Módulo 3: Fluidos reales

Fluidos reales

Según la ecuación de Bernouilli, si un fluido fluye estacionariamente (velocidad constante) por una tubería horizontal estrecha y de sección transversal constante, la presión será constante a lo largo de la tubería.

Esto es cierto para fluidos ideales

Pero no para un fluido real

Fluidos reales

Imaginemos agua fluyendo por una manguera

En realidad hay una resistencia o fuerza de frenado que ejercen las paredes interiores de la manguera sobre las capas del fuido que están en contacto con ellas

Y además está la fuerza de arrastre que ejerce cada capa de fluido sobre la adyacente que se está moviendo con distinta velocidad

3

Fluidos reales

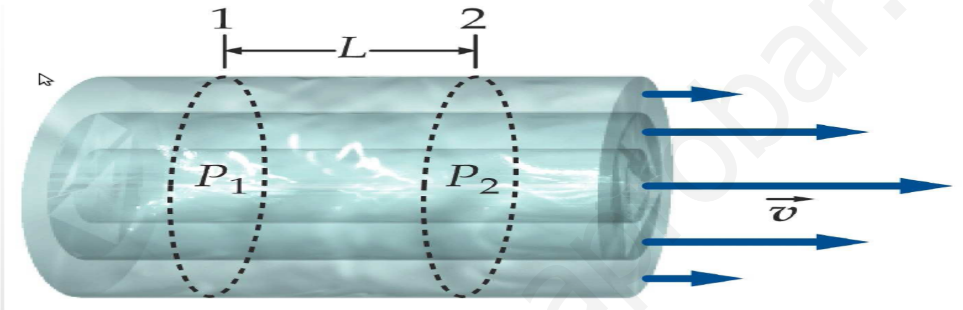
Estas fuerzas de arrastre o de resistencia se llaman **fuerzas viscosas**

Y para vencer estas fuerzas de resistencia se necesita una diferencia de presión (una fuerza), por lo que en realidad la presión no es constante.

4

Fluidos reales

Sea P_1 la presión en el punto 1, y P_2 la presión en el punto 2 a la distancia L, siguiendo la dirección de la corriente.

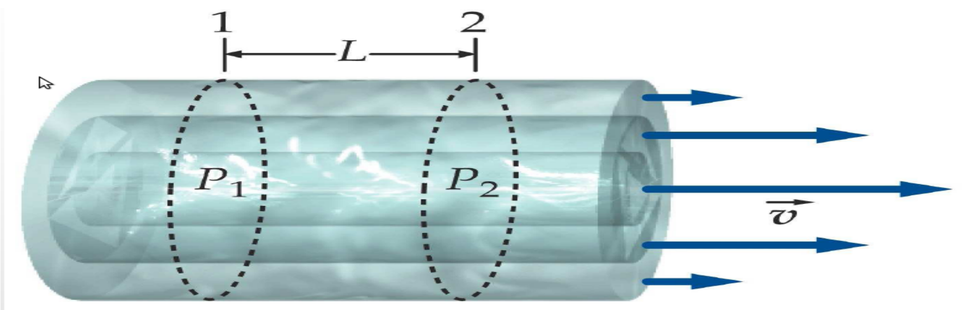


Fluidos reales

La caída de presión $\Delta P = P_1 - P_2$ es proporcional al caudal Iv:

$$\Delta P = P_1 - P_2 = I_v R$$

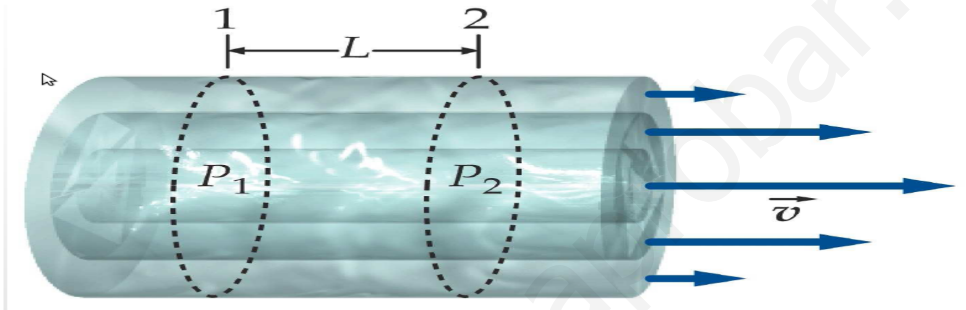
La constante de proporcionalidad R es la resistencia al flujo, que depende de la longitud L del tubo, de su radio r y de la viscosidad del fluido (que ahora veremos)



