



Actuadores neumáticos

- **Cilindros:** transforman la energía del aire comprimido en un movimiento lineal.
- **Motores neumáticos:** transforman la energía del aire comprimido en movimiento de giro.



Departamento de Ingeniería Mecánica
Neumática y oleohidráulica



Cilindros

- **Son componentes neumáticos que mediante el uso del aire comprimido, generan un movimiento rectilíneo de avance y retroceso de un mecanismo.**
- **Son los elementos de trabajo más utilizados en neumática.**
- **También puede realizar funciones de:**
 - regulación
 - y mando.



Departamento de Ingeniería Mecánica
Neumática y oleohidráulica

Cilindros

■ Tipos:

■ cilindros de simple efecto:

- de membranas
- de pistón

■ cilindros de doble efecto.

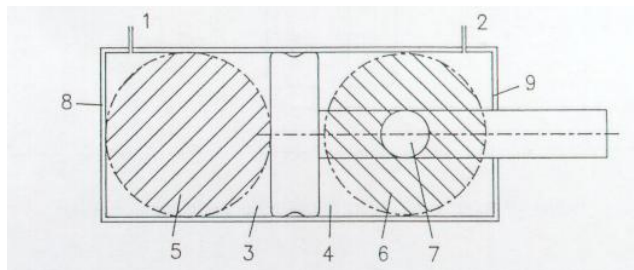
■ Las velocidades que se consiguen son

- de hasta 1.5m/s en los convencionales
- de hasta 10m/s en los de impacto



Departamento de Ingeniería Mecánica
Neumática y oleohidráulica

Cilindros: Definiciones



- | | |
|-----------------------------|---------------------|
| 1. Conexión para la salida | 6. Área anular |
| 2. Conexión para la entrada | 7. Área del vástago |
| 3. Cara del fondo | 8. Fondo |
| 4. Cara de la cubierta | 9. Cubierta |
| 5. Área del ámbolo | |



Departamento de Ingeniería Mecánica
Neumática y oleohidráulica



Cilindros de simple efecto

- Estos cilindros tienen una sola conexión de aire comprimido.
- No pueden realizar trabajos más que en un sentido.
- Se necesita aire sólo para un movimiento de traslación.
- El vástago retorna por el efecto de un muelle incorporado o de una fuerza externa.
- El resorte incorporado se calcula de modo que haga regresar el émbolo a su posición inicial a una velocidad suficientemente grande.



Departamento de Ingeniería Mecánica
Neumática y oleohidráulica



Cilindros de simple efecto

- En los cilindros de simple efecto con muelle incorporado, la longitud de éste limita la carrera. Por eso, estos cilindros no sobrepasan una carrera de unos 100 mm.
- Se utilizan principalmente para:
 - sujetar,
 - expulsar,
 - apretar,
 - levantar,
 - alimentar,
 - etc.



Departamento de Ingeniería Mecánica
Neumática y oleohidráulica



Cilindros de simple efecto

- **Tipos:**
 - de membrana
 - de membrana enrollable
 - de émbolo



Departamento de Ingeniería Mecánica
Neumática y oleohidráulica



Cilindro de membrana

- Una membrana de goma, plástico o metal reemplaza aquí al émbolo.
- El vástago está fijado en el centro de la membrana.
- En algunos el vástago puede adoptar forma plana y formar una superficie de acción.
- Se consiguen carreras cortas:
 - hasta 50mm.



Departamento de Ingeniería Mecánica
Neumática y oleohidráulica

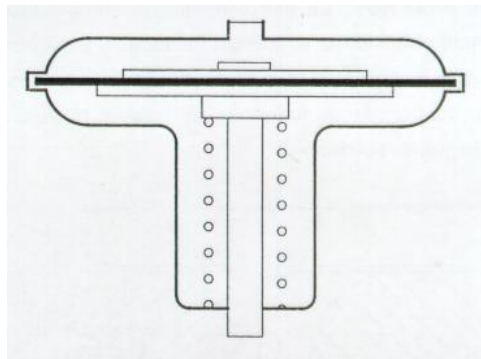
Cilindro de membrana

- **La carrera de retorno se realiza mediante:**
 - un resorte antagonista
 - o por la tensión de la misma membrana (para carreras cortas)
- **Se utilizan para:**
 - la construcción de dispositivos y herramientas,
 - para estampar,
 - remachar
 - y fijar en prensas.



