

# Conceptos Básicos y Fundamentos de la Mecánica de Fluidos

Cinemática, viscosidad, fluidos Newtonianos y no Newtonianos,  
números adimensionales aplicado a los biofluidos

Jhon Gesell Villanueva Portella<sup>1</sup> & Juan Manuel Zuñiga Mamani<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Ciencias Físicas.  
Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Mecánica.  
Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica

10 de abril de 2020



# Contenido

## 1 Sección N01

- 01. Conceptos básicos de la mecánica de fluidos
  - 01.01. Introducción
  - 01.02. Condición de no-deslizamiento
  - 01.03. Breve historia de la mecánica de fluidos
  - 01.04. Clasificación de los flujos de fluidos
  - 01.05. Sistema de volumen de control
  - 01.06. Importancia de las dimensiones y unidades
  - 01.07. Paquetes de software para ingeniería - CFD

## 2 Sección N02

- 2. Fundamentos de la mecánica de fluidos
  - 2.1. Cinemática
  - 2.2. Viscosidad
  - 2.3. Fluidos Newtonianos
  - 2.4. Fluidos No-Newtonianos
  - 2.5. Números adimensionales aplicados a los biofluidos

# Introducción 01/02

La mecánica es la ciencia física más antigua que trata tanto de los cuerpos en reposo como de aquellos en movimiento bajo la influencia de fuerzas. La rama de la mecánica que trata los cuerpos en reposo se llama estática, y la que trata de los cuerpos en movimiento se llama dinámica. La subcategoría de fluidos se define como la ciencia que estudia el comportamiento de los fluidos en reposo (estática de fluidos) o en movimiento (dinámica de fluidos).

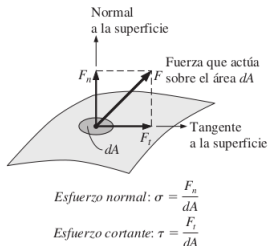


# ¿Qué es un fluido? 01/06

Una sustancia en la fase líquida o en la gaseosa se conoce como fluido. La diferencia entre un sólido y un fluido se establece con base en la capacidad de la sustancia para oponer resistencia a un esfuerzo cortante (o tangencial) aplicado que tiende a cambiar su forma.



# ¿Qué es un fluido? 03/06

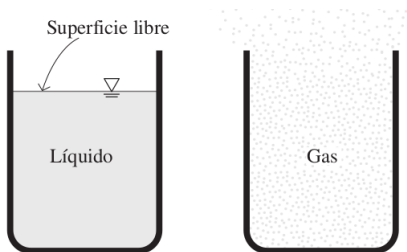


**Figura:** Esfuerzo normal y esfuerzo cortante en la superficie de un elemento de fluido. Para los fluidos en reposo, el esfuerzo cortante es cero y la presión es el único esfuerzo normal.

Imagen tomada de Fundamentos y Aplicaciones de Mecánica de Fluidos de Yunus Cengel y John Cimbala.



# ¿Qué es un fluido? 04/06

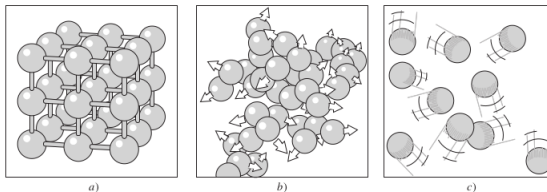


**Figura:** A diferencia de un líquido, un gas no forma una superficie libre y se expande hasta llenar todo el espacio del que dispone.

Imagen tomada de Fundamentos y Aplicaciones de Mecánica de Fluidos de Yunus Cengel y John Cimbala.



# ¿Qué es un fluido? 05/06

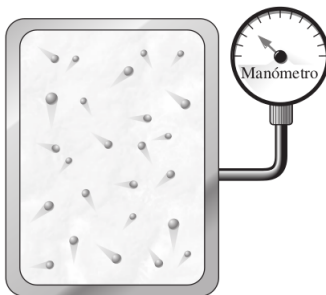


**Figura:** a) las moléculas se encuentran en posiciones relativamente fijas en un sólido, b) grupos de moléculas se mueven unos respecto a otros en la fase líquida y c) las moléculas se mueven en todas las direcciones al azar en la fase gaseosa.

Imagen tomada de Fundamentos y Aplicaciones de Mecánica de Fluidos de Yunus Cengel y John Cimbala.



