

**LABORATORIO DE ONDAS Y FLUIDOS 2016-20**  
**DINÁMICA DEL FLUJO DE AGUA EN UN SIFÓN**

*José Restom y Paula Ordóñez*  
*Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia*  
**11 de septiembre de 2016**

**Resumen**

Se realizó un montaje experimental en el cual se pretendía comprobar la ecuación de Bernoulli en un fluido incompresible como el agua. Para efectos de fluidez del líquido se hizo una diferencia de alturas entre probetas conectadas de una manguera. Esta manguera es un diámetro bastante pequeño y esto cambia la velocidad del fluido respecto a las probetas. Al final se obtuvo que dicha ecuación no se cumple porque no se tuvo en cuenta los efectos de la fricción y que la manguera ya tenía agua cuando se comenzaron las medidas.

## 1. Objetivos

- Aplicar el principio de Bernoulli.
- Estudiar la dinámica de fluidos.
- Calcular y comparar caudales.
- Observar los efectos del diámetro en el caudal.

Se calcula el trabajo neto y se obtiene que:

$$W = P_1 V - P_2 V$$

Se tiene en cuenta la masa  $m$  en la que se tiene que parte del trabajo neto realizado ha cambiado la energía cinética del fluido por energía potencial en el intervalo  $\Delta t$ , entonces el cambio de energía cinética es:

$$\Delta E_c = E_{cf} - E_{ci} = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

## 2. Marco Teórico

Se tiene en cuenta un tubo no uniforme durante un tiempo  $\Delta t$ .

Se realiza lo mismo para la energía potencial:

$$\Delta E_p = E_{pf} - E_{pi} = mgz_2 - mgz_1$$

donde  $z$  es la altura que en la imagen se representa como  $y$ .

Se aplica el teorema trabajo-energía:

$$W = \Delta E_c + \Delta E_p$$

y se obtiene que:

$$P_1 V - P_2 V = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 + mgz_2 - mgz_1$$

Se despejan los términos

$$P_1 V + \frac{1}{2}mv_1^2 + mgz_1 = P_2 V + \frac{1}{2}mv_2^2 + mgz_2$$

Se dividen ambos lados de la ecuación  $V$

$$P_1 + \frac{1}{2}\frac{m}{V}v_1^2 + \frac{m}{V}gz_1 = P_2 + \frac{1}{2}\frac{m}{V}v_2^2 + \frac{m}{V}gz_2$$

se sabe que la densidad es  $\rho = \frac{m}{V}$ ; por lo tanto

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho gz_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho gz_2$$

Como se indica en la guía hay disipación causada por la fricción y se puede interpretar como variación de presión; este se suma y se obtiene que:

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho gz_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho gz_2 + \Delta P_{fricción} \quad (1)$$

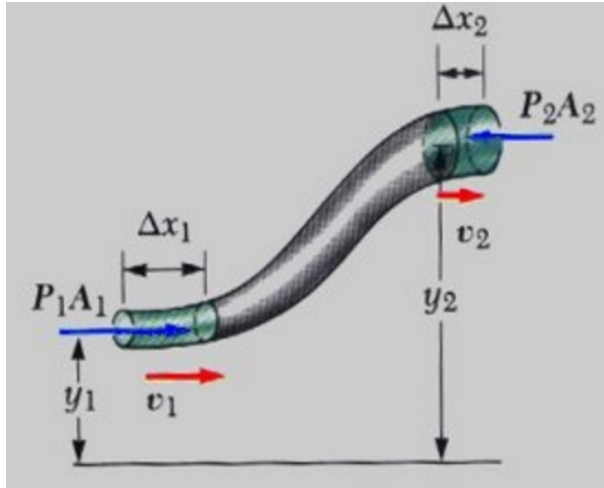


Figura 1: Tubo a tener en cuenta[1]

El trabajo que se realiza por el fluido colocado detrás de un anillo de fluido para desplazarlo  $\Delta x_1$  es:

$$W_1 = F_1 \Delta x_1 = P_1 A_1 \Delta x_1 = P_1 V$$

de la misma manera se toma para  $\Delta x_2$ , con la diferencia que en este caso la fuerza apunta en dirección contraria

$$W_2 = -F_2 \Delta x_2 = -P_2 A_2 \Delta x_2 = -P_2 V$$

### 3. Análisis Cualitativo

*¿Los caudales de la probeta 1 y la manguera, son del mismo orden de magnitud?. Si son diferentes, ¿la masa de agua se conserva?*

Los valores de los caudales de la probeta 1 y la probeta 2 son bastante cercanos, por lo tanto, su magnitud también lo es. La masa de agua no se conserva respecto a las probetas, ya que parte de esta se queda dentro del tubo y algunas moléculas "se quedan pegadas" al tubo gracias a la fricción.

