

**DISEÑO Y MONTAJE DEL EQUIPO HIDRÁULICO PARA LA
EXPERIMENTACIÓN DE PERDIDAS POR FRICCIÓN, PERDIDAS
LOCALIZADAS**

**JORGE LUIS BARRETO RIVERA
HENRY ALEXANDER BARRAGÁN
JOSÉ LUIS TRUJILLO VARGAS**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL
GIRARDOT
2008
©**

**DISEÑO Y MONTAJE DEL EQUIPO HIDRÁULICO PARA LA
EXPERIMENTACIÓN DE PERDIDAS POR FRICCIÓN, PERDIDAS
LOCALIZADAS**

**JORGE LUIS BARRETO RIVERA
HENRY ALEXANDER BARRAGÁN
JOSÉ LUIS TRUJILLO VARGAS**

Proyecto de grado realizado para la obtención de título de
ingeniero civil

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL
GIRARDOT
2008
©**

*[A la corporación universitaria minuto de
Dios que me formo y me dio todas las
herramientas para obtener éxitos en los
proyectos propuesto, Además agradezco
a todos los catedráticos que de alguna
manera nos brindaron su ayuda
profesional para que este proyecto.]*

JOSÉ

[Agradezco especialmente a mi madre quien me aliento hasta el final y a la cual dedico este éxito.

También agradezco a mi novia Julieth, por su generoso apoyo moral, en el proyecto, dando un granito de arena a el.

agradezco a ingeniera Paola Tibáquira la cual nos brindo su ayuda sin ningún otro motivo más que la solidaridad, agradezco a todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron a la realización de este proyecto.]

JORGE

[A todas aquellas personas que han estado conmigo en el largo caminar de la vida, quienes me alientan a seguir adelante y a vencer todos los obstáculos. A mi esposa, mi hijo, por su apoyo constante y comprensión, a mis padres, mis hermanas y mi sobrina, a quienes dedico este nuevo triunfo por su desinteresada ayuda y eterna confianza que me ha mantenido siempre en pie en este recorrido y me impulsa a continuar estableciendo objetivos para obtener nuevos éxitos.

También agradezco a todos los docentes que de alguna u otra manera nos han prestado su colaboración personal y profesional para que este proyecto de nuestra tesis sea el fruto de nuestros esfuerzos.

A todos gracias, ustedes se merecen este esfuerzo conjunto.

HENRY.

NOTA DE ACEPTACIÓN:

FIRMA DE JURADO

FIRMA DE JURADO

FIRMA DE JURADO

Girardot, 25 de Septiembre de 2008

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN.....	11
1 JUSTIFICACIÓN	13
2 OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
3 BASE TEÓRICO	15
3.1 TIPO DE FLUJOS EN TUBERÍAS.....	15
3.2 ECUACIONES GENERALES DE LA MECÁNICA DE FLUIDOS	16
3.3 PERDIDAS DE ENERGÍA POR FRICCIÓN Y ANÁLISIS DE PÉRDIDAS LOCALIZADAS	17
3.3.1 Flujo laminar en tuberías de presión de sección circular	18
3.3.2 Flujo Turbulento en Conductos de Presión de Sección Circular.....	20
3.4 FORMULAS EMPÍRICAS DE FRICCIÓN.....	24
3.4.1 Ecuación de Darcy-Weisbach	24
3.4.2 Ecuación de Colebrook-White	26
3.4.3 Ecuación de Hazen - Williams.....	27
3.5 PERDIDA DE CARGA EN ACCESORIOS.....	30
3.5.1 Accesorios de tuberías	31
3.5.2 Ecuación general para la estimación de pérdidas localizada	41
3.6 ENSANCHE BRUSCO.	44
4 METODOLOGÍA DEL DISEÑO Y MONTAJE DEL EQUIPO HIDRÁULICO..	46
4.1 ESTUDIOS PREVIOS.....	46
4.2 DISEÑO DEL BANCO DE PRUEBAS	46
4.2.1 Descripción del sistema.....	48
4.3 CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO.....	51
5 INSTRUCCIONES.....	53

5.1	PROCEDIMIENTOS DE EMPLEO	53
5.2	PROCESOS DE MANTENIMIENTO	55
5.2.1	Mantenimiento preventivo	55
5.2.2	Mantenimiento correctivo	55
6	CACULOS DE DISEÑO	57
6.1	CALCULO DE BOMBA.....	57
6.1.1	Caudal total (Qt).....	57
6.1.2	Calculo de perdidas por fricción (Hf).....	57
6.1.3	Pérdidas de presión en válvulas y conexiones (Hm)	58
6.1.4	Calculo de altura dinámica total (HDT).....	59
6.1.5	Equipo de bombeo	59
7	RESULTADOS	60
7.1	ERRORES EN RESULTADOS	60
7.1.1	CLASIFICACIÓN DE ERRORES	60
7.2	Tablas de resultados	63
7.3	Resultados de las pruebas.....	65
8	PRESUPUESTO.....	66
8.1	COSTO DIRECTO	66
8.2	COSTOS INDIRECTOS	68
9	CONCLUSIONES.....	69
10	RECOMENDACIONES.....	70
11	REGLAMENTO GENERAL DE LABORATORIOS	83
11.1	NORMAS GENERALES:.....	83
11.2	DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS:.....	85
12	BIBLIOGRAFÍA	123

Lista de Figuras

FIGURA 1. FLUJO DE FLUIDOS EN TUBERÍAS	16
FIGURA 2. CAÍDA DE LA LÍNEA PIEZOMÉTRICAS.	18
FIGURA 3. VOLUMEN DE CONTROL PARA UN SISTEMA DE PRESIÓN.....	21
FIGURA 4. CODOS	33
FIGURA 5. TEE	34
FIGURA 6. VÁLVULA DE GLOBO.....	37
FIGURA 7. VÁLVULA DE COMPUERTA.....	38
FIGURA 8 .VÁLVULA DE MARIPOSA.....	39
FIGURA 9. VÁLVULA DE BOLA.....	39
FIGURA 10. TAPONES SOLDADOS, ROSCADOS	40
FIGURA 11. COMPORTAMIENTO DE LAS LÍNEAS DE ENERGÍA Y PIEZOMÉTRICAS	42
FIGURA 12. EXPANSIÓN BRUSCA.....	44
FIGURA 13. DISEÑO DE BASE DEL MONTAJE.....	48
FIGURA 14. DIAGRAMA BANCO DE PRUEBAS	49
FIGURA 1.LÍNEA DE ENERGÍA	87
FIGURA 2. DIAGRAMA BANCO DE PRUEBAS.....	93

Lista de Tablas

TABLA 1. VALORES DE COEFICIENTES DE HAZEN-WILLIAMS.....	29
TABLA 2. COEFICIENTES DE PÉRDIDAS DE ACCESORIOS.....	42
TABLA 3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	48
TABLA 4. DIMENSIONES DE TUBERÍAS.....	58
TABLA 5. VÁLVULAS Y CONEXIONES DEL SISTEMA.....	58
TABLA 6. TABLA DE RESULTADOS PRUEBA DE FRICCIÓN.....	63
TABLA 7. TABLA DE RESULTADOS PRUEBA DE ACCESORIOS	64
TABLA 8. COSTO DIRECTO.....	66
TABLA 9. COSTO INDIRECTO	68
TABLA 1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	92
TABLA 2. TABLA DE EQUIVALENCIA.....	97
TABLA 3. CARACTERÍSTICAS EXPERIENCIA 1.	98
TABLA 4. CARACTERÍSTICAS EXPERIENCIA 2	99

Lista de Anexo

ANEXO A . PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA.....	72
ANEXO B. RUGOSIDADES DE LOS MATERIALES	73
ANEXO C. DIAGRAMA DE MOODY	74
ANEXO D. TABLA DE RESULTADOS PRUEBA DE FRICCIÓN	75
ANEXO E. TABLA DE RESULTADOS PRUEBA DE ACCESORIOS.....	76
ANEXO F. MEMORIAS DE CÁLCULO	73
ANEXO G. REGLAMENTO LABORATORIO	83
ANEXO H. GUÍA DE LABORATORIO	86
ANEXO I. RESULTADOS PRUEBAS	103
ANEXO J. GRÁFICOS RESULTADOS PRUEBAS	111
ANEXO K. REGISTRO FOTOGRÁFICO – INVESTIGACIÓN.....	117
ANEXO L. REGISTRO FOTOGRÁFICO CONSTRUCCIÓN.....	120

INTRODUCCIÓN

El conocer y entender los principios básicos de la mecánica de fluidos es esencial en el análisis y diseño de cualquier sistema en el cual el fluido es el elemento de trabajo. El desarrollo de la mecánica de tuberías como ciencia experimental se deriva de la existencia de procesos físicos irreversibles, los laboratorios nos permiten analizar los fenómenos que los producen dichos procesos físicos.

Así mismo, los estudios sobre experimentos ocupan un lugar importante en el desarrollo en el área de la ingeniería que permite la observación de ciertos fenómenos, como lo son los de fricción factor importante en el diseño de sistemas de tuberías y la obtención de coeficientes para perdidas menores en los sistemas, la representación y comprobación de estos de forma practica que en teoría no se pueden lograr a pesar de los grandes desarrollos que recientemente se han alcanzado en el campo numérico y la calibración de modelos matemáticos que tendrían un uso limitado si no se contara con este gran apoyo.

En la actualidad unos de los principales dilemas de La *Corporación Universitaria Minuto de Dios regional Girardot* es no contar con espacios propios ni con los elementos y equipos fundamentales para la generación de laboratorios para el desarrollo experimental de su comunidad estudiantil, esto genera la inconformidad en la comunidad, ya que para la realización de dichas prácticas experimentales se deben trasladar a otras ciudades, que generan gastos económicos tanto para la Universidad como para los mismos estudiantes, por esta razón se presenta una baja motivación en el alumno y el desarrollo investigativo ya que no cuenta con las herramientas mínimas para el desarrollo de investigación dentro de la Universidad.

La hidráulica es una de las ramas de la Ingeniería de mayor acogida dentro de la comunidad Uniminuto, de acuerdo a la investigación bibliográfica es área de mayor consulta. Por esta razón se deben llevar los conocimientos teóricos más allá de la comprensión matemática. La creación de elementos y modelos de laboratorio modernos que representen y que sirvan para recrear los principios y fenómenos presentes en la Hidrodinámica, incentivaría el ánimo perdido del estudiante a desarrollar investigación y el entendimiento práctico de esta rama de la Ingeniería.

1 JUSTIFICACIÓN

La *Corporación Universitaria Minuto de Dios regional Girardot* es una universidad relativamente joven en la ciudad, con gran aceptación entre los girardoteños y habitantes de los municipios cercanos, incrementándose rápidamente el número de estudiantes y consolidándola como un Centro de Formación profesional de calidad y de fácil acceso para toda la comunidad. Actualmente la *Corporación Universitaria Minuto de Dios regional Girardot* se proyecta como una universidad con gran visión del futuro, con una infraestructura propia y con espacios adecuados en todas las áreas.

El área de hidráulica es una de las ramas de la Ingeniería de mayor acogida dentro de la comunidad Uniminuto, y de mayor consulta,¹ por esta razón se debe dar la validez de los modelos matemáticos deducidos en cátedra más allá de la comprensión teórica. La creación de elementos y modelos de laboratorio modernos que representen y que sirvan para recrear los principios y fenómenos presentes en la Hidrodinámica, incentivaría el ánimo perdido del estudiante a desarrollar investigación y el entendimiento práctico de esta rama de la Ingeniería.

Este proyecto tiene no solamente como objetivo contribuir a la universidad en la creación del laboratorio propio de hidráulica, que aportaría cuantiosamente al mejoramiento de la infraestructura existente, sino que tiene como ideal fundamental la innovación en los procesos experimentales, creando un banco de pruebas que recree las condiciones reales a las cuales son sometidas las tuberías, con la seguridad de que a partir de éste se podrán plantear y ejecutar unos cálculos teóricos y lograr un punto de comparación para los obtenidos en la práctica.

