

## 1 Normas del Laboratorio

- **Grupos:** Los grupos seran de 5 o 6 estudiantes máximo. 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 y por accesorios) a lo largo de una tubería.

## 3 Metodología

Este laboratorio se hará en dos diferentes experimentos:

### 3.1 Experimento 1: Caudal, coeficiente de coriolis y perdidas pro fricción

Este experimento esta compuesto por un sistema de circulación de aire a travéz de tres tuberías en paralelo de diferente diámetro. Las tuberías poseen manómetros conectados a lo largo. La tubería superior cuenta con un sistema de tubo Pitot al final para determinar el caudal. La tubería de retorno en la parte inferior cuenta con un tubo Venturi (ver figura ??).

### 3.2 Experimento 2: Perdidas de energía debido a la fricción y a los accesorios

Este experimento esta compuesto por un sistema de dos tuberías en paralelo que transportan agua a presión. Cada tubería es de diferente material y tienen transiciones bruscas y suaves para cambio de diámetro. Cada tubería tiene una serie de manómetros conectados para determinar los cambios de presión debido a la rugosidad o a los accesorios. Un vertedero de cresta delgada es usado para estimar el caudal que circula por cada tubería (ver figura ??).



Figure 1: Experimento 1. Flujo de aire en tres tuberías.

## 4 Resultados esperados

### 4.1 Experimento 1: Caudal, coeficiente de coriolis y perdidas pro fricción

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

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  $A_i = 22\pi r dr$ , donde  $r$  es la distancia desde el centro al punto de ubicación del Pitot y  $dr$  es el espesor del anillo de area.



Figure 2: Experimento 2. Flujo de agua en tuberías paralelas con cambios de sección.

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  $\alpha$ :

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

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

4. Para el caudal calculado, medir las presiones manométricas a lo largo de la tubería y graficar la LE y la LGH. Determinar las perdidas a lo largo de la tubería.
5. Usando el tubo Venturi en la tubería de retorno inferior (ver figura ??), calcular el coeficiente de perdidas  $C_v$  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 Experimento 2: Perdidas de energía debido a la fricción y a los accesorios

Para cada una de las tuberías (una con cambios de sección bruscos y otra con cambios suaves), ubicadas en la parte superior (ver figura ??), determinar para un caudal  $Q$  lo siguiente:

- Usando el vertedero de cresta delgada, determinar el caudal que circula por la tubería. Para esto, se debe medir la distancia desde la cresta del vertedero hasta la superficie libre de agua y luego introducir esta profundidad  $h$  en la ecuación de calibración del vertedero.
- Usando el número de Reynolds  $NR = \frac{V^4 R_h}{\nu}$ , determinar el tipo de flujo.
- Tomar las presiones en cada punto a lo largo de la tubería. Graficar la LE y la LGH usando todos los puntos de toma de presión.
- Calcular las perdidas  $h_f$  a lo largo de la tubería usando la ecuación de Bernoulli:

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

Asumir  $\alpha \approx 1$ .

- De ser posible, calcular las perdidas en cada uno de los accesorios. A partir de las perdidas totales, determinar cuanta perdida es debido a los accesorios y cuanto a la fricción en la tubería.
- Comparar los resultados de las dos tuberías y discutirlos.

## 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)
  - Transductor de presión que reporta los valores en un panel de control.
- 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 sumatorio de los valores de las velocidades por el área respectiva es igual al caudal de flujo.
  - Vertedero de cresta delgada: Vertedero triangular que sirve para medir la altura sobre la cresta del vertedero para luego, mediante una ecuación de calibración, calcular el caudal.
  - 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 linea 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.
  - Medidores de caudal: Instrumentos digitales para medir el caudal.

## 6 Informe

El informe de laboratorio debe contener las siguientes secciones:

- Introducción: Breve texto para poner en contexto el laboratorio.
- Metodología: Describe el procedimiento de toma de datos y el seguido para obtener los resultados.
- Resultados: Presenta los resultados del labotorio. Dado el caso, se deben incluir gráficas y tablas que resuman los resultados.
- Conclusiones: Se discuten allí las conclusiones obtenidas a partir de los resultados. Se hacen las comparaciones del caso.
- 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.