Procedimiento	Velocidad(mm/s)	Caudal(ml/s)
1	0.247	0.859
2	0.234	0.813
3	0.225	0.781
4	0.208	0.724
5	0.224	0.778
6	0.213	0.740
7	0.215	0.746
8	0.224	0.778
9	0.211	0.732
10	0.208	0.724

Cuadro 2: Velocidad y caudal de la probeta 1

### 4. Análisis Cuantitativo

#### 4.1. Caudal de la probeta 1

Para este caso se usan los datos obtenidos en el procedimiento 3 de la guía, en el cual, se tomaba el tiempo en que tardaba en vaciarse cada cierta cantidad de agua. Los resultados obtenidos son:

Procedimiento	ml	t(s)
1	1000-950	58,19
2	1000-900	123
3	1000-850	192
4	1000-800	276
5	1000-750	321
6	1000-700	405
7	1000-650	469
8	1000-600	514
9	1000-550	614
10	1000-500	690

Cuadro 1: Tiempo de vaciado probeta 1

Se debe calcular la velocidad del agua al salir de dicha probeta, para esto se toma la fórmula  $v = \frac{d}{t}$  donde d es la distancia recorrida y t el tiempo que tarde en recorrer dicha distancia. También se calcula el caudal. Este se obtiene dividiendo la cantidad de mililitros desocupados y el tiempo que tarda este proceso. Para esto se debe tener en cuenta que la separación de la probeta 1 era de 1,44 cm por cada 50ml

Se observa que la velocidad y el caudal son muy similares.

#### 4.2. Caudal probeta 2

En este caso se usó una jarra como probeta 2 para almacenar el agua que provenía de la probeta 1. Se obtuvo:

Procedimiento	ml	t(s)
1	50	58,19
2	100	128
3	150	196
4	200	240
5	250	297
6	300	357
7	350	432
8	400	493
9	450	563
10	500	650

Cuadro 3: Tiempo de llenado de la probeta 2

Se debe calcular la velocidad del agua al salir de dicha probeta, para esto se toma la fórmula  $v = \frac{d}{t}$  donde d es la distancia recorrida y t el tiempo que tarde en recorrer dicha distancia. También se calcula el caudal. Este se obtiene dividiendo la cantidad de mililitros desocupados y el tiempo que tarda este proceso. Para esto se debe tener en cuenta que la separación de la probeta 2 era variable por cada 50ml

Procedimiento	Velocidad(mm/s)	Caudal(ml/s)
1	0.376	0.859
2	0.134	0.781
3	0.123	0.765
4	0.131	0.833
5	0.132	0.841
6	0.130	0.840
7	0.123	0.810
8	0.122	0.811
9	0.119	0.799
10	0.115	0.769

Cuadro 4: Velocidad y caudal de la probeta 2

Procedimiento	Probeta 1	Probeta 2	$\Delta$
1	14115.7538	10395.0688	3720.685
2	28226.7378	16856.8978	11369.84
3	42338.5112	23716.7564	18621.7548
4	56450.1632	30968.8580	25481.3052
5	70562.5088	38514.8712	32047.6276
6	84674.2684	45668.845	39005.4234
7	98786.3112	52136.7564	46649.5548
8	112898.5088	58996.7442	53901.7646
9	127010.2261	66052.7080	60957.5181
10	141122.1632	73696.6612	67425.502

Cuadro 5: Ecuación de Bernoulli

Por la diferencia entre ambas probetas se puede concluir que la ecuación no se cumple.

En este caso ve una gran diferencia entre la velocidad y el caudal.

#### 4.3. Comprobación ecuación de Bernoulli

Para esta parte se debe tener en cuenta la altura inicial y las diferentes alturas que se obtienen. Para este caso se usa la ecuación ya demostrada en el marco teórico. En este caso ambos recipientes están sometidos a la presión atmosférica. Por lo cual, ésta no es tomada en cuenta en la ecuación. Se debe tener en cuenta la altura a la que se encuentra el agua en ambas probetas, la velocidad, la densidad del agua y la gravedad. En este caso todo se toma en centímetros y en segundos. Si la diferencia entre ambas probetas es 0, significa que la ecuación de Bernoulli se cumple. En el caso de estos cálculos el valor de la densidad y de la altura corresponden al equivalente de la altura en mm, por lo cual, la velocidad se sigue tomando en estas unidades.

## 5. Conclusiones

- La ecuación de Bernoulli no se cumple porque no se tiene en cuenta el efecto de fricción en la manguera.
- La masa de agua no se conserva.
- Los caudales de ambas probetas son muy similares.
- La velocidad en cada probeta es distinta.
- La fricción influye enormemente en el flujo de agua.
- La altura pudo afectar el flujo de agua.
- Al pasar por la manguera cambia la velocidad del agua.
- El error de la ecuación de Bernoulli se pudo dar porque la manguera tenía un poco de agua al empezar a tomar las medidas.

## Referencias

- [1] ANÓNIMO. *Ecuación de Bernoulli*. Obtenido de: <http://www.sabelotodo.org/fisica/ecuacionbernoulli.html>