Departamento de Ingeniería Mecánica
Neumática y oleohidráulica

Cilindro de membrana con muelle recuperador



Departamento de Ingeniería Mecánica
Neumática y oleohidráulica



Cilindro de membrana enrollable

- **La construcción de estos cilindros es similar a la de los anteriores.**
- **También se emplea una membrana que, cuando está sometida a la presión del aire, se desarrolla a lo largo de la pared interior del cilindro y hace salir el vástago.**
- **Las carreras son mucho más importantes que en los cilindros de membrana (aprox. 50-80 mm).**
- **El rozamiento es mucho menor.**



Departamento de Ingeniería Mecánica
Neumática y oleohidráulica



Cilindro de membrana enrollable

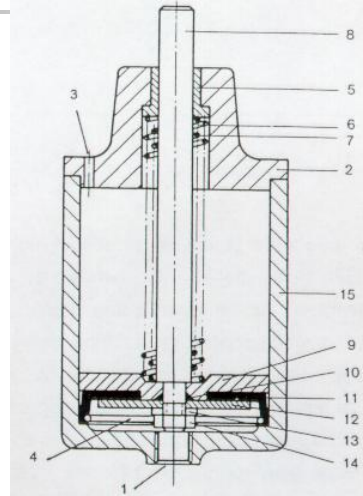
- **Los materiales de construcción aseguran una larga duración en condiciones de trabajo normales.**
- **Inconvenientes:**
 - **pequeños cortes o fisuras provocan una avería rápidamente.**



Departamento de Ingeniería Mecánica
Neumática y oleohidráulica

Cilindro de émbolo

- Son los más empleados en neumática.
- Elementos:
 - tubo o camisa del cilindro
 - tapas de cierre anterior y posterior
 - émbolo
 - y vástago
- Hay que añadirse
 - elementos de enlace
 - juntas
 - guía para el vástago



Departamento de Ingeniería Mecánica
Neumática y oleohidráulica

Cilindro de émbolo: fabricación

- Tubo del cilindro: tubos de acero sin soldadura.
- Superficies interiores de deslizamiento: acabado de precisión o rectificado.
- Tapas de cierre: materiales de fundición.
- Se puede fabricar el cilindro de simple efecto con fundición de aleación: formando una unidad la cubierta de cierre posterior y el tubo.

Departamento de Ingeniería Mecánica
Neumática y oleohidráulica



Cilindros de simple efecto

- El aire comprimido sólo actúa sobre una de las caras del émbolo.
- Según el montaje pueden realizar trabajos de:
 - compresión
 - tracción
- La carrera de vacío se realiza mediante:
 - una resorte recuperador
 - fuerza exterior



Departamento de Ingeniería Mecánica
Neumática y oleohidráulica



Cilindros de émbolo de simple efecto

- Fuerza del resorte:
 - repone al émbolo en su posición inicial con la suficiente velocidad.
 - vale un 10-15% de la fuerza del émbolo a 6 bares.
 - importante el rozamiento entre el émbolo y el tubo del cilindro.
- Debido al resorte está limitada la carrera del cilindro: <200mm.
- Necesitan la mitad de aire que un cilindro de doble efecto.



Departamento de Ingeniería Mecánica
Neumática y oleohidráulica



Cilindros de doble efecto

- La fuerza ejercida por el aire comprimido anima al émbolo, en cilindros de doble efecto, a realizar un movimiento de traslación en los dos sentidos.
- Se dispone de una fuerza útil tanto en la ida como en el retorno
- Los cilindros de doble efecto se emplean especialmente en los casos en que el émbolo tiene que realizar una misión también al retornar a su posición inicial.
- En principio, la carrera de los cilindros no está limitada, pero hay que tener en cuenta el pandeo y doblado que puede sufrir el vástago salido.



Departamento de Ingeniería Mecánica
Neumática y oleohidráulica



Cilindros con amortiguación

- La energía cinética de un cuerpo es:

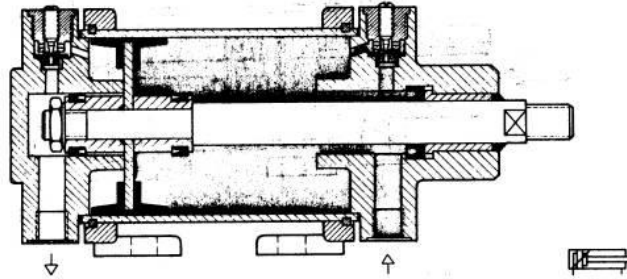
$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

- Esta fórmula es aplicable al: émbolo, vástago.
- Al chocar con la tapa se libera una gran energía:
 - intentará deformar la cabeza o romperla.
- Para evitarlo: amortiguación
 - externa: amortiguadores hidráulicos, muelles, sistemas de estrangulación.
 - interna: neumática.