¹ Manual de laboratorio de hidráulica. Anderson Raquejo, 2006, pág. 25)

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir el equipo hidráulico para la experimentación de pérdidas de energía por fricción, análisis de pérdidas por accesorios.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✦ Diseñar y construir un banco de pruebas que permita la experimentación de pérdidas de energía por fricción.
- ✦ Diseñar y construir de pruebas que permita la experimentación de pérdidas de energía por accesorios.
- ✦ Diseñar y construir de pruebas que permita la experimentación de pérdidas de energía por expansiones bruscas.
- ✦ Generar material pedagógico de alta calidad que pueda a clara incertidumbres de los estudiantes con respecto a la practica de la hidráulica de tuberías.

3 BASE TEÓRICO

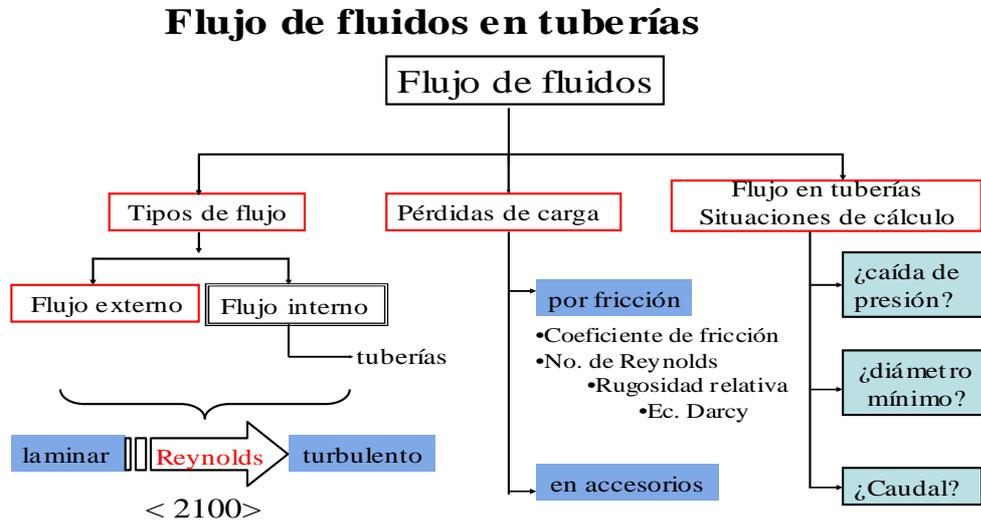
3.1 TIPO DE FLUJOS EN TUBERÍAS

En 1883, cuando el ingeniero británico Osborne Reynolds demostró la existencia de dos tipos de flujo viscoso en tuberías, decía que a velocidades bajas, las partículas del fluido siguen las líneas de corriente (flujo laminar), y los resultados experimentales coinciden con las predicciones analíticas.

Reynolds demostró que a velocidades más elevadas, surgen fluctuaciones en la velocidad del flujo, o remolinos (flujo turbulento), en una forma que ni siquiera en la actualidad se puede predecir completamente.

Reynolds además determinó que la transición del flujo laminar al turbulento era función de un único parámetro, que desde entonces se conoce como número de Reynolds. Si el número de Reynolds que carece de dimensiones y es el producto de la velocidad, la densidad del fluido y el diámetro de la tubería dividido entre la viscosidad del fluido es menor de 2.100, el flujo a través de la tubería es siempre laminar; cuando los valores son más elevados suele ser turbulento. El concepto de número de Reynolds es esencial para gran parte de la moderna mecánica de fluidos.

Figura 1. Flujo de fluidos en tuberías



Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/tipodeflujo>

3.2 ECUACIONES GENERALES DE LA MECÁNICA DE FLUIDOS

Las ecuaciones que rigen toda la mecánica de fluidos se obtienen por la aplicación de los principios de conservación de la mecánica y la termodinámica a un volumen fluido. Para generalizarlas usaremos el teorema del transporte de Reynolds y el teorema de la divergencia (o teorema de Gauss) para obtener las ecuaciones en una forma más útil para la formulación euleriana.

Las tres ecuaciones fundamentales son: la ecuación de continuidad, la ecuación de la cantidad de movimiento, y la ecuación de la conservación de la energía. Estas ecuaciones pueden darse en su formulación integral o en su forma diferencial, dependiendo del problema. A este conjunto de ecuaciones dadas en su forma diferencial también se le denomina ecuaciones de Navier-Stokes.

No existe una solución general a dicho conjunto de ecuaciones debido a su complejidad, por lo que para cada problema concreto de la mecánica de fluidos se estudian estas ecuaciones buscando simplificaciones que faciliten la resolución del problema. En algunos casos no es posible obtener una solución analítica, por lo que hemos de recurrir a soluciones numéricas generadas por ordenador.

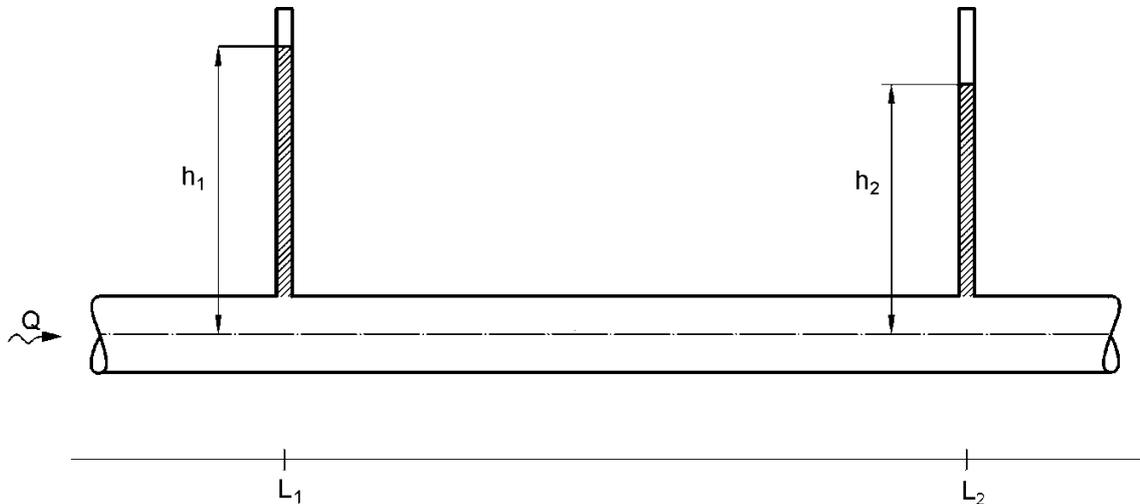
3.3 PERDIDAS DE ENERGÍA POR FRICCIÓN Y ANÁLISIS DE PÉRDIDAS LOCALIZADAS

A medida que un fluido fluye por un conducto, tubo o algún otro dispositivo, ocurren pérdidas de energía debido a la fricción; tales energías traen como resultado una disminución de la presión entre dos puntos del sistema de flujo.

Hay tipos de pérdidas que son muy pequeñas en comparación, y por consiguiente se hace referencia de ellas como pérdidas menores, las cuales ocurren cuando hay un cambio en la sección cruzada de la trayectoria de flujo o en la dirección de flujo, o cuando la trayectoria del flujo se encuentra obstruida como sucede en una válvula.

En el caso de un conducto de presión con sección circular para mencionar la sección mas utilizada. En un flujo incompresible permanente a través de un tubo, se presentan pérdidas que se expresan por medio de la caída de la línea de cargas piezométricas.

Figura 2. Caída de la línea piezométricas.



Fuente: Hidráulica Experimental Héctor Alfonso Rodríguez, Escuela Colombiana de Ingeniería

Otras pérdidas están directamente asociadas a la geometría misma del flujo y se conocen como pérdidas por accesorios. Los cambios de dirección y de sección transversal son las principales causas de estas pérdidas.

3.3.1 Flujo laminar en tuberías de presión de sección circular.

El comportamiento de un flujo laminar incompresible en una tubería de presión de sección circular en condiciones de régimen permanente se puede estudiar con una expresión derivada analíticamente. Este análisis establece que para flujo con el número de Reynolds que no sobrepase el valor de 2000, el caudal se puede obtener mediante la siguiente expresión:

$$Q = -\frac{\pi g D^4}{128 \nu} \frac{\Delta\left(\frac{P}{\gamma} + h\right)}{\Delta l}$$

Fuente: Hidráulica Experimental Héctor Alfonso Rodríguez, Escuela Colombiana de Ingeniería

Donde:

Q = caudal de la tubería

g = aceleración de la gravedad

D = diámetro de la tubería

V = viscosidad cinemática del fluido

$$\frac{\Delta\left(\frac{P}{\gamma} + h\right)}{\Delta l} \quad \Delta\left(\frac{P}{\gamma} + h\right)$$

= variación de la altura piezométricas entre dos puntos de la tubería con diámetro constante

La ecuación anterior se presenta en particular para el caso de flujo laminar en tuberías horizontales y se conoce como la formula de hagen-poiseuille en honor de quienes la obtuvieron experimentalmente. La expresión es la siguiente.

$$Q = \frac{\pi g D^4 \Delta(p / \gamma)}{128 \nu L}$$

Fuente: Hidráulica Experimental Héctor Alfonso Rodríguez, Escuela Colombiana de Ingeniería

Las dos expresiones anteriores muestran que la descarga varia directamente con la diferencia de las piezométricas o de las presiones (tubo horizontal) el diámetro del conducto y la aceleración de la gravedad, e inversamente con la longitud de la

tubería y la viscosidad cinemática. Se puede observar que la rugosidad del tubo no interviene en la ecuación.

3.3.2 Flujo Turbulento en Conductos de Presión de Sección Circular.

En general en flujos incompresibles a régimen permanente y uniformes, desarrollados en tuberías de sección transversal constante, el esfuerzo constante en la pared se puede expresar en función de la viscosidad media al cuadrado, mediante la siguiente expresión:

$$\tau_0 = \lambda \frac{\rho}{2} V^2$$

Fuente: Hidráulica Experimental Héctor Alfonso Rodríguez, Escuela Colombiana de Ingeniería

Donde λ es un coeficiente a dimensional para un flujo de presión en un conducto cerrado la energía podría suministrarse por la caída de energía potencial y por la caída de energía de presión la ecuación de energía entre dos puntos queda expresada de la siguiente manera:

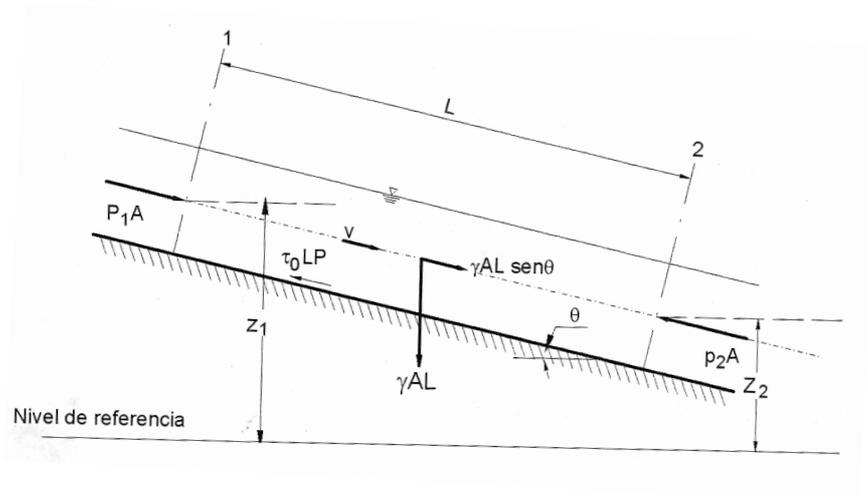
$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + h_f + h_{l1,2}$$

Ecuación en la que al despejar las pérdidas esta quedan representadas por la suma de las diferencias de energía potencial y de presión entre los dos puntos.

