

FÓRMULAS DE NEUMÁTICA E HIDRÁULICA

por Aurelio Gallardo

7 - Diciembre - 2023



Fórmulas de Neumática e Hidráulica. By Aurelio Gallardo Rodríguez, Is Licensed Under A Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional License.

1. Neumática

La presión es la fuerza por unidad de superficie $P = \frac{F}{S}$. Se mide en el S.I. en Pascales (**Pa**)

La presión atmosférica es la presión que ejerce la atmósfera sobre la superficie de la Tierra.

$$1 \text{ atm} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ mmHg} = 1013,25 \text{ mbar}$$

Presión relativa: presión del sistema neumático / hidráulico.

Presión absoluta: presión relativa más la presión atmosférica.

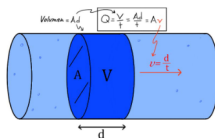


FIGURA (1). Caudal

El caudal $Q = \frac{V}{t} = \frac{A \cdot d}{t} = A \cdot v$, siendo «v» la velocidad y «V» el volumen.

La humedad absoluta (H): gramos de vapor de agua por metro cúbico de aire.

La humedad relativa (Hr): si m_v es la masa de vapor en el aire y m_s la máxima que admite a una temperatura dada (vapor saturado), $H_r = \frac{m_v}{m_s}$. Se suele dar en tantos por ciento.

Ley de Boyle-Mariotte: $p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$; **Gay-Lussac:** $V_1/T_1 = V_2/T_2$

Ley de los gases ideales: $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$ con $R = 0,082 \cdot \text{atml/molK} = 2 \cdot \text{cal/molK} = 8,31 \cdot \text{J/molK}$

Cilindros

Fórmulas cilindro simple	Cilindro simple	Cilindro doble efecto	Fórmulas cilindro doble efecto
$F_{av} = p \cdot S - F_{muelle} - F_{roz}$ $F_{ret} = F_{muelle} - F_{roz}$			$F_{av} = p \cdot S_e - F_{roz}$ $F_{ret} = p \cdot S_e - p \cdot S_v - F_{roz}$

2. Hidráulica

Densidad: $\rho = m/V$; **Densidad relativa** $\rho_r = \rho/\rho_{agua}$ sin dimensiones. // **Peso específico:** $\gamma = \frac{m \cdot g}{V} = \rho \cdot g$, S.I. medida en N/m^3

Presión de vapor: presión de la fase gaseosa cuando alcanza el equilibrio dinámico.

Viscosidad dinámica o absoluta: la fuerza de rozamiento viscosa por unidad de superficie es proporcional a la diferencia de velocidad entre dos capas e inversamente proporcional a la distancia entre las capas. La viscosidad μ es la cte de proporcionalidad $\frac{F}{S} = \mu \cdot \frac{\Delta v}{\Delta y}$, medida en $Pa \cdot s$ o $\frac{N}{m^2} \cdot s$ o $\frac{kg}{m \cdot s}$ en el S.I.; otra en el CGS $\frac{g}{cm \cdot s}$ o poises

Viscosidad cinemática: la viscosidad entre la densidad $\nu = \mu/\rho$, se mide en m^2/s o en cm^2/s o Stokes (St)

Tensión superficial: trabajo que hay que realizar para mantener el aumento de la superficie de un líquido por unidad de área: $\sigma = W/A$. Unidades S.I. N/m

Número de Reynolds en una tubería recta de sección circular diámetro ϕ : $N_{RE} = \frac{\rho \cdot v \cdot \phi}{\mu}$

- ✓ ρ es la densidad en gramos por centímetro cúbico, v la velocidad del fluido en cm/s, μ es la viscosidad del fluido en Poises o gramos / (cm s) y ϕ diámetro de tubo en centímetros.
- ✓ **Cañerías rectas:** régimen laminar si $N_{RE} < 2320$; velocidad límite del régimen laminar $v = \frac{2320 \cdot \mu}{\rho \cdot \phi}$
- ✓ **Cañerías curvas:** régimen laminar si $N_{RE} < 2320$; depende del radio de curvatura es laminar o turbulento, hasta 12400. Turbulento si $N_{RE} > 12400$

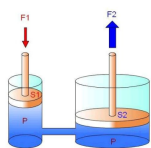


FIGURA (2). Principio de Pascal

Principio de Pascal: $\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$ «la presión aplicada a un punto de un fluido se mantiene íntegra y por igual en todas direcciones en el fluido». Los líquidos son incompresibles.

- ✓ Si desplazo un volumen de un líquido V_1 en una cañería de sección S_1 una distancia l_1 , desplazaré un volumen V_2 en otra sección de la cañería distinta S_2 una distancia l_2 . Como $V_1 = V_2$ (conservación de la masa) entonces $S_1 \cdot l_1 = S_2 \cdot l_2$. Si $S_1 > S_2$ entonces $l_1 < l_2$. Este es el fundamento de los gatos hidráulicos o las prensas hidráulicas.

