



INSTITUTO DE  
FORMACIÓN  
SUPERIOR

## **UNIDAD N°3: Hemodinámica**

### **FISICA BIOLÓGICA**



## INDICE

1

### Contenido

<b>OBJETIVOS</b> .....	2
<b>OBJETIVO GENERAL</b> .....	2
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	2
<b>CONTENIDOS</b> .....	3
<b>Hidrodinámica</b> .....	3
<b>Características</b> .....	3
<b>Ecuación de continuidad</b> .....	4
<b>Ecuación de Bernoulli</b> .....	5
<b>Hemodinámica</b> .....	6
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	8

INSTITUTO DE  
FORMACIÓN  
SUPERIOR



## OBJETIVOS

2

### OBJETIVO GENERAL

Explicar la hemodinámica a partir de conceptos físicos vistos de mecánica de fluidos.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Reconocer los conceptos básicos de la hidrodinámica, como por ejemplo, caudal, velocidad, presión.
- Identificar la relación entre los conceptos vistos de hidrodinámica y la circulación sanguínea.
- Aplicar cálculos de fluidos en movimiento a partir de la ecuación de continuidad y el teorema de Bernoulli.

INSTITUTO DE  
FORMACIÓN  
SUPERIOR

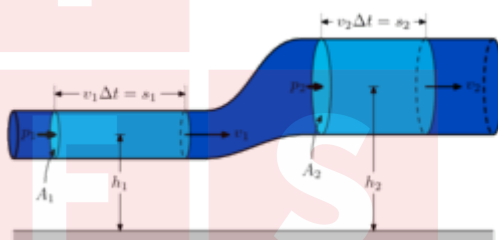


## CONTENIDOS

### Hidrodinámica

Es la parte de la hidráulica que estudia el comportamiento de los líquidos en movimiento. Para ello considera entre otras cosas la velocidad, la presión, el flujo y el gasto (o caudal) del líquido.

En el estudio de la hidrodinámica, **el teorema de Bernoulli**, que trata de la ley de la conservación de la energía, es de primordial importancia, pues señala que la suma de las energías cinética, potencial y de presión de un líquido en movimiento en un punto determinado es igual a la de otro punto cualquiera.



La hidrodinámica investiga fundamentalmente a los fluidos incompresibles, es decir, a los líquidos, pues su densidad prácticamente no varía cuando cambia la presión ejercida sobre ellos.

Cuando un fluido se encuentra en movimiento una capa se resiste al movimiento de otra capa que se encuentra paralela y adyacente a ella; a esta resistencia se le llama viscosidad.

Para que un fluido como el agua el petróleo o la gasolina fluyan por una tubería desde una fuente de abastecimiento, hasta los lugares de consumo, es necesario utilizar bombas ya que sin ellas las fuerzas que se oponen al desplazamiento entre las distintas capas de fluido lo impedirán.

### Características

Para el estudio de la hidrodinámica normalmente se consideran tres aproximaciones importantes:

- Que el fluido es un líquido incompresible, es decir, que su densidad no varía con el cambio de presión, a diferencia de lo que ocurre con los gases.
- Se considera despreciable la pérdida de energía por la viscosidad, ya que se supone que un líquido es óptimo para fluir y esta pérdida es mucho menor comparándola con la inercia de su movimiento.
- Se supone que el flujo de los líquidos es en régimen estable o estacionario, es decir, que la velocidad del líquido en un punto es independiente del tiempo.

La hidrodinámica tiene numerosas aplicaciones industriales, como diseño de canales, construcción de puertos y presas, fabricación de barcos, turbinas, etc.

## Ecuación de continuidad



### Importante

Cuando un fluido fluye por un conducto de diámetro variable, su velocidad cambia debido a que la sección transversal varía de una sección del conducto a otra.

En todo fluido incompresible, con flujo estacionario (en régimen laminar), la velocidad de un punto cualquiera de un conducto es inversamente proporcional a la superficie, en ese punto, de la sección **transversal** de la misma.

