



Departamento de Ingeniería civil y Agrícola
Facultad de Ingeniería
Laboratorio No. 1
Conservación de la energía
Prof. Luis Alejandro Morales (PhD)

Mecánica de fluidos [2015966]

1 Normas del Laboratorio

- **Grupos:** Se conformaran tres grupos entre 5 a 8 estudiantes cada grupo. Los estudiantes son libres de organizar los grupos.
- **Duración:** Cada grupo tendrá una hora aproximadamente para realizar el laboratorio.
- **Material:** Es necesario vestir bata o overol para la realización del laboratorio. Este atuendo puede ser de cualquier color o fabricante. Traer calculadora, lápiz y papel.

2 Objetivo

En terminos generales, este laboratorio tiene como fin estudiar la conservación de la energía en sistemas de flujo a presión en tuberías. Algunos objetivos específicos propuestos son:

- Calcular el perfil de la velocidad en una tubería usando el tubo Pitot y la ecuación de Bernoulli. Usando el perfil de velocidades, calcular el caudal.
- Con base en el perfil de velocidades estimado y la velocidad media en la tubería, calcular el coeficiente de corrección de la energía cinética o coeficiente de Coriolis.
- Usando el tubo Venturi y la ecuación de Bernoulli, calcular el caudal en la tubería.
- Usando la linea de gradiente hidráulico (LGH) y la línea de energía (LE), estimar las perdidas (por fricción) a lo largo de varias tuberías de diferente material.

3 Descripción

El experimento utilizado es el de flujo compresible el cual consiste en un sistema de tres tuberías, una tubería (superior) en cobre de 2 *pulg* diámetro, una tubería (medio) mitad en cobre y mitad en acero de 1/2 *pulg* de diámetro y una tubería (inferior) en hierro de 2 *pulg* de diámetro, por las cuales circula aire que es bombeado por un compresor (ver figura 1). El flujo de aire circula de izquierda a derecha y se devuelve a travez de la tubería cercana al piso. El sistema posee manómetros a lo largo de cada una de las tres tuberías que sirven para medir la presión; dicha presion se mide, abriendo la valvula respectiva una por una, con el manómetro diferencial de agua. El sistema puede ser aislado a tra vez de diferentes valvulas localizadas al final de las tres tuberías (izquierda). El caudal se gradua con la tubería de retorno localizada en la tubería cercana al piso. Note que la tubería superior posee, casi al final, un tubo pitot el cual sirve para determinar la velocidad del flujo en diferentes puntos de la sección de la tubería. La tubería cercana al piso, posee además un tubo venturi para determinar el caudal que pasa por cada una de las tuberías.

4 Metodología

4.1 Análisis 1: Caudal, coeficiente de coriolis y coeficiente de pérdidas en el venturi

Para un caudal de aire que circula en la tubería superior (ver figura 1), realizar lo siguiente:



Figure 1: Experimento de flujo compresible en tres tuberías.

1. Usando el tubo Pitot, determinar las velocidades en diferentes puntos de la sección de la tubería para formar el perfil de velocidades u . La velocidad en un punto i de la sección es calculada como:

$$u_1^i = \sqrt{2g \left(\frac{p_2}{\gamma} - \frac{p_1}{\gamma} \right)}$$

donde p_1 es la presión medida con el manómetro justo antes del tubo Pitot y p_2 es la presión medida con el tubo Pitot. Note que $u_2^i \approx 0$ por estanqueidad en la ecuación de Bernoulli. Este procedimiento se repite para n puntos en la sección transversal de la tubería.

2. Una vez se tenga el perfil de velocidades u , determinar el caudal como:

$$Q = \sum_{i=1}^n A_i u_1^i$$

donde $A_i = 2\pi r dr$, donde r es la distancia desde el centro al punto de ubicación del Pitot y dr es el espesor del anillo de área.

3. Con el perfil de velocidades u y el caudal Q , calcular el coeficiente de corrección de la energía cinética conocido como coeficiente de Coriolis α :

$$\alpha = \frac{1}{A} \int_A \left(\frac{u}{V} \right)^3 dA$$

donde A es el área transversal de la tubería y V es la velocidad media del flujo.

