

## GUÍA DE LABORATORIO PERDIDAS DE PRESION POR FRICCION EN TUBERIAS Y ACCESORIOS

### LINEA GALVANIZADA, REDUCCION Y ENSANCHAMIENTO BRUSCO Y SUAVE

**Resumen:** En esta guía de laboratorio se encuentra el proceso para el cálculo de coeficientes de fricción así como las pérdidas de energía debidas a la contracción o dilatación sea de tipo súbita o gradual a través de la lectura de presiones manométricas.

## 1. INTRODUCCIÓN

Al circular un fluido de un conducto menor a otro mayor a través de una dilatación o contracción la velocidad del fluido disminuye abruptamente ocasionando una turbulencia que genera una pérdida de energía, dicha pérdida de energía se hace menor si se hace menos abrupta la dilatación de tuberías por medio de bordes no cuadrados. La línea de trabajo es la presente en la imagen 1.

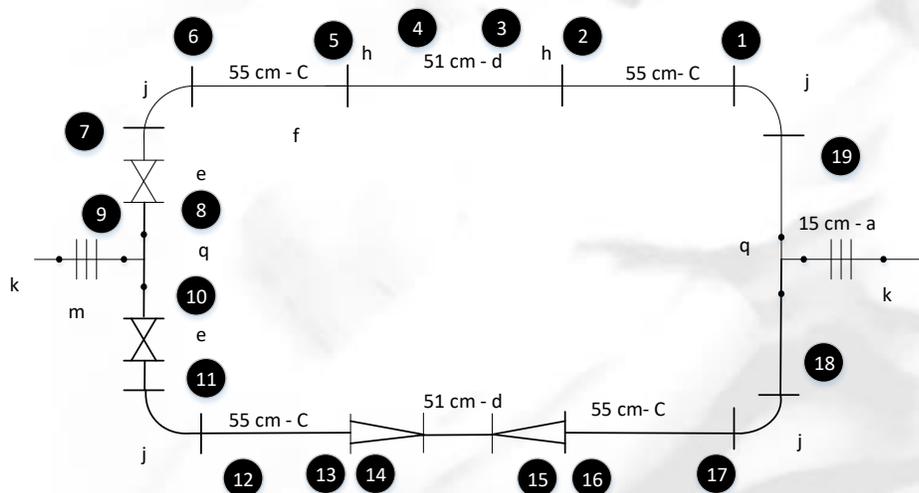


Imagen 1. Línea de trabajo

Las pérdidas ocasionadas por la dilatación o contracción se estiman mediante la siguiente ecuación:

Calle 68D Bis A Sur # 49F-70 Bloque 11 Piso 1

PBX 57 (1) 3239300 Ext. 5024 – Bogotá D.C., Colombia

Acreditación Institucional de Alta Calidad. Resolución No. 23096 del 15 de diciembre de 2016

labtecmechanica@udistrital.edu.co

Ecuación de pérdidas en accesorios:

$$hf = K \frac{V^2}{2g} \quad (1)$$

Donde;

hf: Pérdidas. [m].

K: Coeficiente de pérdidas por accesorio.

V: Velocidad de flujo en la sección más pequeña [m/s].

g: Gravedad 9,81 [m/s<sup>2</sup>].

Para la dilatación y contracción súbita (Imagen 2) la constante K teóricamente se hace dependiente de los diámetros de las tuberías así como la magnitud de flujo así se puede deducir que la constante K teórica se hallaría de la siguiente forma:

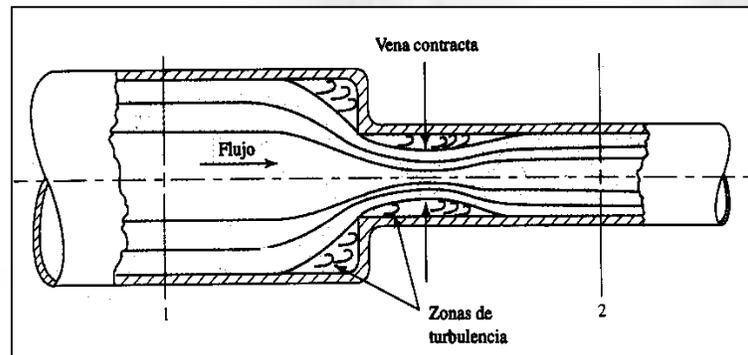


Imagen 2. Contracción y dilatación súbita.

$$K_t = \left[ 1 - \left( \frac{A_2}{A_1} \right) \right]^2 = \left[ 1 - \left( \frac{d_{menor}}{d_{mayor}} \right)^2 \right]^2 \quad (2)$$

Si la transición de un conducto menor a uno mayor o viceversa puede hacerse menos abrupta que la dilatación súbita, la pérdida de energía se reduce. Esto normalmente se hace colocando una sección cónica entre los dos conductos, como se muestra en la Imagen 2.



UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS  
Facultad Tecnológica  
Laboratorios y Talleres de Mecánica

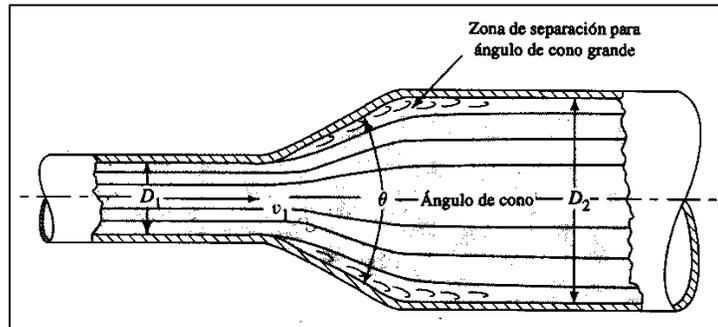


Imagen 3. Contracción y dilatación gradual.

Para el cálculo del coeficiente K teórico en contracción y dilatación gradual vamos a la Imagen 4 la cual está en función de la relación de diámetros y el ángulo del cono.

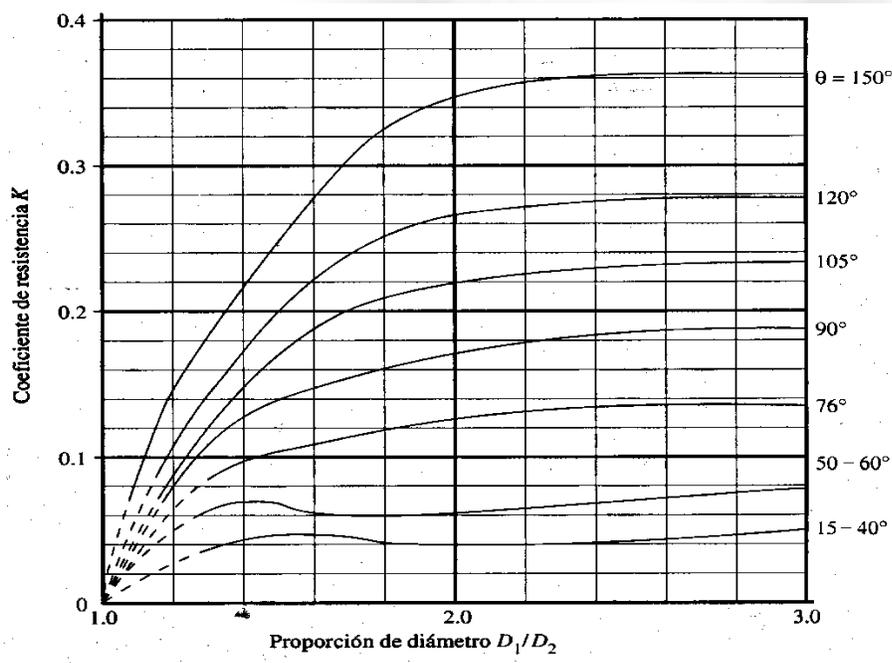


Imagen 4. Grafico coeficiente K para dilatación y contracción gradual.