La ecuación de continuidad no es más que un caso particular del principio de conservación de la masa. Se basa en que el caudal (Q) del fluido ha de permanecer constante a lo largo de toda la conducción.

Dado que el caudal es el producto de la superficie de una sección del conducto por la velocidad con que fluye el fluido, tendremos que en dos puntos de una misma tubería se debe cumplir que:

$$Q_1 = Q_2 \Rightarrow S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2$$

Que es la ecuación de continuidad y donde:

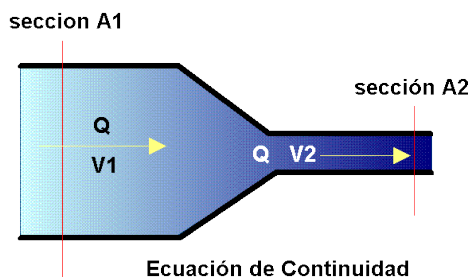
- S es la superficie de las secciones transversales de los puntos 1 y 2 del conducto.
- v es la velocidad del flujo en los puntos 1 y 2 de la tubería.

Se puede concluir que, puesto que el caudal debe mantenerse constante a lo largo de todo el conducto, cuando la sección disminuye, la velocidad del flujo aumenta en la misma proporción y viceversa.

En la imagen de la derecha puedes ver como la sección se reduce de  $A_1$  a  $A_2$ . Teniendo en cuenta la ecuación anterior:

$$v_2 = v_1 \cdot \frac{A_1}{A_2}$$

Es decir, la velocidad en el estrechamiento aumenta de forma proporcional a lo que se reduce la sección.



## Ecuación de Bernoulli

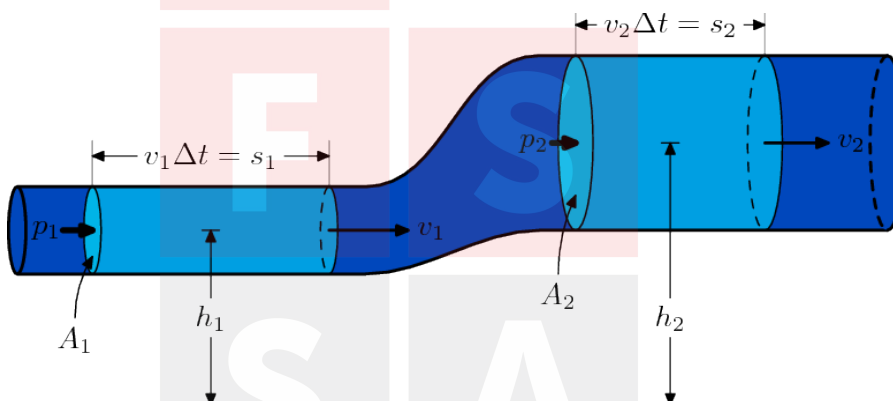


### Importante

En todo fluido ideal (sin viscosidad ni rozamiento), incomprensible, en régimen laminar de circulación por un conducto cerrado, la energía que posee el fluido permanece constante a lo largo de todo su recorrido.

El teorema de Bernoulli es una aplicación directa del principio de conservación de energía. Con otras palabras, está diciendo que si el fluido no intercambia energía con el exterior (por medio de motores, rozamiento, térmica...) esta ha de permanecer constante.

El teorema considera los tres únicos tipos de energía que posee el fluido que pueden cambiar de un punto a otro de la conducción. Estos tipos son; energía cinética, energía potencial gravitatoria y la energía debida a la presión de flujo (hidrostática). Veamos cada una de ellas por separado:



**Energía cinética** (hidrodinámica) Debida a la velocidad de flujo

$$\frac{1}{2} \cdot m v^2$$

**Energía potencial gravitatoria** Debida a la altitud del fluido

$$mgh$$

**Energía de flujo** (hidrostática) Debida a la presión a la que está sometido el fluido  $pV$

Por lo tanto, el teorema de Bernoulli se expresa de la siguiente forma:

$$\frac{1}{2} \cdot m v^2 + mgh + pV = cte$$

Donde:

- **v** es la velocidad de flujo del fluido en la sección considerada.
- **g** es la constante de gravedad.
- **h** es la altura desde una cota de referencia.
- **p** es la presión a lo largo de la línea de corriente del fluido (p minúscula).