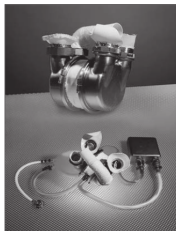
# ¿Qué es un fluido? 06/06



**Figura:** En una escala microscópica, la presión se determina por la interacción de las moléculas del gas por separado. Sin embargo, se puede medir la presión a una escala macroscópica con un manómetro.



## Áreas de aplicación de la mecánica de fluidos 02/03



**Figura:** La dinámica de fluidos se usa frecuentemente en el diseño de corazones artificiales. Aquí se muestra el corazón artificial de Penn State Total Electric.

Imagen tomada de Fundamentos y Aplicaciones de Mecánica de Fluidos de Yunus Cengel y John Cimbala.

## Áreas de aplicación de la mecánica de fluidos 03/03



Los Rijos naturales y el clima  
© Vol. 16/Photo Disc.



Barcos  
© 1991, S/PNose Disc

Aviones y naves espaciales  
© 1991, HPHoto Disc.Plantas generadoras  
© Vol. 579 Photo Disc

Cuadro humano  
© Val. / iStockPhoto Disc.



*Photograph provided by John M. Cieshko*



Turbinas de viento  
© Vol. 128 Photo Disc



Foto perfil tomada por John M. Cieshala



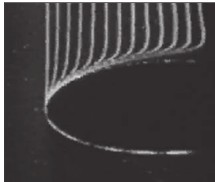
Aplicaciones industriales  
Control de UMDE Engineering,  
Contracting, and Trading. Responsables con  
autorización.

**Figura:** Algunas áreas de aplicación de la mecánica de fluidos.

Imagen tomada de Fundamentos y Aplicaciones de Mecánica de Fluidos de Yunus Cengel y John Cimbala.



# Condición de no-deslizamiento 02/04



**Figura:** Desarrollo de un perfil de velocidad debido a la condición de no-deslizamiento conforme un fluido fluye sobre el cuerpo de la parte delantera embotada.

Imagen tomada de Fundamentos y Aplicaciones de Mecánica de Fluidos de Yunus Cengel y John Cimbala.







# Breve historia de la mecánica de fluidos 01/06

Uno de los primeros problemas de ingeniería que enfrentó la humanidad a medida que se desarrollaban las ciudades era el suministro de agua para el uso doméstico y la irrigación de los cultivos. Nuestros estilos urbanos de vida solo se pueden mantener con agua abundante y se ve con claridad, con base en la arqueología, que todas las civilizaciones sobresalientes de la prehistoria invirtieron en construcción y mantenimiento de sistemas acuíferos.

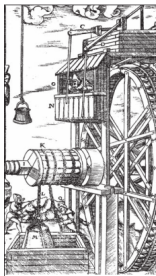
# Breve historia de la mecánica de fluidos 02/06



**Figura:** Segmento de la línea de tubos de Pergamón. Cada sección de tubo de arcilla tenía de 13 a 18 cm de diámetro.

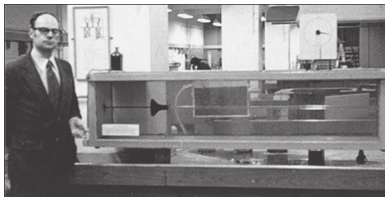
Imagen tomada de Fundamentos y Aplicaciones de Mecánica de Fluidos de Yunus Cengel y John Cimbala.

# Breve historia de la mecánica de fluidos 03/06



**Figura:** Malacate de una mina impulsado por una rueda hidráulica reversible

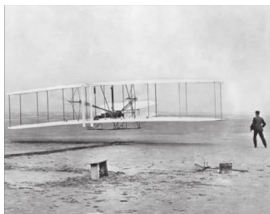
# Breve historia de la mecánica de fluidos 04/06



**Figura:** Aparato original de Osborne Reynolds para demostrar el inicio de la turbulencia en tubos, operado por John Lienhard, en la Universidad de Manchester, en 1975.

Imagen tomada de Fundamentos y Aplicaciones de Mecánica de Fluidos de Yunus Cengel y John Cimbala.

# Breve historia de la mecánica de fluidos 05/06



**Figura:** Los hermanos Wright emprenden el vuelo en Kitty Hawk.

Imagen tomada de Fundamentos y Aplicaciones de Mecánica de Fluidos de Yunus Cengel y John Cimbala.

# Breve historia de la mecánica de fluidos 06/06



**Figura:** El Oklahoma Wind Power Center (Centro de Energía Eólica), cerca de Woodward, consta de 68 turbinas, de 1.5 MW cada una.

