MECÁNICA DE FLUIDOS

PROPIEDADES Y DEFINICIONES

DEFINICIONES Y CONCEPTOS PRELIMINARES

- **SISTEMA**
- **FLUJO**
- **PROPIEDADES DE UN FLUIDO**
- **VISCOSIDAD DE TURBULENCIA**

Sistema

Cualquier porción de materia a estudiar. Un fluido será el sistema elegido.

A la superficie, real o imaginaria, que lo envuelve se llama ***límite, frontera o contorno.***

El conjunto de varios sistemas puede formar uno solo; o bien, un sistema puede descomponerse en muchos, incluso infinitos, sistemas parciales.

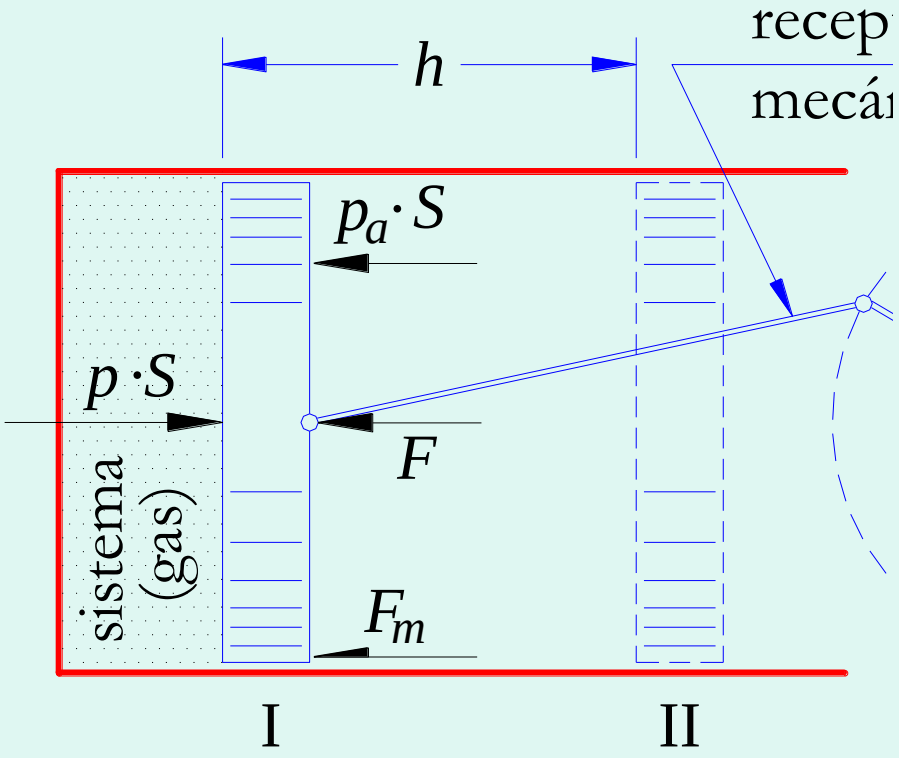
Medio exterior de un sistema

El conjunto de sistemas que influye sobre el sistema en estudio será el ***medio exterior*** de éste. El ***medio ambiente*** suele formar parte del ***medio exterior.***

La influencia sobre el sistema puede ser ***térmica*** debida a una diferencia de temperaturas, o ***mecánica*** debida a una diferencia de presiones.

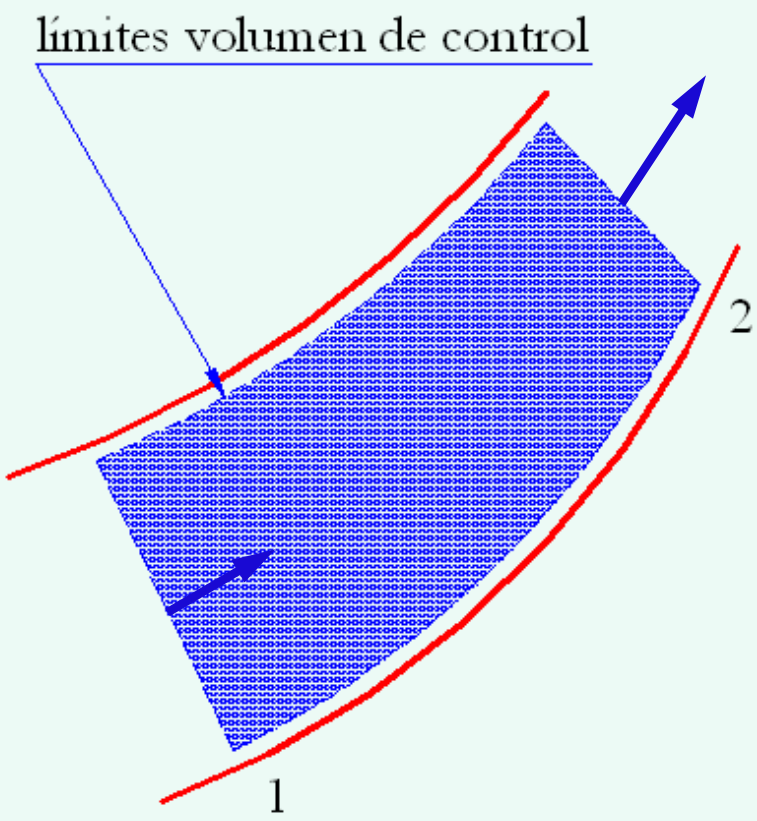
Clasificación de sistemas
Sistema cerrado

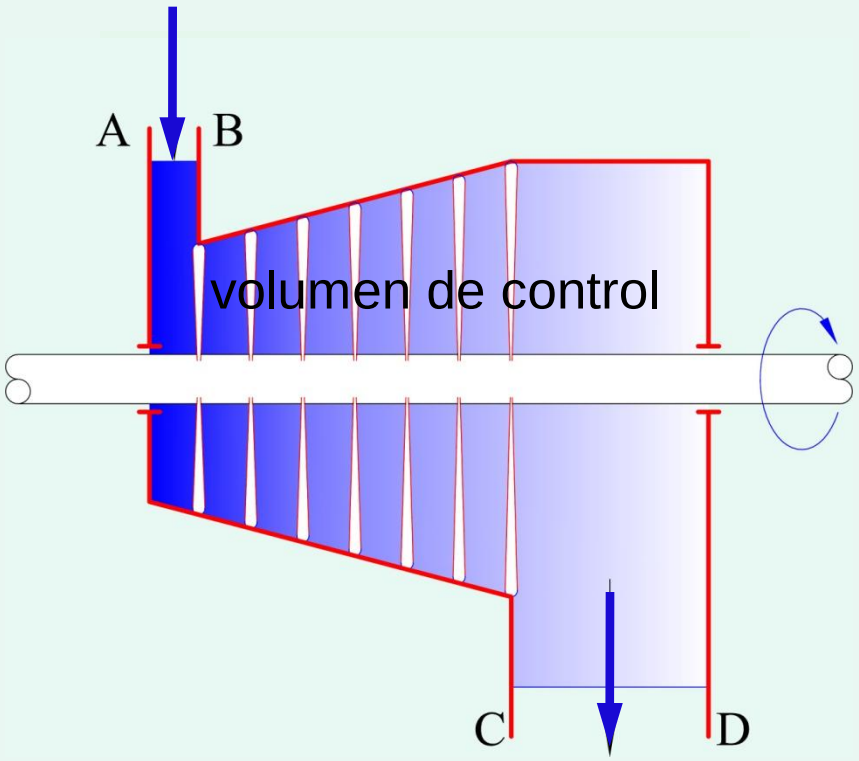
Es aquel cuya masa no varía durante un cambio de situación; por ejemplo, cuando el émbolo pasa de la posición I a la posición II.



