



# MC 34 - MANDOS NEUMÁTICOS E HIDRÁULICOS

Mag. Ing. José Luis Becerra Felipe  
[pcmcbec@upc.edu.pe](mailto:pcmcbec@upc.edu.pe)



## UNIDAD 2: CONTROL NEUMÁTICO



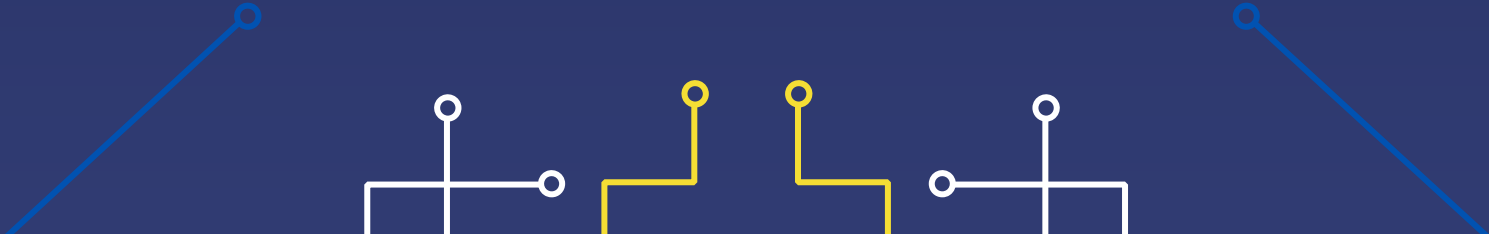
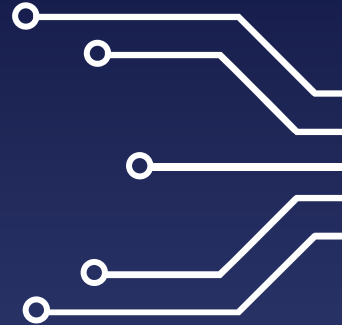


## TEMA 3 : INSTALACIONES DE AIRE COMPRIMIDO

# Objetivo de la sesión



“Que el estudiante sea capaz de diseñar instalaciones de aire comprimido”



# Contenido de la sesión

- Tipos de red de aire comprimido
- Elementos de una red de aire comprimido
- Dimensionamiento de una red de aire comprimido

## Logro de la sesión:

Al finalizar la clase el estudiante será capaz de identificar los tipos de red de aire comprimido, y calcular el caudal y el diámetro de tubería requeridos.



## INSTALACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO



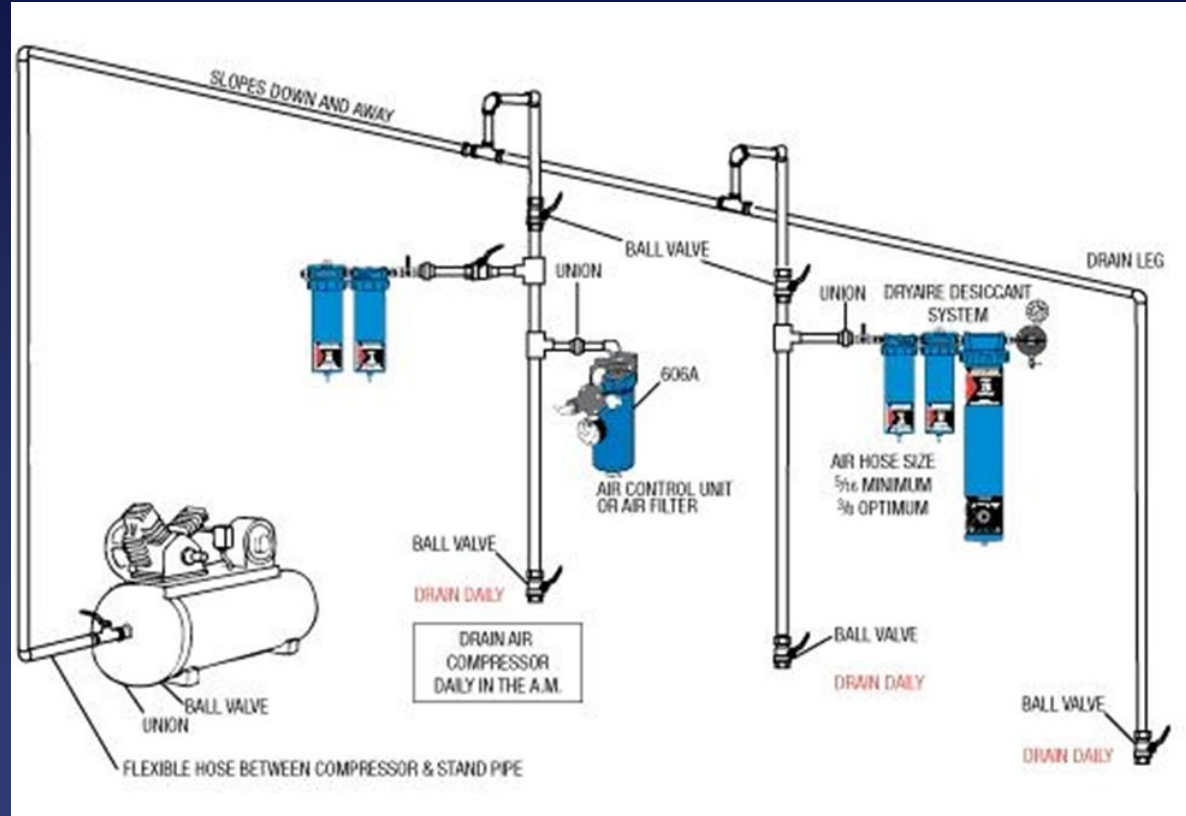
01

# TIPOS DE RED DE AIRE COMPRIMIDO



# Instalación Abierta

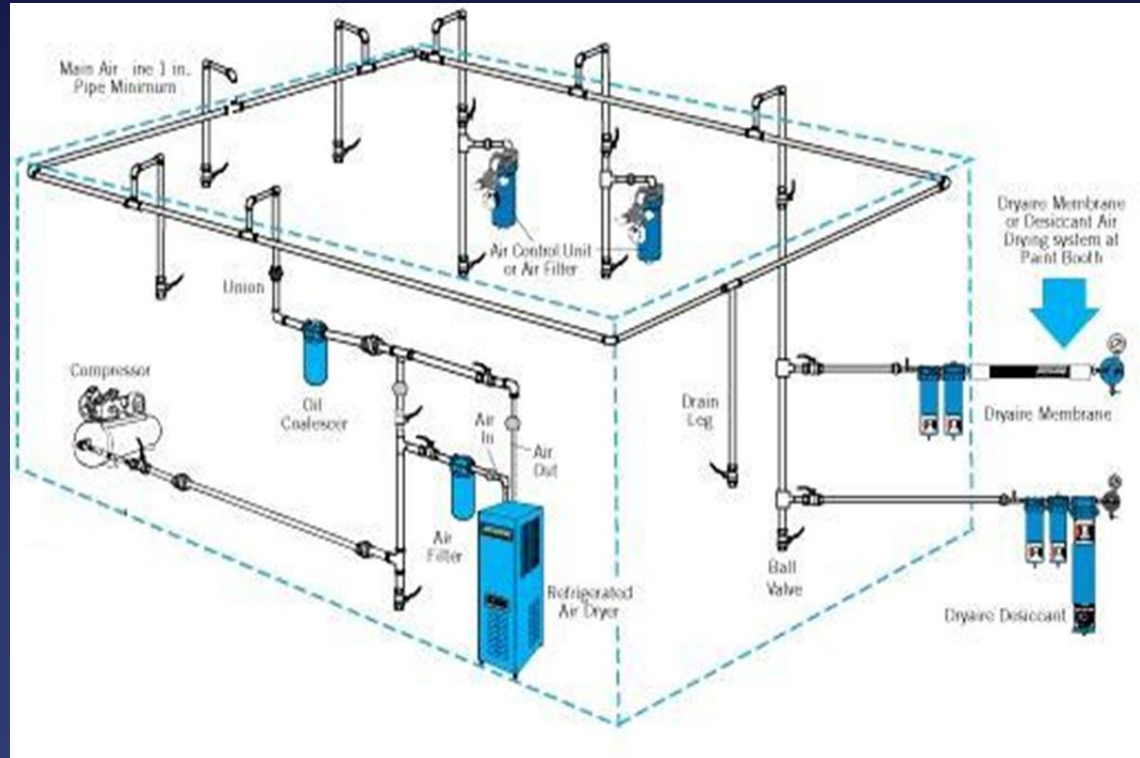
Menor longitud de tuberías.





# Instalación Cerrada

- Reparto óptimo de caudales.
- Continuidad del servicio ante averías.
- Reduce las pérdidas de carga.