Para este laboratorio vamos a tener que el coeficiente  $K_t = 0,7$

Debido a que el banco permite mediciones manométricas lo que hacemos para el cálculo de las pérdidas prácticas es utilizar la ecuación de Bernoulli entre dos puntos de la tubería:

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + hf = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 \quad (4)$$

Debido a que se encuentran a la misma altura del suelo, este término se cancela. De esta manera la ecuación toma esta forma:

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + hf = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g}$$

Despejando hf obtenemos:

$$h_f = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} \quad (5)$$

Donde;

hf: Pérdidas. [m].

P<sub>2</sub>: Presión en el punto 2 [Pa].

P<sub>1</sub>: Presión en el punto 1 [Pa].

V<sub>2</sub>: Velocidad de flujo en el punto 2[m/s].

V<sub>1</sub>: Velocidad de flujo en el punto 1[m/s].

ρ : Densidad del agua a 20° de temperatura. 1000 [Kg/m<sup>3</sup>].

g: Gravedad 9,81 [m/s<sup>2</sup>].

De igual manera despejando K de la ecuación de pérdida en accesorios tenemos que el coeficiente práctico (K<sub>p</sub>) será:

$$K_p = hf \frac{2g}{V^2} \quad (6)$$

Para el cual se utilizaran las pérdidas calculadas con la ecuación de Bernoulli y la velocidad en la sección más pequeña.

### PORCENTAJE DE ERROR:

Un porcentaje de error es el error que se aplica al comparar una cantidad observada experimental, con una cantidad teórica, que es considerado el verdadero valor. El error porcentual es el valor absoluto de la diferencia dividida por el verdadero valor multiplicado por 100.

$$\%ERROR = \frac{|Valor\ practico - Valor\ teorico|}{Valor\ teorico} * 100 \quad (7)$$

## 2. MATERIALES REQUERIDOS

### 2.1. Banco de pruebas.



Imagen 5. Banco de pruebas

- 2.2. Bayetilla
- 2.3. Libreta de apuntes
- 2.4. Libro guía (de ser necesario)

### 3. OBJETIVO

Determinar las pérdidas por fricción en una línea de tubería galvanizada y el coeficiente en reducción y ensanchamiento brusco y gradual.

### 4. PROCEDIMIENTO

- 4.1. Identifique el diseño esquemático en el banco de pruebas por medio del poster.
- 4.2. Cerrar atentamente las válvulas 3, 4 y 5 según el poster y la línea de referencia (La práctica se realiza con la válvula de compuerta 1 de la línea completamente abierta y la 2 cerrada, y luego con la válvula de compuerta 2 completamente abierta y la 1 cerrada).
- 4.3. Identifique el control de caudal e interfaz gráfica.  
Conectar el sistema a una toma corriente de 220 V- AC y realizar la respectiva conexión de polo a tierra con el cable de color verde que se muestra en la Imagen 6.

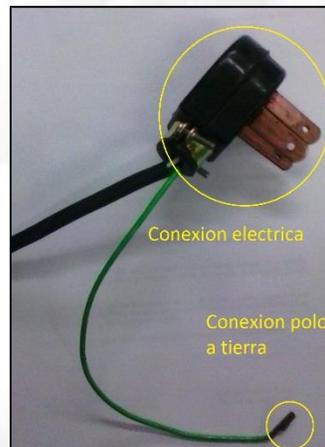
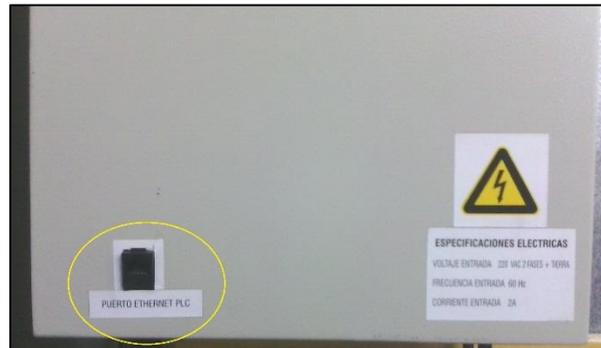


Imagen 6. Conexión eléctrica.