Sistema abierto, o flujo

Es aquel que fluye con relación a un contorno.





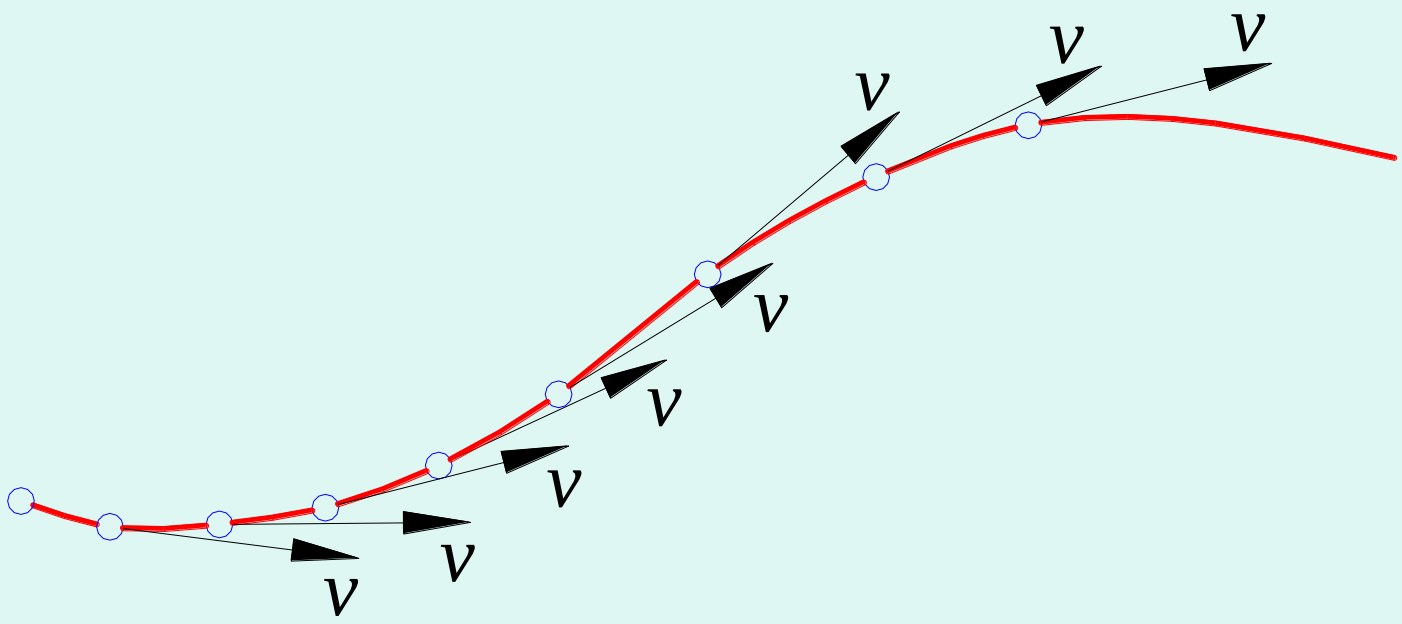
FLUJO

Sección transversal

La que es perpendicular al eje de simetría del flujo.

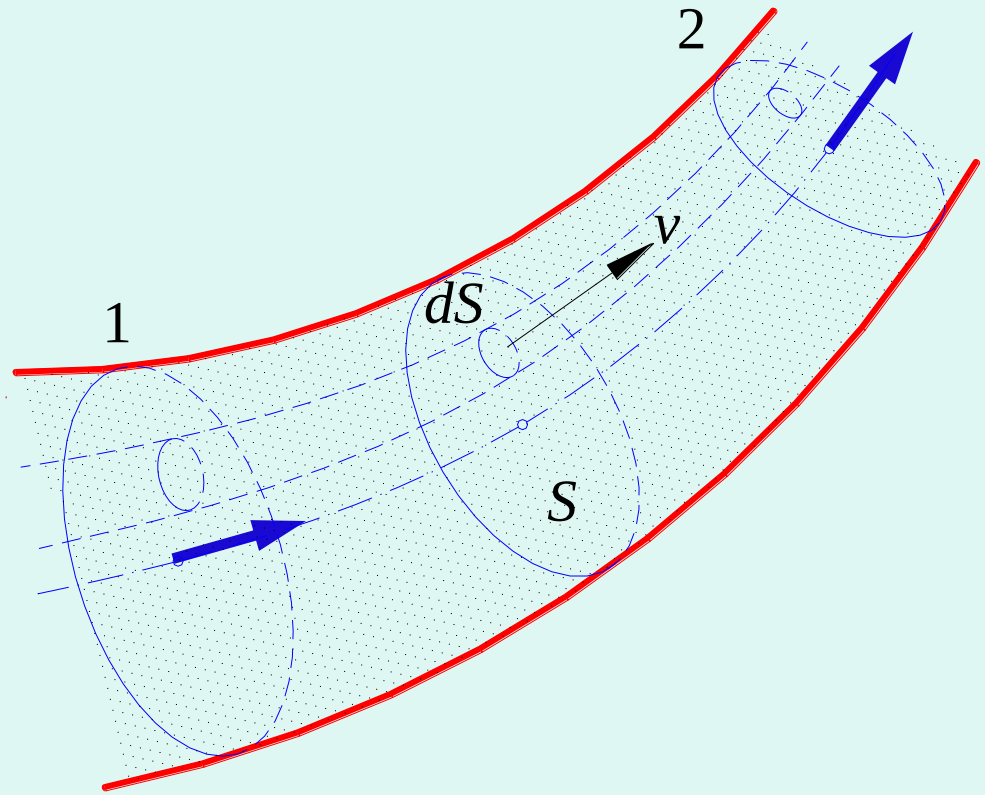
Línea de flujo

La formada por la posición ***instantánea*** de una serie de partículas, que forman como un hilo; cada partícula ha de estar en la dirección del vector velocidad de la anterior.



Tubo de flujo

Una superficie (***dS***, por ejemplo) está rodeada por líneas de flujo que formarán una superficie tubular (como una tripa). Al fluido que circula en su interior se le llama ***tubo de flujo.***