Por otra parte como se trata de un flujo uniforme y permanente la ecuación de cantidad de movimiento aplicada al sistema permite encontrar la siguiente expresión para el esfuerzo cortante

$$\left(\frac{P_1 - P_2}{\gamma} + z_1 - z_2 \right) \frac{\gamma A}{LP} = \tau_0$$

Figura 3. Volumen de control para un sistema de presión



Fuente: Hidráulica Experimental Héctor Alfonso Rodríguez, Escuela Colombiana de Ingeniería

Donde A, área hidráulica es el área de la sección transversa ocupada por líquido dentro del conducto; P, perímetro mojado es le perímetro de la sección trasversal del conducto mojada por el líquido y L, es la longitud de la tubería en esta ultima expresión se observa que las pérdidas de energía son función del esfuerzo cortante y de la geometría del conducto. De la combinación de las ecuaciones de energía y cantidad de movimiento y reemplazando el esfuerzo cortante se puede describir que:

$$= \frac{\tau_0 LP}{\gamma A} = \lambda \frac{\rho}{2} V^2 \frac{LP}{\gamma A} = \lambda \frac{L}{R} \frac{V^2}{2g}$$

Perdidas 1-2

En la que R es el radio hidráulico y ha sido sustituida por la relación A/P . esta expresión tiene unidades de fuerza – longitud por unida de fuerza, es decir se expresa en términos de energía especifica y se acostumbra denominar como H_f pérdida de altura o pérdida de energía a causa de la fricción. Si S_f representa la pérdida de energía debida a la fricción por unidad de longitud se tiene que:

$$S_f = \frac{h_f}{L} = \frac{\lambda}{R} \frac{V^2}{2g}$$

Fuente: Hidráulica Experimental Héctor Alfonso Rodríguez, Escuela Colombiana de Ingeniería

Ecuación que al despejar V se convierte en:

$$V = \sqrt{\frac{2g}{\lambda}} \sqrt{RS_f} = C \sqrt{RS_f}$$

Fuente: Hidráulica Experimental Héctor Alfonso Rodríguez, Escuela Colombiana de Ingeniería

Expresión conocida como formula de chezy en la que el coeficiente C se determina experimentalmente, incluso existen varias formulas para su determinación.

En el caso de tubos si $\lambda = \frac{f}{4}$ y $R = \frac{D}{4}$ se obtiene la ecuación de Darcy-Weisbach, formula más difundida y mucho más utilizada en nuestros medio:

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

Fuente: Hidráulica Experimental Héctor Alfonso Rodríguez, Escuela Colombiana de Ingeniería

En donde D es el diámetro interior del tubo y f es un coeficiente conocido como coeficiente de fricción de Darcy.

Los desarrollos matemáticos de Poiseuille en 1846 que describen el comportamiento del flujo laminar en tuberías de presión $NR < 2000$ permitieron encontrar una expresión directa para el cálculo del factor de fricción f , la expresión resultante para la determinación del factor f para flujo laminar es:

$$f = \frac{64}{NR}$$

La cual es valida para tubos lisos o rugosos, ya que la pérdida de energía debida a la fricción para flujos laminares es independiente de la rugosidad de la pared. La determinación del factor de fricción para flujo turbulento es a partir de la ecuación de Colebrook – White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[\frac{\epsilon}{3.7D} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right]$$

Fuente: Hidráulica Experimental Héctor Alfonso Rodríguez, Escuela Colombiana de Ingeniería

3.4 FORMULAS EMPÍRICAS DE FRICCIÓN

3.4.1 Ecuación de Darcy-Weisbach

Formula de Darcy-Weisbach es una ecuación ampliamente usada en hidráulica. Permite el cálculo de la pérdida de carga debida a la fricción dentro una tubería.

La ecuación fue inicialmente una variante de la ecuación de Prony, desarrollada por el francés Henry Darcy. En 1845 fue refinada por Julius Weisbach, de Sajonia, hasta la forma en que se conoce actualmente

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

Donde h_f es la pérdida de energía o la caída en la línea de cargas piezométricas a lo largo de la longitud (L) en la tubería de diámetro D, de un flujo con velocidad promedio V y f es un factor de fricción adimensional.

Todas las cantidades de esta ecuación excepto f, pueden determinarse experimentalmente: midiendo el caudal y el diámetro interior del tubo, se calcula la velocidad; las pérdidas de energía o de carga se miden con un manómetro diferencial conectado en los extremos de la longitud deseada. Los experimentos han demostrado que para flujo turbulento, las pérdidas de carga varían:

1. Directamente con la longitud de la tubería.
2. Aproximadamente con el cuadrado de la velocidad.
3. Aproximadamente con el inverso del diámetro.
4. Dependiendo de la rugosidad de la superficie interior del tubo.

5. Dependiendo de las propiedades de densidad y viscosidad del fluido.
6. Independientemente de la presión.

El factor f depende de las siguientes cantidades:

V : velocidad ($L T^{-1}$)

D : diámetro (L)

ρ : densidad del fluido ($M L^{-3}$)

μ : viscosidad del fluido ($M L^{-1} T^{-1}$)

ε : medida del tamaño de las proyecciones de la rugosidad (L)

ε' : medida de la distribución o espaciamiento de las rugosidades (L)

La distribución o espaciamiento de las rugosidades (L)

m : factor que depende del aspecto o forma de los elementos de la rugosidad (adimensional)

Entonces $f = f(V, D, \rho, \mu, \varepsilon, \varepsilon', m)$.

Como f es un factor adimensional, debe depender de las cantidades anteriores agrupadas en parámetros adimensionales. Las cuatro primeras cantidades se agrupan en el parámetro adimensional conocido como número de Reynolds ($R = VD\rho / \mu$); los términos ε y ε' se hacen adimensionales dividiéndolos entre D . Por lo tanto resulta que $f = f(R, \varepsilon/D, \varepsilon'/D, m)$.

3.4.1.1 Cálculo de factor de fricción

El valor de f puede conocerse acudiendo al diagrama de Moody, el cual se basa en la ecuación de Colebrook-White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -0.869 \ln \left(\frac{\varepsilon/D}{3.7} + \frac{2.523}{R\sqrt{f}} \right)$$

Una ecuación tan precisa como la de Colebrook-White, que permite obtener el coeficiente de fricción de manera directa (sin iteraciones) es la de Swamee-Jain:

$$f = \frac{1.325}{\left[\ln \left(\frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{5.74}{R^{0.9}} \right) \right]^2}$$

3.4.2 Ecuación de Colebrook-White

Fórmula usada en hidráulica para el cálculo del factor de fricción de Darcy f también conocido como coeficiente de rozamiento. Se trata del mismo factor f que aparece en la ecuación de Darcy-Weisbach.

La expresión de la fórmula de Colebrook-White es la siguiente:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \operatorname{Log} \left(\frac{k/D}{3.7} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right)$$

Donde

$Re =$ Es el número de Reynolds

$k/D =$ La rugosidad relativa

$f =$ El factor de fricción.

El campo de aplicación de esta fórmula se encuentra en la zona de transición de flujo laminar a flujo turbulento y flujo turbulento. Para la obtención de f es necesario el uso de métodos iterativos.

Para el caso particular de tuberías lisas la rugosidad relativa, es decir la relación entre la rugosidad en las paredes de la tubería y el diámetro de la misma, es muy pequeño con lo que el término k / D es muy pequeño y puede despreciarse el primer sumando situado dentro del paréntesis de la ecuación anterior. Quedando en este caso particular la ecuación del siguiente modo:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \text{Log} (Re \sqrt{f}) - 0.8$$

Para números de Reynolds muy grandes el segundo sumando situado dentro del paréntesis de la ecuación de Colebrook-White es despreciable. En este caso la viscosidad no influye en la práctica a la hora de determinar el coeficiente de fricción, este únicamente depende de la rugosidad relativa k / D de la tubería.

3.4.3 Ecuación de Hazen - Williams

La fórmula de Hazen-Williams, también denominada ecuación de Hazen-Williams, se utiliza particularmente para determinar la velocidad del agua en tuberías circulares llenas, es decir, que trabajan a presión.

Su formulación es, en función del radio hidráulico:

$$V = 0,85 * C * \left(\frac{D}{4}\right)^{0,63} * J^{0,54}$$

Fuente: Hidráulica Experimental Héctor Alfonso Rodríguez, Escuela Colombiana de Ingeniería

En función del diámetro:

$$V = 0,3549 * C_{HW} * (D)^{0,63} * J^{0,54}$$

Donde:

- V = Velocidad media del agua en el tubo en [m/s].
- C_{HW} = Coeficiente que depende de la rugosidad del tubo.
- D = Diámetro en [m].
- (J = Pérdida de carga [m/m].

Esta ecuación se limita por usarse solamente para agua como fluido de estudio, mientras que encuentra ventaja por solo asociar su coeficiente a la rugosidad relativa de la tubería que lo conduce, o lo que es lo mismo al material de la misma y el tiempo que este lleva de uso.

3.4.3.1 Valores del Coeficiente C_{HW} de Hazen-Williams

A continuación relacionamos los coeficientes de Hazen-Williams para todos los materiales de las tuberías

Tabla 1. Valores de coeficientes de Hazen-Williams

Material	Condición	Diámetro (pulg)	C_{HW}
Hierro Dulce	Nuevo	Todos	130
	5 años de edad	$d \geq 12$	120
		$8 \leq d \leq 10$	119
		$4 \leq d \leq 6$	118
	10 años de edad	$d \geq 24$	113
		$12 \leq d \leq 20$	111
		$4 \leq d \leq 10$	107
20 años de edad	$d \geq 24$	100	
	$12 \leq d \leq 20$	96	
	$4 \leq d \leq 10$	89	
30 años de edad	$d \geq 30$	90	
	$16 \leq d \leq 24$	87	
	$4 \leq d \leq 14$	75	
40 años de edad	$d \geq 30$	83	
	$16 \leq d \leq 24$	80	
	$4 \leq d \leq 14$	64	
50 años de edad	$d \geq 40$	77	
	$24 \leq d \leq 36$	74	
	$4 \leq d \leq 20$	55	
Acero soldado	Constante	$d \geq 12$	120
		$8 \leq d \leq 10$	119
		$4 \leq d \leq 6$	118
Acero bridado	Constante	$d \geq 24$	113
		$12 \leq d \leq 20$	111
		$4 \leq d \leq 10$	107
Madera	Constante	Todos	120
Concreto	Formaleta de acero	Todos	140
	Formaleta de madera	Todos	120
	Centrifugado	Todos	135

Arcilla Vitrificada	Buenas condiciones	Todos	100
PVC	Constante	Todos	150
Asbesto-cemento	Constante	Todos	140
Mampostería	Constante	Todos	100
Cobre	Constante	Todos	130-140
Hierro galvanizado	Constante	Todos	120
Latón	Constante	Todos	130
Vidrio	Constante	Todos	140

Fuente: Hidráulica de tuberías. Juan g. Saldarriaga, Mc granw hill

3.5 PERDIDA DE CARGA EN ACCESORIOS

Además de las pérdidas de energía por fricción, hay otras pérdidas "menores" asociadas con los problemas en tuberías. Se considera que tales pérdidas ocurren localmente en el disturbio del flujo. La presencia de llaves de paso, ensanchamientos, codos, estrechamientos, tees, etc. Introduce pérdidas de carga suplementarias en toda instalación, por alterar la dirección del flujo o modificar la velocidad lineal de desplazamiento de algunos filetes de vena fluida.

3.5.1 Accesorios de tuberías

Es el conjunto de piezas moldeadas o mecanizadas que unidas a los tubos mediante un procedimiento determinado forman las líneas estructurales de tuberías de una planta de proceso. Entre los tipos de accesorios mas comunes se puede mencionar:

- ⊕ Bridas
- ⊕ Codos
- ⊕ Tes
- ⊕ Reducciones
- ⊕ Cuellos o acoples
- ⊕ Válvulas
- ⊕ Empacaduras
- ⊕ Tornillos y niples

3.5.1.1 *Bridas*

Son accesorios para conectar tuberías con equipos (Bombas, intercambiadores de calor, calderas, tanques, etc.) o accesorios (codos, válvulas, etc.). La unión se hace por medio de dos bridas, en la cual una de ellas pertenece a la tubería y la otra al equipo o accesorio a ser conectado. La ventaja de las uniones bridadas radica en el hecho de que por estar unidas por espárragos, permite el rápido montaje y desmontaje a objeto de realizar reparaciones o mantenimiento.