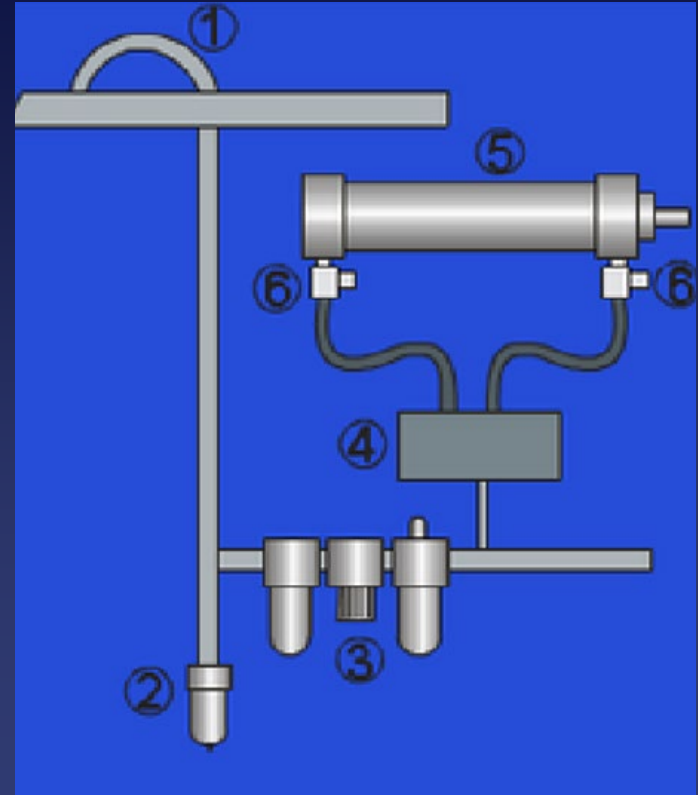
02

# ELEMENTOS DE UNA RED DE AIRE COMPRESIDO

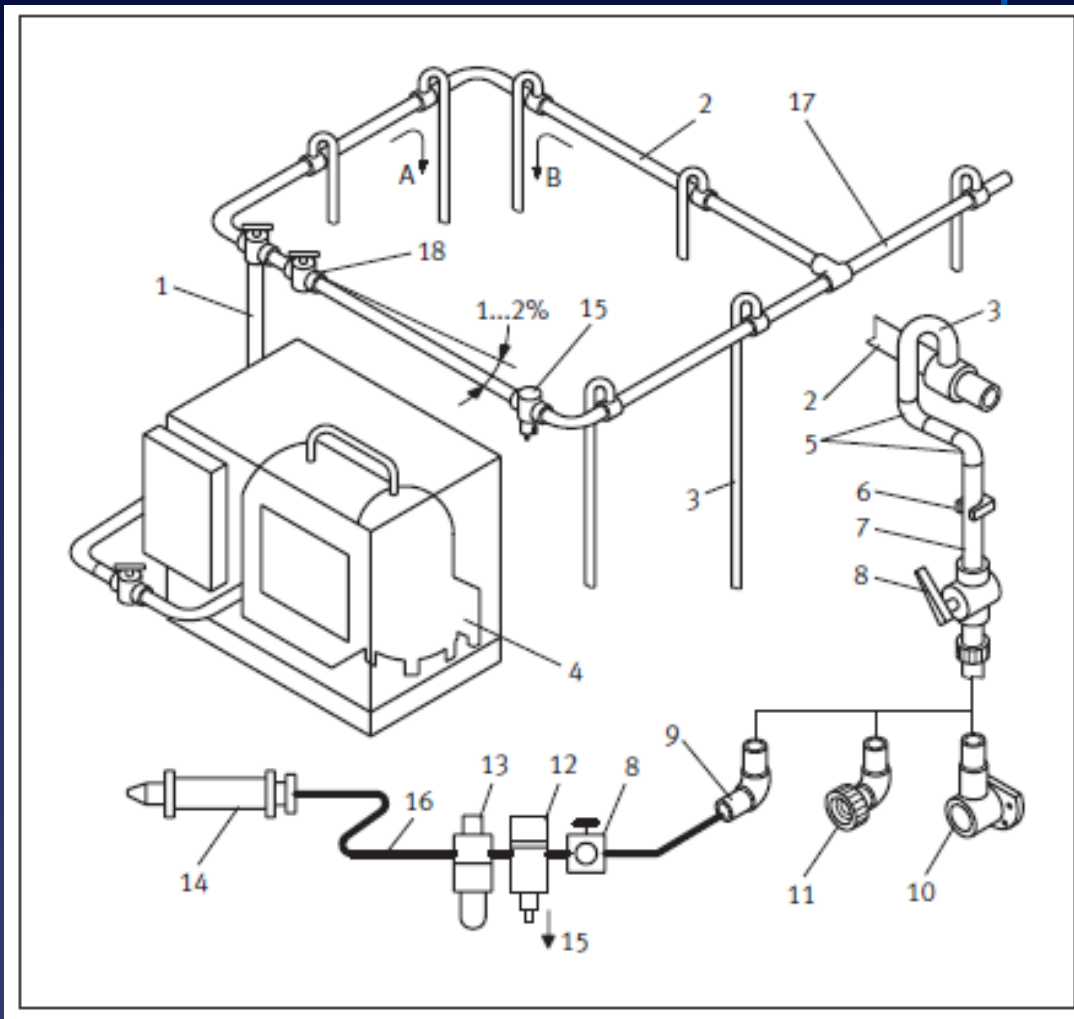


# Elementos de la instalación

1. Purga de aire
2. Purga Automática
3. Unidad de Mantenimiento / acondicionamiento
4. Válvula direccional
5. Actuador
6. Controlador de velocidad