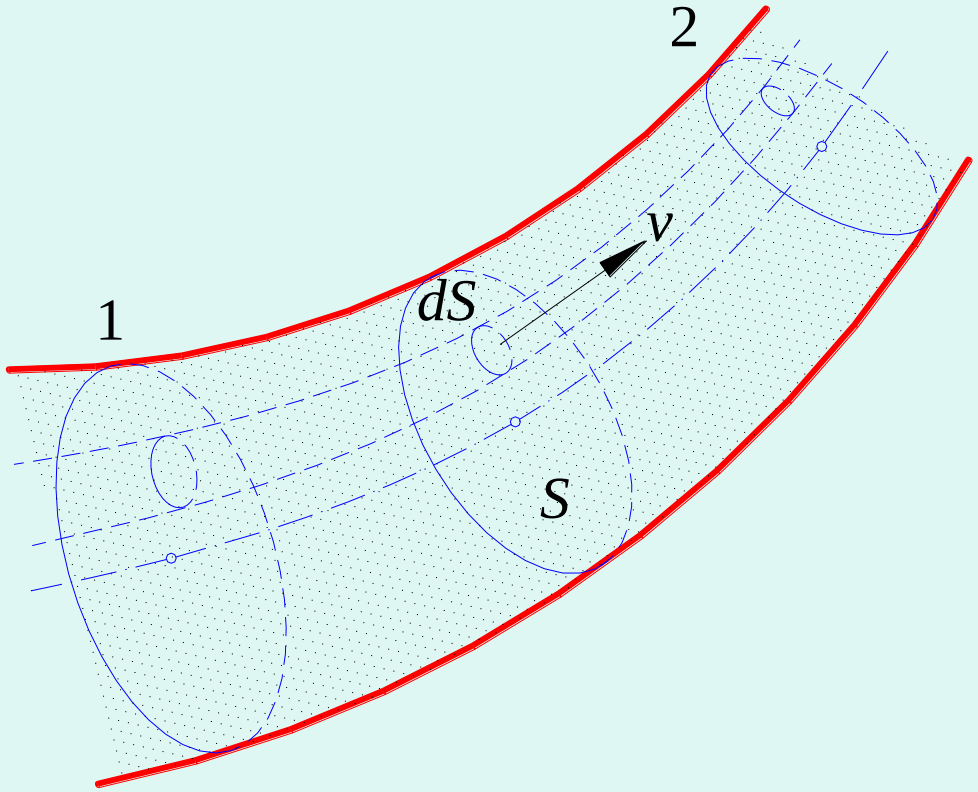


Caudal

Llamamos ***caudal*** (volumétrico) ***Q*** al volumen de fluido que atraviesa una sección en la unidad de tiempo, y ***caudal másico*** $\dot{m}$ a la masa correspondiente: $\dot{m} = \rho \cdot Q$

$$dQ = v \cdot dS$$

$$Q = \int_S v \cdot dS$$

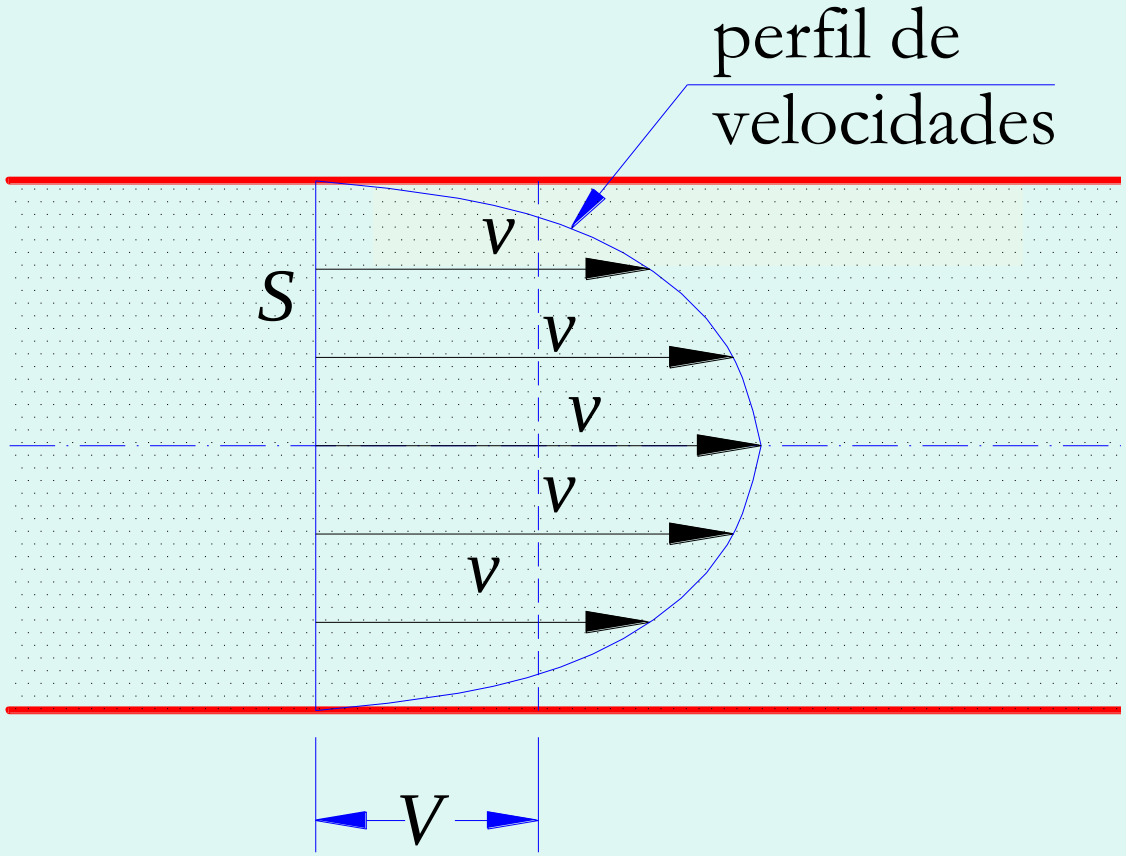


En función de la velocidad media *V*

$$dQ = v \cdot dS$$

$$Q = \int_S v \cdot dS$$

$$\boxed{Q = V \cdot S}$$



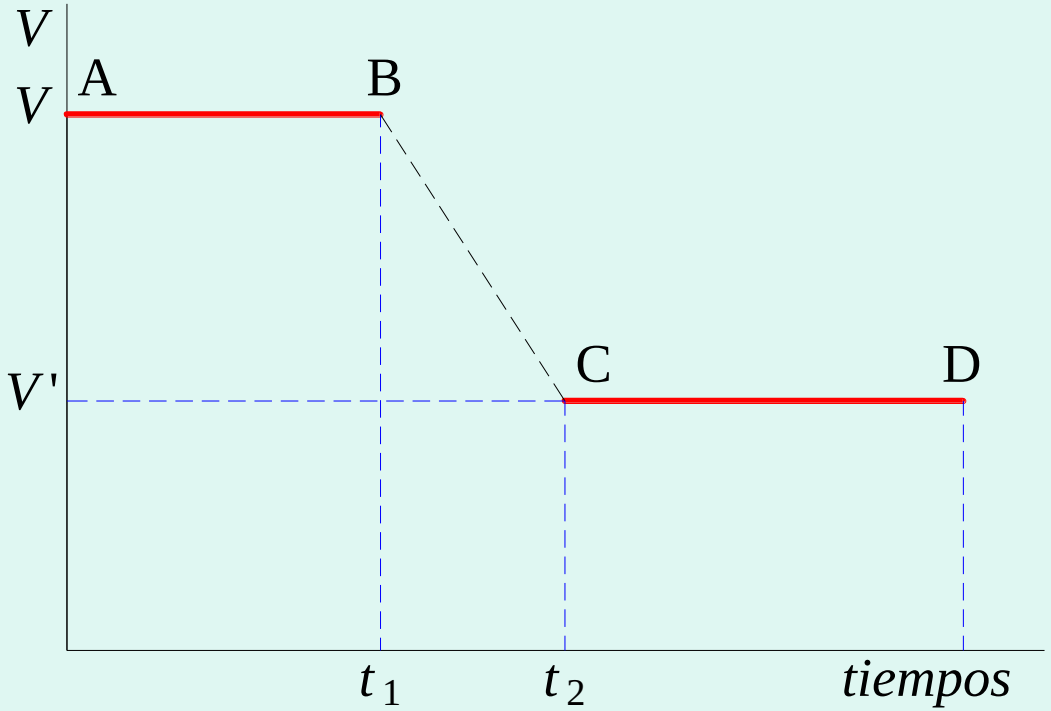
Clasificaciones de flujo

- ***Permanente, o estacionario***

Las características medias no varían con el tiempo **(AB y CD).**

- ***Variable, o transitorio***

Varían con el tiempo **(BC)**; por ejemplo, cuando maniobramos una válvula.