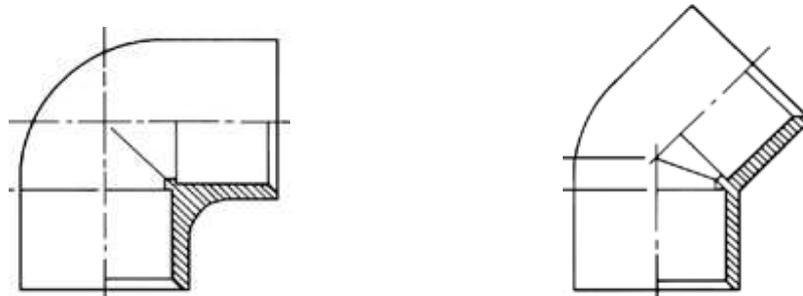
3.5.1.1.1 Tipos y características

- ✦ Brida con cuello para soldar es utilizada con el fin de minimizar el número de soldaduras en pequeñas piezas a la vez que contribuya a contrarrestar la corrosión en la junta.
- ✦ Brida deslizante es la que tiene la propiedad de deslizarse hacia cualquier extremo del tubo antes de ser soldada y se encuentra en el mercado con cara plana, cara levantada, borde y ranura, macho y hembra y de orificio requiere soldadura por ambos lados.
- ✦ Brida roscada. Son bridas que pueden ser instaladas sin necesidad de soldadura y se utilizan en líneas con fluidos con temperaturas moderadas, baja presión y poca corrosión, no es adecuada para servicios que impliquen fatigas térmicas.
- ✦ Brida loca con tubo rebordeado. Es la brida que viene seccionada y su borde puede girar alrededor de cuello, lo que permite instalar los orificios para tornillos en cualquier posición sin necesidad de nivelarlos.
- ✦ Brida ciega. Es una pieza completamente sólida sin orificio para fluido, y se une a las tuberías mediante el uso de tornillos, se puede colocar conjuntamente con otro tipo de brida de igual diámetro, cara y resistencia.
- ✦ Brida orificio. Son convertidas para cumplir su función como bridas de orificio, del grupo de las denominadas estándar, específicamente del tipo cuello soldable y deslizantes.

3.5.1.2 Codos.

Son accesorios de forma curva que se utilizan para cambiar la dirección del flujo de las líneas tantos grados como lo especifiquen los planos o dibujos de tuberías.

Figura 4. Codos



Fuente: Cartilla de productos – Pavco

3.5.1.2.1 Tipos

Los codos estándar son aquellos que vienen listos para la pre-fabricación de piezas de tuberías y que son fundidos en una sola pieza con características específicas y son:

- ✦ Codos estándar de 45°
- ✦ Codos estándar de 90°

3.5.1.2.2 Características

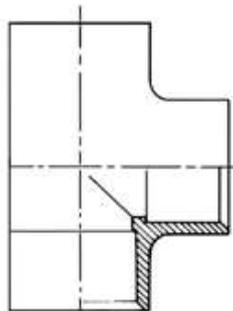
- ✦ Diámetro. Es el tamaño o medida del orificio del codo entre sus paredes los cuales existen desde ¼" hasta 120". También existen codos de reducción.
- ✦ Angulo. Es la existente entre ambos extremos del codo y sus grados dependen del giro o desplazamiento que requiera la línea.

- ⊕ Radio. Es la dimensión que va desde el vértice hacia uno de sus arcos. Según sus radios los codos pueden ser: radio corto, largo, de retorno y extra largo.
- ⊕ Espesores una normativa o codificación del fabricante determinada por el grosor de la pared del codo.
- ⊕ Aleación. Es el tipo de material o mezcla de materiales con el cual se elabora el codo, entre los más importantes se encuentran: acero al carbono, acero a % de cromo, acero inoxidable, galvanizado, etc.

3.5.1.3 Tee.

Son accesorios que se fabrican de diferentes tipos de materiales, aleaciones, diámetros y schedule y se utiliza para efectuar fabricación en líneas de tubería.

Figura 5. Tee



Fuente: Cartilla de productos - Pavco

3.5.1.3.1 Tipos

- ⊕ Diámetros iguales o te de recta
- ⊕ Reductora con dos orificios de igual diámetro y uno desigual.

3.5.1.3.2 Características

- ✦ Diámetro. Las tes existen en diámetros desde ¼" " hasta 72" " en el tipo Fabricación.
- ✦ Espesor. Este factor depende del espesor del tubo o accesorio a la cual va instalada y ellos existen desde el espesor fabricación hasta el doble extra pesado.
- ✦ Aleación. Las más usadas en la fabricación son: acero al carbono, acero inoxidable, galvanizado, etc.
- ✦ Juntas. Para instalar las te en líneas de tubería se puede hacer, mediante procedimiento de rosca embutible-soldable o soldable a tope.
- ✦ Dimensión. Es la medida del centro a cualquiera de las bocas de la tee.

3.5.1.4 Reducción.

Son accesorios de forma cónica, fabricadas de diversos materiales y aleaciones. Se utilizan para disminuir el volumen del fluido a través de las líneas de tuberías.

3.5.1.4.1 Tipos

- ✦ Estándar concéntrica. Es un accesorio reductor que se utiliza para disminuir el caudal del fluido aumentando su velocidad, manteniendo su eje.
- ✦ Estándar excéntrica. Es un accesorio reductor que se utiliza para disminuir el caudal del fluido en la línea aumentando su velocidad perdiendo su eje.

3.5.1.4.2 Características

- ⊕ Diámetro. Es la medida del accesorio o diámetro nominal mediante el cual se identifica al mismo, y varia desde $\frac{1}{4}$ " " x $\frac{3}{8}$ " " hasta diámetros mayores.
- ⊕ Espesor. Representa el grosor de las paredes de la reducción va a depender de los tubos o accesorios a la cual va a ser instalada. Existen desde el espesor estándar hasta el doble extra pesado.
- ⊕ Aleación. Es la mezcla utilizada en la fabricación de reducciones, siendo las más usuales: al carbono, acero al % de cromo, acero inoxidable, etc.
- ⊕ Junta. Es el tipo de instalación a través de juntas roscables, embutibles soldables y soldables a tope.
- ⊕ Dimensión. Es la medida de boca a boca de la reducción Concéntrica y excéntrica).

3.5.1.5 Válvulas.

Es un accesorio que se utiliza para regular y controlar el fluido de una tubería. Este proceso puede ser desde cero (válvula totalmente cerrada), hasta de flujo (válvula totalmente abierta), y pasa por todas las posiciones intermedias, entre estos dos extremos.

3.5.1.5.1 Tipos y características.

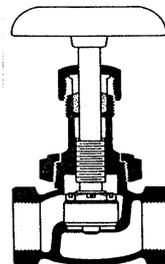
Las válvulas pueden ser de varios tipos según sea el diseño del cuerpo y el movimiento del obturador. Las válvulas de movimiento lineal en las que el obturador se mueve en la dirección de su propio eje se clasifican como se especifica a continuación.

3.5.1.6 Válvula de Globo

Siendo de simple asiento, de doble asiento y de obturador equilibrado respectivamente. Las válvulas de simple asiento precisan de un actuador de mayor tamaño para que el obturador cierre en contra de la presión diferencial del proceso. Por lo tanto, se emplean cuando la presión del fluido es baja y se precisa que las fugas en posición de cierre sean mínimas. El cierre estanco se logra con obturadores provistos de una arandela de teflón. En la válvula de doble asiento o de obturador equilibrado la fuerza de desequilibrio desarrollada por la presión diferencial a través del obturador es menor que en la válvula de simple asiento.

Por este motivo se emplea en válvulas de gran tamaño o bien cuando deba trabajarse con una alta presión diferencial. En posición de cierre las fugas son mayores que en una válvula de simple asiento.

Figura 6. Válvula de globo

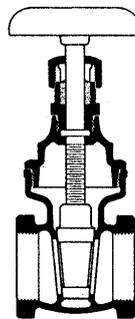


Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/tipodeflujo>

3.5.1.7 *Válvula de Compuerta*

Esta válvula efectúa su cierre con un disco vertical plano o de forma especial, y que se mueve verticalmente al flujo del fluido. Por su disposición es adecuada generalmente para control todo-nada, ya que en posiciones intermedias tiende a bloquearse. Tiene la ventaja de presentar muy poca resistencia al flujo de fluido cuando esta en posición de apertura total.

Figura 7. Válvula de compuerta.



Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/tipodeflujo>

3.5.1.8 *Válvula de Mariposa*

El cuerpo esta formado por un anillo cilíndrico dentro del cual gira transversalmente un disco circular. La válvula puede cerrar herméticamente mediante un anillo de goma encastrado en el cuerpo. Un servomotor exterior acciona el eje de giro del disco y ejerce su par máximo cuando la válvula esta totalmente abierta (en control todo-nada se consideran 90 grados y en control continuo 60 grados, a partir de la posición de cierre ya que la ultima parte del giro es bastante inestable), siempre que la presión diferencial permanezca constante.

En la sección de la válvula es importante considerar las presiones diferenciales correspondientes a las posiciones de completa apertura y de cierre; se necesita

una fuerza grande del actuador para accionar la válvula en caso de una caída de presión elevada. Las válvulas de mariposa se emplean para el control de grandes caudales de presión a baja presión.

Figura 8 .Válvula de mariposa.

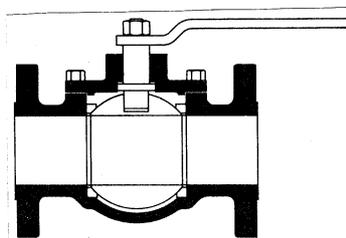


Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/tipodeflujo>

3.5.1.9 Válvula de Bola

El cuerpo de la válvula tiene una cavidad interna esférica que alberga un obturador en forma de bola o esfera. La bola tiene un corte adecuado (usualmente en V) que fija la curva característica de la válvula, y gira transversalmente

Figura 9. Válvula de bola.

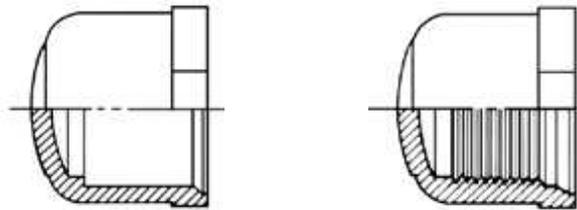


Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/tipodeflujo>

3.5.1.10 Tapones.

Son accesorios utilizados para bloquear o impedir el pase o salida de fluidos en un momento determinado. Mayormente son utilizados en líneas de diámetros menores.

Figura 10. Tapones soldados, roscados



Fuente: Cartilla de productos - Pavco

3.5.1.10.1 Tipos y características.

Según su forma de instalación pueden ser macho y hembra.

- ⊕ Aleación. Son fabricados en mezclas de galvanizado, acero al carbono, acero inoxidable, bronce, etc.
- ⊕ Resistencia. Tienen una capacidad de resistencia de 150 libras hasta 9000 libras.
- ⊕ Espesor. Representa el grosor de la pared del tapón.
- ⊕ Junta. La mayoría de las veces estos accesorios se instalan de forma enroscable, sin embargo por normas de seguridad muchas veces además de las roscas suelen soldarse. Los tipos soldables a tope, se utilizan para cegar líneas o también en la fabricación de cabezales de maniformes.

3.5.2 Ecuación general para la estimación de pérdidas localizada

En la mayoría de los casos debido a la imposibilidad matemática de analizar el fenómeno local y por comodidad en los análisis de sistemas de presión la magnitud de esta pérdida se expresa en función de la altura de velocidad existente aguas abajo del sitio donde se desarrollan estas pérdidas.