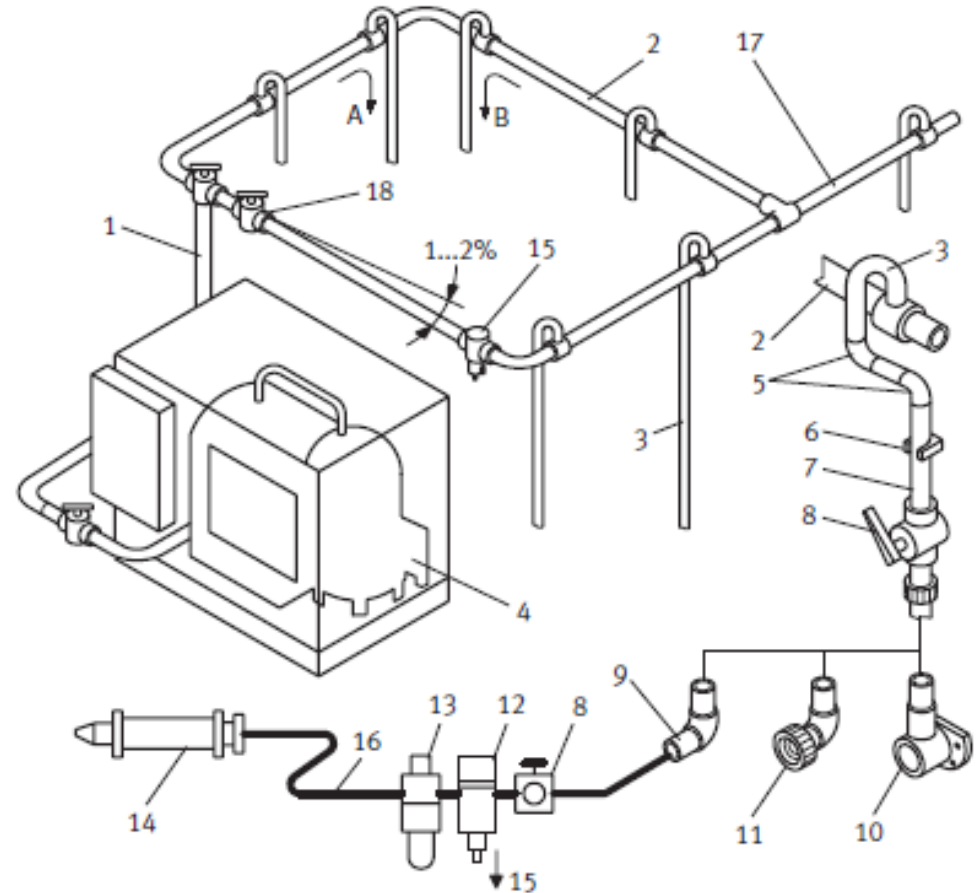


1. Tubería principal
2. Tubería de distribución  
(en este caso, circular)
3. Tubería de unión  
(toma de aire en la  
parte superior)
4. Compresor
5. Codo de 90°
6. Horquilla para montaje  
en la pared
7. Tubo
8. Válvula esférica





- 9. **Tubo acodado**
- 10. **Disco de pared**
- 11. **Empalme con rosca interior**
- 12. **Filtro**
- 13. **Lubricador**
- 14. **Unidad consumidora**
- 15. **Condensado**
- 16. **Tubo flexible**
- 17. **Derivación**
- 18. **Llave de cierre**