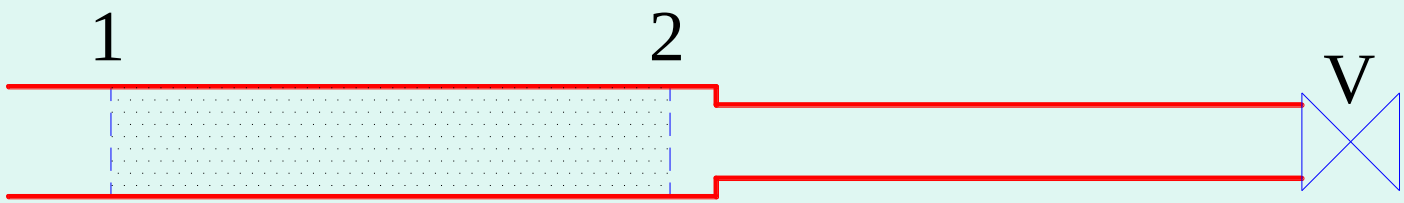
Clasificaciones de flujo

- ***Uniforme***

La velocidad no varía en el trayecto **(entre 1 y 2).**

- ***No uniforme***

Cuando sí varía **(entre 2 y V).**



Clasificaciones de flujo

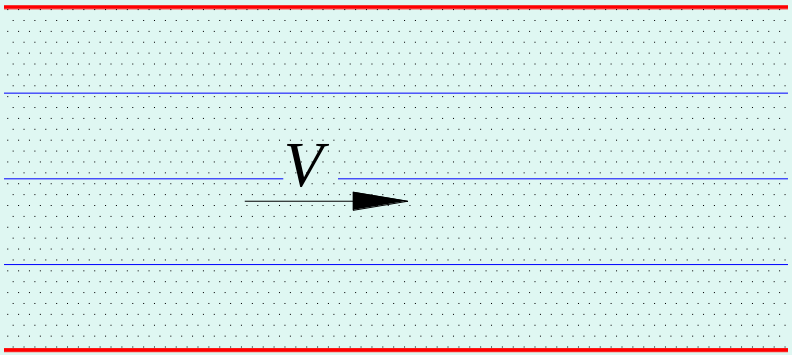
- ***Laminar***

Flujo ordenado

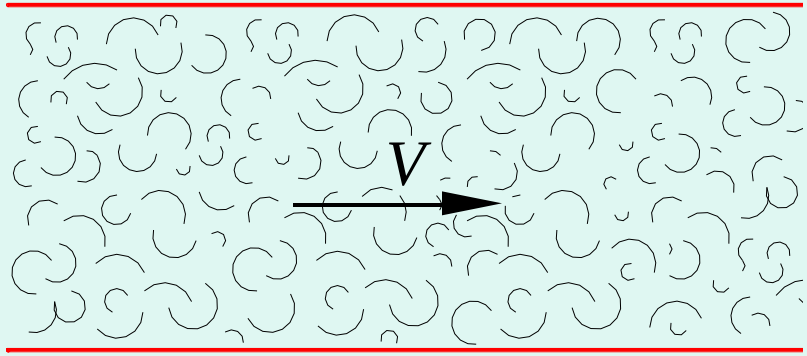
- ***Turbulento***

Flujo desordenado

laminar



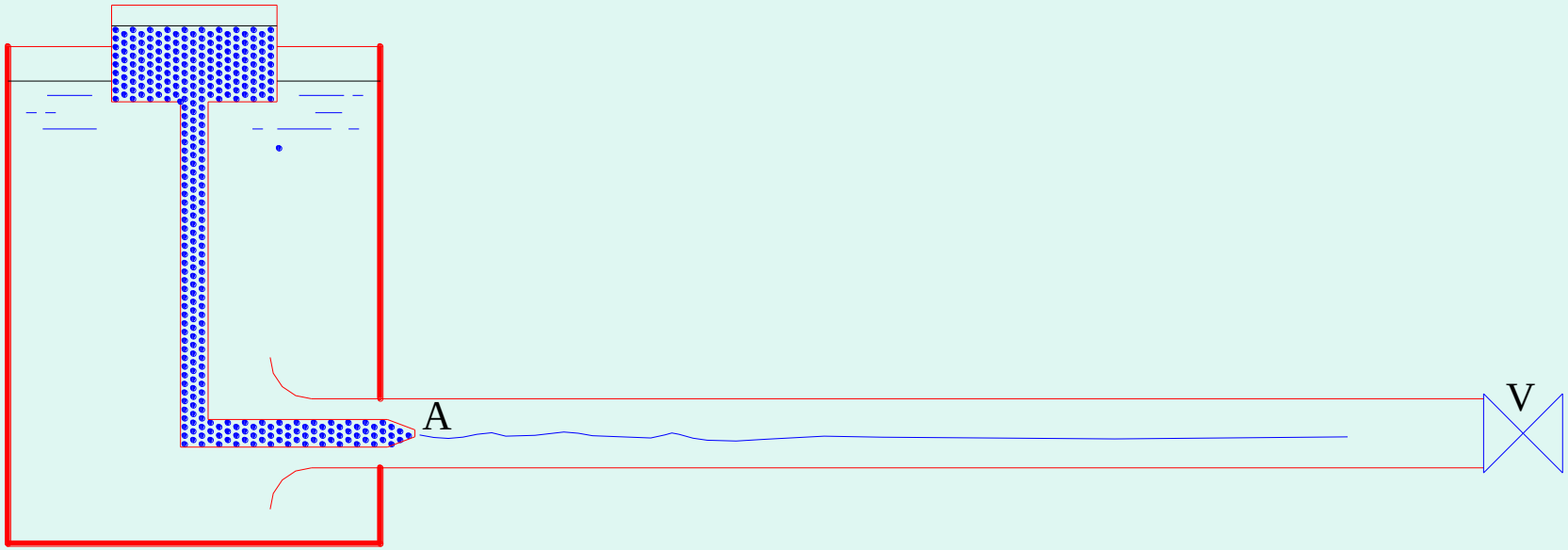
turbulento



Experimento de Reynolds

Ensayó en qué situación el régimen en una tubería circular pasaba de laminar a turbulento, que es cuando dejaba de visualizarse la línea teñida a su paso por A.

Más adelante veremos cuándo ocurre esto.