- $\rho$  es la densidad del fluido.

Si consideramos dos puntos de la misma conducción (1 y 2) la ecuación queda:

$$\frac{1}{2} \cdot m v_1^2 + m g h_1 + p_1 V = \frac{1}{2} \cdot m v_2^2 + m g h_2 + p_2 V$$

Donde m es constante por ser un sistema cerrado y V también lo es por ser un fluido incompresible. Dividiendo todos los términos por V, se obtiene la forma más común de la ecuación de Bernoulli, en función de la densidad del fluido:

$$\frac{1}{2} \cdot \rho v_1^2 + \rho g h_1 + p_1 = \frac{1}{2} \cdot \rho v_2^2 + \rho g h_2 + p_2$$

Una simplificación que en muchos casos es aceptable es considerar el caso en que la altura es constante, entonces la expresión de la ecuación de Bernoulli, se convierte en:

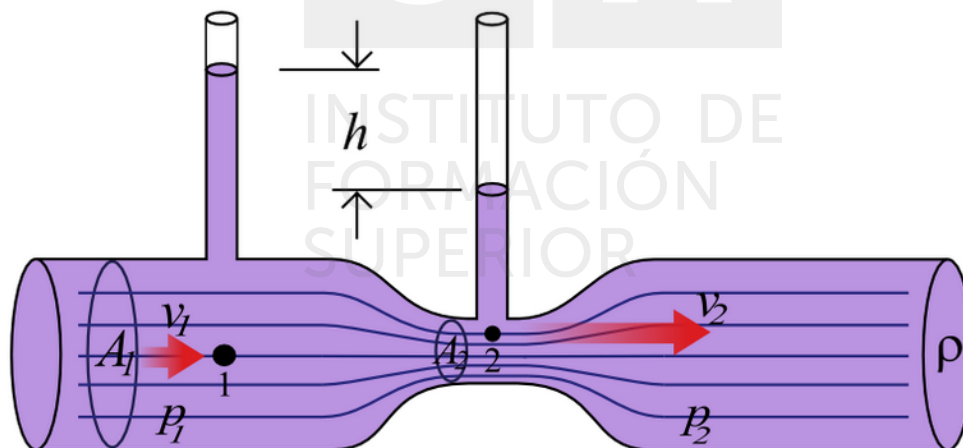
$$\frac{1}{2} \cdot \rho v_1^2 + p_1 = \frac{1}{2} \cdot \rho v_2^2 + p_2$$



### Para saber más

Un ejemplo de aplicación del principio lo encontramos en el flujo de agua en una tubería de sección variable.

Cuando el fluido se mueve hacia la derecha, la velocidad en el punto 2 es mayor que en el punto 1 (ecuación de continuidad), por lo que la presión en 2 será menor que en 1, (ecuación de Bernoulli) las caídas de presión determinan las diferencias de altura en las columnas h.



### Hemodinámica

La hemodinámica es aquella parte de la biofísica que se encarga del estudio de la dinámica de la sangre en el interior de las estructuras sanguíneas como arterias, venas, vénulas, arteriolas y capilares, así como

también la mecánica del corazón propiamente dicha mediante la introducción de catéteres finos a través de las arterias de la ingle o del brazo. Esta técnica conocida como cateterismo cardíaco permite conocer con exactitud el estado de los vasos sanguíneos de todo el cuerpo y del corazón.