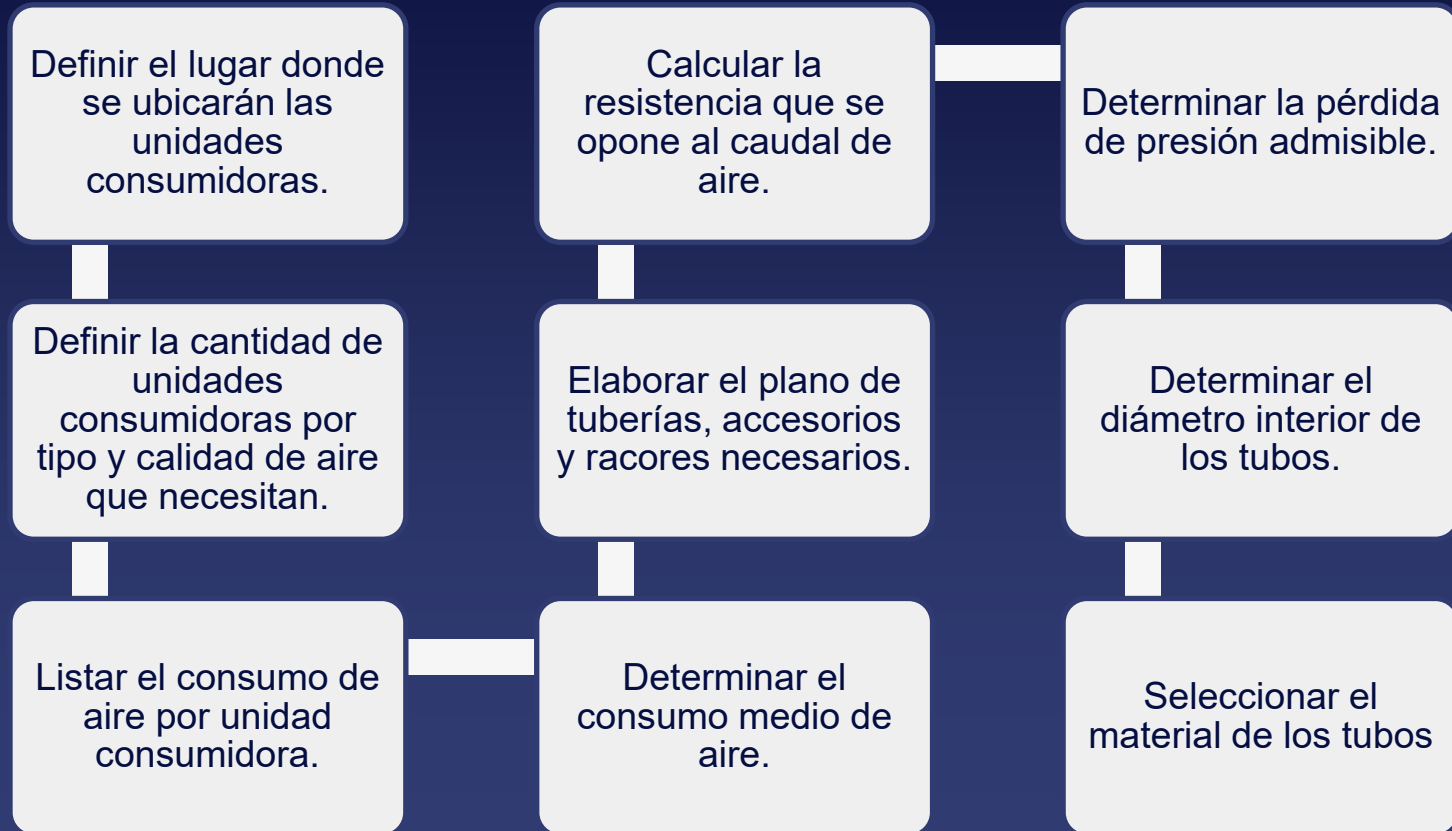


03

# DIMENSIONAMIENTO DE LA RED



# Pasos para el diseño de una red de aire comprimido



# DIMENSIONAR LA RED DE AIRE COMPRIMIDO

Se tiene una red neumática con una longitud de 300 m. La presión de aire comprimido se encuentra entre 6 y 7 bar. La pérdida de carga máxima de la red no debe exceder 0,1 bar en el punto más lejano.

Las herramientas utilizadas son las siguientes:

2 Taladradora de 1 kW

1 Taladradora de 2 kW

3 Pistola neumática

1 Pistola de chorro de arena




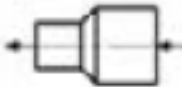
1 Lijadora de 1,5 kW

2 Destornillador neumático de 0,3 kW

5 cilindros neumáticos de avance (maquinaria neumática)

5 cilindros neumáticos de diámetro de émbolo de 50 mm, carrera 500 mm y presión de funcionamiento de 6 bar. La duración de la carrera es de 2 segundos y el ciclo de funcionamiento es de 10 segundos.



| Item | Cantidad | Denominación       | Accesorio   |
|------|----------|--------------------|---|
| 1    | 20       | Válvula esférica   |  |
| 2    | 20       | Codo               |  |
| 3    | 10       | Pieza en T         |  |
| 4    | 10       | Reductor de 2d a d |  |

# CONSUMO DE AIRE DE LA RED

- Cantidad de unidades consumidoras y consumo de aire de cada una.
- Duración de la conexión de las unidades consumidoras.
- Factor de simultaneidad (no todos los elementos trabajan al mismo tiempo).
- Pérdidas por desgaste de las unidades consumidoras y por fugas en la red.

# Consumo medio de máquinas y herramientas neumáticas

| Dispositivo neumático          | Consumo (Nlitos/s) | Dispositivo neumático           | Consumo (Nlitos/s) | Dispositivo neumático  | Consumo (Nlitos/s) |
|--------------------------------|--------------------|---------------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|
| Elevador neumático 0.5-5.0 Ton | 20-55              | Taladradora 1 kW                | 18                 | Motor neumático 1,4 kW | 36                 |
| Taladro                        | 3-22               | Taladradora 2 kW                | 35                 | Motor neumático 3,5 kW | 84                 |
| Amoladora                      | 5-824              | Lijadora 0,75 kW                | 17                 | Martillo cincelador    | 8                  |
| Llave neumática de impacto     | 8-14               | Lijadora 1,5 kW                 | 28                 | Cilindro de avance     | 16                 |
| Pistola (general)              | 8                  | Destornillador neumático 0,3 kW | 5                  | Pistola de inyección   | 10                 |
| Pistola de chorro de arena     | 20-32              | Destornillador percusor         | 15 a 30            | Cortador de roscas     | 16                 |