Para acceder al sistema de control y/o de monitoreo (PLC-SCADA) se debe realizar la conexión de un cable de red de conectores RJ45 tipo macho (Patch Cord Ethernet), entre la ranura de conexión del tablero como se muestra en la imagen 7 y la tarjeta de red LAN del computador.



**UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**  
Facultad Tecnológica  
Laboratorios y Talleres de Mecánica



**Imagen 7. Puerto conexión Ethernet PLC-SCADA**

Operación del sistema:

La operación del sistema se puede realizar de dos formas: Modo manual o Modo automático.

4.3.1.MODO MANUAL: En el modo manual sistema responde a los cambios hechos por el operador, es decir, la velocidad la controla el operador.



**Imagen 8. Selector MANUAL/AUTOMATICO**

4.3.1.1. Encendido: Para la operación en modo manual se debe girar el selector hacia la izquierda como lo muestra la Imagen 8. Después se debe presionar el botón verde de encendido que se observa en la Imagen 9. Se debe tener en cuenta que la velocidad establecida por defecto es de 60 Hz, si se requiere cambiar la velocidad por defecto remitirse al manual de usuario del variador.



Imagen 9. Encendido del sistema

4.3.1.2. Apagado: Para detener el giro del variador en modo manual, solo debe presionar el botón de color rojo como se muestra en la Imagen 10.



Imagen 10. Apagado del sistema

4.3.1.3. Velocidad: El sistema funciona en un rango de velocidades de 0Hz a 60 Hz o de 0 L/m a 60 L/m. Para aumentar la velocidad solo debe presionar varias veces el botón con la flecha hacia arriba que se muestra en la Imagen 11, hasta obtener la velocidad deseada. Para disminuir la velocidad debe presionar el botón con la flecha hacia abajo que se muestra en Imagen 11 varias veces hasta obtener la velocidad deseada.

