Mercurio	13,5335	25°
Acetato de amilo	0,87	20°	Nafta de petróleo	0,81 a 0,83	20°
Acetona	0,79	20°	Oleina comercial	0,92	15°
Acido acético	1,049	20°	Perclorotileno	1,624	15°
Acido clorhídrico con:			Petróleo	0,80 a 0,82	15°
10% HCl	1,047	20°	Sal común en solución		
20% HCl	1,098	20°	acuosa con:		
30% HCl	1,149	20°	5% ClNa	1,0340	20°
40% HCl	1,198	20°	15% ClNa	1,1085	20°
Acido nítrico con:			20% ClNa	1,1478	20°
25% HNO <sub>3</sub>	1,147	20°	25% ClNa	1,1888	20°
50% HNO <sub>3</sub>	1,130	20°	Sulfato de cobre con:		
75% HNO <sub>3</sub>	1,434	20°	15% (SO <sub>4</sub> Cu + 5H <sub>2</sub> O)	1,10	15°
100% HNO <sub>3</sub>	1,513	20°	28% (SO <sub>4</sub> Cu + 5H <sub>2</sub> O)	1,15	15°
Acido sulfúrico con:			Sulfato de cinc con:		
25% SO <sub>4</sub> H <sub>2</sub>	1,178	20°	17% (SO <sub>4</sub> Zn + 7H <sub>2</sub> O)	1,10	15°
50% SO <sub>4</sub> H <sub>2</sub>	1,395	20°	55% (SO <sub>4</sub> Zn + 7H <sub>2</sub> O)	1,40	15°
75% SO <sub>4</sub> H <sub>2</sub>	1,669	20°	Tetracloruro de carbono	1,594	20°
100% SO <sub>4</sub> H <sub>2</sub>	1,830	20°	Triclorotileno	1,466	18°
Agua destilada	0,9998	0°	Vinagre	1,01	0°
Agua destilada	1,0000	4°	Vino	0,99	—
Agua destilada	0,9991	15°	Vitriolo azul con:		
Agua destilada	0,9982	20°	5% SO <sub>4</sub> Cu	1,051	20°
Agua destilada	0,9970	25°	10% SO <sub>4</sub> Cu	1,107	20°
Agua de mar	1,029	15°			
Albúmina	1,04	15°			
Alcohol absoluto (etílico)	0,789	15°			
Alcohol amílico	0,810	20°			
Alcohol metílico	0,803	4°			
Alquitrán de hulla	1,1 a 1,26	—			
Anilina	1,04	0°			
Bencina ligera	0,67 a 0,72	15°			
Benzol (benceno)	0,879	20°			
Bromo	3,187	0°			
Cerveza	1,02 a 1,04	—			
Cloroformo	1,48	18°			
Esencia de alcanfor	0,91	—			
Esencia de trementina	0,855 a 0,872	18°			
Èter (etílico)	0,719	15°			
Eter de petróleo	0,67	15°			
Glicerina	1,26	0°			
Glicerina con 50% de H <sub>2</sub> O	1,13	0°			
Glicol	1,113	20°			
Leche natural	1,028	15°			
Leche desnatada	1,032	15°			

PESOS DE CUERPOS SOLIDOS (Kg/dm<sup>3</sup>)

## 1 MINERALES DIVERSOS

Alumbre potásico	1,71
Anhidrita	2,90
Antimonio gris	4,6-4,7
Azufre	1,93-2,07
Bauxita	2,40-2,60
Biox. de manganeso	3,70-4,60
Blenda	3,90-4,20
Boracita	2,90-3,00
Cinabrio	8,12
Cobaltina	6,00-6,10
Cobalto gris	6,40-7,30
Cobre gris	4,36-5,36
Cristal de roca	2,60
Cuarzo	2,50-2,80
Diamante	3,50-3,60
Dolomita	8,90
Esmeril	4,00
Espato calizo	2,60-2,80
Espato de fluor	3,10-3,20
Feldespató	2,53-2,58
Fosforita	3,16-3,22
Hierro espático	3,70-3,90
Hierro magnético	4,90-5,20
Magnesita	3,00
Magnetita	3,46
Manganeso espático	3,46
Ocre	3,50
Salitre	2,26
Sulfuro de antimonio	4,60-4,70
Talco	2,70
Topacio	3,51-3,57
Zinc espático	4,10-4,50

## 2 PRODUCTOS QUIMICOS

Anhidrido arsenioso	3,69-3,72
Anhidrido bórico	1,83
Arsénico	5,70-5,80
Bicromato potásico	2,70
Borax	1,70-1,80
Boro	2,53
Carbonato de bario	4,28
Carburo de calcio	2,26
Cromato de plomo	6,00
Ferricianuro potásico	1,86
Ferrocianuro potásico	2,05
Fósforo	1,82-2,20
Fósforo cristalizado	2,34
Minio	8,60-9,10
Oxido bórico	5,50
Oxido cálcico	0,90-1,30
Oxido crómico	5,21
Oxido manganeso	4,70-5,02
Oxido mercurio	11,14
Oxido de níquel	6,40-6,70
Oxido de cinc	5,61
Potasa (carbonato)	2,26
Potasa cáustica (seca)	2,10
Sosa cáustica (22°H <sub>2</sub> O)	2,00
Sulfuro manganeso	4,04
Yodo	4,95
Yoduro de plata	5,68

## 3 TIERRAS Y PIEDRAS

Alabastro	2,30-2,80
Arena fina y seca	1,40-1,65
Arena fina húmeda	1,90-2,05
Arcilla seca	1,80
Arcilla fresca	2,00-2,60
Basalto	2,70-3,20
Caliza	2,46-2,85
Cal viva, en terrón	0,90-1,30
Cal apagada (cocida)	1,15-1,25
Coalin	2,20
Cemento	0,82-1,95
Creta	1,80-2,60
Cuarzo	2,50-2,80
Granito	2,51-3,05
Hormigón	1,80-2,45
Lava	2,00-3,00
Ladrillo (ordinario)	1,40-1,60
Mármol (ordinario)	2,52-
Mármol de Carrara	
Piedra pómez natural	
Piedra refractaria	1,80-2,20
Pizarra	
Porcelana	2,20-2,50
Sal común	2,15
Sal gema	2,15
Salitre potásico	2,11
Salitre sódico	2,26
Serpentina	
Silicio	2,33
Teja	2,6
Tierra arcillosa	1,80-2,60
Tierra magra (seca)	1,35
Tierra silíceá	2,66
Yeso cocido	1,81
Yeso vaciado (seco)	0,97

## 4 METALES Y ALEACIONES

Acero dulce	7,85
Acero colado	7,86
Acero forjado	7,86
Acero inoxidable 18/8	7,93
Acero para imanes	6,90-7,30
Acero rápido	8,10-9,00
Aluminio puro	2,60
Aluminio batido	2,75
Aluminio colado	2,56
Antimonio	6,62
Bismuto colado	9,82
Bismuto líquido	10,05
Bronce	7,40-8,90
Bronce de aluminio	7,70
Bronce de níquel	8,85
Bronce fosforoso	8,80
Cadmio	8,65
Cadmio fundido	8,54-8,57
Cinc colado	6,86
Cinc laminado	7,13-7,20
Cinc fundido	6,48
Cobalto	8,42
Cobre	8,90
Cobre electrolítico	8,85-8,95
Cobre fundido	8,30-8,92
Cobre laminado	8,90-9,00

Estaño	7,20-7,50
Estaño líquido	7,025
Fundición (Hierro colado)	7,25
Hierro puro	7,88
Hierro lingote gris	6,70-7,60
Latón colado	8,40-8,70
Latón estirado	8,43-8,73
Latón laminado	8,52-8,62
Magnesio	1,74
Manganeso	7,42
Metal blanco (cojinetes)	7,10
Metal delta	8,60
Níquel colado	8,35
Níquel laminado	8,60-8,90
Oro de ley acuñado	19,50
Oro de ley estirado	19,36
Oro de ley fundido	19,25
Plata	10,42-10,60
Plata líquida	9,51
Plata alemana	8,40-8,70
Platino	21,15-21,50
Plomo sólido	11,25-11,37
Plomo líquido	10,64
Potasio	0,865
Sodio	0,976
Tungsteno (Wolframio)	19,10
Vanadio	5,8

## 5 MADERAS

Abedul, seco	0,51-0,77
Abedul, verde	0,80-1,09
Abeto común seco	0,37-0,75
Abeto común verde	0,77-1,23
Caoba seca	0,56-1,06
Encina seca	0,69-1,03
Encina verde	0,93-1,28
Fresno seco	0,57-0,94
Fresno verde	0,70-1,14
Haya seca	0,66-0,83
Haya verde	0,85-1,12
Nogal común seco	0,60-0,81
Nogal común verde	0,91-0,92
Pino silvestre seco	0,31-0,76
Pino silvestre húmedo	0,38-1,08
Roble seco	0,71-1,07
Tilo seco	0,32-0,59
Tilo verde	0,58-0,87
Sauce	0,52-0,65
Teca	0,63-0,72

## 6 CARBONES

Antracita	1,40-1,70
Hulla	1,20-1,50
Lignito	1,20-1,50
Turba terrosa	0,64
Turba comprimida	0,21-0,23
Aglomerados	1,25
Carbón de leña, con aire	0,40
Carbón de leña, sin aire	1,40-1,50
Grafito	1,90-2,30