# CÁLCULO DEL CONSUMO DE AIRE UN CILINDRO NEUMÁTICO

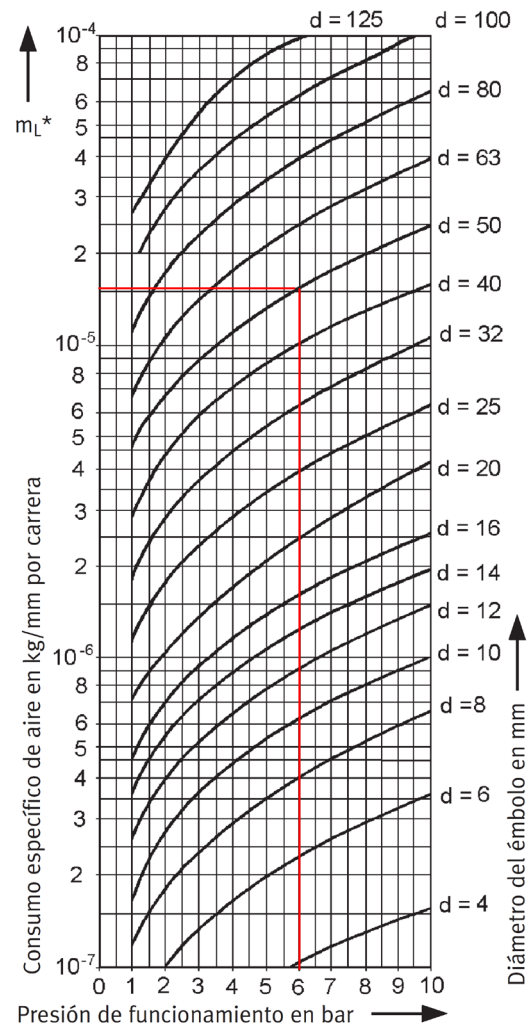
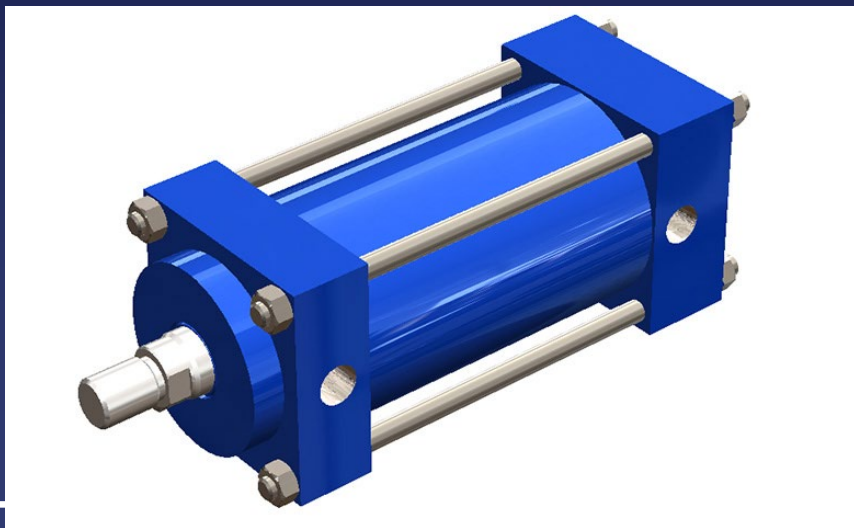
Consumo medio en una carrera doble:

$$\text{Consumo (Kg)} = 2 * \text{Carrera émbolo (mm)} * (\text{Consumo específico (kg/mm de carrera)})$$

$$\text{Consumo (kg)} = 2 * 500 \text{ mm} * ? \frac{\text{kg}}{\text{mm}} \text{ de carrera) } = ? \text{ kg}$$



# Consumo específico de aire de un cilindro neumático (kg/mm)



# CÁLCULO DEL CONSUMO DE AIRE UN CILINDRO NEUMÁTICO

Consumo medio en una carrera doble:

$$\text{Consumo (Kg)} = 2 * \text{Carrera émbolo (mm)} * (\text{Consumo específico (kg/mm de carrera)})$$

$$\text{Consumo (Kg)} = 2 * 500 \text{ mm} * 0,00016 \frac{\text{kg}}{\text{mm de carrera}} = 0,16 \text{ kg}$$

# CÁLCULO DEL CONSUMO DE AIRE UN CILINDRO NEUMÁTICO

Caudal volumétrico normalizado en una carrera doble:

$$Q_N = \frac{2 * Carrera * Consumo\ específico\ (Kg / mm\ carrera)}{1,2\ Kg / m^3}$$

$$Q_N = \frac{2 * 500\ mm * 0,000016\ \frac{kg}{mm}\ carrera}{1,2\ kg / m^3} = 0,013 Nm^3$$

# CÁLCULO DEL CONSUMO DE AIRE UN CILINDRO NEUMÁTICO

Caudal necesario en una carrera:

$$Q_{hora} = \frac{0,0065 \text{ Nm}^3}{2 \text{ segundos}} = 0,00325 \frac{\text{Nm}^3}{s} = 3600 \text{ s/h} * 0,00325 \text{ Nm}^3 = 11,7 \text{ Nm}^3/h$$



## FACTOR DE USO

Cuanto tiempo es utilizado el dispositivo por vez.

| Dispositivo neumático de consumo | Factor de uso (duración de la conexión a la red) |
|----------------------------------|--|
| Taladradora                      | 30%  |
| Lijadora                         | 40%  |
| Martillo cincelador              | 30%  |
| Mortero                          | 15%  |
| Moldeadora                       | 20%  |
| Pistola neumática                | 10%  |
| Máquina para alimentar piezas    | 80%  |