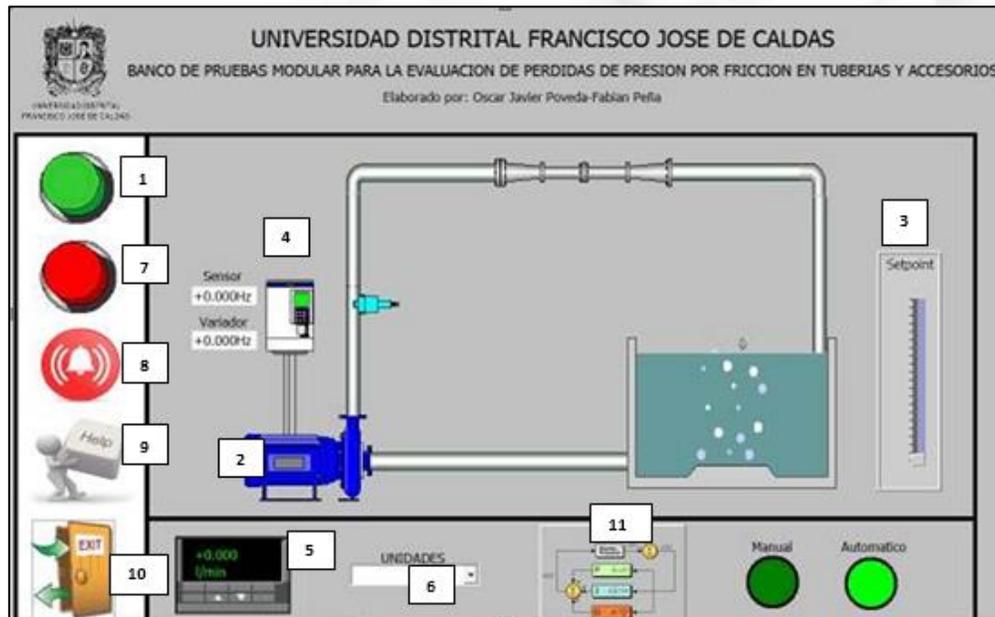


**UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**  
Facultad Tecnológica  
Laboratorios y Talleres de Mecánica



**Imagen 11. Control manual de velocidad**

4.3.2.MODO AUTOMATICO: Para el funcionamiento del modo automático se debe girar el selector MANUAL/AUTOMATICO hacia la derecha, realizar la conexión de datos descritas en el aparatado de conexiones, después debe abrir el ejecutable del SCADA. En donde se observan los comandos de operación y animaciones del sistema como lo muestra la Imagen 12.



**Imagen 12. Ventana principal SCADA**

- 4.3.2.1. Inicio: Para iniciar el sistema solo debe hacer clic en el botón color verde que se encuentra en la esquina superior izquierda (Numeral 1, Imagen 12). El sistema inicia por defecto en una velocidad de 0Hz. Y se observa la señal de inicio (Numeral 2, Imagen 12).
- 4.3.2.2. Setpoint/referencia: Como el sistema inicia en 0Hz, se debe deslizar la barra de SetPoint que se encuentra a la derecha de la pantalla, este setpoint varia en un rango de 0% a 100% (Numeral 3, Imagen 12).
- 4.3.2.3. Variables del sistema: En los numeral 4 y 5 de la Imagen 12 se muestran los indicadores de cada una de las variables del sistema, tales como: Sensor (Hz), Variador (Hz) y la salida (L/m). La salida se puede observar en diferentes unidades (L/m y G/m), para ello se debe seleccionar las unidades de la lista desplegable señalada en el numeral 6, Imagen 12.
- 4.3.2.4. Apagado: Para detener el sistema solo debe hacer clic en el botón rojo que se encuentra en la esquina superior izquierda (Numeral 7, Imagen 12)
- 4.3.2.5. Paro de emergencia: Para detener el sistema ante una emergencia tanto en operación manual o automática debe presionar el botón color rojo ubicado en la parte baja del tablero de medición análoga de variables ubicado en el costado derecho del banco de pruebas.(Imagen 12).



**Imagen 13. Paro de emergencia.**



**UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**  
Facultad Tecnológica  
Laboratorios y Talleres de Mecánica

4.3.2.6. Alarmas: Para monitorear los estados de alarmas del sistema debe hacer clic en la figura de la campana que se muestra en el Numeral 8, Imagen 12 y se pueden monitorear como se muestra en la Imagen 14.

No.	Time	Date	Status	Text	QGR
\$ 190011	8:48:07 AM	8/31/2015	I	Tap Unit - Set: value could not be written to the PLC.	0
\$ 140001	8:48:07 AM	8/31/2015	I	Connection disconnected- HMI_connection, Station 192.168.0.1, Rack 0, Slot 1.	0
\$ 110001	8:47:56 AM	8/31/2015	I	Change to operating mode 'online'.	0
\$ 70018	8:47:56 AM	8/31/2015	I	User administration imported successfully.	0
\$ 70022	8:47:56 AM	8/31/2015	I	User administration import started.	0

Imagen 14. Historial de alarmas.

4.3.2.7. Ayuda: En el numeral 9, Imagen 12 se observa el icono de ayuda, en el cual podrá encontrar el manual técnico de cada uno de los componentes del sistema (variador de velocidad, sensor, PLC), topología de la red y el diagrama unifilar de las conexiones eléctricas.