## 7 - PRODUCTOS ORGANICOS

Almidón en terrón	1,53
Ambar amarillo	1,00 - 1,10
Asfalto	1,10 - 1,50
Caucho en bruto	0,92 - 0,96
Caucho elaborado	1,00 - 2,00
Cera	0,95 - 0,98
Cola	1,27
Colofonia resina	1,07
Corcho en plancha	0,24
Cuero engrasado	1,02
Cuero sin engrasar	0,86
Fenol a 0°C	1,08 - 1,09
Goma arábica	1,31 - 1,45
Grasas, mantecas	0,92 - 0,94
Gutapercha	0,96 - 0,99
Hueso	1,70 - 2,00
Marfil	1,83 - 1,92
Naftalina	1,15
Parafina	0,87 - 0,91
Pez	1,07 - 1,10
Sebo	0,90 - 0,97

## 8 - MATERIALES FIBROSOS

Amianto en fibra	2,10 - 2,80
Amianto en cartón	1,20
Algodón seco	1,47 - 1,50
Cáñamo	1,50
Lana	1,32
Lino, yute	1,50
Seda	1,30 - 1,35

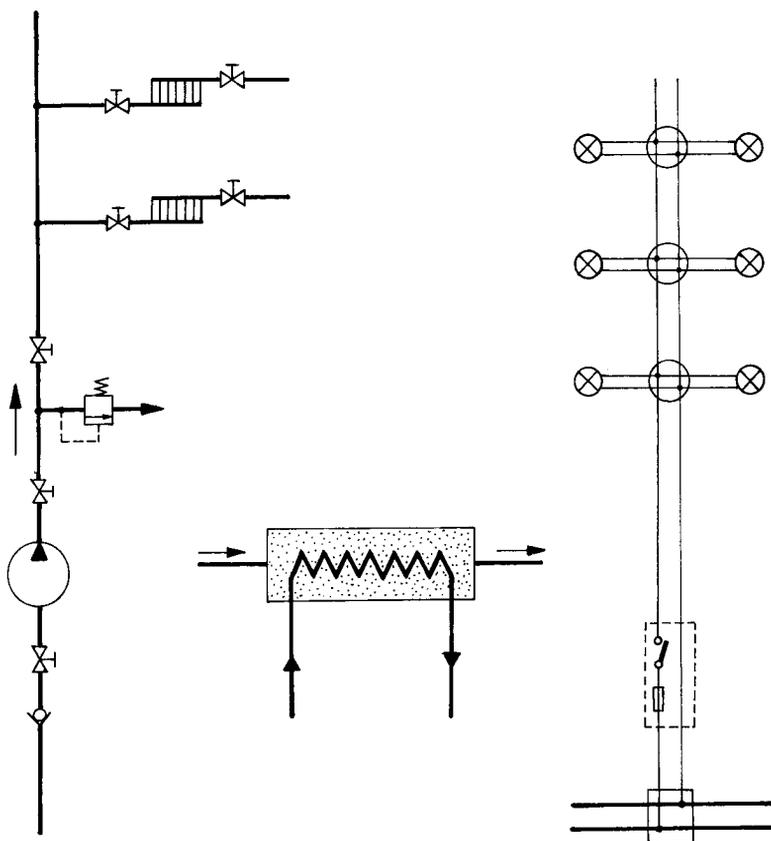
## 9 - VARIOS

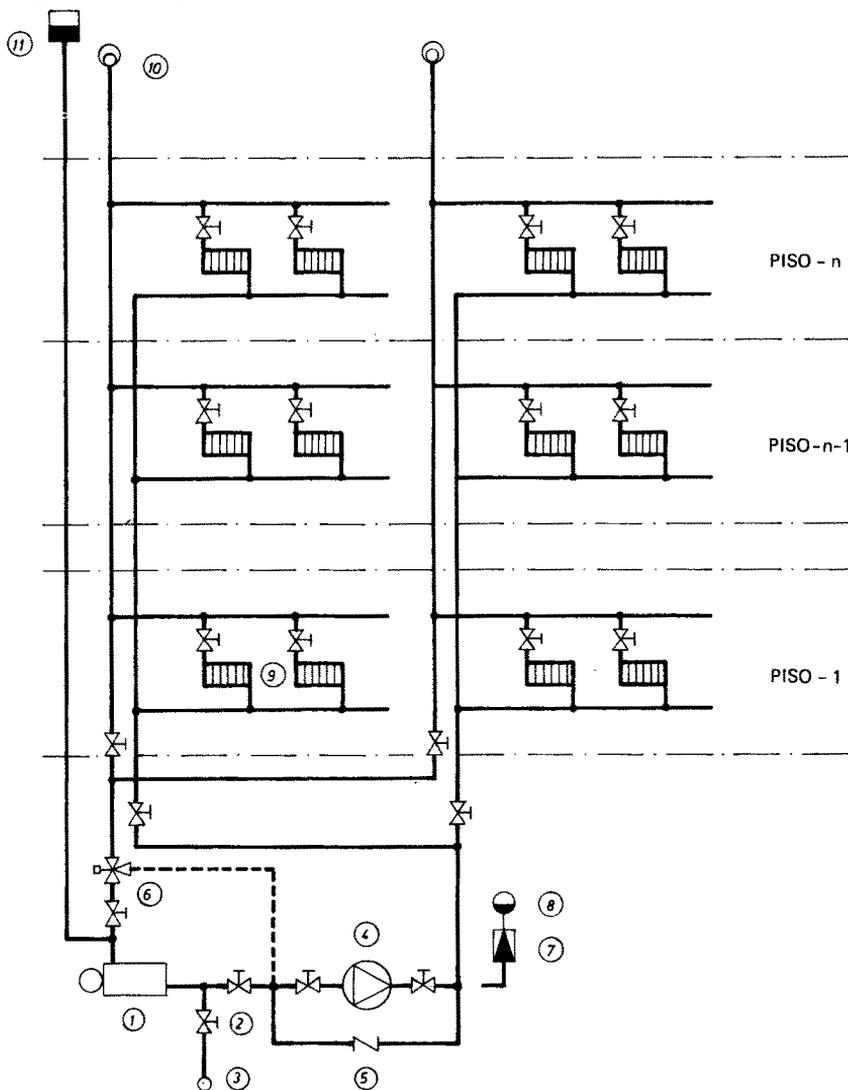
Escorias	2,50 - 3,00
Hielo	0,88 - 0,92
Nieve suelta	0,125
Papel	0,70 - 1,15
Porcelona	2,30 - 2,50
Vidrio, cristal	2,90 - 3,00
Vidrio de botellas	2,60 - 2,64
Vidrio de lunas	2,45 - 2,72
Vidrio de ventanas	2,40 - 2,60
Vidrio fint-glass	3,15 - 3,90

## Capítulo 10

### Otros circuitos y fluidos

Instalación de calefacción . . . . .	221
Bombas de calor . . . . .	222
Calefacción eléctrica . . . . .	225
Termos eléctricos . . . . .	226
Esquemas de alumbrado eléctrico . . . . .	229
Refrigeración . . . . .	230
Formas de energía . . . . .	231
Ambientes de trabajo . . . . .	233
Ventilación . . . . .	235
Aspiración . . . . .	240
La contaminación . . . . .	241

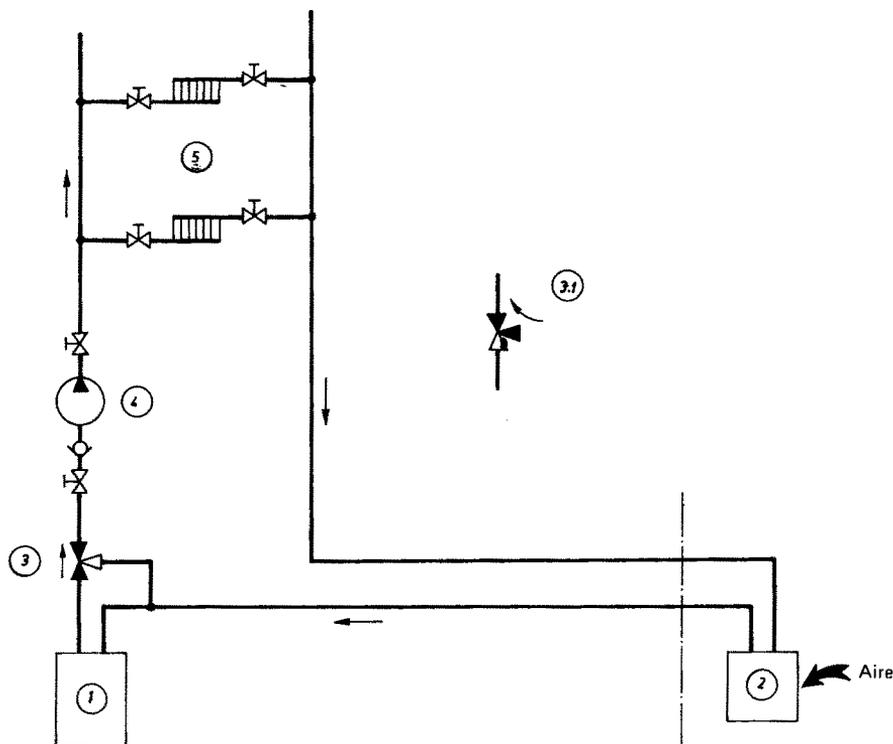




### INSTALACION DE CALEFACCION

La instalación de calefacción consta básicamente de:

- 1 – Equipo de caldera productora de calor. Diversos procedimientos: carbón, leña, gas, derivados del petróleo, electricidad, etc.
- 2 – Diversas válvulas de cierre de circuito para caso de anomalías o intervención
- 3 – Alimentación de agua al circuito
- 4 – Bomba de aceleración
- 5 – Válvula de retención
- 6 – Regulador exterior
- 7 – Válvula de seguridad
- 8 – Vaso de expansión cerrado
- 9 – Radiadores
- 10 – Purgador
- 11 – Vaso de expansión abierto



### Instalación de calefacción con bomba de calor

#### 1 – Bomba de calor

La energía a aportar al total de energía necesaria en la red o sistema de utilización puede ser de hasta un mínimo de 33% de la energía total. Esta energía aportada o de ayuda, puede provenir de diferentes fuentes de energía, tales como: a) corriente eléctrica, b) gases y líquidos derivados del petróleo.