# FACTOR DE SIMULTANEIDAD

Cuantos equipos consumen aire al mismo tiempo.

| Nº Dispositivos neumático de consumo | Factor de simultaneidad | Nº Dispositivos neumático de consumo | Factor de simultaneidad |
|--------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| 1                                    | 1                       | 9                                    | 0,73                    |
| 2                                    | 0,94                    | 10                                   | 0,71                    |
| 3                                    | 0,89                    | 11                                   | 0,69                    |
| 4                                    | 0,86                    | 12                                   | 0,68                    |
| 5                                    | 0,83                    | 13                                   | 0,67                    |
| 6                                    | 0,8                     | 14                                   | 0,66                    |
| 7                                    | 0,77                    | 15                                   | 0,65                    |
| 8                                    | 0,75                    | 100                                  | 0,2                     |

## Consumo de aire de la Instalación

$$Q \left( l/s \right) = \sum_{i=1}^n (\#unidades \times consumo \text{ por unidad } (l/s) \times \frac{factor \text{ uso}}{100} \times factor \text{ simultaneidad})$$

## ACTIVIDAD: Calcular el consumo de aire medio para la instalación

| Item | Unidades | Herramienta | Consumo<br>NI/s | Factor de<br>uso | Factor de<br>simultaneidad | Caudal |
|------|----------|-------------|-----------------|------------------|----------------------------|--------|
|      |          |             |                 |                  |                            |        |
|      |          |             |                 |                  |                            |        |
|      |          |             |                 |                  |                            |        |
|      |          |             |                 |                  |                            |        |
|      |          |             |                 |                  |                            |        |
|      |          |             |                 |                  |                            |        |
|      |          |             |                 |                  |                            |        |
|      |          |             |                 |                  |                            |        |
|      |          |             |                 |                  |                            |        |
|      |          |             |                 |                  |                            |        |
|      |          |             |                 |                  |                            |        |
|      |          |             |                 |                  |                            |        |
|      |          |             |                 |                  |                            |        |
|      |          |             |                 |                  |                            |        |
|      |          |             |                 |                  | Total                      | 0      |

| Item         | #         | Herramienta  | Consumo<br>NI/s | Factor de<br>uso | Factor de<br>Simultaneidad | Caudal<br>l/s |
|--------------|-----------|--|-----------------|------------------|----------------------------|---------------|
| 1            | 2         | Taladradora 1kW  | 18              | 0,3              | 0,6                        | 6,48          |
| 2            | 1         | Taladradora 2kW  | 35              | 0,3              | 0,6                        | 6,3           |
| 3            | 3         | Pistola Neumática                                      | 8               | 0,1              | 0,6                        | 1,44          |
| 4            | 1         | Pistola Chorro de arena                                | 30              | 0,1              | 0,6                        | 1,8           |
| 5            | 1         | Lijadora 1,5 kW  | 28              | 0,4              | 0,6                        | 6,72          |
| 6            | 2         | Destornillador Neumático 0,3 kW                        | 5               | 0,1              | 0,6                        | 0,6           |
| 7            | 5         | Cilindro Neumático de Avance<br>(maquinaria neumática) | 16              | 0,8              | 0,6                        | 38,4          |
| 8            | 5         | Cilindro Neumático Individual                          | 3,25            | 0,4              | 0,6                        | 3,9           |
| <b>Total</b> | <b>20</b> |  |                 |                  |                            | <b>65,64</b>  |

## Consumo de aire de la Instalación - Corregido

$$Q_{\text{corregido}} (l/s) = \left[ Q + \left[ Q * \frac{\% \text{ Reserva}}{100} \right] + \left[ Q * \frac{\% \text{ Reserva}}{100} * \frac{\% \text{ Fugas}}{100} \right] \right] * 2$$

- % Reserva : aire disponible para futuras ampliaciones.  
% Fugas : compensación por posibles fugas en la línea.  
Factor 2 : el consumo medio de aire es entre el 20% y 60% del consumo máximo de aire.

Reserva : 30%

Fugas : 10%

$$Q_{corregido} = 65,64 * (1 + 0,3 + 0,3 * 0,1) * 2 = 174,6 \text{ l/s}$$




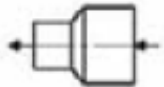
## Cálculo del diámetro interior de la tubería



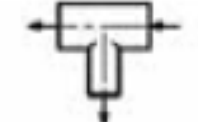

$$d = \sqrt[5]{1,6 \times 10^3 \times Q^{1,85} (m^3/s) \times \frac{\text{Longitud tubo (m)}}{\text{Pérdida de presión (Pa)} \times \text{Presión de Trabajo (Pa)}}$$

$$d = \sqrt[5]{1,6 \times 10^3 \times 0,175^{1,85} (m^3/s) \times \frac{300(m)}{10000 (Pa) \times 700000 (Pa)}} = 77mm$$