Osborne Reynolds
Belfast (1842-1912)

PROPIEDADES DE UN FLUIDO

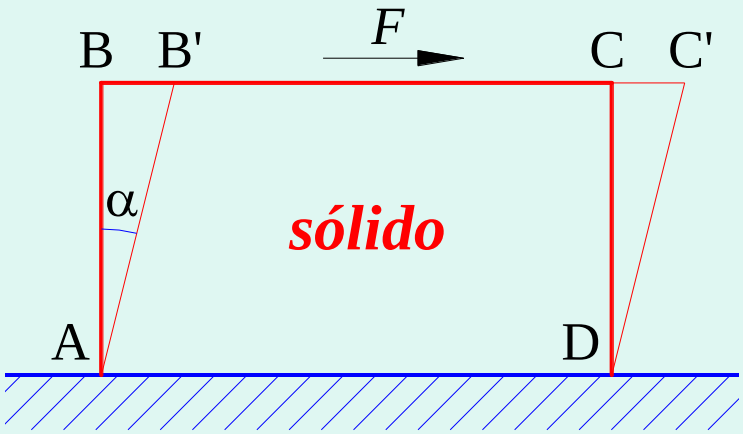
Propiedades de un fluido son aquellas magnitudes físicas cuyo valor nos define el estado en que se encuentra.

Son propiedades la presión, la temperatura (común a todas las sustancias), la densidad, la viscosidad, la elasticidad, la tensión superficial, etc.

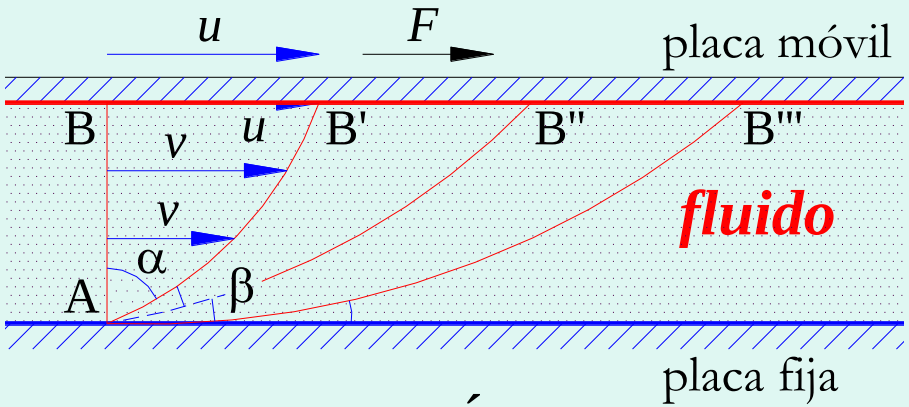
Definición de un fluido

Un fluido es una sustancia que se deforma continuamente ***(ángulo α)*** *cuando se le aplica un esfuerzo tangencial por pequeño que sea.*

Con un ***dF***, la placa se movería a una velocidad ***du.***



α constante



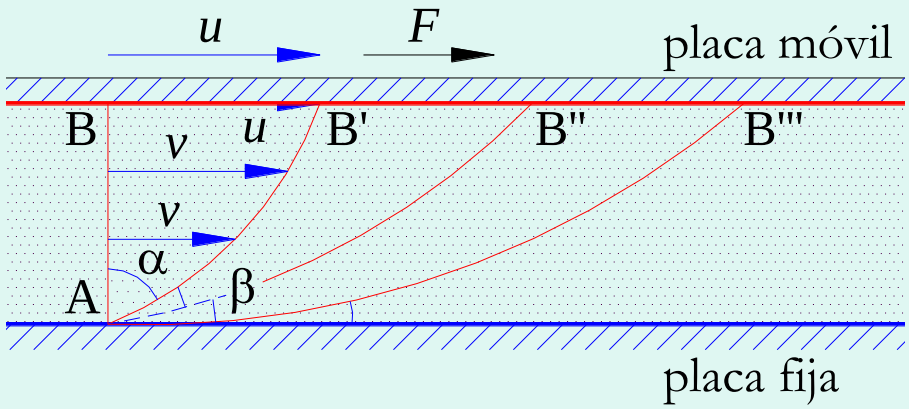
α varía

Viscosidad

Viscosidad **(μ)** *de un fluido es la resistencia a que las distintas láminas deslicen entre sí.*

Ley de Newton de la viscosidad

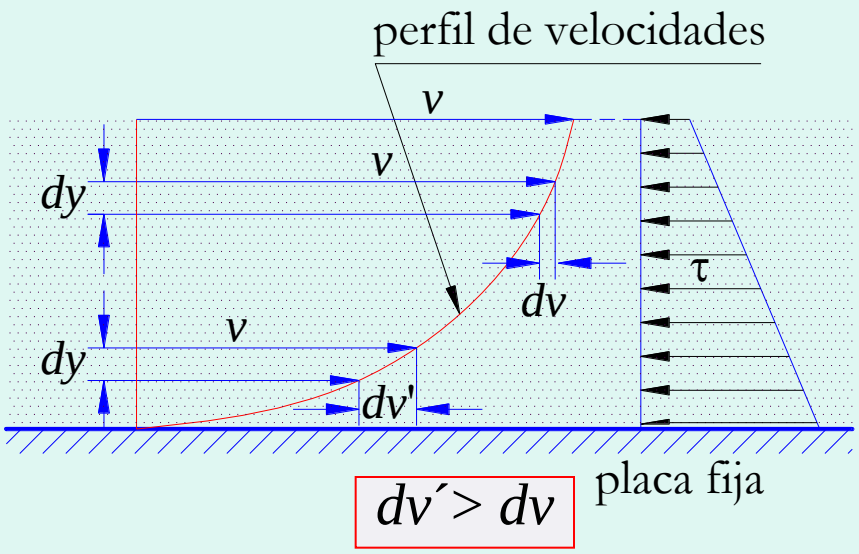
La resistencia debida a la viscosidad depende, además, de la variación de velocidad entre las capas: ***velocidad de deformación (dv/dy).*** No es lo mismo intentar sacar una cuchara de un tarro de miel despacio que rápido (mayor resistencia).