#### 2 – Intercambiador aire/agua

Será rentable, siempre que la temperatura no baje de 8°C.

El intercambiador podrá situarse en:

- El exterior del edificio (intemperie)
- El sótano del edificio
- El tejado o zona cubierta

Hay intercambiadores aire/agua, agua/agua y tierra/agua

#### 3 – Válvula de 3 vías

Si el agua llega de (2) con temperatura suficiente, pasa directamente al circuito de radiación, tal como se señala en 3.1.

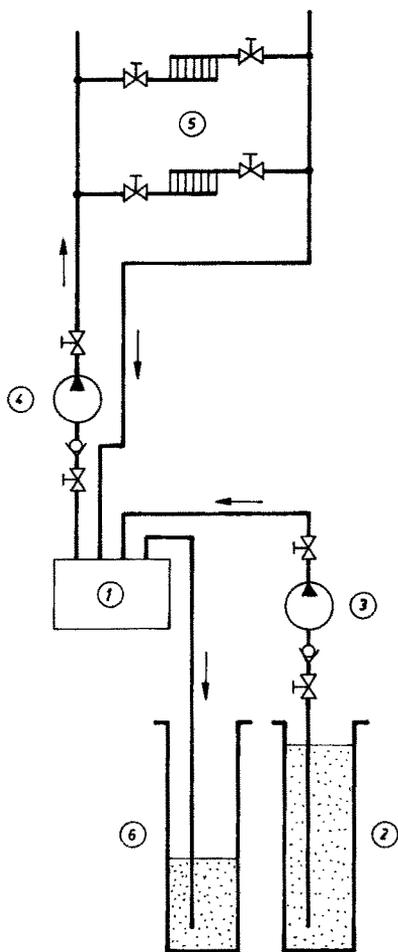
Si es necesario aportar calor, deberá pasar el agua por la bomba de calor (1).

#### 4 – Grupo de circulación del agua caliente.

#### 5 – Circuito de radiadores

La utilización podría hacerse para agua caliente, con el mismo sistema.

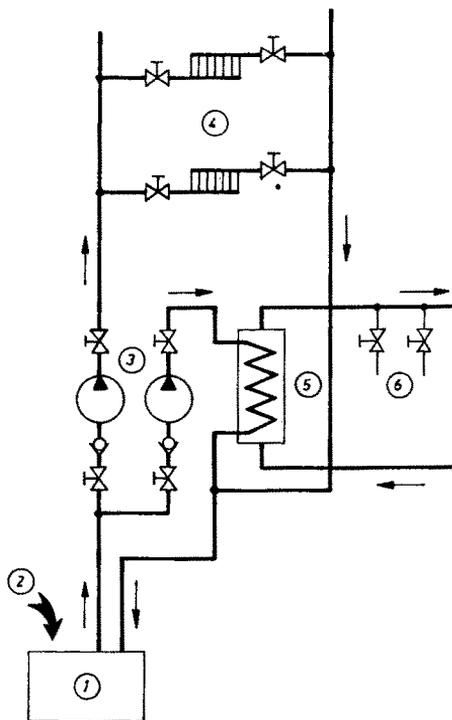
Aquí se representa el esquema, sin el correspondiente automatismo eléctrico. Será la bomba de calor (1), quien pilote y regule el sistema.



Instalación de calefacción monovalente, con bomba de calor.

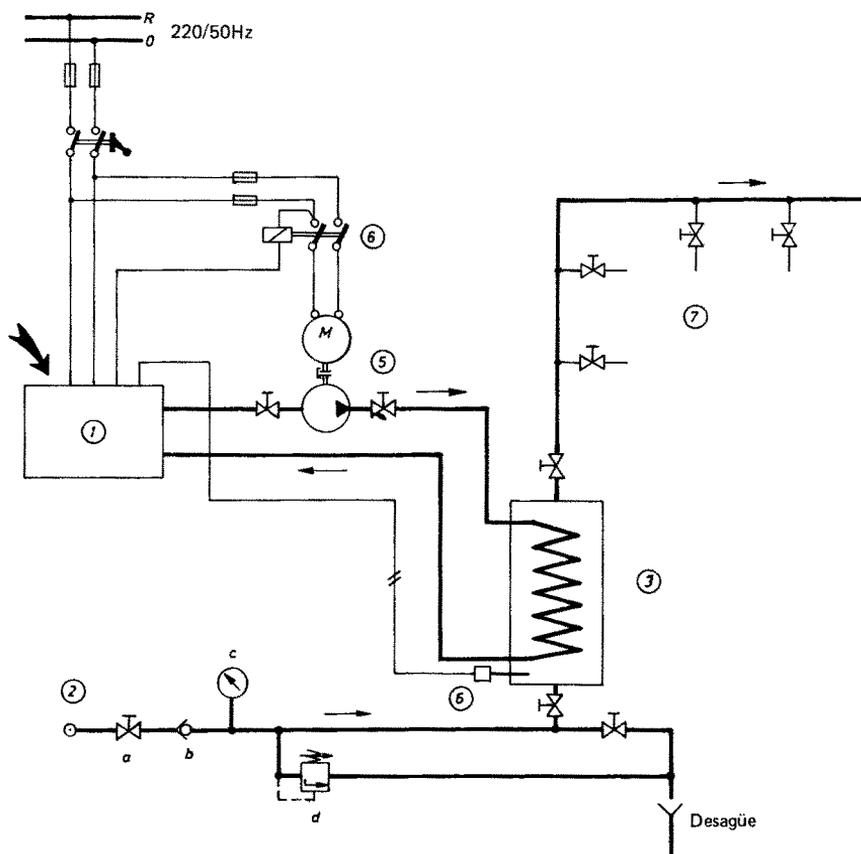
En este caso, se recupera el calor del agua de un pozo.

- 1 - Bomba de calor agua/agua  
Equipo de comercio
- 2 - Pozo de aspiración
- 3 - Grupo de aspiración
- 4 - Bomba de circulación
- 5 - Radiadores. Emisores de calor
- 6 - Pozo de retorno



Instalación de calefacción y agua caliente sanitaria monovalente, con bomba de calor. En este caso se recupera el calor del aire ambiente.

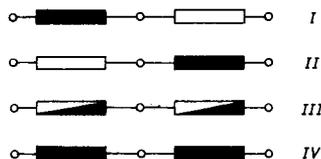
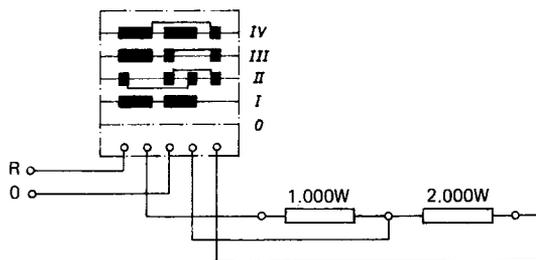
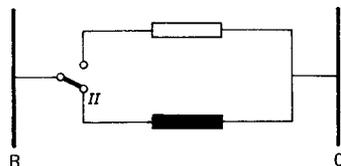
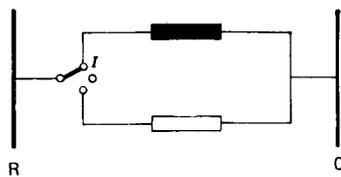
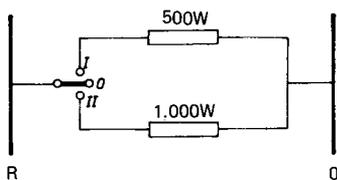
- 1 - Bomba de calor aire/agua
- 2 - Entrada de aire ambiente
- 3 - Bombas de circulación
- 4 - radiadores. Emisores de calor
- 5 - Acumulador. Intercambiador de calor
- 6 - Circuito de agua sanitaria



**Instalación para agua caliente sanitaria**

- 1 – Bomba de calor aire/agua. Equipo compacto
- 2 – Red de agua sanitaria fría, con:
  - a) Interruptor general
  - b) Válvula antirretorno
  - c) Indicador de presión
  - d) Válvula de seguridad
- 3 – Intercambiador de calor. Depósito.
- 4 – Caña pirométrica. Según sea la temperatura del depósito (3), mandará a la bomba de calor (1) poner en marcha o parar, el grupo de circulación (5)
- 5 – Grupo de circulación de agua caliente hacia el intercambiador (serpentín)
- 6 – Contactor que pone en marcha el grupo de circulación (5)
- 7 – Circuito de agua sanitaria caliente

La energía es cara y finita, razón por la cual hay que intentar por todos los medios, economizarla. Siempre que sea posible es conveniente valerse de estos procedimientos u otros, para proporcionarnos el confort que necesitamos, al menor coste posible. Las firmas especializadas en estas técnicas, asesoran y calculan las economías que se pueden producir con su aplicación y determinar la instalación más conveniente en cada caso.



El aprovechamiento del calor producido por una corriente eléctrica al pasar por una resistencia, da origen a los llamados radiadores o simplemente estufas, cuyo uso es muy generalizado ya que soluciona puntualmente y de forma cómoda los problemas que se originan por el frío o la necesidad de una temperatura determinada.