Imagen tomada de Fundamentos y Aplicaciones de Mecánica de Fluidos de Yunus Cengel y John Cimbala.



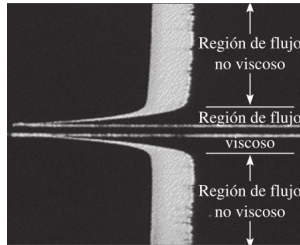
# Clasificación de los flujos de fluidos

Al principio se definió mecánica de fluidos como la ciencia que trata del comportamiento de los fluidos en reposo o en movimiento, así como de la interacción con sólidos u otros fluidos, en las fronteras. Existe una amplia variedad de problemas del flujo de fluidos que se encuentran en la práctica y suele ser conveniente clasificarlos sobre la base de algunas características comunes, para que sea factible estudiarlos en grupos.

# Regiones viscosas de flujo en comparación con las no-viscosas 01/02

Cuando dos capas de fluido se mueven una en relación con la otra, se desarrolla una fuerza de fricción entre ellas y la capa más lenta trata de desacelerar a la más rápida. Esta resistencia interna al flujo se cuantifica mediante la propiedad de *viscosidad* del fluido, la cual es medida de la adherencia interna de éste.

# Regiones viscosas de flujo en comparación con las no-viscosas 02/02

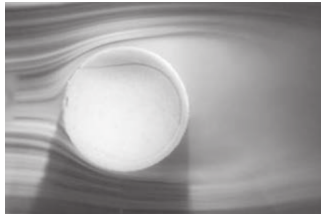


**Figura:** Flujo de una corriente de fluido, originalmente uniforme, sobre una placa plana y las regiones de flujo viscoso (próximas a la placa en ambos lados) y de flujo no-viscoso (lejos de la placa).

# Flujo interno en comparación con el externo 01/02

Un flujo de un fluido se clasifica como interno o externo, dependiendo de si a ese fluido se le obliga a fluir en un canal confinado o sobre una superficie. El flujo de fluido no limitado sobre una superficie, como una placa, un alambre o un tubo, es flujo externo. El flujo de un tubo o ducto es flujo interno si el fluido queda por completo limitado por las superficies sólidas.

# Flujo interno en comparación con el externo 02/02



**Figura:** Flujo externo sobre una pelota de tenis y la región de la estela turbulenta que se encuentra detrás de ella.

# Flujo compresible en comparación con el incompresible

## 01/04

Un flujo se clasifica como compresible o incompresible, dependiendo del nivel de variación de la densidad del flujo. La incompresibilidad es una aproximación y se dice que el flujo es incompresible si la densidad permanece aproximadamente constante a lo largo de todo el flujo. Por lo tanto el volumen de todas las porciones del fluido permanece inalterado sobre el curso de su movimiento cuando el flujo se modela como es incompresible.

# Flujo compresible en comparación con el incompresible

## 02/04

Cuando se analizan los cohetes, las naves espaciales y otros sistemas en los que intervienen flujos de gas a velocidades altas, la velocidad del flujo a menudo se expresa en términos del número adimensional Mach que se define como:

$$Ma = \frac{V}{c} \quad (1)$$

- $V$ : Velocidad del flujo.
- $c$ : Velocidad del sonido.

# Flujo compresible en comparación con el incompresible

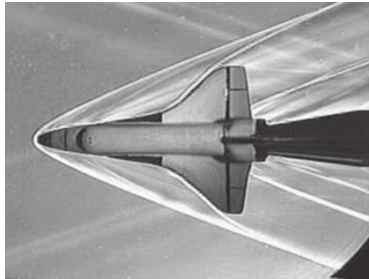
## 03/04

En donde  $c$  es la velocidad del sonido cuyo valor es de 346 m/s en el aire a temperatura ambiente al nivel del mar. Se dice que un flujo es sónico cuando  $Ma = 1$ , subsónico cuando  $Ma < 1$ , supersónico cuando  $Ma > 1$ , e hipersónico cuando  $Ma \gg 1$ .



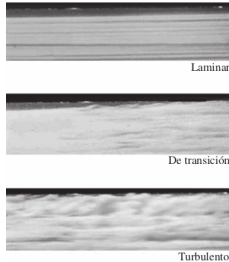
# Flujo compresible en comparación con el incompresible

## 04/04



**Figura:** Estiograma de un modelo a escala del transbordador espacial al probarse a Mach 3, en el túnel de viento supersónico del Penn State Gas Dynamics Lab. Se pueden apreciar numerosas ondas de choque oblicuas en el aire que rodea la nave.