Departamento de Ingeniería Mecánica
Neumática y oleohidráulica

Cilindros con amortiguación



amortiguación regulable en los dos lados



Departamento de Ingeniería Mecánica
Neumática y oleohidráulica

Cilindros especiales

- de doble vástago
- tandem
- multiposicional
- de impacto



Departamento de Ingeniería Mecánica
Neumática y oleohidráulica



Cilindro de impacto

- Los cilindros de impacto desarrollan una velocidad comprendida entre 7,5 y 10 m/s
- La energía de estos cilindros se utiliza para:
 - prensar,
 - rebordear,
 - remachar,
 - estampar, etc.
- La fuerza de impacto es digna de mención en relación con sus dimensiones. En muchos casos, estos cilindros reemplazan a prensas.
- Según el diámetro del cilindro, pueden obtenerse desde 25 hasta 500 Nm.



Departamento de Ingeniería Mecánica
Neumática y oleohidráulica



Características técnicas de los cilindros neumáticos

- Debido a las normas y recomendaciones sobre las dimensiones de los cilindros algunos fabricantes han desarrollado su programa estándar.
- Diámetros: bastante similares para todos los fabricantes:
 - la F se duplica o reduce la mitad con el d más próximo.
- Longitudes: también estándar.
 - Algunas longitudes especiales bajo pedido.



Departamento de Ingeniería Mecánica
Neumática y oleohidráulica

Características técnicas de los cilindros neumáticos

Tamaños normalizados y longitudes

Ø VASTAGO [mm]	Ø EMBOLO [mm]	FUERZA NETA a P = 6 bar [N]	LONGITUDES DE CARRERAS NORMALIZADAS [mm]
—	6	15	10, 25, 40, 80
4	12	60	10, 25, 40, 80, 140, 200
6	16	106	10, 25, 40, 80, 140, 200, 300
10	25	260	25, 40, 80, 140, 200, 300
12	35	509	70, 140, 200, 300
16	40	665	40, 80, 140, 200, 300
18	50	1039	70, 140, 200, 300
22	70	2037	70, 140, 200, 300
25	100	4156	70, 140, 200, 300
30	140	8146	70, 140, 200, 300
40	200	16625	70, 140, 200, 300
50	250	25977	70, 140, 200, 300



Departamento de Ingeniería Mecánica
Neumática y oleohidráulica

Fuerza del émbolo

- La fuerza ejercida por un elemento de trabajo depende:
 - de la presión del aire,
 - del diámetro del cilindro
 - y del rozamiento de las juntas.
- La fuerza teórica del émbolo se calcula con la siguiente fórmula:

$$F_{\text{teór}} = A \cdot p$$

$F_{\text{teór}}$ = Fuerza teórica del émbolo

A = Superficie útil del émbolo

p = Presión de trabajo

(N)

(cm²)

(kPa, 10⁵ N/m², bar)



Departamento de Ingeniería Mecánica
Neumática y oleohidráulica



Fuerza del cilindro

- En la práctica es necesario conocer la fuerza real.
- Para determinarla hay que tener en cuenta los rozamientos.
- En condiciones normales de servicio (presiones de 4 a 8 bar) se puede suponer que las fuerzas de rozamiento representan de un 3 a un 10% de la fuerza calculada.



Departamento de Ingeniería Mecánica
Neumática y oleohidráulica



Fuerza cilindro: simple efecto

$$F_n = A \cdot p - (F_R + F_F)$$



Departamento de Ingeniería Mecánica
Neumática y oleohidráulica



Fuerza cilindro: doble efecto

Cilindro de doble efecto (en el avance)

$$F_n = A \cdot p - F_R$$

F_n = Fuerza efectiva o real del émbolo

A = Superficie útil del émbolo

$$= \left(\frac{D^2 \cdot \pi}{4} \right)$$

A' = Superficie útil del anillo de émbolo

$$= (D^2 - d^2) \frac{\pi}{4}$$

p = Presión de trabajo

F_R = Fuerza de rozamiento (3–20%)

F_F = Fuerza del muelle de recuperación

D = Diámetro del émbolo

d = Diámetro de vástago

Cilindro de doble efecto (en el retorno)

$$F_n = A' \cdot p - F_R$$

(N)

(cm²)

(cm²)

(kPa, 10⁵ N/m², bar)

(N)

(N)

(mm)

(mm)



Departamento de Ingeniería Mecánica
Neumática y oleohidráulica



Consumo de aire

- Para disponer de aire y conocer el gasto de energía, es importante conocer el consumo de la instalación.
- Para una presión de trabajo, un diámetro y una carrera de émbolo determinados, el consumo de aire se calcula como sigue:

Relación de compresión · Superficie del émbolo · Carrera

La relación de compresión $p_{e2} : p_{e1}$ se calcula de la forma siguiente:

$$\frac{101,3 + \text{Presión de trabajo}}{101,3} \text{ en kPa (referida al nivel del mar)}$$



Departamento de Ingeniería Mecánica
Neumática y oleohidráulica

Consumo de aire

- Fórmulas para calcular el consumo de aire cilindro de simple efecto

$$\dot{V} = s \cdot n \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot \text{Relación de compresión (l/min)}$$