Seguidamente se analizan las fórmulas de aplicación al tema calorífico.

Potencia calorífica desarrollada por una resistencia eléctrica (P)

$$P = VI = RI^2 = \frac{V^2}{R}$$

- P – potencia en vatios
- V – tensión en voltios
- I – intensidad en amperios
- R – resistencia en ohmios

Energía calorífica producida por una corriente eléctrica en una resistencia

$$E = P \cdot t = VIt = RI^2 t = \frac{V^2 t}{R}$$

- E – energía en Julios
- t – tiempo en segundos

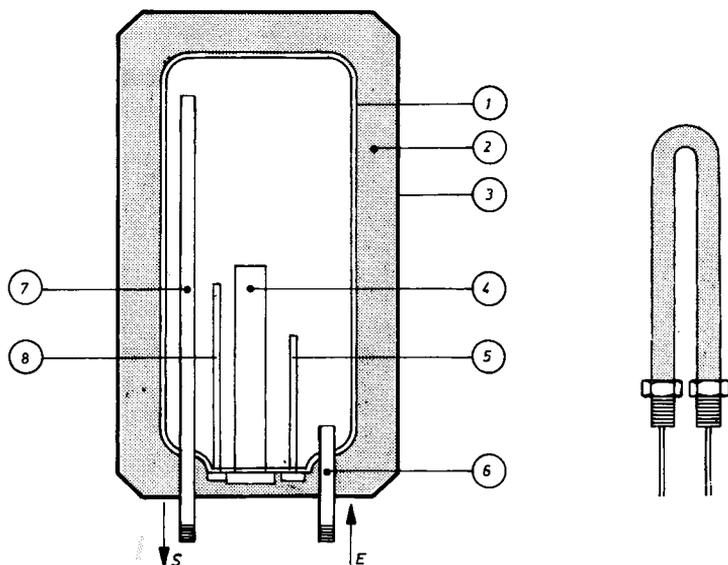
Cantidad de calor producida por una resistencia eléctrica

$$Q = 0,24 E$$

$$Q = 0,24 VIt = 0,24 RI^2 t = 0,24 \frac{V^2 t}{R}$$

- Q – cantidad de calor en calorías (cal.)

Caloría: Cantidad de calor necesaria para elevar 1°C, la temperatura de 1g de agua.



**TERMOS ELECTRICOS PARA CALENTAMIENTO DE AGUA SANITARIA**

Cada día es mayor la utilización del calentamiento de agua sanitaria por electricidad, bien sea para una vivienda u otros usos, por resultar la instalación sencilla, económica y que puede montarse en cualquier lugar.

Tienen mejor rendimiento que otros medios de calentamiento, individuales o colectivos, puede disponerse cuando se desea y a la temperatura que se precise.

La temperatura óptima de regulación máxima de un termo es de 60°C. Por encima de los 60°C, la misma temperatura contribuye a la calcificación de la instalación y corrosión de la misma. Para evitar la corrosión actualmente se construyen los termos en acero inoxidable.

La temperatura media de utilización viene a ser de ~ 40°C.

Consumos aproximados de agua en los diferentes servicios.

SERVICIO	T° del agua en la utilización	Cantidad de agua en litros en utilización	Cantidad de agua en litros a 60°C
Lavabo	40°C	5-10	3-6
Fregadero	50°C	10-15	6-
Bidet	40°C	8-12	5-7,2
Ducha	40°C	40-45	15-24
Baño	40°C	120-180	72-108

Consumo de energía eléctrica para calentar agua en un termo.

$$E = \frac{c \cdot m \cdot (T - t)}{1000 \cdot \eta}$$

- E — consumo de electricidad en KWh
- c — calor específico del agua  
c = 1,163 Wh/Kg/°C
- m — cantidad de agua a calentar en Kg
- T — temperatura final en °C
- t — temperatura inicial en °C
- η — rendimiento de la instalación

EJEMPLO: Calcular la energía eléctrica necesaria para pasar 10 litros de agua de 10°C a 60°C con un rendimiento de η = 0,9.

$$E = \frac{c \cdot m \cdot (T - t)}{\eta \cdot 1000} = \frac{1,163 \times 10 (60 - 10)}{0,9 \times 1000} = 0,644 \text{ KWh}$$

## EQUIVALENCIAS

1 KWh produce ~ 15 litros de agua a 60° C  
 20 " " " " a 50° C  
 25 " " " " a 40° C  
 30 " " " " a 30° C

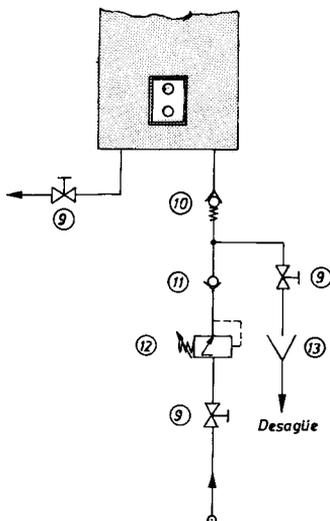
## TERMO ELECTRICO - CARACTERISTICAS

Un termo eléctrico está formado por:

- 1— Depósito o recipiente, también llamado calderín.  
 Construido en chapa de acero esmaltado, acero galvanizado o de acero inoxidable al cromo-níquel.
- 2 — Aislamiento térmico.  
 Ocupa la zona entre el depósito y envoltente exterior.  
 Como aislamiento térmico se utilizan lana de vidrio, corcho, espumas de poliuretano, y materiales esponjosos de tipo poliester.
- 3— Envoltente exterior.  
 Zona exterior del termo.  
 Construido en chapa de acero o aluminio con pintura generalmente al horno.
- 4— Equipo calefactor.  
 Resistencia eléctrica enfundada en chapa de acero vitrificado.
- 5— Termostato regulador.  
 Permite fijar la temperatura máxima de calentamiento del agua.
- 6— Tubo de entrada de agua.  
 La entrada se sitúa por la parte inferior.
- 7— Tubo de salida de agua.  
 La salida se sitúa por la parte superior,
- 8— Anodo de magnesio.  
 Protege la vida del calderín.

## ELEMENTOS DE SEGURIDAD

La instalación de un termo eléctrico debe disponer de los siguientes dispositivos de seguridad:



- 9 — Válvulas de cierre de accionamiento manual.
- 10 — Válvula de seguridad. Su finalidad es la de evitar sobrepresiones producidas por un sobrecalentamiento eventual.  
 El agua que evacue la válvula irá al desagüe.
- 11 — Válvula antirretorno.  
 Evitar que el agua caliente retorne a la tubería de agua fría.
- 12 — Regulador de presión.  
 A colocar cuando haya variaciones de presión en el circuito de agua fría.
- 13 — Desagüe.  
 Para facilitar el vaciado del termo en caso de intervención, desmontaje o funcionamiento de la válvula de seguridad se pone un desagüe.

## CAPACIDAD DE UN TERMO

La capacidad de un termo variará en función de su utilización, dentro de una gama que podemos considerar normal se encuentran termos desde 30l hasta 500l.

Capacidad (en litros) de termos para viviendas

Nº de personas por vivienda	COCINA LAVABO DUCHA	COCINA LAVABO BAÑERA
1 - 2	50	100
3 - 4	75	150
5 - 6	100	200

Si el consumo de agua caliente se hace de forma ordenada y racional, puede reducirse la capacidad del termo indicado en la tabla.

### POTENCIA ELECTRICA

Como norma general, la potencia de calefacción oscila entre 15 y 25 W/litro. Hasta 100l, los fabricantes construyen los termos con resistencias de 1000W. En pequeños termos de capacidad entre 5 y 15l., la potencia varía entre 150 y 250 W. Los termos pequeños se utilizan por lo general para calentar rápidamente y una utilización muy concreta.

### COLOCACION DEL TERMO

El termo se colocará en el lugar donde la longitud desde el termo a los puntos de utilización no supere los 10 m.

A más de 10 m, la pérdida de calor en el transporte empieza a ser grande.

Las tuberías es conveniente que estén aisladas para reducir la pérdida de calor en el transporte del agua caliente.

En el apartado eléctrico es importante el poner el termo a tierra, así como disponer de un interruptor con el que se pueda cortar la corriente.

### COMPORTAMIENTO DEL AGUA

Como ya se ha indicado, el agua presenta dos problemas importantes en los termos, como son la calcificación y la corrosión.

**CLASIFICACION:** Las aguas calcáreas (duras) con gran cantidad de carbonato cálcico producen incrustaciones calcáreas importantes si el agua a calentar supera los 60°C. La dureza del agua se mide en grados franceses.

Equivalencias: 1grado frances (°F) = 0,7 inglés  
 0,8 americano  
 0,58 alemán

Clasificación del agua, según su dureza

- Aguas blandas 7° F
- Aguas medias 7° F a 15° F
- Aguas duras 15° F a 25° F
- Aguas muy duras más de 25° F

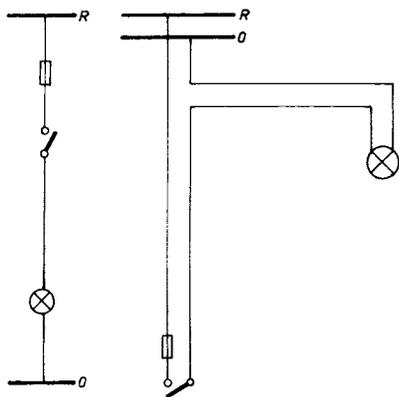
**CORROSION:** El contenido de oxígeno, ácido sulfúrico, cloruro y sulfatos, poseen buena conductividad que favorecen la oxidación.