Estas pérdidas también reciben el nombre de pérdidas menores pero se recomienda no utilizar esta designación por que en algunos casos dichas pérdidas pueden resultar mucho mayores a las pérdidas por fricción. La fórmula general para la pérdida localizada es:

$$h = K \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

h = pérdida localizada

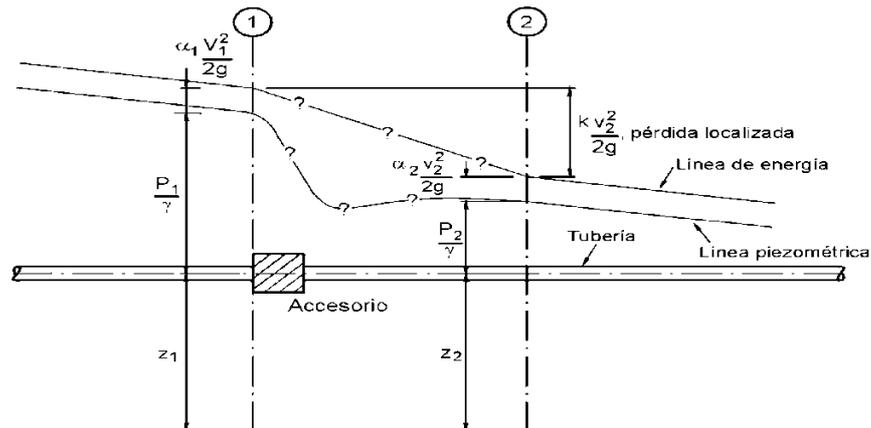
K = coeficiente que depende del tipo de pérdida localizada del número de Reynolds y de rugosidad del tubo

$V^2/2g$ = altura de velocidad aguas abajo de la zona de alteración del flujo

La expresión anterior resulta como se presenta el planteamiento de la ecuación de energía entre dos puntos en los cuales se encuentran una pérdida localizada es decir:

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + K \frac{V_2^2}{2g}$$

Figura 11. Comportamiento de las líneas de energía y piezométricas



Fuente: Hidráulica Experimental Héctor Alfonso Rodríguez, Escuela Colombiana de Ingeniería

3.5.2.1 Coeficientes de pérdidas de accesorios

Tabla 2. Coeficientes de pérdidas de accesorios

Accesorios y Componentes	Coefficiente de Pérdida - K
Codos:	
Ensanchado Regular 90°	0.3
Roscado Regular 90°	1.5
Roscado Regular 45°	0.4
Ensanchado Radio Largo 90°	0.2
Roscado Radio Largo 90°	0.7
Ensanchado Radio Largo 45°	0.2
Curvas de Retorno de 180°:	

**DISEÑO Y MONTAJE DEL EQUIPO HIDRÁULICO PARA LA EXPERIMENTACIÓN DE
PERDIDAS POR FRICCIÓN, PERDIDAS LOCALIZADAS**

Ensanchado	0.2
Roscado	1.5
Tees:	
Ensanchado, Línea de Flujo	0.2
Roscado, Línea de Flujo	0.9
Ensanchado, Flujo de Ramal	1.0
Roscado, Flujo del Ramal	2.0
Unión Roscada	0.08
Válvulas:	
Globo Completamente Abierta	10
Ángulo Completamente Abierta	2
Compuerta Completamente Abierta	0.15
Compuerta 1/4 Cerrada	0.26
Compuerta 1/2 Cerrada	2.1
Compuerta 3/4 Cerrada	17
Retención, flujo hacia adelante	2
Bola Completamente Abierta	0.05
Bola 1/3 Cerrada	5.5
Bola 2/3 Cerrada	200
Entrada a Tubería (Del depósito a la tubería):	
Conexión Cuadrada	0.5
Conexión Redondeada	0.2
Salida de la tubería (De la tubería al depósito):	
Conexión Cuadrada	1.0
Conexión Redondeada	1.0

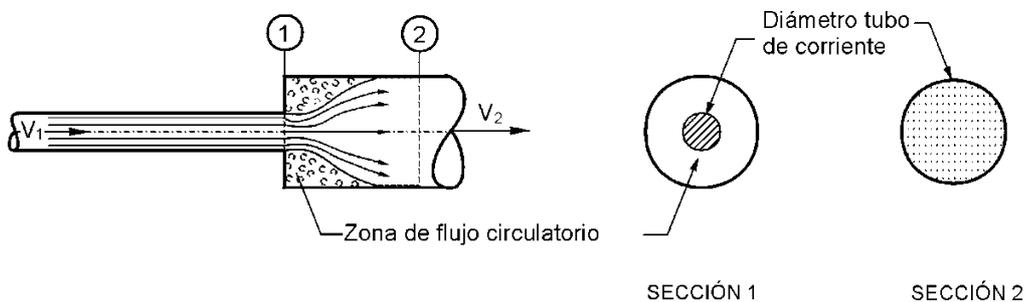
Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/perdidasentuberias>

3.6 ENSANCHE BRUSCO.

Aunque la tubería se ensanche bruscamente, el flujo lo hace de forma gradual, de manera que se forman torbellinos entre la vena líquida y la pared de la tubería, que son la causa de las pérdidas de carga localizadas (Ver anexo A).

Sea una tubería de diámetro D_1 que sufre una expansión brusca a una tubería de diámetro D_2 como se muestra en la figura.

Figura 12. Expansión Brusca



Fuente: Hidráulica Experimental Héctor Alfonso Rodríguez, Escuela Colombiana de Ingeniería

Para encontrar la magnitud de la pérdida en la expansión, se deben considerar las siguientes hipótesis:

- La presión en la sección de separación es la misma que en la cañería más pequeña.

- Se desprecian las pérdidas friccionales.

Aplicando la Ecuación de Cantidad de Movimiento:

$$\mathbf{p_1 A_2 - p_2 A_2 = \rho Q (V_2 - V_1)}$$

$$\Rightarrow \frac{\mathbf{p_1 - p_2}}{\boldsymbol{\gamma}} = \frac{\mathbf{V_2}}{\mathbf{g}} (\mathbf{V_2 - V_1})$$

Escribiendo el balance de energía y despreciando las pérdidas regulares:

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

$$\Rightarrow \mathbf{h_s = \frac{p_1 - p_2}{\gamma} + \frac{V_1^2 - V_2^2}{2g}}$$

Se obtiene la **Ecuación de Borda**:

$$\mathbf{h_s = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g}}$$

De la Ecuación de Continuidad y Borda se obtiene finalmente:

$$\therefore \mathbf{h_s = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2 \frac{V_1^2}{2g}}$$

Luego, el coeficiente K, que se aplica a la tubería pequeña de diámetro D_1 está dado por:

$$K = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2 = \left(1 - \frac{D_1^2}{D_2^2}\right)^2$$

4 METODOLOGÍA DEL DISEÑO Y MONTAJE DEL EQUIPO HIDRÁULICO

4.1 ESTUDIOS PREVIOS

Para la investigación del proyecto se pactaron una serie de visitas se realiza una en distintas universidades entre la cuales se destacan la Universidad de Ibagué – Corunversitaria, la Universidad Minuto de Dios – sede Bogotá. A las cuales se visita y se analiza el tipo de montaje, se contaron con asesorías y guías sobre el montaje y el proceso de funcionamiento del mismo, adicionalmente se conto con asesoría institucional por parte de Universidad Minuto de Dios - sede Bogotá, adjunto a esto se realizo una investigación bibliográfica y electrónica sobre los tipos de montajes existentes. Toda esta información recolecto y se discutió en “comités de investigación” con la participación de los proponentes.

4.2 DISEÑO DEL BANCO DE PRUEBAS

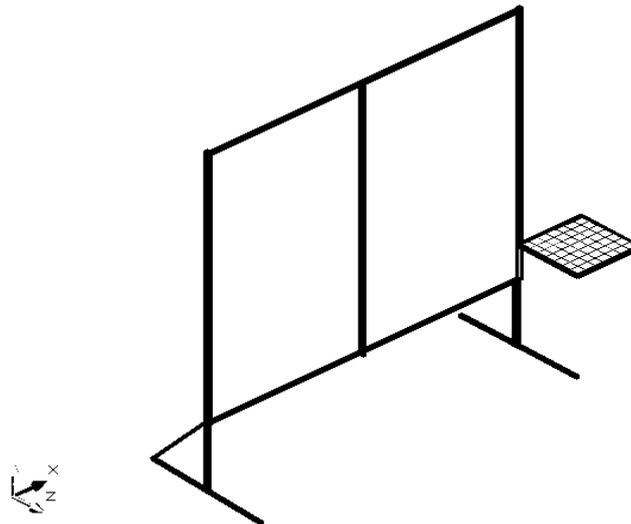
El diseño del equipo esta encaminado a la determinación pérdidas generadas a elementos utilizados en el diseño de redes hidráulicas comunes en edificaciones, adoptando elementos comercialmente disponibles.

El montaje es un sistema de tuberías en un ciclo abierto, y se encuentra dividido en siete tramos de experimentación, los diámetros de las tuberías se tomaron teniendo, los comercialmente utilizados en instalaciones Hidro-sanitarias como los

son el uso de diámetros relativamente pequeños ($1/2$, $3/4$ de pulgada), adoptando para este efecto el diámetro general del banco será de $3/4$ de pulgada y dado el efecto de flujo de a menor diámetro mayor perdidas por fricción, se utilizara $1/2$ pulgada para la experimentación en perdidas por fricción. Asumiendo que para realizar experiencias individuales se independiza los tramos a través de válvulas que restringe el paso de un tramo u otro. Un punto primordial en el diseño del montaje fue la incorporación de manómetros en tubo de U, independientes para cada elemento, puesto que así las lecturas serian menos dispendiosas. En el tramo uno se encuentra ubicados los elementos de impulsión y medición del banco, este a su vez se adopto un sistema de medida directo y no uno volumétrico pues este ultimo hace algo engorrosa esa actividad. En los tramos dos y tres se tomaron las perdidas de fricción de dos materiales distintos, para así poder tener puntos de comparación de una con la otra, utilizando diámetro de menor tamaño ($1/2$ pulgada) para así cumplir la propiedad de a menor diámetro mayor perdida. En los tramos cuatro, cinco y seis se experimenta a través de los distintos tipos de accesorios comúnmente utilizados en las instalaciones hidráulicas, al final de este se encuentra la tubería de retorno al tanque de almacenamiento que es la culminación del ciclo.

Este montaje se encuentra anclado a una base de acero, la cual fue diseñada teniendo en cuenta la posibilidad de trasladarlo y que no solo cumpliera su objetivo principal de sostener el montaje sino que facilitara un lugar a los practicantes de de tomar los apuntes de la experiencia en desarrollo.

Figura 13. Diseño de base del montaje



4.2.1 Descripción del sistema

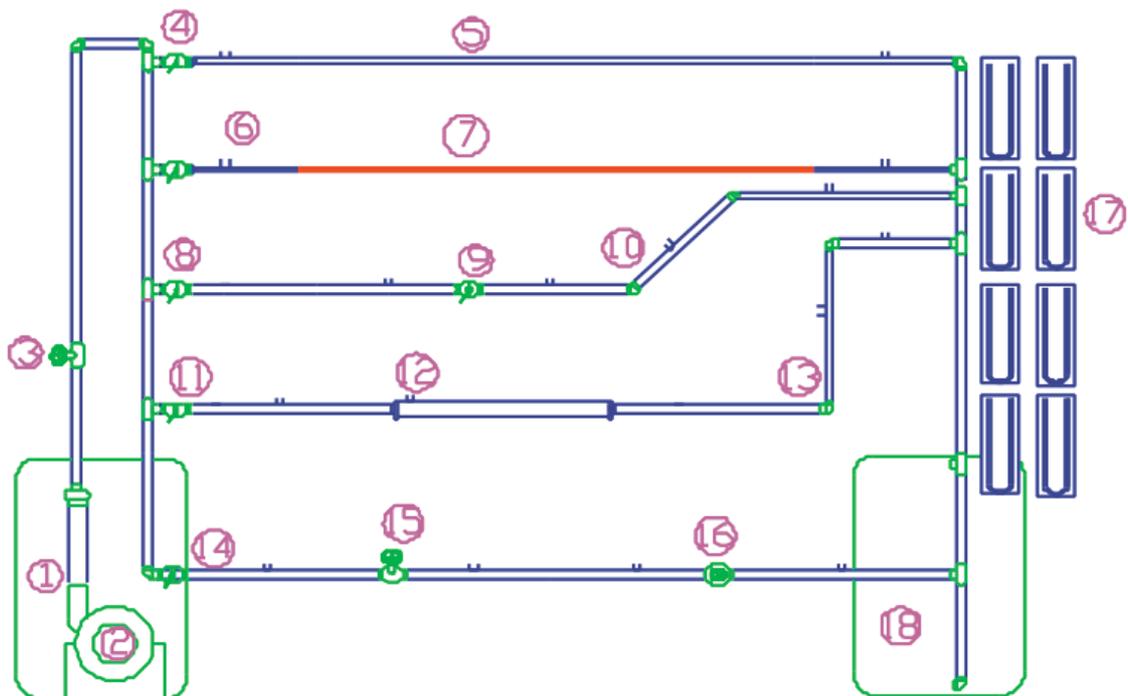
El equipo se encuentra compuesto de los siguientes elementos:

Tabla 3. Descripción del sistema

Tramo	Elemento	Descripción
I	1	Tanque almacenamiento
	2	Bomba Centrifuga
	3	Válvula de control de flujo Válvula 1
II	4	Válvula bola – control de paso a tramo Válvula bola 1
	5	Tubería de PVC - ½"
III	6	Válvula bola – control de paso a tramo Válvula bola 2
	7	Tubería de HG - ½"
	8	Válvula bola – control de paso a tramo Válvula bola 3

IV	9	Válvula bola $\frac{3}{4}$ " Válvula 2
	10	Semicodo PVC – $\frac{3}{4}$ "
V	11	Válvula bola – control de paso a tramo Válvula bola 4
	12	Tubería PVC 1 $\frac{1}{4}$ "
	13	Codo de PVC – $\frac{3}{4}$ "
VI	14	Válvula bola – control de paso a tramo Válvula bola 5
	15	Válvula Globo $\frac{3}{4}$ " Válvula 3
	16	Válvula compuerta $\frac{3}{4}$ " Válvula 4
VII	17	Manómetros de mercurio
	18	Tanque de aforo

Figura 14. Diagrama banco de pruebas



Tramo 1: Este es un tramo no experimentable en el cual se impulsa, regula y se mide el caudal del flujo. Cuenta con un tanque de almacenamiento redondo con unas dimensiones de altura 0.95 mts y diámetro 0.55 mts, estas dimensiones garantizan que no se vea afectada la altura o carga de succión, también cuenta con su respectivo desagüe y su retorno. Un equipo de bombeo que consta de una bomba centrífuga marca BARNES de $\frac{1}{2}$ HP, con un caudal máximo de 170 Lts./min y una velocidad angular $\omega = 3450$; dicha bomba es impulsada por un motor eléctrico marca Siemens directamente acoplado a la bomba, monofásico rebobina a trifásico de $\frac{1}{2}$ HP. Una Válvula de control de flujo, tipo cortina, para controlar el volumen de flujo en el sistema.

Tramo 2 y 3: Esta segunda sección esta diseñada para la experimentación de perdidas por fricción en tuberías rugosa y lisa, es decir cuenta con una tubería de hierro galvanizado rugosa de $\frac{1}{2}$ pulgada y tubería de PVC lisa de $\frac{1}{2}$ pulgada.

Tramo 4: En este se estudia los accesorios para cambio de direcciones en las redes hidráulicas, como los semicodos marca Pavco. Cuenta también para experimentación una válvula Bola de hierro de diámetro $\frac{3}{4}$ de pulgada marca Italy, este tramo cuenta con sus respectiva válvula bola de cierre.

Tramo 5: En este se estudia las perdidas sufridas por los cambios bruscos de diámetro por intermedio tubería de $\frac{3}{4}$ de pulgada en tubería de PVC a 1 $\frac{1}{4}$ de pulgada en tubería de PVC marca Pavco y los sufridos por los cambios de dirección por intermedio de un codo de $\frac{3}{4}$ de pulgada, este tramo cuenta con sus respectiva válvula bola de cierre de tramo.

Tramo 6: Último tramo del sistema y es en donde se podrá estudiar las pérdidas generadas en elementos como válvulas globo y compuerta de entrada de $\frac{3}{4}$ de pulgada, en cobre. Este tramo cuenta con su respectiva válvula bola de cierre de tramo y medidores de presión. En este tramo también se encuentra la tubería de retorno al tanque de almacenamiento.

Tramo 7: En se ubican los manómetros en U de mercurio, los cuales se encuentran calibrados. También se encuentra el último elemento del sistema que lo conforma una caneca redonda con dimensiones de 0.92 mts de altura y 0.65 mts de diámetro, adaptada para realizar el aforo de caudal.

4.3 CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO

Este proceso se realizó de manera sistemática,

- ✦ **Base de acero:** esto fue realizado por un experto del área con el cual se hizo un replanteo mínimo para dar más estabilidad de la estructura

- ✦ **Tablero:** por una mejor presentación estética se realizó la pintura del logotipo oficial de la universidad.

- ✦ **Sistema de tuberías:** con apoyo técnico se realizó la construcción y ensamblaje de las tuberías, se realizaron replanteos de distancias.

- ✦ **Anclaje a tablero:** una vez terminado esto se realiza en anclaje con abrazaderas y tapones de caucho para ajustarlo mejor, se instalaron las

válvulas de purga en los extremos superiores del banco. Se realiza adecuación de tanque de reserva de agua.

- ✦ **Acople a bomba y verificación del equipo:** se realiza el acople a la bomba y instalación eléctrica. se verifica que no haya fugas ni mal funcionamiento del equipo. Se realiza ensayo sobre el banco

5 INSTRUCCIONES

5.1 PROCEDIMIENTOS DE EMPLEO

A continuación relacionamos los pasos a seguir para la utilización del banco de pruebas:

A continuación relacionamos los pasos a seguir para la utilización del banco de pruebas:

1. Antes de encender el sistema se debe observar si el depósito de almacenamiento de agua esta limpio de partículas las cuales llegarían al a algunos elementos del sistema y taponarlo.
2. Se conecta la Bomba centrifuga de $\frac{1}{2}$ HP. Se arranca desde el suitche parte posterior (botón Verde – on).
3. Se abren todas las válvulas en el tablero con la finalidad de purgar la tubería con el objeto de eliminar las partículas de aire y gas existente en la tubería.
4. Se abren las válvulas de purga ubicadas en parte superior del tablero (girar a la izquierda o derecha), y se deja fluir el agua para terminar de purgar el sistema.
5. Una vez purgada la tubería y se procede a cerrar las válvulas de purga que se encuentran en la parte superior del tablero.
6. Purgado el sistema, se procede a seleccionar el tramo sobre el cual se realizará el ensayo. Para ello se cierran las válvulas bola 2,3,4,5.
7. Para estudiar el tramo 2 (HG), se abre válvula bola 1, se mantiene cerradas válvula bola 2, 3, 4, 5. Se realiza lectura de caudal y de manómetros en el tramo.

8. Para estudiar el tramo 3 (PVC), se abre válvula bola 2, se mantiene cerradas válvula bola 3, 4,5. Se cierra válvula bola 1. Se realiza lectura de caudal y de manómetros en el tramo.
9. Para estudiar el tramo 4(Semicodo), se abre válvula bola 3, se mantiene cerradas válvula bola 1, 4,5. Se cierra válvula bola 2. Se realiza lectura de caudal y de manómetros en el tramo.
10. Para estudiar el tramo 5 (expansión), se abre válvula bola 4, se mantiene cerradas válvula bola 1, 2, 5. Se cierra válvula bola 3. Se realiza lectura de caudal y de manómetros en el tramo.
11. Para estudiar el tramo 6 (válvulas), se abre válvula bola 5, se mantiene cerradas válvula bola 1, 2,3. Se cierra válvula bola 4. Se realiza lectura de caudal y de presión en los manómetros del el tramo. Las válvulas 3, 4 debe estar abiertas. Se recomienda solo experimental en este tramo con rango de caudales de 0.28 – 0.1 Lts./seg.
12. Con la válvula 1 se variara el caudal, para así tomara varias lecturas.
13. Se debe mantener abierta por lo menos una de las válvulas bola para evitar el colapso del sistema.
14. Al terminar los procedimientos se recomienda tener la precaución de abrir todas las válvulas bolas, para así evitar perdida de líquido en los manómetros de U.

5.2 PROCESOS DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento a realizar es para mantener en óptimas condiciones el equipo

5.2.1 Mantenimiento preventivo

Periódicamente aplique una limpieza a los conjuntos (bomba, tablero, Tanques) mediante un paño humedecido con agua y luego secarse con otro paño. Esto evitara que se rayen los elementos que lo conforman.

Se debe cambiar el agua del depósito de almacenamiento cada ves que se utilice el equipo, quitando el tapo en la base del tanque y descargando directamente hacia un sifón; y volviendo a llenar el tanque por medio de una manguera con agua completamente limpia. El tanque debe llenarse como mínimo $\frac{3}{4}$ partes del mismo.

Se debe revisar periódicamente la instalación para detectar y corregir cualquier escape que exista en los sitios de conexión, válvulas y los manómetros.

Verificar el ruido del motor. Este debe permanecer similar constantemente, de lo contrario de debe desmontar el motor y revisar los rodamientos.

Se debe verificar durante cada práctica los sellos de los tapones en el tanque de reserva, estos sellos debe ser completamente hermético y sin fugas.

5.2.2 Mantenimiento correctivo

En caso de requerirse el cambio de algún tipo de accesorio o tubería se debe consultar y cumplir como mínimo con los requerimientos consignados allí.

Realizada la reparación se debe repetir la prueba de hermeticidad del sistema, separando el conjunto del tablero del conjunto de la bomba y tanques. Se instala un cabezal de prueba en el extremo izquierdo, en el extremo derecho se taponan. Por medio de la bomba se presuriza, tiempo en el que se debe mantener la presión. Se debe llenar un registro consecutivo de los problemas que se presenten acompañados de los repuestos o elementos reemplazados y constancia de la prueba de hermeticidad.

6 CACULOS DE DISEÑO

En el proceso de diseño se realizaron los cálculos de comprobación del sistema.

6.1 CALCULO DE BOMBA

Para la determinación de la potencia del motor de la bomba que será empleado para el suministro de agua, se aplicara la siguiente formula:

$$P_{tsorico} = HDT * \rho * g * Qt$$

Considerando que en las operaciones hay rangos de eficiencia, se determinara por tanto, la potencia real, considerando lo siguiente:

$$P_{Real} = \frac{P_{tsorico}}{\eta}$$

Donde η es la eficiencia en porcentaje

Para nuestro caso la eficiencia será de 65%

6.1.1 Caudal total (Qt)

Se requiere asumir un caudal de trabajo ya que el sistema no tiene como objetivo dar suministro, lo que hace que no aplica ninguno de los métodos de estimación, se tuvo en cuenta que no fuese un caudal arbitrario sino que sea uno representativo. El caudal de diseño fue el siguiente

$$Qt = 0.50 \text{ Lts. / Seg}$$

6.1.2 Calculo de perdidas por fricción (Hf)

Calculo de perdidas de carga por fricción en tubería recta para el cálculo de las perdidas de carga se ha tomado como base la fórmula de Darcy-Weisbach para

tuberías de PVC y hierro galvanizadas de uso común. Se tuvieron en cuenta los diámetros y longitudes exactas. Los resultados de estos cálculos se encuentran en las memorias de cálculo anexas

Tabla 4. Dimensiones de tuberías

Material	Diámetro (pulg)	Longitud (mts)
PVC	$\frac{3}{4}$	12
PVC	$\frac{1}{2}$	1.4
PVC	1 $\frac{1}{4}$	0.5
HG	$\frac{1}{2}$	1.4

6.1.3 Pérdidas de presión en válvulas y conexiones (Hm)

El calculo de esta se realizo utilizando la formula para determinación de perdidas localizadas. A continuación se relacionan los diferentes valores del coeficiente de resistencia (K) para los distintos diámetros de válvulas y Conexiones que se presentan. Los resultados de estos cálculos se encuentran en las memorias de cálculo anexas

Tabla 5. Válvulas y conexiones del sistema

Tipo de accesorio	Diámetro	Cant.	Coeficiente k
Válvula bola	1/2	2	0.05
Válvula bola	1/2	3	0.05
Válvula globo	3/4	1	10
Válvula compuerta	3/4	2	0.15

Codos de 90°	3/4	9	0.2
Semicodos 45°	3/4	2	0.2
Tees	3/4	10	0.2

6.1.4 Cálculo de altura dinámica total (HDT)

La Altura Dinámica Total de bombeo representa todos los obstáculos que tendrá. Que vencer un líquido impulsado por una máquina (expresados en metros de columna del mismo) para poder llegar hasta el punto específico considerado como la toma más desfavorable. Una vez calculado estas variables se proceden a realizar la sumatoria para determinarla, se deberá incluir la altura que deberá vencer la bomba, se aplicara la siguiente formula:

$$HDT = H_f + H_m + H_{Est.}$$

Los resultados de estos cálculos se encuentran en las memorias de cálculo anexas.