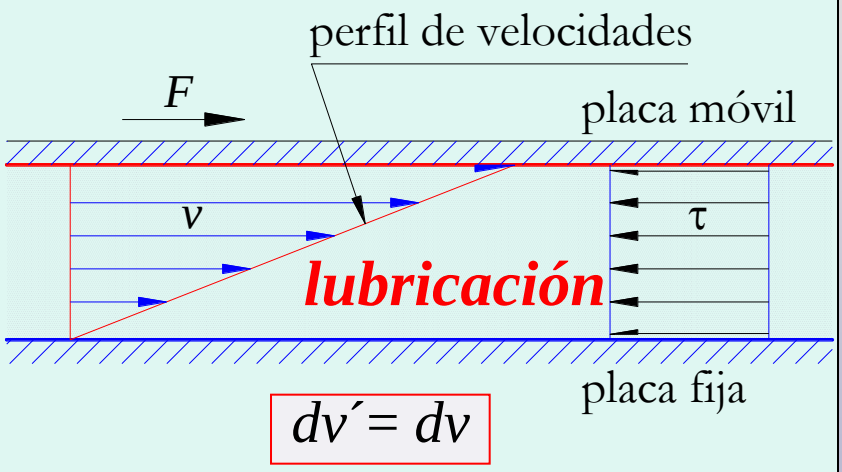


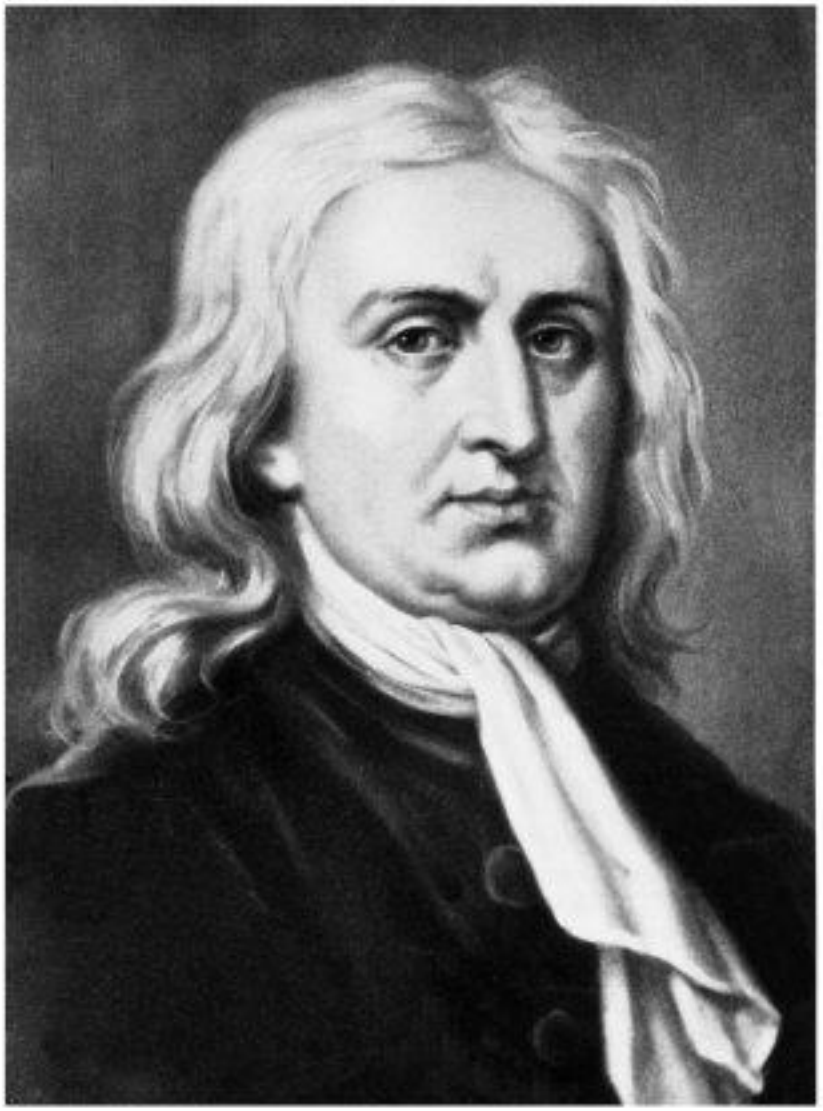
Esfuerzo cortante τ

A dicha resistencia, por ***unidad de superficie***, que aparece entre dos láminas deslizantes, cuya variación de velocidad es ***dv*** y su separación ***dy*** es lo que se llama ***esfuerzo cortante*:**

$$\tau = \mu \cdot \frac{dv}{dy} \quad \textbf{(ley de Newton)}$$







Isaac Newton

(Inglaterra 1643-1716)

Unidades de viscosidad dinámica en el S.I.

$$\mu = \tau \cdot \frac{dy}{dv} \quad \mathrm{N\,s/m^2}$$

o bien (1 N = 1 kg m/s^2),

$$\mu = \tau \cdot \frac{dy}{dv} \quad \mathrm{kg/(m\,s)}$$

Viscosidad cinemática, ν

Por definición es el cociente entre la ***viscosidad absoluta*** y la ***densidad***:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

En el S.I. de Unidades:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}\ \frac{\mathrm{kg/(m\,s)}}{\mathrm{kg/m^3}} = \frac{\mu}{\rho}\ \mathrm{m^2/s}$$

En grados Engler (ºE):

$$\nu = 10^{-8} \cdot \left(731 \cdot {}^{o}\mathrm{E} - \frac{631}{{}^{o}\mathrm{E}} \right) \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}}$$

En números SAE:

A la temperatura de 50 ºC,

SAE	10	20	30	40	50	60
ºE	3 ÷ 5	5 ÷ 7	7 ÷ 9	9 ÷ 12	12 ÷ 19	19 ÷ 27

Ver diagramas I y II, y tablas 4 (agua) y 5 (aire).

TABLA 4. Propiedades físicas del agua a 1 bar

temperatura t °C	densidad ρ kg/m³	módulo elasticidad $K \cdot 10^{-9}$ N/m²	viscosidad dinámica $\mu \cdot 10^3$ N·s/m²	viscosidad cinemática $\nu \cdot 10^6$ m²/s	tensión superficial σ N/m	presión de vapor p_s kPa
0	999,8	1,98	1,781	1,785	0,0756	0,61
5	1000,0	2,05	1,518	1,519	0,0749	0,87
10	999,7	2,10	1,307	1,306	0,0742	1,23
15	999,1	2,15	1,139	1,140	0,0735	1,70
20	998,2	2,17	1,002	1,003	0,0728	2,34
25	997,0	2,22	0,890	0,893	0,0720	3,17
30	995,7	2,25	0,798	0,800	0,0712	4,24
40	992,2	2,28	0,653	0,658	0,0696	7,38
50	988,0	2,29	0,547	0,553	0,0679	12,33
60	983,2	2,28	0,466	0,474	0,0662	19,92
70	977,8	2,25	0,404	0,413	0,0644	31,16
80	971,8	2,20	0,354	0,364	0,0626	47,34
90	965,3	2,14	0,315	0,326	0,0608	70,10
100	958,4	2,07	0,282	0,294	0,0589	101,33

TABLA 5. Propiedades del aire a distintas altitudes

altitud H km	temperatura t °C	presión absoluta p_a kPa	densidad ρ kg/m³	viscosidad dinámica $\mu \cdot 10^5$ N·s/m²	viscosidad cinemática $\nu \cdot 10^4$ m²/s
0	15,00	101,33	1,225	1,789	0,146
2	2,00	79,50	1,007	1,726	0,171
4	-4,49	70,12	0,909	1,661	0,183
6	-23,96	47,22	0,660	1,595	0,242
8	-36,94	35,65	0,526	1,527	0,290
10	-49,90	26,50	0,414	1,458	0,352
12	-56,50	19,40	0,312	1,422	0,456
14	-56,50	14,17	0,228	1,422	0,624
16	-56,50	10,35	0,166	1,422	0,857
18	-56,50	7,57	0,122	1,422	1,166
20	-56,50	5,53	0,089	1,422	1,598
22	-54,58	4,05	0,065	1,432	2,203
24	-52,59	2,97	0,047	1,443	3,070
26	-50,61	2,19	0,034	1,454	4,276
28	-48,62	1,62	0,025	1,465	5,860
30	-46,64	1,20	0,018	1,475	8,194