Para evitar los problemas de oxidación que se aumentan con la temperatura, los termos se construyen en materiales inoxidables o bien se instala en el interior del calderín un ánodo de magnesio que hay que cambiar periódicamente.

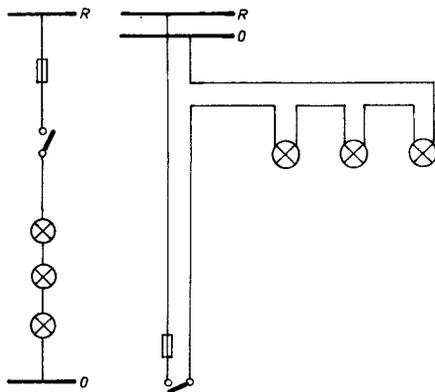
### CONCLUSIONES

- No superar los 60°C en el calderín
- Poner el termo a masa
- Distancias cortas entre termo y utilización. No superior a 10 m
- Protección conveniente del calderín contra la oxidación para alargar su vida
- Descalcificar el agua para evitar incrustaciones
- Aislar las tuberías para evitar pérdidas de calor
- Seleccionar convenientemente la capacidad del termo
- Vigilar los elementos de seguridad del circuito

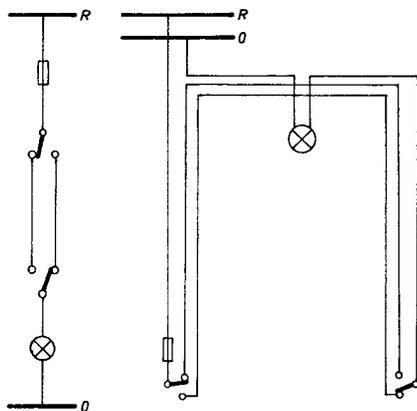
1 - Lámpara sencilla



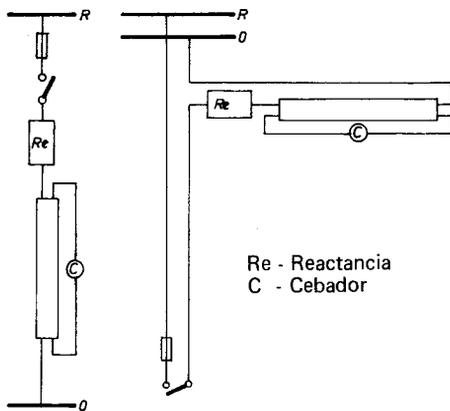
2 - Lámparas en serie



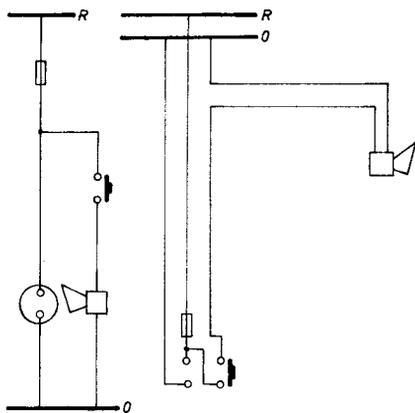
3 - Lámpara conmutada



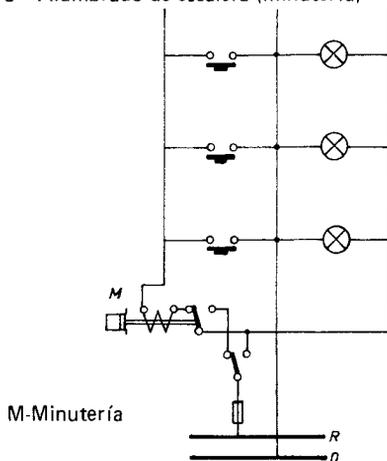
4 - Tubo fluorescente

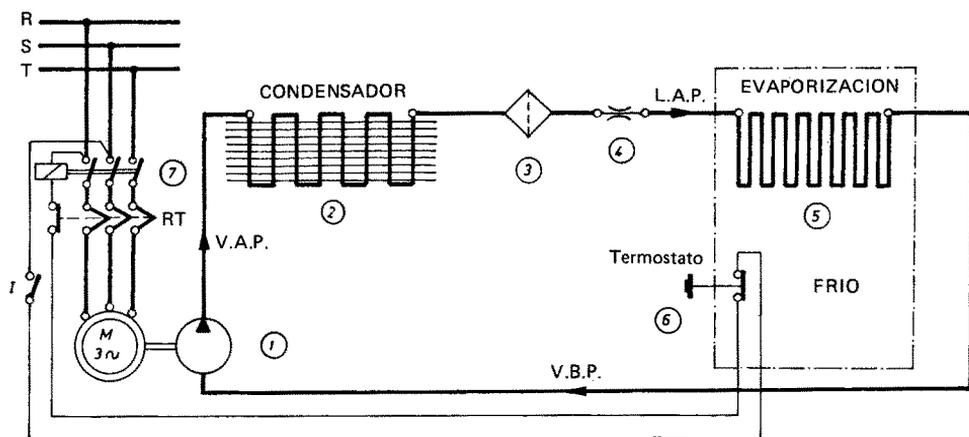


5 - Base de enchufe y claxon



6 - Alumbrado de escalera (minutería)





V.A.P. – Vapor alta presión; L.A.P. – Líquido alta presión; V.B.P. – Vapor baja presión

## SIGNIFICADO DE LAS ESTRELLAS

### \*\*\* CONSERVADORES

Alcanzan los  $-18^{\circ}\text{C}$

En ningún caso pueden utilizarse para una perfecta congelación.

Cada estrella (\*) equivale a  $-6^{\circ}\text{C}$

### ☒ \*\*\* CONGELADORES

Alcanzan los  $-30^{\circ}\text{C}$

Congelan alimentos frescos y cocidos conservándolos durante largo tiempo.

## ULTRACONGELACION

Consiste en bajar en el mínimo tiempo posible el núcleo del género, a una temperatura del orden de  $-40^{\circ}\text{C}$

En el congelador de 3 estrellas los alimentos así congelados se mantienen en condiciones perfectas durante 2 ó 3 meses.

En congeladores de 2 estrellas (temperatura de  $-12^{\circ}\text{C}$  máximo), los alimentos pueden conservarse entre 2 y 3 semanas.

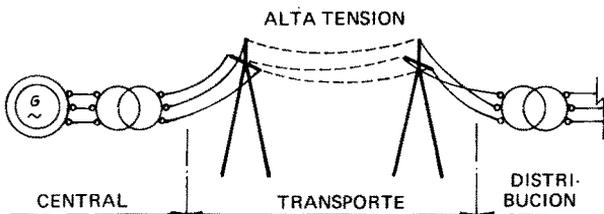
## ESQUEMA DE UN FRIGORIFICO

(Partes principales de un circuito frigorífico)

- 1 – Moto-compresor
  - 2 – Condensador con difusor de calor
  - 3 – Filtro. Cartucho para sacar el líquido
  - 4 – Tubo capilar. Equivale a regulador del refrigerante para provocar la caída de presión que provoca la evaporización del mismo
  - 5 – Evaporador. Donde se aporta el frío
  - 6 – Circuito de regulación. Termostato
  - 7 – Equipo de maniobra de motor
- El motor podrá ser monofásico o trifásico

## LIQUIDOS FRIGORIFICOS

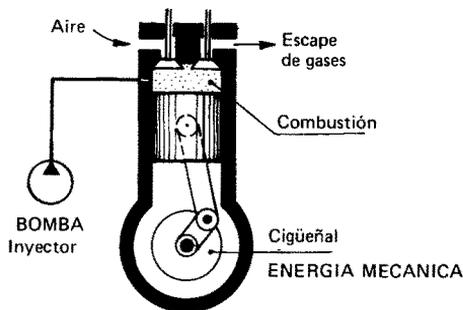
Amoníaco	$-33^{\circ}$
Freón -12	$-30^{\circ}$
Freón-22	$-40^{\circ}$
Freón-23	$-90^{\circ}$
Anhídrido carbónico	$-78^{\circ}$



**ELECTRICA**

Se puede transformar en energía eléctrica, otras formas de energía como son:

- a) Energía mecánica en eléctrica. Saltos de agua.
- b) Energía calorífica en eléctrica. Centrales térmicas-Centrales solares.
- c) Energía química en eléctrica. Pilas y baterías eléctricas.
- d) Energía nuclear. Centrales nucleares.



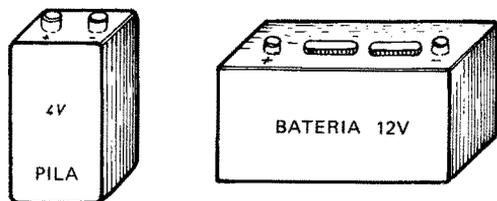
**CALORIFICA**

Es una forma muy abundante de la que se extrae energía, tales como:

- a) Sólidos: Carbón, madera.
- b) Líquidos: Petróleo y sus derivados.
- c) Gaseosos: Butano, propano, metano y otros.

Los sólidos y gaseosos se transforman en energía calorífica y de ahí a mecánica. Centrales térmicas.

Los líquidos y también los gases se transforman en energía mecánica mediante los motores de explosión.