# Flujo laminar en comparación con el turbulento 01/02



**Figura:** Flujos laminar, de transición y turbulento.

Imagen tomada de Fundamentos y Aplicaciones de Mecánica de Fluidos de Yunus Cengel y John Cimbala.

# Flujo laminar en comparación con el turbulento 02/02

Algunos flujos son suaves y ordenados en tanto que otros son considerados caóticos. El movimiento intensamente ordenado de un fluido, caracterizado por capas no-alteradas de éste se conoce como laminar. La palabra laminar proviene del movimiento de partículas juntas adyacentes del fluido, en "láminas". El flujo de los fluidos intensamente viscosos, como los aceites a bajas velocidades, por lo común se presenta a velocidades altas y se caracteriza por fluctuaciones en la velocidad, se llama turbulento.

# Flujo natural (o no-forzado) en comparación con el forzado

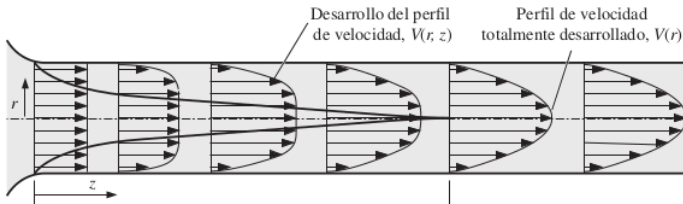
Se dice que el flujo de un fluido es natural o forzado, dependiendo de cómo se inicia el movimiento de ese fluido. En el flujo forzado, un fluido se obliga a fluir sobre una superficie o en un tubo por medio de medios externos, como una bomba o medios naturales, como el efecto de flotación, el cual se manifiesta como la elevación del fluido más caliente y la caída del fluido más frío.

# Flujo estacionario en comparación con el no-estacionario

Con frecuencia, en ingeniería, se usan los términos estacionario y uniforme; en consecuencia, es importante entender con claridad sus significados. El termino estacionario implica que no hay cambio en un punto con el tiempo lo opuesto



## Flujo unidimensional, bidimensional y tridimensional (2/2)



**Figura:** Desarrollo de un perfil de velocidad en un tubo circular.  $V = V(r, z)$  y, por consiguiente, el flujo es bidimensional en la región de entrada y se convierte en unidimensional corriente abajo cuando el perfil de velocidad se desarrolla totalmente y permanece inalterado en la dirección del flujo,  $V = V(r)$

# Sistema de volumen de control (1/2)

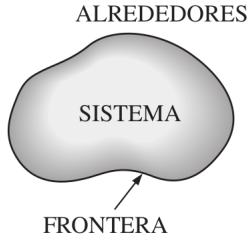


Figura: Sistema, alrededores, frontera.



# Sistema de volumen de control (2/2)

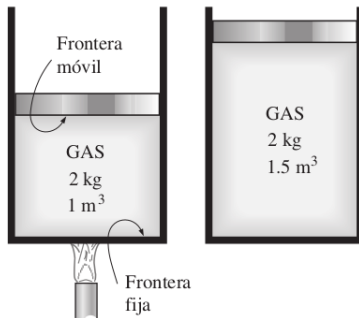


Figura: Sistema cerrado con una frontera móvil.

# Algunas unidades SI

Dimensión	Unidad
Longitud	metro (m)
Masa	kilogramo (kg)
Tiempo	segundo (s)
Temperatura	kelvin (K)
Corriente eléctrica	ampere (A)
Cantidad de luz	candela (cd)
Cantidad de materia	mole (mol)

**Figura:** Las siete dimensiones fundamentales y sus unidades en el SI.

Imagen tomada de Fundamentos y Aplicaciones de Mecánica de Fluidos de Yunus Cengel y John Cimbala.

# Homogeneidad dimensional



**Figura:** Para ser dimensionalmente homogéneo, todos los términos en una ecuación deben tener la misma unidad.

Imagen tomada de Fundamentos y Aplicaciones de Mecánica de Fluidos de Yunus Cengel y John Cimbala.

# Basic elements of a CFD package

Son tres paquetes de elementos básicos para el CFD.