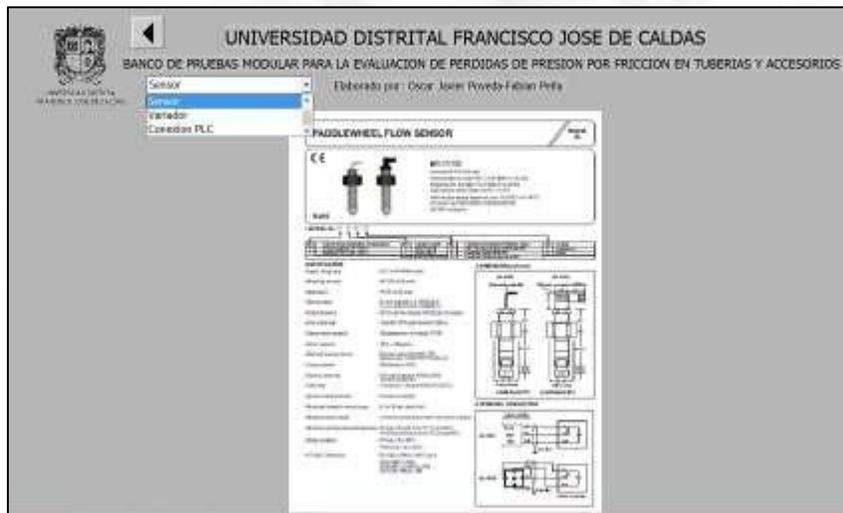


Imagen 15. Ayuda sensor.



**UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**  
Facultad Tecnológica  
Laboratorios y Talleres de Mecánica

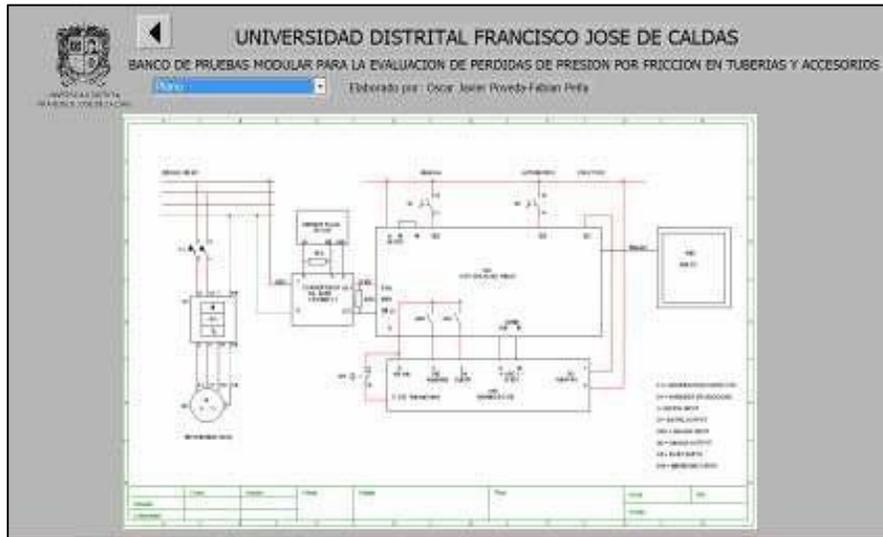


Imagen 16. Ayuda plano eléctrico.

4.3.2.8. Sistema De Control: Para observar el comportamiento del sistema debe hacer clic en el numeral 11, Imagen 12, una vez en la ventana se podrá observar la señal de referencia vs la señal de salida.