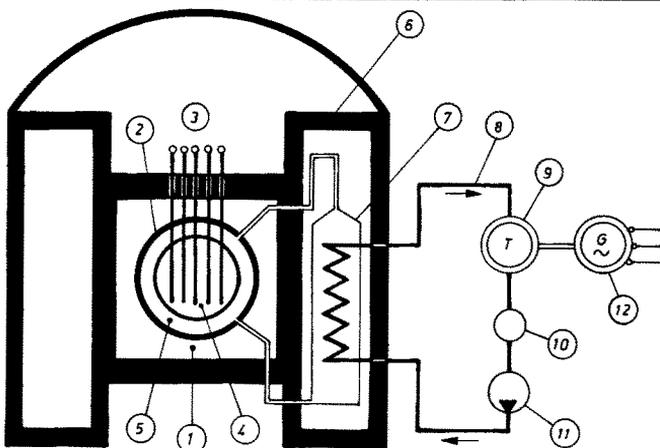
**QUIMICA**

Otra de las formas en que se presenta la energía es en forma química, así se tienen entre otras, la pila y la batería eléctrica.

La pila eléctrica es un generador finito.

La batería es un generador que puede ser recargado.

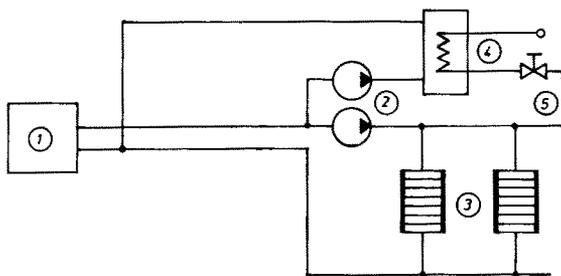
La utilización de ambos generadores tiene un campo muy amplio de utilización.



**NUCLEAR**

Elementos principales que componen una central nuclear para producción de energía eléctrica.

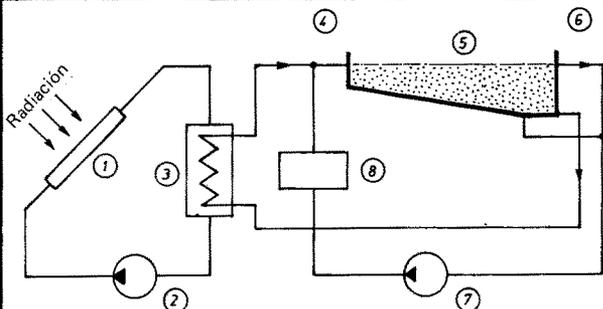
- 1 - Reactor
- 2 - Coraza
- 3 - Barras de control
- 4 - Núcleo. Uranio + grafito
- 5 - Agua envolvente
- 6 - Hormigón de blindaje
- 7 - Intercambiador. En él se calienta el agua, produciéndose vapor
- 8 - Circuito (tubería) con vapor
- 9 - Turbina de vapor
- 10 - Condensador
- 11 - Bomba
- 12 - Generador eléctrico



### BOMBA DE CALOR

En la actualidad son muy interesantes las instalaciones que utilizan bombas de calor por suponer una reducción muy importante de energía (hasta el 70%).

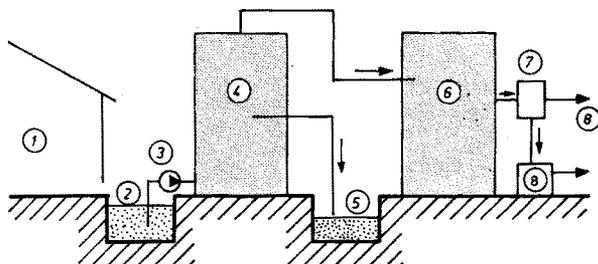
- 1 - Bomba de calor: aire/agua  
agua/agua  
tierra/agua
- 2 - Bombas de aceleración
- 3 - Calefacción - Radiadores
- 4 - Intercambiador sanitario
- 5 - Agua sanitaria



### SOLAR

Calentamiento de una piscina por medio de placas solares.

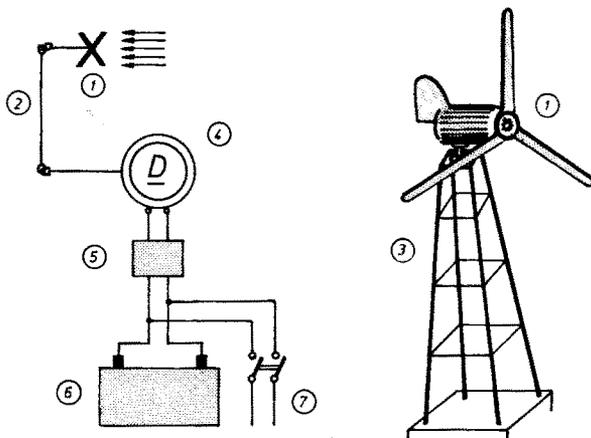
- 1 - Placas solares
- 2 - Bomba
- 3 - Intercambiador
- 4 - Llegada de agua a la piscina
- 5 - Salida de rebosadero
- 6 - Piscina
- 7 - Bomba
- 8 - Filtro



### BIOMASA

Producción de gas metano a partir de desechos orgánicos obtenidos en una granja.

- 1 - Granja
- 2 - Recogida de purines
- 3 - Bomba de trasiego
- 4 - Depósito dijestor
- 5 - Desechos de materia orgánica
- 6 - Depósito de gas (Gasómetro)
- 7 - Depurador de gas
- 8 - Salida a utilización  
Calentamiento de agua, cocina, iluminación,  
producción de electricidad, etc.



### EOLICA

Utilización del aire para producir energía eléctrica.

- 1 - Ventilador
- 2 - Transmisión
- 3 - Torre
- 4 - Dinamo
- 5 - Disyuntor - Regulador
- 6 - Batería
- 7 - Circuito de utilización

	Tª seca °C	Humedad	Tª efectiva °C
Habitaciones, dormitorios, salas particulares, oficinas, escuelas, teatros, hoteles, etc.			
1. para adultos	24,5	19	20
2. para niños	23,5	35	20
3. para ancianos	25	35	21
Adultos en trabajo ligero	21	35	18,3
Adultos en trabajo pesado	20	15	16,7
Cuartos de baño	22	15	18
Cocinas	21	15	17,5
Quirófanos	27	50	23,5
Gimnasios	18	15	15,5
Garajes	18	15	15,5
Tiendas	20	35	17,5

### TEMPERATURAS LIMITES DE TRABAJO

Secundario	17° a 22°C
Ordinario	15° a 18°C
Duro	12° a 15°C

### AMBIENTE

Humedad	40 a 60% < 50% cuando hay peligro de generarse electricidad estática
Anhídrido carbónico (CO <sub>2</sub> )	- < 50/10.000
Monóxido de carbono (CO)	- < 1/10.000

### SONIDO

Zona de audición del hombre  
 Entre 16 y 20.000 vibraciones por segundo  
 Odby 120 db  
 < 16 vibr/s (0 db) - INFRASONIDOS  
 > 20.000 vibr/s (120 db) - ULTRASONIDOS

Intensidad de sonido (B)

$$B = 10 \log \frac{I}{I_0} \text{ en decibelios (db)}$$

I — intensidad de sonido en w/cm<sup>2</sup>  
 I<sub>0</sub> — intensidad de otro sonido de referencia en w/cm<sup>2</sup>

Sonoridad de los ventiladores

$$f = 24 \sqrt[3]{v}$$

f — fonos  
 v — velocidad periférica en m/s

## NUMERO DE RENOVACIONES RECOMENDABLES PARA INDUSTRIAS Y OTROS LOCALES

Tipo de Industria	NR Hora	Observaciones
<b>1. SIDERURGIA</b>		
- Acerías	-	Cálculo de balance térmico
- Laminación en caliente	15 a 20	
- Laminación en frío	10 a 15	
<b>2. METALURGIA</b>		
- Fundiciones	20 a 30	
- Forja en caliente	15 a 20	
- Forja en frío	10 a 15	
- Galvanización	-	Extracción por campanas
- Soldadura	6 a 10	
- Mecanización	6 a 10	
- Montaje	6 a 10	
<b>3. QUIMICA</b>		
- Papeleras	15	
- Cerveceras	15	
- Vidrio		Cálculo por balance térmico
- Diversos	12	

Tipo de Industria	NR Hora	Observaciones
<b>4. TEXTIL</b>		
- Blanqueo y tinte	15 a 30	
- Diversos	10 a 15	
<b>5. LOCALES ESPECIALES</b>		
- Talleres de pintura	30 a 50	Extracción por campanas
- Salas de calderas	20 a 30	
- Salas de máquinas	20 a 30	Compresores turbinas, etc.
- Garajes	6 a 8	
- Almacenes	4	Excepto alimentación
<b>6. ALIMENTACION</b>		
- Establos	6 a 10	
- Mataderos	8	
- Conserverías	15 a 20	Cocinas
<b>7. LOCALES PUBLICOS</b>		
- Gimnasios	6	
- Piscinas	20 a 30	
- Restaurantes	6 a 10	20 a 30 m <sup>3</sup> /por persona
- Locales de venta	6 a 8	Excepto alimentación

## DIFERENCIAS DE TEMPERATURA RECOMENDABLES

Tipos de locales	t <sub>2</sub> - t <sub>1</sub>
A. Locales donde no hay aportaciones caloríficas importantes, ni elevado número de operarios, tales como almacenes, talleres de montaje, etc.	5°C
B. Locales donde se produce una aportación calorífica moderada, tales como talleres de fabricación, soldura, salas de máquinas y locales de fuerte densidad de ocupación.	10°C
C. Locales con aportaciones caloríficas más importantes, debidas a procesos industriales (estufas de secado, hornos de pequeñas dimensiones, etc.), tales como talleres de calderería, papeleras y la mayoría de las industrias químicas de transformación.	15°C
D. Locales con aportaciones caloríficas importantes, tales como las producidas por hornos, pequeñas forjas, la mayoría de las industrias siderúrgicas, etc.	20°C
E. Locales con fuertes emisiones de calor, como fundiciones, salas de calderas, etc.	25°C

## LA VENTILACION

La ventilación puede ser natural y artificial.