DIAGRAMA I.
Viscosidad dinámica de algunos fluidos para $p = 1$ bar

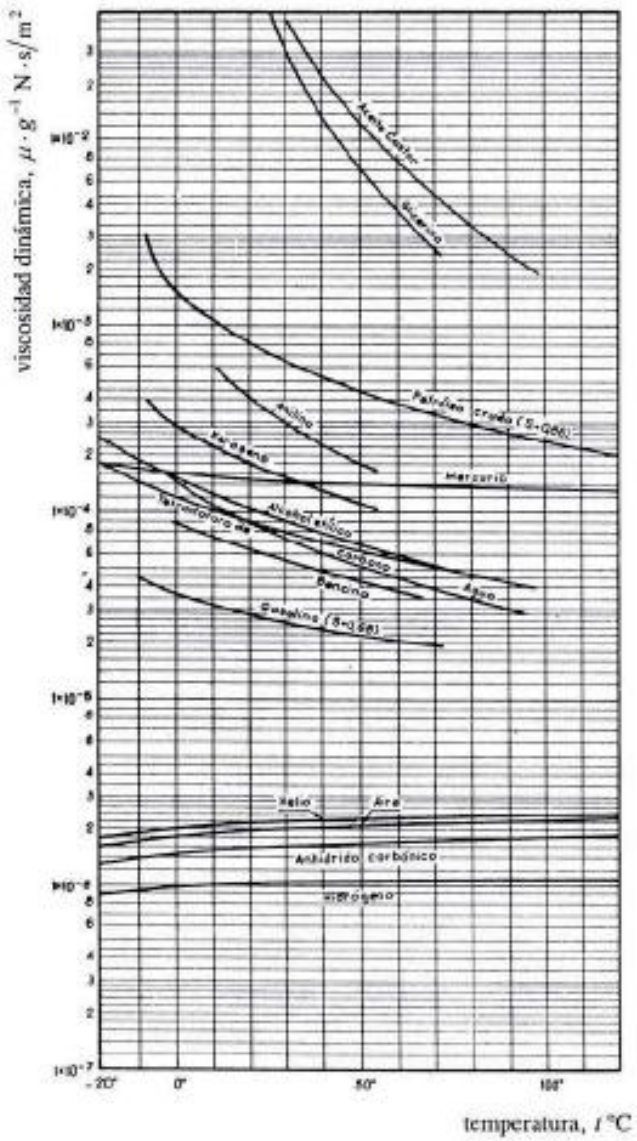
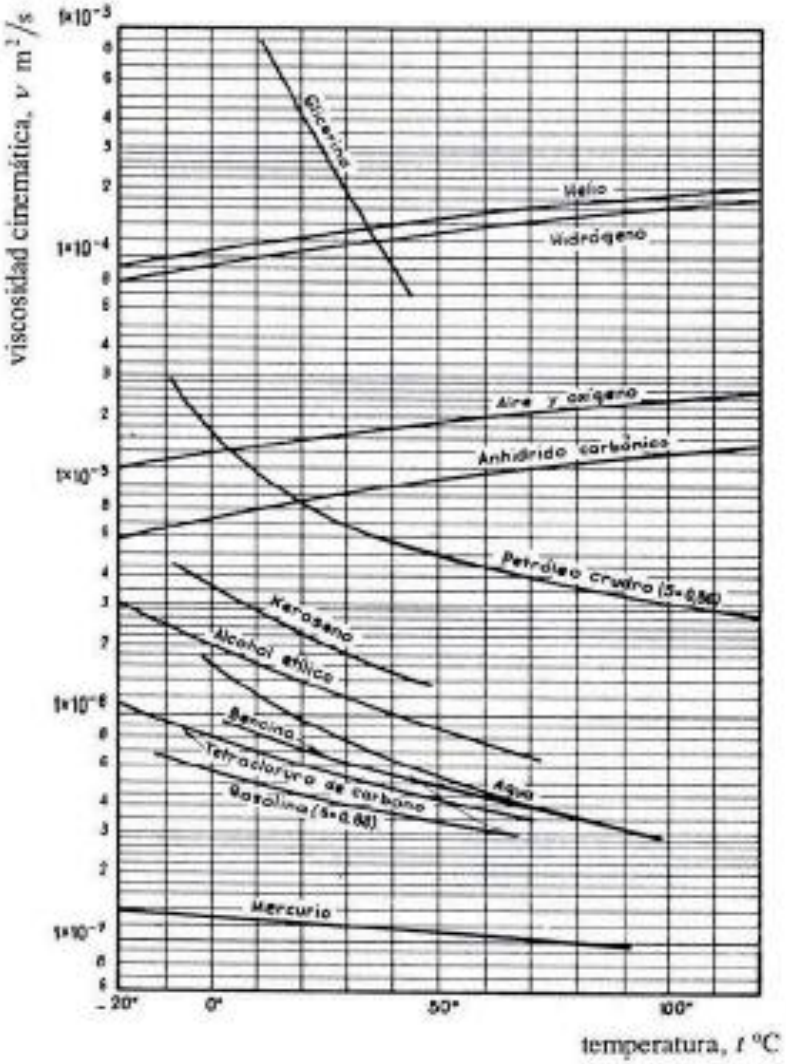


DIAGRAMA II.
Viscosidad cinemática de algunos fluidos para $p = 1$ bar



Causas de la viscosidad

- ***Cohesión molecular***
- ***Intercambio de cantidad de movimiento***

La viscosidad en los líquidos se debe a la ***cohesión***, y en los gases al ***intercambio de cantidad de movimiento***.

La ***cohesión*** y por tanto la viscosidad de un líquido disminuye al aumentar la temperatura. Por el contrario, la ***actividad molecular*** y en consecuencia la viscosidad de un gas aumenta con ella.

alta viscosidad

Agua: baja viscosidad

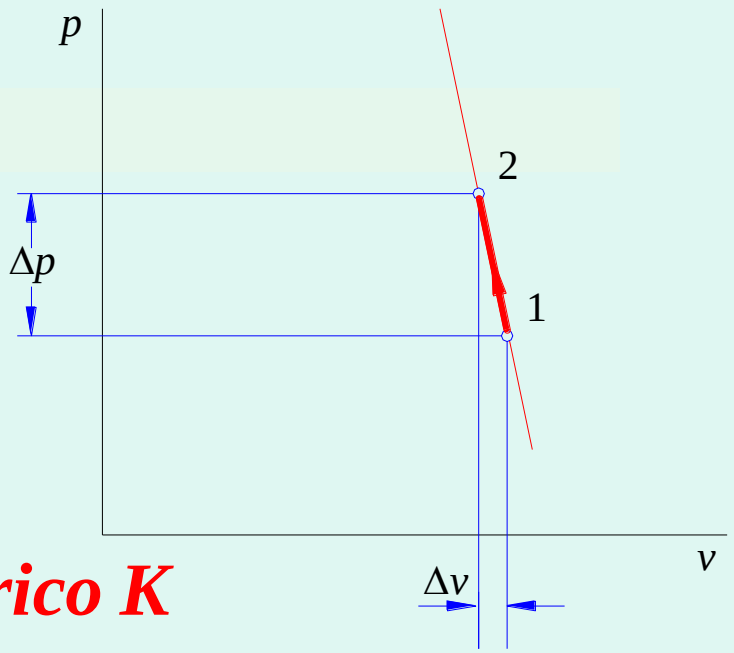
Aire: baja viscosidad

COMPRESIBILIDAD

Coeficiente de compresibilidad κ

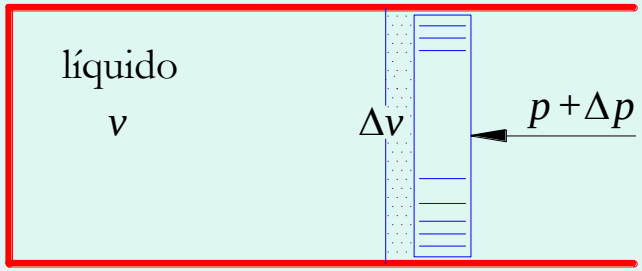
Líquidos: $\kappa = -\frac{1}{v} \cdot \frac{\Delta v}{\Delta p}$

Gases: $\kappa = -\frac{1}{v} \cdot \frac{dv}{dp}$



Módulo de elasticidad volumétrico K

$$K = -v \cdot \frac{\Delta p}{\Delta v}$$



Presión y temperatura de saturación

$$t_s = t(p_s)$$

En instalaciones hidráulicas hay situaciones en las que la presión del agua puede disminuir tanto, que llega a hervir.