Ecuación de continuidad: Si el líquido es incompresible de densidad constante, se cumple el principio de conservación de la masa $Q_1 = Q_2$. Pero si la cañería tiene secciones distintas...

- ✓ $Q_1 = \frac{V_1}{\Delta t} = \frac{S_1 \cdot l_1}{\Delta t} = S_1 \cdot v_1$ y $Q_2 = \frac{V_2}{\Delta t} = \frac{S_2 \cdot l_2}{\Delta t} = S_2 \cdot v_2$
- ✓ Si $Q_1 = Q_2$, entonces $S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2$ y si además son cañerías circulares $\phi_1^2 \cdot v_1 = \phi_2^2 \cdot v_2$

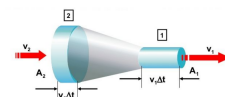
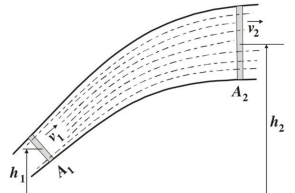


FIGURA (3). Ec. Continuidad

La velocidad del líquido es inversamente proporcional a la sección de la cañería.

Teorema de Bernoulli (ppo. de conservación de la energía)

Dibujo Bernoulli	Energías	Expresión teorema Bernoulli
	Hidroestática	$p_1 + \rho \cdot g \cdot h_1 + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_1^2 = p_2 + \rho \cdot g \cdot h_2 + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_2^2$
	$W_1 = p_1 \cdot V_1 = p_1 \cdot S_1 \cdot l_1$ $W_2 = p_2 \cdot V_2 = p_2 \cdot S_2 \cdot l_2$	$\frac{p_1}{\rho \cdot g} + h_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\rho \cdot g} + h_2 + \frac{v_2^2}{2g}$
	Potencial o estática	$\frac{p}{\rho \cdot g} \text{ altura piezométrica}$
	Cinética o hidrodinámica	$\frac{v^2}{2g} \text{ altura dinámica}$
	$E_{p1} = m_1 \cdot g \cdot h_1$ y $E_{p2} = m_2 \cdot g \cdot h_2$	
	$E_{c1} = \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot v_1^2$ y $E_{c2} = \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot v_2^2$	

Efecto Venturi (<https://youtu.be/M7CDD2BFhQA?si=T8iafNYnBA0Dqw3n>)

- ✓ En una cañería horizontal $h_1 = h_2$, el teorema de Bernoulli queda $\frac{p_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2}{2g}$ y además se cumple que $S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2$
- ✓ Si provoco una disminución de sección, $S_2 < S_1 \implies v_2 > v_1$, provoco un aumento de la velocidad (ec. de continuidad) y conlleva una disminución de presión $p_2 < p_1$ (ec. Bernoulli)
- ✓ O sea, **si disminuyo la sección, aumento la velocidad del líquido y disminuyo la presión**. Este efecto se usa para muchas aplicaciones, entre las que destacan las que aspiran sustancias para mezclarlas en un chorro de fluido.
- ✓ **Vuelo de aviones , Efecto Coanda**

Potencia de una bomba

La potencia comunicada a un fluido es $P_{com} = \frac{p \cdot V}{\Delta t} = p \cdot Q$. La potencia de una bomba es la potencia comunicada entre un factor de rendimiento: $P_{bomba} = \frac{P_{com}}{\eta} = \frac{p \cdot Q}{\eta}$

Pérdida de carga

En una cañería horizontal ($h_1 = h_2$), en la que el líquido se mueve a la misma velocidad (sección constante $v_1 = v_2$) **si no hay fricción** la presión se mantiene constante, por el teorema de Bernoulli ($p_1 = p_2$). Pero esta es una situación ideal: **hay fricción, existe la viscosidad**, y esto hace que exista una variación de presión que hará que el líquido, al final, se detenga. Por ello, en muchos casos hay que mantener la presión en las cañerías con bombas hidráulicas.

Generalizamos Bernoulli con la ecuación: $\frac{p_1}{\rho \cdot g} + h_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\rho \cdot g} + h_2 + \frac{v_2^2}{2g} + H_r$

H_r es la pérdida de carga, un factor con dimensiones de altura. Para una cañería de longitud L, Diámetro ϕ y una velocidad v media de circulación del líquido, se cumple la ley de Darcy-Weissbach: $H_r = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$, siendo $f = 64/N_{RE}$ para un régimen laminar y para regímenes turbulentos se utilizan aproximaciones empíricas, como los diagramas de Moody.