### **Participantes de la circulación sanguínea**

- **Arterias:** las arterias están hechas de tres capas de tejido, uno muscular en el medio y una capa interna de tejido epitelial.
- **Capilares:** los capilares irrigan los tejidos, permitiendo además el intercambio de gases dentro del tejido. Los capilares son muy delgados y frágiles, teniendo solo el espesor de una capa epitelial.
- **Venas:** las venas transportan sangre a más baja presión que las arterias, no siendo tan fuerte como ellas. La sangre es entregada a las venas por los capilares después que el intercambio entre el oxígeno y el dióxido de carbono ha tenido lugar. Las venas transportan sangre rica en residuos de vuelta al corazón y a los pulmones. Las venas tienen en su interior válvulas que aseguran que la sangre con baja presión se mueva siempre en la dirección correcta, hacia el corazón, sin permitir que retroceda. La sangre rica en residuos retorna al corazón y luego todo el proceso se repite.
- **Corazón:** es el órgano principal del aparato circulatorio. Es un músculo estriado hueco que actúa como una bomba aspirante e impelente, que aspira hacia las aurículas la sangre que circula por las venas, y la impulsa desde los ventrículos hacia las arterias. Tiene 4 cavidades, 2 aurículas y 2 ventrículos.

**Producción de la circulación sanguínea:** la circulación sanguínea realiza dos circuitos a partir del corazón:

**Circulación mayor o circulación somática o sistémica:** El recorrido de la sangre comienza en el ventrículo izquierdo del corazón, cargada de oxígeno, y se extiende por la arteria aorta y sus ramas arteriales hasta el sistema capilar, donde se forman las venas que contienen sangre pobre en oxígeno. Estas desembocan en las dos venas cavas (superior e inferior) que drenan en la aurícula derecha del corazón

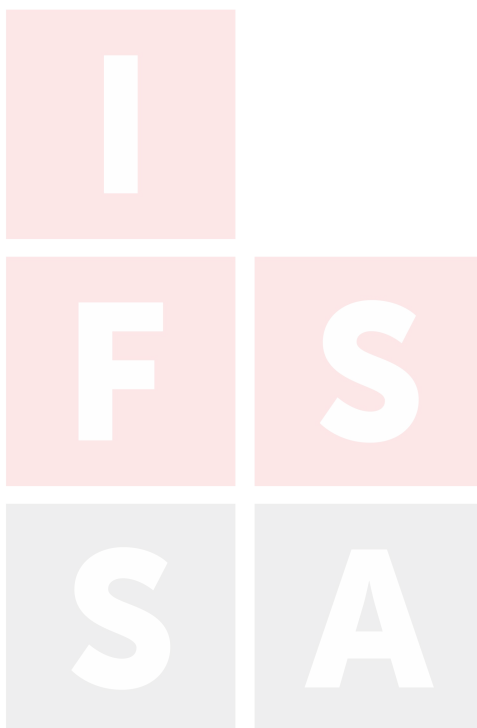
**Circulación menor o circulación pulmonar o central:** La sangre pobre en oxígeno parte desde el ventrículo derecho del corazón por la arteria pulmonar que se bifurca en sendos troncos para cada uno de ambos pulmones. En los capilares alveolares pulmonares la sangre se oxigena a través de un proceso conocido como hematosis y se reconduce por las cuatro venas pulmonares que drenan la sangre rica en oxígeno, en la aurícula izquierda del corazón. La actividad del corazón es cíclica y continua. El ciclo cardíaco es el conjunto de acontecimientos eléctricos, hemodinámicos, mecánicos, acústicos y volumétricos que ocurren en las aurículas, ventrículos y grandes vasos, durante las fases de actividad y de reposo del corazón. El ciclo cardíaco comprende el período entre el final de una contracción, hasta el final de la siguiente contracción. Tiene como finalidad producir una serie de cambios de presión para que la sangre circule. Principal importancia: pasa por las venas de nuestro cuerpo.





## BIBLIOGRAFIA

- Mecánica de fluidos. Irving H. Shames. 1995



INSTITUTO DE  
FORMACIÓN  
SUPERIOR