- NATURAL** { 1 - Por efecto de la diferencia de temperatura entre el local y el exterior del mismo.  
 2 - Por medio de chimeneas de tiro (shunt)
- ARTIFICIAL** { 3 - Por aspiración. Evacuación mecánica del aire que es ocupado por otro volumen de aire llamado de renovación.  
 4 - Por impulsión. Metiendo aire al local mecánicamente.  
 La sobrepresión hace que el aire viciado salga al exterior.

## RENOVACION DE AIRE DE LOS LOCALES

Para la renovación de aire de los locales se atenderá en primer lugar a la dedicación de los mismos y número de personas que lo ocupan.

También resulta importante el tener en cuenta la Reglamentación de cada país en esta materia.

## TABLA DE VOLUMENES Y RENOVACIONES DE AIRE

Tipo de local	Requerimiento de aire de ventilación en dm <sup>3</sup> /s.		Tipo de local	Requerimiento de aire de ventilación en dm <sup>3</sup> /s.	
	Por persona mínimo máximo	Por m <sup>2</sup> de superficie mínimo máximo		Por persona mínimo máximo	Por m <sup>2</sup> de superficie mínimo máximo
1. Locales de viviendas			- Salas de espera	5	8
1.1 Locales vivideros	-	-	- Salas de descanso	7	10
1.2 Aseos y cuartos de baño (1) (2)	2,5	4,0	- Salas de computadoras	2,5	4
1.3 Cocinas (1) (2)	-	-	- Salas de reproducción y perforación	3,5	5
2. Locales comerciales			3. Locales institucionales		
2.1 Tiendas. Locales de venta en general	3,5	6,0	3.1 Escuelas:		
2.2 Restaurantes, bares, cafeterías y similares:			- Aulas, laboratorios y talleres	5	7
- Comedores	5,0	8,0	- Aulas magnas, salas de conferencias, etc.	2,5	3,5
- Cafetería, bares, etc.	10	15	- Bibliotecas	3,5	5
- Cocinas (1) (2)	15	-	- Comedores	5	8
2.3 Hoteles, residencias, moteles, etc.:			- Dormitorios	3,5	7
- Dormitorios	3,5	6,0	3.2 Hospitales:		
- Cuartos de baño (1) (2)	-	-	- Habitaciones y salas comunes	5	8
- Salones sociales	7,0	10	- Quirófanos (5)	10	-
- Vestibulo de entrada	4,0	7,0	- Locales auxiliares en quirófanos	8	-
2.4 Peluquerías, barberías, gimnasios, etc.:			- Unidades de vigilancia intensiva	15	-
- Peluquería de señoras	10	14	- Areas de fisioterapia	7	12
- Peluquería de caballeros	3,5	6	- Autopsia	15	20
2.5 Teatros, cines, salas de conciertos, salones de actos, etc.:			- Oficios	16	20
- Salas (no fumadores)	2,5	4,0	- Entradas, pasillos, etc.	10	15
- Salas (fumadores)	5,0	8,0	3.3 Museos y salas de exhibición	3,5	7
2.6 Salas de fiesta, bingo, casinos, etc.	7,0	10			
2.7 Locales para el deporte:			(1) Locales que deben de estar en depresión		
- Zona de deporte (3)	10	14	(2) Posible uso de shunt		
- Zona de espectadores	6	10	(3) Para piscinas deberán estudiarse además las condensaciones		
2.8 Vestuarios (4)	15	22	(4) Valores en dm <sup>3</sup> /s y taquilla		
2.9 Oficinas:			(5) Normalmente todo aire exterior.		
- Espacios generales	7	10			
- Salas de reunión	12	18			

## DETERMINACION DEL LUGAR ADECUADO PARA SU INSTALACION

Se situarán los elementos de aspiración por lo general en la parte alta de las paredes del local o en donde se asegure que las renovaciones de aire previstas se van a conseguir sin problemas.

La situación debe asegurar que no quedan zonas del local donde no haya renovación de aire o se haga mal.

En puntos concretos donde se producen focos de contaminación como son, polvo, gases, humos, etc., se dispondrán aspiraciones propias independientes de la general, que evitarán el enrarecimiento del ambiente.

Los aspiradores como es lógico producen un ruido que según el local donde deban ser instalados pueden ser motivo de problemas, por lo que éste resulta ser punto importante a tener en cuenta a la hora de hacer la elección del aparato.

En la tabla que se inserta a continuación, se indica la influencia de la velocidad tangencial de la hélice del aspirador, de acuerdo con su posible utilización.

	Grado de intensidad de ruido	Lugares de aplicación de los aspiradores
1	Velocidad tangencial de la hélice, hasta 25 m/seg.	Hospitales, espectáculos, cafés, casinos, habitaciones, viviendas, restaurantes y en locales donde sea recomendable silencio
2	Velocidad tangencial de la hélice, de 25 a 60 m/seg	Almacenes, fábricas, talleres, cocinas, despachos generales y en cualquier espacio o local cerrado que admita ruidos de mediana intensidad.
3	Velocidad tangencial de la hélice, de 50 m/seg. en adelante	Grandes almacenes, fundiciones, industrias pesadas o insalubres que admiten sonidos intensos

### ELECCION DEL APARATO CONVENIENTE

La elección del aparato o aparatos a instalar dependerá de:

- Las características del ventilador
- De las condiciones del local
- De las renovaciones de aire a hacer del local

### CALCULO DE LA POTENCIA PARA MOTORES EMPLEADOS EN LA VENTILACION Y REFRIGERACION UTILIZANDO VENTILADORES HELICOIDALES

CASO N° 1: El gasto varía de 200 a 100.000 m<sup>3</sup>/h, en función del tipo de aparato utilizado y para depresiones que varían de 0 a 60 mm de agua. Para el cálculo de la potencia se utilizará la siguiente fórmula.

$$P = \frac{Q \cdot p}{150.000}$$

P - potencia en CV  
Q - caudal en m<sup>3</sup>/h  
p - presión en mm c.d.a.

EJEMPLO: Determinar la potencia para el motor de un ventilador que ha de suministrar 26.250m<sup>3</sup>/h, bajo una presión de 20 mm de columna de agua (c.d.a.).

$$P = \frac{Q \cdot p}{150.000} = \frac{26.250 \times 20}{150.000} = 3,5 \text{ CV}$$

CASO N° 2: Para ventiladores centrífugos, cuyo gasto varía entre 100.000 y 200.000 m<sup>3</sup>/h y para presiones entre 10 y 250 mm de c.d.a, se calculará la potencia del motor mediante la fórmula siguiente:

$$P = \frac{Q \cdot p}{210.000}$$

EJEMPLO: Determinar la potencia para el motor de un ventilador que ha de suministrar 100.000m<sup>3</sup>/h, bajo una presión de 63 mm de c.d.a.

$$P = \frac{Q \cdot p}{210.000} = \frac{100.000 \times 63}{210.000} = 30 \text{ CV}$$

**PESO DEL AIRE**

Peso del aire en Kg/m<sup>3</sup> a 760 mm de columna de mercurio (Hg) hasta 500m sobre el nivel del mar.

Tª en °C	Peso en Kg/m <sup>3</sup>
-10	1,3424
0	1,2932
10	1,2475
15	1,2258
20	1,2049
25	1,1847
30	1,1650
35	1,1462
40	1,1279

Cálculo del peso del aire a diferentes altitudes.

$$p = \frac{1,2932 \cdot h}{(1 + \alpha t) 760}$$

- p - peso en Kg/m<sup>3</sup> del aire a temperatura t a presión h
- h - presión en mm de columna de mercurio
- t - temperatura en grados
- α - coeficiente (0,00367)
- 760 - presión atmosférica en mm de columna de Hg entre 0 y 500m.

Presión atmosférica a nivel del mar

- 760 mm de columna de mercurio (c.d.Hg)
- 10,33 Kg por m<sup>2</sup> de superficie
- 10,33 m de columna de agua (c.d.a.)

Presión de columna de mercurio a diferentes altitudes

Altura en m	0	500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000
Presión c.d. Hg	760	760	674	674	596	596	525

**EJEMPLO DE RENOVACION DEL AIRE DE UN LOCAL**

Sea un local destinado a taller mecánico ocupado por 80 personas y cuyas dimensiones son de 60x40x4 metros.

Volumen del local

$$60 \times 40 \times 4 = 9.600 \text{ m}^3$$

Número de renovaciones según tabla: 5 renovaciones/hora

Volumen de aire a renovar por hora

$$\text{Volumen} \times \text{ren/h} = 9.600 \times 5 = 48.000 \text{ m}^3/\text{h}$$

El mismo cálculo podría hacerse a partir del número de personas que ocupan el local

Número de personas del local: 80

Aire necesario por persona y hora: 60 m<sup>3</sup>/h/persona

Volumen de aire a renovar por hora

$$\text{N}^\circ \text{ de personas} \times \text{m}^3/\text{h/persona} = 80 \times 60 = 4800 \text{ m}^3/\text{h}$$

Como puede apreciarse, ambos cálculos difieren sensiblemente, sin embargo, para cada caso se procederá de la forma más conveniente.