# Cálculo de pérdidas de carga por accesorios

| Denominación       | Accesorio   | Longitudes equivalentes en metros |      |     |     |     |     |     |     |     |
|--------------------|---|-----------------------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                    |   | Diámetro interior del tubo en mm. |      |     |     |     |     |     |     |     |
|                    |   | 9                                 | 12   | 14  | 18  | 23  | 40  | 50  | 80  | 100 |
| Válvula esférica   |  | 0,2                               | 0,2  | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,5 | 0,6 | 1   | 1,3 |
| Codo               |  | 0,6                               | 0,7  | 1   | 1,3 | 1,5 | 2,5 | 3,5 | 4,5 | 6,5 |
| Pieza en T         |  | 0,7                               | 0,85 | 1   | 1,5 | 2   | 3   | 4   | 7   | 10  |
| Reductor de 2d a d |  | 0,3                               | 0,4  | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,9 | 1   | 2   | 2,5 |

| Item  | Cantidad | Denominación       | Accesorio  | Tubería diámetro interior 100 mm | Longitud equivalente (m) accesorios Taller |
|---|----------|--------------------|--|----------------------------------|--|
| 1   | 20       | Válvula esférica   |  | 1,3                              | 26   |
| 2   | 20       | Codo               |  | 6,5                              | 130  |
| 3   | 10       | Pieza en T         |  | 10                               | 100  |
| 4   | 10       | Reductor de 2d a d |  | 2,5                              | 25   |
| Longitud equivalente total Accesorios Taller, en metros |          |                    |  |                                  | 281  |

## Cálculo del diámetro interior de la tubería

$$d = \sqrt[5]{1,6 \times 10^3 \times Q^{1,85} (m^3/s) \times \frac{\text{Longitud tubo (m)}}{\text{Pérdida de presión (Pa)} \times \text{Presión de Trabajo (Pa)}}$$

$$d = \sqrt[5]{1,6 \times 10^3 \times 0,175^{1,85} (m^3/s) \times \frac{581(m)}{10000 (Pa) \times 700000(Pa)}} = 88mm$$

# Función de los tanques acumuladores

- Rendimiento energético de la estación de compresores, reduciendo los arranques innecesarios de otros equipos, así como el número de ciclos carga-descarga del compresor.
- Calidad del aire comprimido, eliminando parte del condensado contenido en el aire, reduciendo carga al secador.
- Reducción de las fluctuaciones de presión en el sistema.
- Cubrir picos de demanda repentinos por periodos de tiempo reducido, (este rubro, representa el 1% de las aplicaciones de los tanques).

## Cálculo del tanque acumulador

$$V = \frac{V_1 \times (D_f - D_f^2) \times T_0}{Z \times D_p \times T_1}$$

V : Volumen del acumulador (m<sup>3</sup>)

V<sub>1</sub> : Capacidad del compresor (m<sup>3</sup>/h)

V<sub>2</sub> : Consumo de la planta (m<sup>3</sup>/h)

D<sub>f</sub> : Factor de carga V<sub>2</sub>/V<sub>1</sub>

Z : # de ciclos de carga descarga permitidos por hora para el compresor.

D<sub>p</sub> : Diferencial de presión del compresor (bar)

T<sub>0</sub> : Temperatura de aire comprimido (°K)

T<sub>1</sub> : Temperatura ambiente (°K)

Para la instalación diseñada considerar que se ha seleccionado un compresor de 130 HP y 12m<sup>3</sup>/min y el número de ciclos de carga descarga permitidos para el compresor son 36 por hora. Considerar la temperatura de aire comprimido en 40°C y la temperatura ambiente en 18°C.

$$V = \frac{720 \times (0,87 - 0,87^2) \times 313}{36 \times 1 \times 291} = 2,43m^3$$

# Herramienta para cálculos

<https://compressor.atlascopco.com/#/app/home>

# Dimensiones

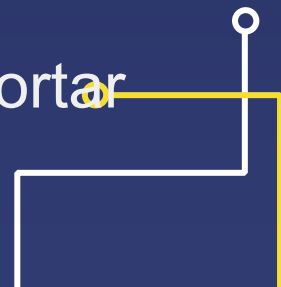
- Diámetro interno de tubería :100mm
- Compresor : 130 HP; 12 m<sup>3</sup>/h
- Secador de aire : 12 m<sup>3</sup>/h
- Tanque : 2.43 m<sup>3</sup>





# Conclusiones

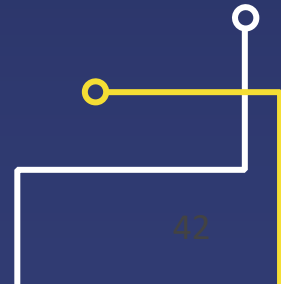
- Existen tres tipos de redes de aire comprimido: abierta, cerrada y mixta.
- Los elementos de una red neumática se instalarán de acuerdo a la necesidad de la herramienta a utilizar.
- Para hallar el diámetro de la tubería de una red de aire comprimido es necesario hallar el caudal utilizado y la caída de presión admisible.
- El tanque de almacenamiento se diseña para soportar los picos de consumo de la red.





## LOGRO CONSEGUIDO

- Puedes identificar los tipos de redes de aire comprimido existentes.
- Puedes determinar el caudal de aire y el diámetro de tubería requeridos para una red de aire comprimido.



# GRACIAS