- Usando el tubo Venturi en la tubería de retorno cercana al piso (ver figura 1), calcular el coeficiente de pérdidas C_v entre la sección de entrada 1 y la contracción 2 usando la ecuación:

$$Q = V_2 A_2 = C_v A_2 \sqrt{\frac{2g \left(\frac{p_1}{\gamma} - \frac{p_2}{\gamma} \right)}{1 - \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2}}$$

Note que el caudal Q es el mismo calculado con el tubo Pitot.

4.2 Análisis 2: Pérdidas de energía por fricción y rugosidad de la tubería

Aislar cada una de las tres tuberías por medio de las valvulas haciendo pasar un caudal por cada una de ellas a la vez. Para cada tubería:

- Medir las presiones a lo largo de la tubería utilizando el manómetro diferencial de agua. Note que cada vez que se mide una presión es necesario aliviar el sistema utilizando la válvula de purga.
- Usando el termómetro ubicado al final de la tubería de retorno, medir la temperatura del fluido.
- Medir las presiones en el tubo venturi de la tubería de retorno cercana al piso. Con estas presiones es posible calcular el caudal que pasa por la tubería utilizando la ecuación:

$$Q = V_2 A_2 = C_v A_2 \sqrt{\frac{2g \left(\frac{p_1}{\gamma} - \frac{p_2}{\gamma} \right)}{1 - \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2}}$$

note que C_v es el calculado utilizando el caudal estimado con el tubo Pitot (ver Análisis 1).

- Calcular y dibujar la línea de energía y la línea de gradiente hidráulico a lo largo de la tubería.
- Determinar las pérdidas h_f a lo largo de toda la tubería utilizando la ecuación de Bernoulli.

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha V_2^2}{2g} + z_2 + h_f$$

Asumir $\alpha \approx 1$.

- Calcular el coeficiente de fricción f de la tubería, utilizando la ecuación:

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

- A partir del valor de f , determinar la rugosidad de la tubería. Comparar los resultados con la literatura y entre tuberías.
- Comparar las pérdidas en las tres tuberías teniendo en cuenta las diferencias en el material y el diámetro.

5 Listado de instrumentos usados

- Medición de presión:

- Manómetro de agua o de mercurio. El segundo sirve para medir presiones mayores.
- Manómetro Burdon (Mediciones en PSI o columna de Hg)

- Medición de caudal:

- Tubo Pitot: Es un pequeño tubo en L que se ubica en sentido opuesto al flujo. Es utilizado para medir la velocidad con base en una diferencia de presiones utilizando la ecuación de Bernoulli. La sumatoria de los valores de las velocidades por el área respectiva es igual al caudal de flujo.

- (b) Tubo Venturi: Es un tubo con una reducción rápida de la sección transversal que es seguido de una ampliación gradual de la sección. En la reducción de la línea de gradiente hidráulica cae sustancialmente debido a una disminución notable de la presión. Utilizando medidas de la presión antes y en la reducción, la ecuación de Bernoulli y el principio de conservación de masa es posible calcular el caudal.
 - (c) Medidores de caudal: Instrumentos digitales para medir el caudal.
3. Termómetro para determinar la temperatura del fluido.

6 Informe

El informe de laboratorio debe contener las siguientes secciones:

1. Introducción: Breve texto para poner en contexto el laboratorio.
2. Metodología: Describe el procedimiento de toma de datos y el seguido para obtener los resultados.
3. Resultados: Presenta los resultados del laboratorio. Dado el caso, se deben incluir gráficas y tablas que resuman los resultados.
4. Conclusiones: Se discuten allí los resultados obtenidos. Se hacen las comparaciones del caso con casos reales en la literatura.
5. Referencias: Incluir las referencias consultadas.

El informe no debe contener más de 4 hojas escritas en ambas caras en espacio sencillo, tamaño de fuente 11 y a doble columna.