## CALCULO DE LOS VENTILADORES

### a) VENTILADORES HELICOIDALES

Diámetro (D)

$$D = 1,3 \sqrt{\frac{Q}{V_0}}$$

D - diámetro en metros  
 Q - caudal de aire en m<sup>3</sup>/s  
 V<sub>0</sub> - Velocidad de entrada del aire  
 (normalmente varía entre 8 a 10 m/s)

Velocidad periférica (v)

$$v = f \cdot 2,8 \sqrt{h}$$

v - velocidad tangencial en m/s en el exterior de las paletas  
 f - coeficiente. Para paletas rectas, entre 2,8 - 3,5  
 Para paletas curvas, entre 2,2 - 2,9  
 h - presión a crear por el ventilador en mm de c.d.a.

Potencia para ventiladores helicoidales (p)

$$P = \frac{q \cdot h}{75 \cdot \mu}$$

P - potencia en CV  
 h - presión en mm de c.d.a.  
 μ - rendimiento (entre 0,25 y 0,30)  
 q - caudal de aire en m<sup>3</sup>/s

### b) VENTILADORES CENTRIFUGOS

Diámetro (D)

$$D = 0,636 \sqrt{\frac{Q}{V_0}}$$

Diámetro del rodete (D<sub>1</sub>)

$$D_1 = d \text{ a } 1,5d ; D_2 = 2D_1 \text{ a } 3D_1$$

Número de revoluciones (n)

$$n = 60 \frac{v}{\pi \cdot D_2}$$

Velocidad tangencial del rodete

$$(1) n_1 = 3,6 \sqrt{h} \text{ (para pequeños ventiladores)}$$

$$(2) n_1 = 4,2 \sqrt{h} \text{ (para grandes ventiladores)}$$

D<sub>1</sub> - diámetro interior del rodete

D<sub>2</sub> - diámetro exterior del rodete

Q - cantidad de aire en m<sup>3</sup>/s

h - presión a producir en mm de c.d.a.

n - número de r.p.m.

d - diámetro de la sección de aspiración en metros

n<sub>1</sub> - velocidad tangencial del rodete en la extremidad exterior de las paletas en m/s

v<sub>0</sub> - velocidad de entrada de aire al ventilador (~ 8m/s)

v - velocidad del aire correspondiente a la presión h en m/s

Potencia para ventiladores centrífugos

$$P = \frac{q \cdot h}{75 \cdot \mu}$$

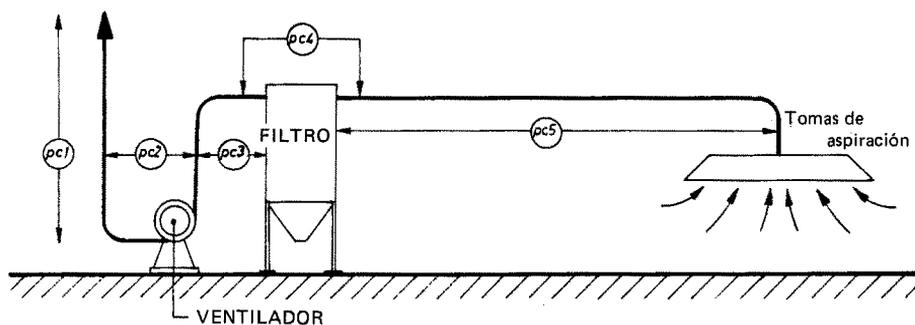
P - potencia en CV  
 h - presión en mm de c.d.a.  
 μ - rendimiento (entre 0,4 y 0,5)  
 q - caudal de aire en m<sup>3</sup>/s

**NUMERO DE RENOVACIONES POR HORA DE LOCALES**

Cafés, Bares .....	10 a 12
Bar de Hotel .....	5 a 8
Cafeterías y Snacks .....	15 a 18
Cantinas .....	4 a 6
Tabernas .....	5 a 10
Restaurante medio .....	6 a 10
Restaurantes lujosos .....	5 a 8
Cocinas domésticas .....	10 a 15
Salas de juego .....	10 a 15
Salas de baile .....	6 a 8
Salas de juntas .....	5 a 10
Salas de reunión .....	3 a 5
Clubs .....	8 a 10
Escuelas, aulas .....	2 a 3
Oficinas de bancos .....	3 a 4
Oficinas generales .....	5
Oficinas privadas .....	5 a 10
Lavabos .....	10 a 15
Residencias .....	6 a 10

**CODIGO DE COLORES PARA DENOMINAR LOS DISTINTOS TIPOS DE AIRE (DIN1946)**

Tipo de aire	Sigla	Indicación por: Trazo	Color
aire exterior	AU	-. . . . -	verde
aire exterior pretratado	VAU	- . . . . -	verde
aire expulsado	FO	-----	amarillo
aire expulsado tratado	NFO	-----	amarillo
aire extraído	AB	-----	amarillo
aire ambiente	RA	-----	amarillo
aire extraído tratado	NAB	-----	amarillo
aire recirculado	UM	-----	amarillo
aire de mezcla	MI	-----	naranja
aire impulsado	ZU	=====	verde rojo azul violeta
aire impulsado pretratado	VZU	=====	verde rojo azul violeta
agua:			
ida	V	=====	rojo
retorno	R	=====	azul
		-----	



- pc1 — medición pérdida de presión: tubería de evacuación
- pc2 — ventilador
- pc3 — tubería entre ventilador y filtro
- pc4 — filtro de mangas
- pc5 — red de tuberías

### CAUDAL DE AIRE (Q) QUE PASA POR UNA TUBERIA

$$Q = S \cdot v$$

- Q — caudal en m<sup>3</sup>/h
- S — sección en m<sup>2</sup>
- v — velocidad en m/s

### POTENCIA DEL VENTILADOR (P)

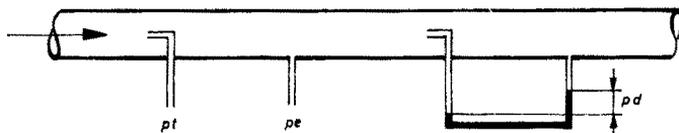
$$P = \frac{Q \cdot p}{75 \cdot \eta}$$

- P — potencia en CV
- Q — caudal en m<sup>3</sup>/s
- p — presión en mm de c.d.a (columna de agua)
- η — rendimiento del ventilador

### VELOCIDAD DEL AIRE EN UNA TUBERIA (v)

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot Pd}{d}}$$

- v — velocidad en m/s
- g — aceleración (9,81)
- Pd — presión dinámica en mm de c.d.a.
- d — peso de 1 m<sup>3</sup> de aire en Kg.



- pt — presión total
- pe — presión estática
- pd — presión dinámica

$$pt = pe + pd$$

$$pd = \frac{v^2 \cdot d}{2 \cdot g}$$

- pd — presión dinámica en mm de c.d.a.
- g — aceleración (9,81)
- v — velocidad del aire en m/s
- d — densidad del aire en Kg/m<sup>3</sup>

A continuación se enumeran los 10 principales agentes contaminantes.

- 1 – Dióxido de carbono  
Origen: Siderurgia
- 2 – Monóxido de carbono  
Procedencia: Siderurgia, refinerías de petróleo, automóviles, etc.
- 3 – Dióxido de sulfuro  
Procedencia: Humos de fábricas, centrales térmicas, automóviles, usos domésticos, etc.
- 4 – Oxido de nitrógeno  
Procedencia: Fábricas, humos de motores de combustión, aviones, hornos de incineración, fertilizantes, incendios (residuos, bosques, rastrojos, etc), etc. (Produce el smog - niebla).
- 5 – Fosfatos  
Procedencia: Detergentes, fertilizantes químicos, residuos de la cría de animales, etc. Son los contaminantes principales de los ríos, lagos y mares.
- 6 – Mercurio  
Procedencia: Se producen en la combustión de combustibles fósiles, fabricación de pinturas, minas, fabricación de pastas de papel, centrales eléctricas, etc.
- 7 – Plomo  
Procedencia: Está contenido en el petróleo y se produce en la industria química y está también en los plaguicidas.
- 8 – Petróleo  
Procedencia: El petróleo como tal, es un agente contaminante al producirse catástrofes por derrames en el mar durante su producción, accidentes en barcos, limpieza de barcos en alta mar, industria de refino, etc.
- 9 – Plaguicidas  
La utilización masiva de plaguicidas resultan en la práctica un agente contaminante de gran importancia, que en muchos casos está cambiando el equilibrio ecológico, en grandes zonas del planeta.
- 10 – Radiación  
Procedencia: La radiación tiene sus focos de contaminación en las pruebas atómicas, producción eléctrica, propulsión de buques y submarinos atómicos, etc.  
Cada vez es mayor el peligro que representa la radiación nuclear.

**IMPORTANTE:** Conviene recordar la importancia que supone mantener el equilibrio ecológico, a base de evitar por todos los medios posibles la contaminación. Como podemos observar en la relación de los 10 productos más contaminantes, el peligro a que estamos sometidos en la sociedad moderna es continuo, por lo que el progreso lleva emparejado el riesgo de la contaminación y sus consecuencias al desbordar este problema las previsiones y medidas que se ponen contra las fuentes de producción de contaminación.

Todos en general y en particular los técnicos, deben estar comprometidos en que el entorno que nos rodea sea lo menos peligroso posible; a este fin, los proyectos sobre instalaciones tendrán muy en cuenta el asegurar que los vertidos se hagan de forma controlada y cumplirán en todo momento las reglamentaciones establecidas para cada tipo de instalación.

Tarea de todos, gobiernos, instituciones, industria y cada uno de nosotros de forma solidaria, es la de asegurar un mejor porvenir para las generaciones futuras.