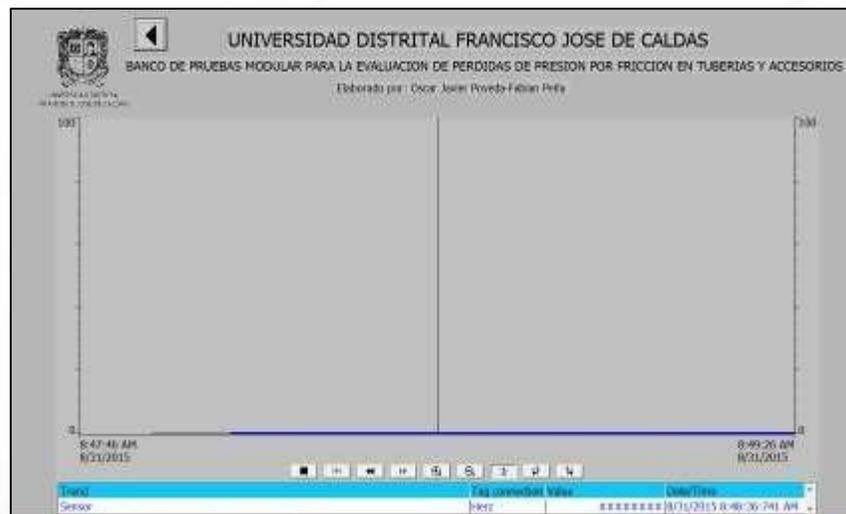


Imagen 17. Comportamiento sistema de control

4.3.2.9. Solución De Problemas:

- Cuando se realiza un **PARO DE EMERGENCIA** y en el Variador de velocidad se visualiza **F00085**, se debe reiniciar el variador presionando la tecla **FN**.
- Si en el **SCADA** se visualiza el valor de la variables como **#####**, se ha perdido el enlace del **PLC** con el **SCADA**, se debe reiniciar la conexión.

4.4. Se toman lecturas de los manómetros tres veces por el mismo observador y se llena la tabla 1.

4.5. Apagar la bomba.

**Nota:** La frecuencia y el caudal tienen un crecimiento lineal. 0 hz-0L/min, 60 Hz-60L/min.

## 5. RESULTADOS

Haciendo uso de las Ecuaciones 1, 5 y 7 procedemos a llenar la Tabla 2. Para el cálculo de la velocidad en la tubería se debe tener en cuenta la ecuación de caudal  $Q=V*A$ ; Se despeja V y se toma el caudal dado por el variador y el diámetro nominal de las tuberías ( $\varnothing 1= 1,5$  pulg.-  $\varnothing 2= 1$  pulg.).

Con los datos obtenidos y utilizando la ecuación 6 procedemos a llenar la tabla 3.

## 6. RECOMENDACIONES

- Verificar el estado de los elementos antes de utilizarlos.
- Dejar los elementos utilizados en la práctica en completo orden.
- Por seguridad realice **TODAS LAS CONEXIONES** con la bomba apagada.

Proyectó	Paula Rincón, Andrés Ramírez	Monitores académicos 2016-1
Revisó	Carlos Andrés Romero	Auxiliar de laboratorio
Aprobó	Luini Hurtado	Coordinador de Laboratorios y Talleres de Mecánica
Fecha	25/02/2017	Versión 02



## ANEXO 1

N° MANOMETRO	LECTURA 1 (PSI)	LECTURA 2 (PSI)	LECTURA 3 (PSI)	PROMEDIO (PSI)	PROMEDIO (Pa)
2					
3					
4					
5					
13					
14					
15					
16					

Tabla 1.

ACCESORIOS	PERDIDA PRACTICA (hf)	PERDIDA TEORICA (hf)	% ERROR
PUNTO 2-3			
PUNTO 4-5			
PUNTO 13-14			
PUNTO 15-16			

Tabla 2.

ACCESORIO	COEFICIENTE PERDIDAS PRACTICO (Kp)	COEFICIENTE DE PERDIDA TEORICO (Kt)	% ERROR
CONTRACCION SUBITA			
DILATACION SUBITA			
CONTRACCION GRADUAL			
DILATACION GRADUAL			

Tabla 3.