Fluidos reales

Y ocurre que la velocidad es mayor cerca de su centro, y menor cerca de sus bordes, en donde el fluido está en contacto con las paredes

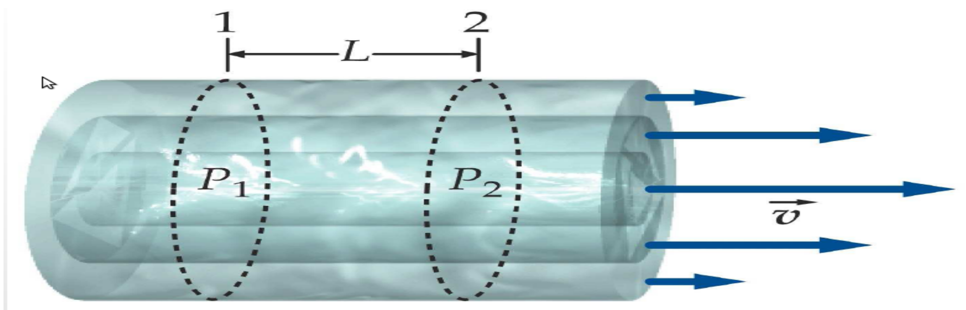
Fijarse en las líneas de flujo



En resumen...

En resumen, cuando un fluido viscoso fluye por una tubería, su **velocidad** es mayor en el centro que en las proximidades de las paredes.

Además se manifiesta una **caída de presión**, según nos desplazamos en la dirección del flujo.



Ejemplo

Cuando la sangre fluye procedente de la aorta a través de las arterias principales, las arteriolas, los capilares y las venas, hasta la aurícula derecha, la presión (manométrica) desciende desde 100 torr aproximadamente a cero. Si el caudal es de 0.8 l/s, hallar la resistencia total del sistema circulatorio.

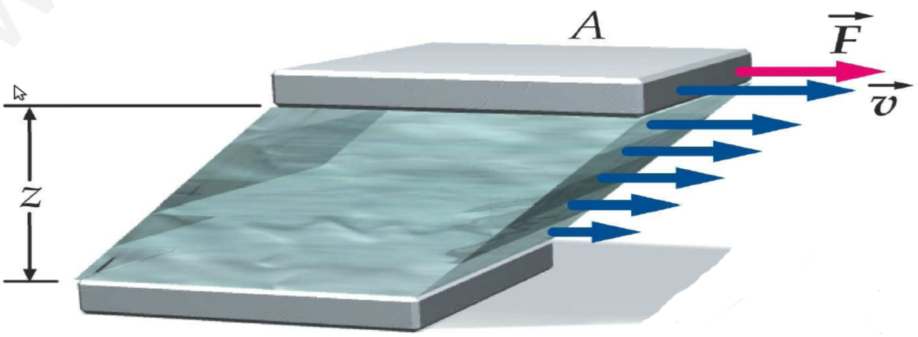
Solución: 16665,29 kPa·s/m³

9

Coeficiente de viscosidad

El rozamiento en el movimiento de los fluidos se cuantifica a través del concepto de viscosidad, η

Imaginemos un fluido confinado entre dos placas paralelas de área A y separadas por una distancia z

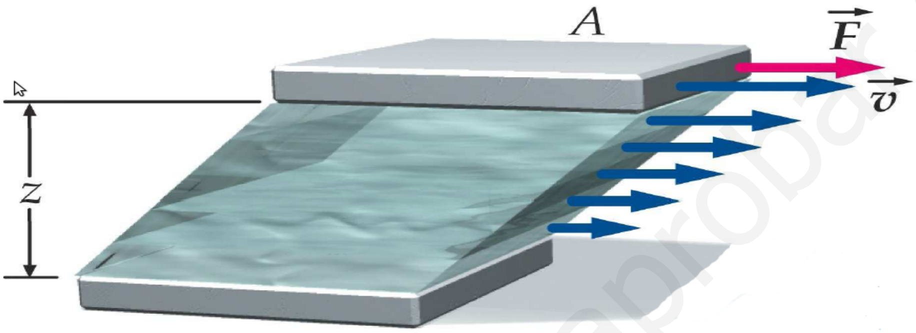


10

Coeficiente de viscosidad

Manteniendo la placa inferior en reposo se tira de la palanca superior con velocidad constante v y mediante una fuerza F.

Notar que el fluido próximo a la placa superior ejerce una fuerza viscosa de resistencia que se opone al movimiento.