En una olla a presión el agua hierve a mayor temperatura; por eso la cocción es más rápida.

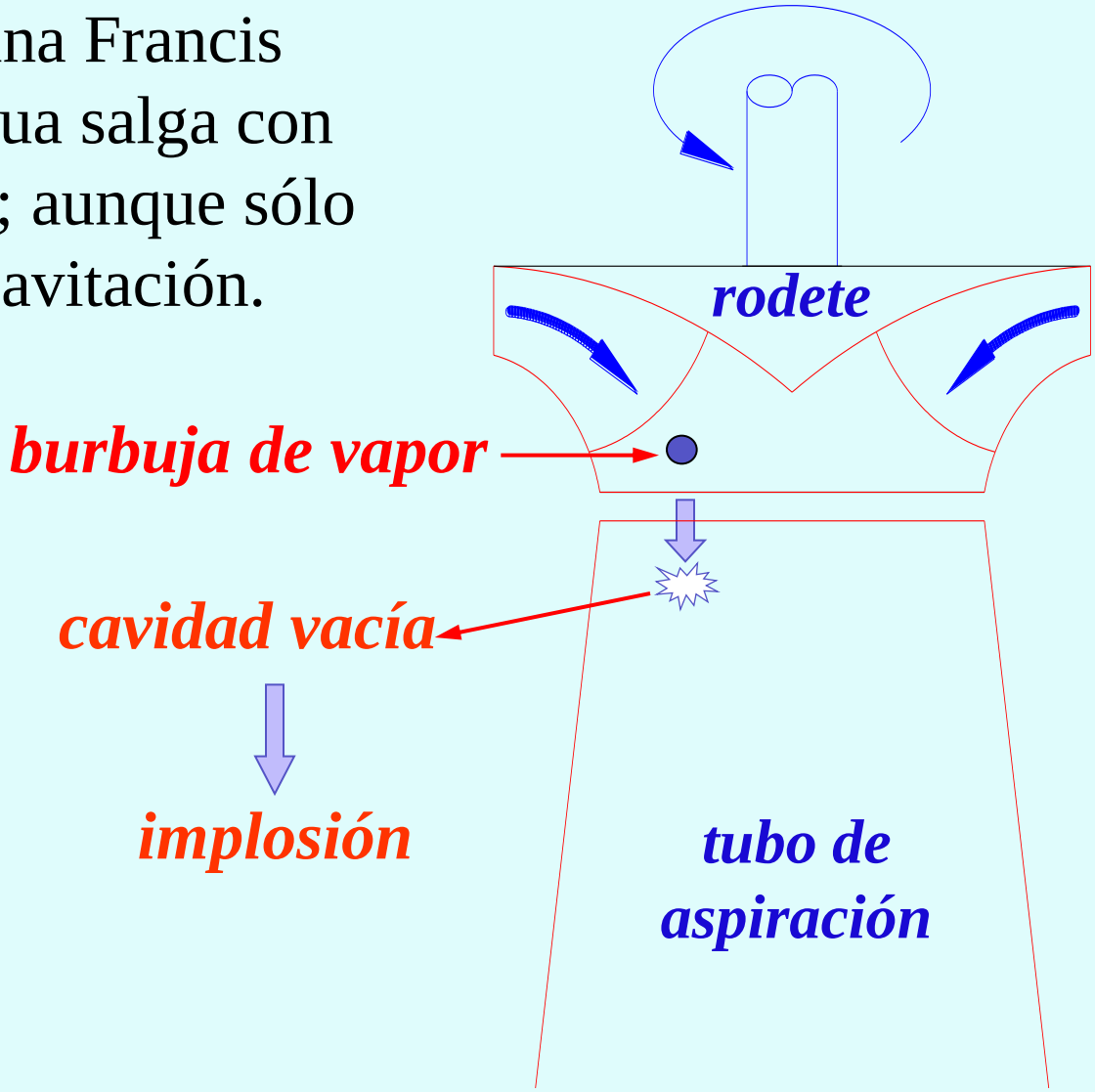
Agua

ps bar	*ts* ºC
0,01	7
1	100
2	120
20	212
40	250
60	276
80	295
100	311
150	342
200	366
220	374

Cavitación

La burbujas de vapor de agua, si se formaran, llegan a zonas de mayor presión, y el vapor se condensa bruscamente. Quedan unas cavidades vacías que son rellenadas con ímpetu por el agua que las envuelve (se han llegado a medir hasta el millar de atmósferas). Sólo duran milésimas de segundo; serían como picotazos que reciben las paredes, que serían corroídas en muy poco tiempo.

Por ejemplo, a la salida del rodete de una turbina Francis conviene que el agua salga con bastante depresión; aunque sólo hasta el límite de cavitación.



corrosión por cavitación

Cavitation damages

www.cheresources.com , *The Chemical Engineer's Resource Page*

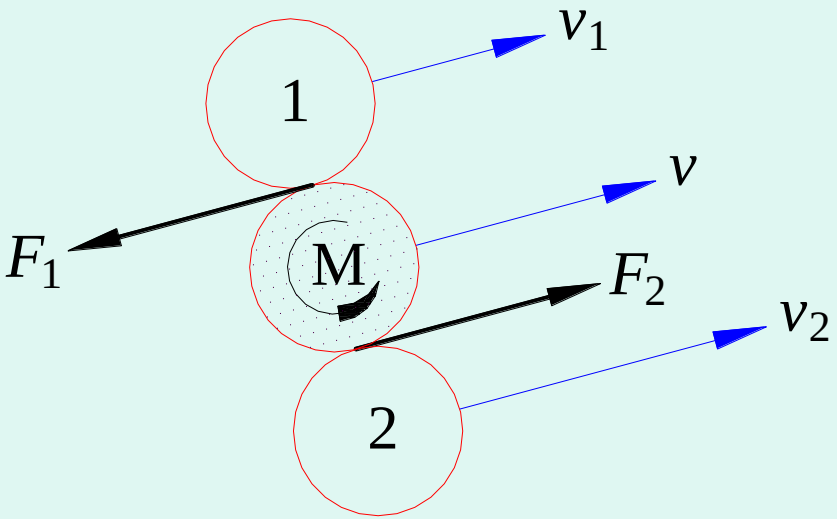
Erosión por cavitación

Cavitación en bombas hélice

VISCOSIDAD DE TURBULENCIA

Sobre cada partícula **(M)**, actúa un par de fuerzas originado por las partículas **1** y **2**. Si el par es pequeño respecto de la viscosidad del fluido, las partículas no giran: flujo ***laminar.*** De lo contrario, hay giro: flujo ***turbulento.*** Aparece un efecto similar a la viscosidad en los gases: ***viscosidad aparente*** y/o ***viscosidad de turbulencia*** **(η)**, que lógicamente no es una propiedad del fluido:

$$\tau = (\mu + \eta) \cdot \frac{dv}{dy}$$



MECÁNICA DE FLUIDOS

PROPIEDADES Y DEFINICIONES