- Pre-proceso
- Solver
- Post-proceso

# Basic elements of a CFD package

## El ciclo típico de una simulación en CFD

- Pre-proceso: Se escoje el modelo matemático, las ecuaciones de interés para flujos compresibles o incompresibles, estado, ecuación de energía, flujo turbulento o laminar, etc.
- Solver: Se ajusta una solución y resuelve los parámetros, esquemas discretizados, parámetros de relajación, ecuaciones lineales y finalmente se corre el solver.
- Post-proceso: Es donde se analiza la data obtenida, se visualiza buscando entender el comportamiento de lo ocurrido.



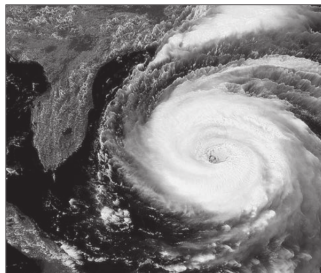


La cinemática es el estudio de movimiento de los fluidos sin la necesidad de considerar la naturaleza de las fuerzas o momentos que la originen. Esto implica estudiar la velocidad. Existen dos métodos para estudiar la cinemática de los fluidos.

- El método Lagrangiano
- El método Euleriano (más realístico).

Tomado del libro Biofluid Mechanics Principles Ali Ostadfar, pagina 10.

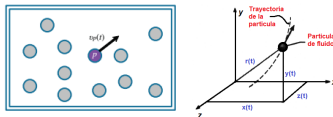




**Figura:** Imagen satelital de un huracán cerca de la costa de Florida. Las pequeñas gotas de agua se mueven con el aire, lo cual permite visualizar el movimiento en remolino en sentido contrario al de las manecillas del reloj.

Tomada de Fundamentos y Aplicaciones de Mecánica de Fluidos de Yunus Cengel y John Cimbala.

- Más apropiado para mecánica de sólidos.
- Analiza al cuerpo como una partícula.
- Estudia la posición del cuerpo en función al tiempo.



(a) Volúmen de control

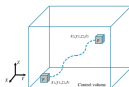
(b) Sistema de referencia

Figura: Caso lagrangiano

Tomada del libro Biofluid Mechanics Principles, Ali Ostadfar, página 10.

# Descripción Euleriana

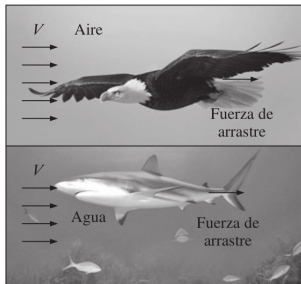
- Más apropiado para mecánica de fluidos.
- Las propiedades del fluido son caracterizados en 4 dimensiones ( $x, y, z$  y  $t$ ).
- El campo de velocidad  $v(x, y, z, t)$  o presión  $p(x, y, z, t)$  no es igual a  $v(t)$  o  $p(t)$ .
- Analiza al cuerpo como un volumen de control.
- Estudia al campo de velocidades.



**Figura:** El volumen de control (V.C.) es un volumen finito por el cual el fluido entra o sale. El V.C. puede ser rígido, flexible, estático o en movimiento.

Tomada del libro Biofluid Mechanics Principles, Ali Ostadfar, página 11.

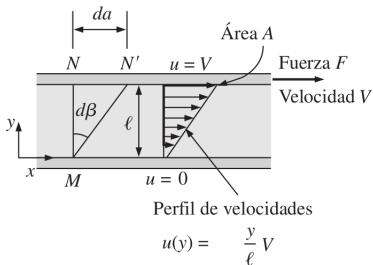
# Viscosidad 01/03



**Figura:** Un fluido que se mueve con relación a un cuerpo ejerce una fuerza de arrastre sobre el cuerpo, en parte por la fricción causada por la viscosidad.

Imagen tomada de Fundamentos y Aplicaciones de Mecánica de Fluidos de Yunus Cengel y John Cimbala.

## Viscosidad 02/03



**Figura:** El comportamiento de un fluido en flujo laminar entre dos placas paralelas cuando la placa superior se mueve con una velocidad constante.

Imagen tomada de Fundamentos y Aplicaciones de Mecánica de Fluidos de Yunus Cengel y John Cimbala.



# Contenido

## 3 Referencias

# Referencias



C.D. Argyropoulos, N.C. Markatos

*Recent advances on the numerical modelling of turbulent flows.*

Journal homepage: [www.elsevier.com/locate/apm](http://www.elsevier.com/locate/apm), 2015.



Yunus Cengel y John Cimbala.

*Fundamentos y Aplicaciones de Mecánica de Fluidos.*

Editorial McGraw-Hill (2006), capítulos 1 y 2



OpenFOAM

*The OpenFOAM Foundation.*

User Guide version 7 (2019)