6.1.5 Equipo de bombeo

Dados los resultados de potencia (0.5 HP), se da la elección de un equipo de bombeo marca Barnes serie MC – 205, dado que cumple con los parámetros de presión y caudal requerido.

7 RESULTADOS

7.1 ERRORES EN RESULTADOS

Es perfectamente claro que si determinado experimento lo realizan grupo distintos de personas, los resultados y los errores será diferente en cada caso.

No es una tarea fácil analizar y estudiar en todos sus detalles el problema tan general y tan difícil de medir una cantidad cualquiera sin conocer cuál tiene que ser su valor. El hecho importante de que el valor verdadero de dicha cantidad nunca se conoce hace de la teoría de los errores una teoría llena de criterios particulares.

7.1.1 CLASIFICACIÓN DE ERRORES

Dada la naturaleza de los errores, variada e impredecible, es conveniente realizar un análisis de carácter general y plantear una clasificación de acuerdo con las características específicas de los mismos. Fundamentalmente los errores se dividen en dos grandes clases:

- ✦ Errores sistemáticos
- ✦ Errores casuales aleatorios

7.1.1.1 Errores sistemáticos

Cuando en el desarrollo de un experimento, o bien durante la toma de una serie particular de medidas, determinados errores se repiten constantemente, se dice que los errores están presentes de una manera sistemática, afectado así los resultados finales siempre en un mismo sentido.

Se pueden distinguir varias fuentes de errores sistemáticos:

- a) Errores de calibración de instrumentos: dependen tanto del fabricante como del experimentador, aunque este último caso ocurre con mayor frecuencia. Dichos errores se deben a varias causas:
 - ⊕ Posición no correcta de la aguja de un instrumento
 - ⊕ Cuando se utiliza una escala de medida en lugar de otra de menor alcance, o no es la escala apropiada para la medida de una cierta magnitud
 - ⊕ Cuando se efectúan medidas de longitudes sin averiguar la posición inicial del instrumento
 - ⊕ Mala calibración interna de los aparatos electrónicos
 - ⊕ Mala calibración por construcción defectuosa
- b) Condiciones experimentales no apropiadas: cuando se utilizan aparatos en condiciones de trabajo diferentes de las recomendadas.
- c) Técnicas imperfectas: ocurren cuando se mezclan los procesos
- d) Formulas incorrectas
- e) Teoría incorrecta

7.1.1.2 Errores casuales o aleatorios

En este caso no es posible determinar la causa de estos errores. Siempre están presentes en la medida de cualquier cantidad física y son *a priori* impredecibles

- a) Errores de apreciación. La mayoría de los instrumentos requieren la estimación de una cierta fracción de la más pequeña división de la escala de la lectura y lo que un experimentador aprecia, puede variar continuamente: una vez aprecia más y otra una fracción menos. Esto ocurre por razones que no conoce y que no puede corregirse de antemano
- b) Condiciones de trabajo: las condiciones ambientales puede cambiar
- c) Falta de definición: aunque el proceso de medida fuera perfecto, la repetición de las medidas puede dar valores diferentes entre sí porque la cantidad que va a medirse no esta definida del todo.

7.1.1.2.1 Errores ilegítimos

Son errores que no se cometen ni sistemática ni casualmente en el trabajo de búsqueda de datos experimentales. Se deben en parte a la forma como el experimentador sabe aprovechar las medidas realizadas y en parte personales igualmente, para mejorar los procedimientos en las medidas de un experimento, a partir de la clasificación anterior, también se puede hablar de la precisión, exactitud y sensibilidad de una medida así:

- ✦ Precisión: una medida es tan precisa cuanto más pequeños son errores causales
- ✦ Exactitud: una medida más exacta cuanto más pequeños son los errores sistemáticos

Sensibilidad: asociada al aparato de medida. La sensibilidad es la “habilidad” de un instrumento para detectar variaciones pequeñas (mínimas) de la magnitud que se va medir

7.2 Tablas de resultados

Se diseñó unas tablas en la cual se plasmará los resultados de las pruebas efectuadas y los cálculos complementarios que son necesarios. Esta se encuentra anexa a este.

Tabla 6. Tabla de resultados prueba de fricción

TABLA DE DATOS PRACTICA - PERDIDAS POR FRICCIÓN	
CORPORACION UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS - SEDE GIRARDOT	
FACULTAD DE INGENIERÍA - PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL	

TUBERIA DE:	
Diámetro interno	
Área	
Longitud (m)	
Rugosidad (m)	
Fluido	Agua
Densidad (Kg./m ³)	
Viscosidad (m ² /s)	
Gravedad (kg/m,s)	9,816

E/D	
L/D	

FECHA : _____

LECT.	CAUDAL					Velocidad M/seg	Material	ΔP (mmHg)		Δh mmHg	Δh mca = Δh mmhg * 0,01361	N DE REYNOLDS	TIPO DE FLUJO	COEFICIENTE DE DARCY
	volumen refe. en lts	volumen refe. en m ³	Tiempo en seg.	Caudal en lts/seg	Caudal en M ³ /seg			H1	H2					
1														
2														
3														
4														
6														
7														
8														
9														
10														

GRUPO :			
INTEGRANTES			
Nº	NOMBRES	FIRMA	CODIGO
1			
2			
3			

DOCENTE PRACTICA	
NOMBRE	FIRMA

**DISEÑO Y MONTAJE DEL EQUIPO HIDRÁULICO PARA LA EXPERIMENTACIÓN DE
PERDIDAS POR FRICCIÓN, PERDIDAS LOCALIZADAS**

Tabla 7. Tabla de resultados prueba de accesorios

TABLA DE DATOS PRACTICA - PERDIDAS POR FRICCIÓN CORPORACION UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS - SEDE GIRARDOT FACULTAD DE INGENIERIA - PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

TIPO DE ACCESORIO:	
Diámetro	
K Teorico	
Fluido	Agua
Densidad (Kg./m ³)	
Viscosidad (m ² /s)	
Gravedad (kg/m,s)	9,816

FECHA : _____

LECT.	CAUDAL					Tipo de accesorio	ΔHm (mmHg)		Δh mmHg	ΔHm mca = Δh mmhg * 0,01361	V ² /2g	K Experiment.	K teorico
	volumen refe. en lts	volumen refe. en m ³	Tiempo en seg.	Caudal en lts/seg	Caudal en M ³ /seg		H1	H2					
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													

GRUPO : _____

INTEGRANTES			
Nº	NOMBRES	FIRMA	CODIGO
1			
2			
3			

DOCENTE PRACTICA

NOMBRE	FIRMA

7.3 Resultados de las pruebas

Los resultados de las pruebas y experimentación se encuentra se encuentra anexo, estos se realizaron en los formatos propuestos, se realizaron graficas que facilitan la comprensión de los resultados y entendimiento de la teoría.

Al analizar dichos resultados encontramos que al aumentar caudal se aumenta el número de Reynolds es decir aumenta la turbulencia y por ente se disminuye el coeficiente de fricción por que la turbulencia es más significativa.

Observando las grafica de Caudal vs K de los accesorios experimental, observamos que el k experimental tiende a disminuir cuando el caudal aumenta esto es por que la turbulencia se ha incrementado.

8 PRESUPUESTO

8.1 COSTO DIRECTO

A continuación se relacionan los costos que incidieron directamente en la construcción del proyecto.

Tabla 8. Costo directo

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANT.	V. UNITARIO	V. TOTAL
1	CONSTRUCCIÓN DEL MONTAJE				
1.1	Base de apoyo en acero incluye mano de obra y materiales	UN	1	\$ 250.000,00	\$ 250.000,00
1.2	Dibujo artístico logo universidad todo costo	Gl.	1	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00
1.3	Tabla madera e= 9 mm incluye transporte	UN	1	\$ 60.000,00	\$ 60.000,00
1.4	Tanque almacenamiento (Cap. 250 Lts.)	UN	2	\$ 180.000,00	\$ 360.000,00
1.5	Bomba Centrífuga marca BARNES DE COLOMBIA (Potencia máxima 1/2 HP motor Siemens). Incluye instalación eléctrica	UN	1	\$ 395.000,00	\$ 395.000,00
1.6	Caneca de aforo incluye ajuste para proyecto y transporte	UN	1	\$ 70.000,00	\$ 70.000,00
1.7	bases de soporte para canecas y bombas incluye madera de bomba	UN	3	\$ 60.000,00	\$ 180.000,00
1.8	Tubo en vidrio diámetro 7 mm, incluye corte y dobles de tubo en U	MI	4	\$ 25.000,00	\$ 100.000,00
1.9	tablas de apoyo y cinta de medición para manómetros	UN	8	\$ 5.000,00	\$ 40.000,00
1.10	Manguera para piezómetros incluye abrazaderas	MI	10	\$ 1.000,00	\$ 10.000,00
1.11	Mercurio	Lb	2	\$ 100.000,00	\$ 200.000,00
1.12	Acoples rápidos para piezómetros incluye corte del mismo	UN	16	\$ 3.500,00	\$ 56.000,00
1.13	Rotámetro	UN	0	\$ 800.000,00	\$ 0,00
1.14	Abrazaderas y tornillos	UN	20	\$ 700,00	\$ 14.000,00

**DISEÑO Y MONTAJE DEL EQUIPO HIDRÁULICO PARA LA EXPERIMENTACIÓN DE
PERDIDAS POR FRICCIÓN, PERDIDAS LOCALIZADAS**

1.15	Tornillos, arandela, tuerca	LB	1	\$ 6.000,00	\$ 6.000,00
1.16	Broca de tusteno	UN	1	\$ 20.000,00	\$ 20.000,00
1.17	Reducciones de 1 1/4 - 3/4	UN	3	\$ 1.500,00	\$ 4.500,00
1.18	Soldadura liquida PVC	Galón	1/4	\$ 60.000,00	\$ 15.000,00
1.19	Limpiador	Galón	1/4	\$ 65.000,00	\$ 16.250,00
1.20	Válvula bola 3/4"	UN	4	\$ 19.000,00	\$ 76.000,00
1.21	Válvula bola 1/2"	UN	3	\$ 12.500,00	\$ 37.500,00
1.22	Válvula cortina 3/4"	UN	2	\$ 22.000,00	\$ 44.000,00
1.23	Válvula globo 3/4"	UN	1	\$ 70.000,00	\$ 70.000,00
1.24	Válvula de desfogue 1/8"	UN	2	\$ 25.000,00	\$ 50.000,00
1.25	Tee de HG 1/2"	UN	2	\$ 1.500,00	\$ 3.000,00
1.26	Tee de PVC 3/4"	UN	10	\$ 750,00	\$ 7.500,00
1.27	Tee de PVC 1 1/4"	UN	1	\$ 4.500,00	\$ 4.500,00
1.28	Codo 45	UN	2	\$ 1.000,00	\$ 2.000,00
1.29	Codo 90	UN	10	\$ 1.000,00	\$ 10.000,00
1.30	Uniones HG 1/2"	UN	2	\$ 3.250,00	\$ 6.500,00
1.31	Abrazaderas metálicas	UN	20	\$ 300,00	\$ 6.000,00
1.32	Topes de caucho	UN	10	\$ 2.000,00	\$ 20.000,00
1.33	Cinta teflón	UN	4	\$ 550,00	\$ 2.200,00
1.34	Uniones universales	UN	10	\$ 4.000,00	\$ 40.000,00
1.35	Tubería PVC 1/2"	MI	1,5	\$ 4.000,00	\$ 6.000,00
1.36	Tubería PVC 3/4	MI	15	\$ 9.500,00	\$ 142.500,00
1.37	Tubería PVC 1 1/4"	MI	2,5	\$ 12.000,00	\$ 30.000,00
1.38	Tubería PVC 2"	MI	0,5	\$ 14.000,00	\$ 7.000,00
1.39	Tubería hierro galvanizado	MI	1,5	\$ 12.850,00	\$ 19.275,00
1.40	Bujes de 3/4"PVC	UN	25	\$ 1.200,00	\$ 30.000,00
1.41	Adaptadores macho 3/4"	UN	16	\$ 1.000,00	\$ 16.000,00
<u>TOTAL COSTO DIRECTO HIDRÁULICO</u>					\$ 2.626.725,00

8.2 COSTOS INDIRECTOS

Estos son los costos que se generaron paralelamente en la construcción del proyecto

Tabla 9. Costo indirecto

<i>Descripción</i>	<i>Unid.</i>	<i>Cant.</i>	<i>V. Unitario</i>	<i>V. Total</i>
Transportes Taxis recorridos	UN	7	\$ 6.000,00	\$ 42.000,00
Transporte acarreo montaje a Universidad	GL.	1	\$ 80.000,00	\$ 80.000,00
Viáticos Bogotá-Girardot, Ibagué - Girardot	UN	12	\$ 15.000,00	\$ 180.000,00
Asesoría técnica - construcción	GL.	1	\$ 35.000,00	\$ 35.000,00
Asesorías metodológicas	GL.	1	\$ 100.000,00	\$ 100.000,00
Alimentación	GI.	1	\$ 150.000,00	\$ 150.000,00
Fotocopias	GI.	60	\$ 100,00	\$ 6.000,00
Cartucho impresora	UN	2	\$ 65.000,00	\$ 130.000,00
Papel impresión - resma	UN	1	\$ 10.000,00	\$ 10.000,00
Anillado máximo de 40 pág.	GI.	2	\$ 6.000,00	\$ 12.000,00
Empastada texto final	GI.	1	\$ 70.000,00	\$ 70.000,00
Gasto teléfono	MIN.	180	\$ 250,00	\$ 45.000,00
Internet	HRS	100	\$ 1.200,00	\$ 120.000,00
Plot diseño hidráulico	GI.	1	\$ 3.500,00	\$ 3.500,00
<u>TOTAL GASTOS INDIRECTO</u>				\$ 983.500,00

9 CONCLUSIONES

En el desarrollo de este proyecto nos encontramos que, si se puede realizar investigación académica con resultados tangibles, es decir proyectos que generen beneficios palpables.