- cilindro de doble efecto

$$\dot{V} = \left[s \cdot \frac{D^2 \cdot \pi}{4} + s \cdot \frac{(D^2 - d^2) \cdot \pi}{4} \right] \cdot n \cdot \text{Relación de compresión (l/min)}$$

\dot{V} = Cantidad de aire (l/min)
 s = Longitud de carrera (cm)
 n = Ciclos por minuto



Departamento de Ingeniería Mecánica
Neumática y oleohidráulica

Velocidad del émbolo

- La velocidad del émbolo en cilindros neumáticos depende:
 - de la fuerza antagonista de la presión del aire,
 - de la longitud de la tubería,
 - de la sección entre los elementos de mando y trabajo
 - y del caudal que circula por el elemento demandado.
 - Además, influye en la velocidad la amortiguación final de carrera.
- Cuando el émbolo abandona la zona de amortiguación, el aire entra por una válvula antirretorno y de estrangulación y produce una reducción de la velocidad.



Departamento de Ingeniería Mecánica
Neumática y oleohidráulica



Velocidad del émbolo

- La velocidad media del émbolo, en cilindros estándar, está comprendida entre 0,1 y 1,5 m/s.
- Con cilindros especiales (cilindros de impacto) se alcanzan velocidades de hasta 10 m/s.
- La velocidad del émbolo puede regularse con válvulas especiales.
- Las válvulas de estrangulación, antirretorno y de estrangulación, y las de escape rápido proporcionan velocidades mayores o menores



Departamento de Ingeniería Mecánica
Neumática y oleohidráulica



Longitud del vástago

- La longitud de carrera en cilindros neumáticos no debe exceder de 2000 mm.
- Con émbolos de gran tamaño y carrera larga, el sistema neumático no resulta económico por el elevado consumo de aire.
- Cuando la carrera es muy larga, el esfuerzo mecánico del vástago y de los cojinetes de guía es demasiado grande.
- Para evitar el riesgo de pandeo, si las carreras son grandes deben adoptarse vástagos de diámetro superior a lo normal.
- Además, al prolongar la carrera la distancia entre cojinetes aumenta y, con ello, mejora la guía del vástago.



Departamento de Ingeniería Mecánica
Neumática y oleohidráulica



Longitud del vástago

- **Limitaciones de la longitud de carrera:**
 - Disponibilidad comercial de los materiales para la fabricación de piezas largas.
 - La proporción entre la longitud del vástago y su diámetro.
- **Si la longitud del vástago >>>> diámetro:**
 - **PANDEO**



Departamento de Ingeniería Mecánica
Neumática y oleohidráulica



Longitud del vástago

- **Valor de pandeo para el vástago:**

Carga crítica de pandeo
$$P = \pi^2 \cdot E \cdot \frac{I}{L_K^2}$$

Máxima carga de servicio
$$F = \frac{P}{n}$$

L_K = Longitud libre de pandeo (cm)

E = Módulo de elasticidad (Kp/cm²)

I = Momento de inercia (cm²)

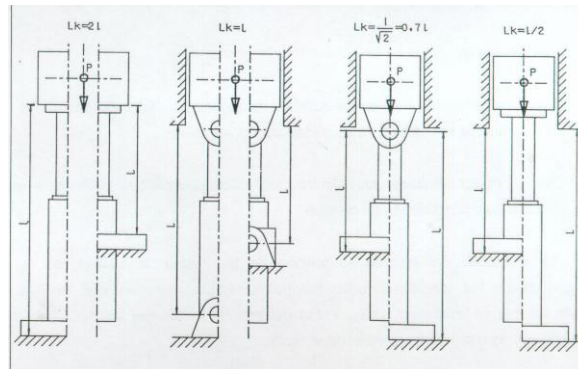
n = Coeficiente de seguridad (2.5 ó 3.5)



Departamento de Ingeniería Mecánica
Neumática y oleohidráulica

Longitud del vástago

- Valor de pandeo para el vástago:



Departamento de Ingeniería Mecánica
Neumática y oleohidráulica

Juntas empleadas en los cilindros

- Impiden las fugas de aire comprimido.
- Se clasifican:
 - estáticas: entre piezas que no se mueven
 - dinámicas: entre una pieza móvil y otra fija.
- Juntas más empleadas en neumática:
 - planas: estáticas
 - tóricas
 - labiadas



Departamento de Ingeniería Mecánica
Neumática y oleohidráulica



Juntas empleadas en los cilindros

- **Juntas tóricas:**
 - sección circular.
 - más difundidas por sus óptimas características de funcionamiento.
 - Es preferible usarlas como estáticas.
 - Trabajan como:
 - Cilindros: juntas estáticas
 - Válvulas: juntas dinámicas
- **Juntas labiadas:**
 - dinámicas.
 - duran más que las tóricas.