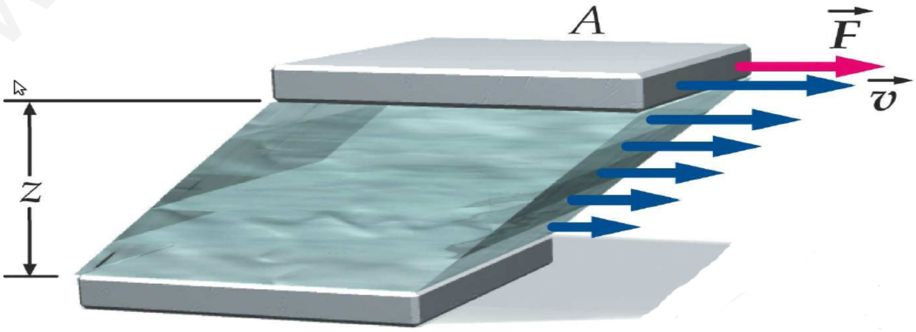
11

Coeficiente de viscosidad

El coeficiente de viscosidad, η se define como:

$$\frac{F}{A} = \frac{\eta \cdot v}{z}$$

Siendo z la separación entre las placas, v la velocidad, F la fuerza ejercida y A el área de las placas



12

Unidades del coeficiente de viscosidad

El coeficiente de viscosidad tiene unidades de N·s/m2

También se usa la unidad del sistema cgs llamada poise (1 poise=1 dina/cm2)

1 Pa·s=10 poise

En la siguiente tabla se pueden ver los coeficientes de viscosidad de algunos fluidos

13

Coeficientes de viscosidad

Coeficiente de viscosidad

	Temperatura ºC	η mPa · s
Aire	20	0,018
Agua	0 20 60	1,8 1,0 0,65
Sangre	37	4,0
Aceite motor	30	200
Glicerina	0 20 60	10.000 1.410 81

Ley de Poiseuille

Da la relación entre la constante R y el coeficiente de viscosidad

La resistencia R a la circulación de un fluido en un tubo circular de radio r es:

$$R = \frac{8\eta L}{\pi r^4}$$

15

Ley de Poiseuille

Y de aquí se puede calcular la caída de presión en una longitud L de un tubo circular de radio r:

$$\Delta P = P_1 - P_2 = \frac{8\eta L}{\pi r^4} I_v$$

Esta ecuación es la **ley de Poiseuille**

16

Ley de Poiseuille

¡Ojo! Es inversamente proporcional a r^4

Si se divide por la mitad el radio del tubo, la caída de presión aumenta en un factor de 16

O dicho de otra forma, se necesita una presión 16 veces mayor para impulsar el fluido a través del tubo con el mismo flujo

Por ello, si por alguna razón se reduce el diámetro de los vasos sanguíneos, o bien el flujo disminuye mucho o bien la presión sanguínea debe subir para mantener el mismo flujo de volumen

17

Ley de Poiseuille

Y por eso achicamos el extremo de una manguera cuando queremos aumentar la presión de riego

18

Ejemplo

Por un tubo horizontal con un diámetro interior de 1.2 mm y una longitud de 25 cm circula agua con un flujo de 0.3 ml/s. Hallar la diferencia de presiones que se necesita para impulsar el agua si su viscosidad es de 10^{-3} Pa·s. Supóngase que el flujo es laminar.

19

Turbulencia

Cuando la velocidad de flujo de un fluido resulta suficientemente grande, se rompe el flujo laminar y se establece la turbulencia

La velocidad crítica por encima de la cual el flujo a través de un tubo resulta turbulenta depende de la densidad y de la viscosidad del fluido y del radio del tubo

20

Turbulencia

El flujo de un fluido puede caracterizarse mediante un número adimensional N_R denominado **número de Reynolds**

Se define de la siguiente forma:

$$N_R = \frac{2rv\rho}{\eta}$$

En donde v es la velocidad media del fluido.

21

Turbulencia

Se ha comprobado experimentalmente que el flujo será laminar si el número de Reynolds es inferior a 2000 aproximadamente

Y será turbulento si sobrepasa los 3000

Entre estos valores el flujo es inestable y puede variar de un tipo de flujo a otro

22

Ejemplo

Calcular el número de Reynolds para la sangre que circula a 30 cm/s por una aorta de 1.0 cm de radio. Suponer que la sangre tiene una viscosidad de $4 \cdot 10^{-3}$ Pa·s y una densidad de 1060 kg/m^3

Solución: N_R=1590, luego el flujo será laminar y no turbulento.

23