Otro de los pros es que se cumplieron con las expectativas que contribuyeron al desarrollo integral de la Universidad Minuto de Dios como institución íntegra, en formación y consolidación regional.

Al realizar la práctica de laboratorio se encontró que a mayor caudal son mayores las pérdidas.

10 RECOMENDACIONES

A través de el desarrollo del proyecto y como eran su idea inicial de integrar otros programas de ingeniería presentes en la sede como los son los de Tecnología en Electrónica, y Sistemas, se dejan presentes necesidades de su participación.

Hacemos una sugerencia, en el ámbito electrónico, desarrollar proyectos que contribuyan a la optimización del sistema, como lo son un sistema electrónico de proyección del motor del equipo de bombeo, un frecuenciador electrónico para la regulación del motor de la bomba.

Para un mejor desarrollo de las actividades de laboratorio y para mayor precisión del equipo, aconsejamos la adquisición de un rotámetro de flujo, pues dados los caudales pequeños de trabajo facilitaría la precisión de los cálculos.

Pedimos también que la regional Girardot, asigne una persona que se responsabilice del manejo y mantenimiento del equipo hidráulico

Sugerimos seguir los procedimientos de uso, y de mantenimiento para la duración y vida útil del equipo, recordando que hay elementos como los manómetros que requieren de un cuidado especial.

ANEXOS

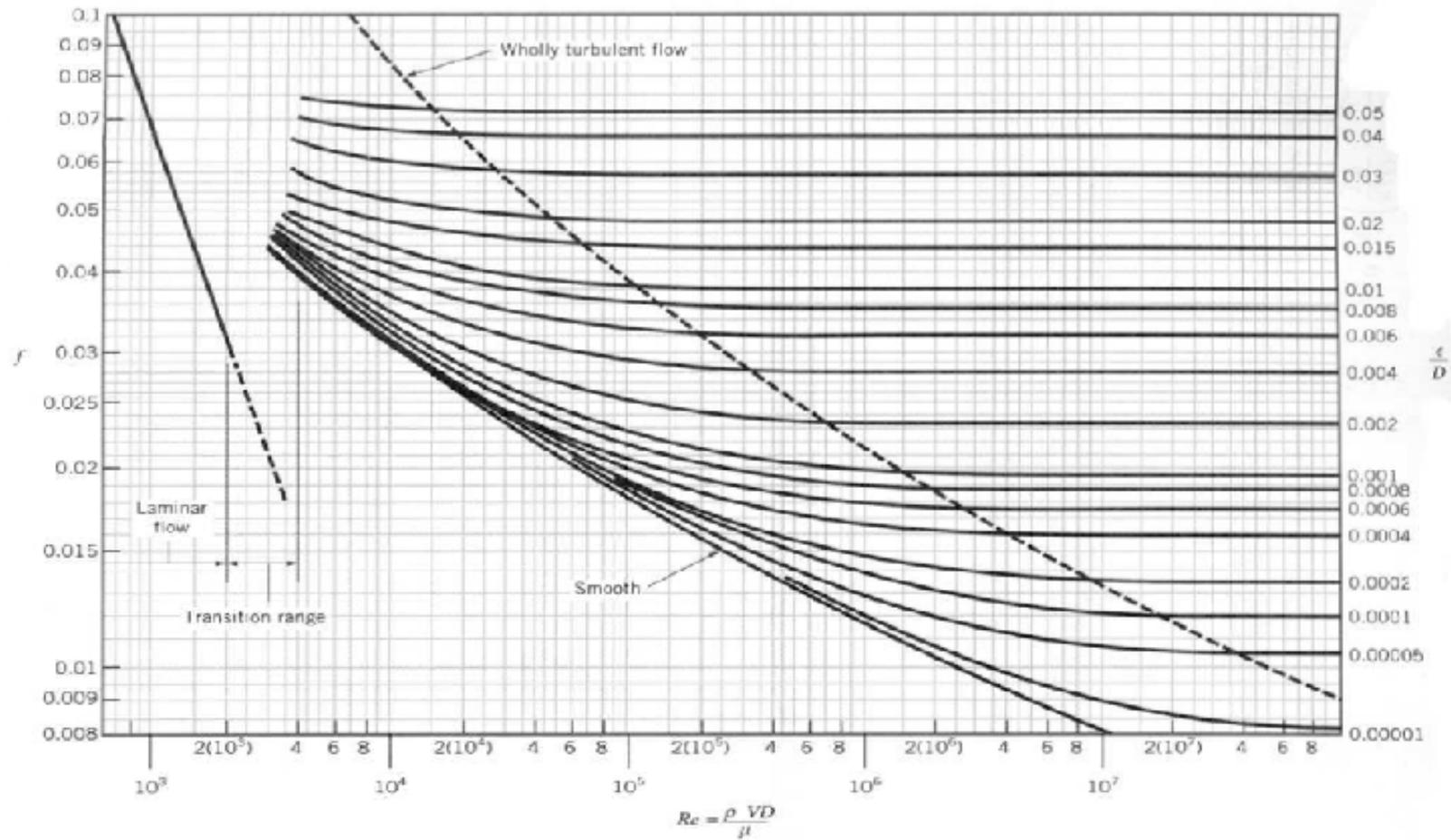
Anexo A . Propiedades físicas del agua

PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA							
Temperatura (°C)	Peso específico (kN/m ³)	Densidad (kg/m ³)	Módulo de elasticidad (kN/m ²)	Viscosidad dinámica (N·s/m ²)	Viscosidad cinemática (m ² /s)	Tensión superficial (N/m)	Presión de vapor (kN/m ²)
0	9,805	999,8	$1,98 \cdot 10^6$	$1,781 \cdot 10^{-3}$	$1,785 \cdot 10^{-6}$	0,0765	0,61
5	9,807	1000,0	$2,05 \cdot 10^6$	$1,518 \cdot 10^{-3}$	$1,519 \cdot 10^{-6}$	0,0749	0,87
10	9,804	999,7	$2,10 \cdot 10^6$	$1,307 \cdot 10^{-3}$	$1,306 \cdot 10^{-6}$	0,0742	1,23
15	9,798	999,1	$2,15 \cdot 10^6$	$1,139 \cdot 10^{-3}$	$1,139 \cdot 10^{-6}$	0,0735	1,70
20	9,789	998,2	$2,17 \cdot 10^6$	$1,102 \cdot 10^{-3}$	$1,003 \cdot 10^{-6}$	0,0728	2,34
25	9,777	997,0	$2,22 \cdot 10^6$	$0,890 \cdot 10^{-3}$	$0,893 \cdot 10^{-6}$	0,0720	3,17
30	9,764	995,7	$2,25 \cdot 10^6$	$0,708 \cdot 10^{-3}$	$0,800 \cdot 10^{-6}$	0,0712	4,24
40	9,730	992,2	$2,28 \cdot 10^6$	$0,653 \cdot 10^{-3}$	$0,658 \cdot 10^{-6}$	0,0696	7,38
50	9,689	988,0	$2,29 \cdot 10^6$	$0,547 \cdot 10^{-3}$	$0,553 \cdot 10^{-6}$	0,0679	12,33
60	9,642	983,2	$2,28 \cdot 10^6$	$0,466 \cdot 10^{-3}$	$0,474 \cdot 10^{-6}$	0,0662	19,92
70	9,589	977,8	$2,25 \cdot 10^6$	$0,404 \cdot 10^{-3}$	$0,413 \cdot 10^{-6}$	0,0644	31,16
80	9,530	971,8	$2,20 \cdot 10^6$	$0,354 \cdot 10^{-3}$	$0,364 \cdot 10^{-6}$	0,0626	47,34
90	9,466	965,3	$2,14 \cdot 10^6$	$0,315 \cdot 10^{-3}$	$0,326 \cdot 10^{-6}$	0,0608	70,10
100	9,399	958,4	$2,07 \cdot 10^6$	$0,282 \cdot 10^{-3}$	$0,294 \cdot 10^{-6}$	0,0589	101,33

Anexo B. Rugosidades de los materiales

RUGOSIDAD ABSOLUTA DE MATERIALES				
Material	ϵ (mm)		Material	ϵ (mm)
Plástico (PE, PVC)	0,0015		Fundición asfaltada	0,06- 0,18
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0,01		Fundición	0,12- 0,60
Tubos estirados de acero	0,0024		Acero comercial y soldado	0,03- 0,09
Tubos de latón o cobre	0,0015		Hierro forjado	0,03- 0,09
Fundición revestida de cemento	0,0024		Hierro galvanizado	0,06- 0,24
Fundición con revestimiento bituminoso	0,0024		Madera	0,18- 0,90
Fundición centrifugada	0,003		Hormigón	0,3-3,0

Anexo C. Diagrama de Moody



**DISEÑO Y MONTAJE DEL EQUIPO HIDRÁULICO PARA LA EXPERIMENTACIÓN DE
PERDIDAS POR FRICCIÓN, PERDIDAS LOCALIZADAS**

Anexo D. Tabla de resultados prueba de fricción

CORPORACION UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS - SEDE GIRARDOT
FACULTAD DE INGENIERÍA - PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

TUBERIA DE:	
Diámetro interno	
Área	
Longitud (m)	
Rugosidad (m)	
Fluido	Agua
Densidad (Kg./m ³)	
Viscosidad (m ² /s)	
Gravedad (kg/m,s)	9,816

E/D	
L/D	

FECHA : _____

LECT.	CAUDAL					Velocidad M/seg	Material	ΔP (mmHg)		Δh mmHg	Δh mca = Δh mmhg * 0,01361	N DE REYNOLDS	TIPO DE FLUJO	COEFICIENTE DE DARCY	COEFICIENTE DE DARCY TEORICO
	volumen refe. en lts	volumen refe. en m ³	Tiempo en seg.	Caudal en lts/seg	Caudal en M ³ /seg			H1	H2						
1															
2															
3															
4															
6															
7															

GRUPO :

INTEGRANTES			
Nº	NOMBRES	FIRMA	CODIGO
1			
2			
3			

DOCENTE PRACTICA

NOMBRE	FIRMA

**DISEÑO Y MONTAJE DEL EQUIPO HIDRÁULICO PARA LA EXPERIMENTACIÓN DE
PERDIDAS POR FRICCIÓN, PERDIDAS LOCALIZADAS**

Anexo E. Tabla de resultados prueba de accesorios

TABLA DE DATOS PRÁCTICA - PERDIDAS POR FRICCIÓN CORPORACION UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS - SEDE GIRARDOT FACULTAD DE INGENIERÍA - PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVÍL

FECHA _____

TIPO DE ACCESORIO:	
Posición accesorio	
Diámetro	
K Teórico	
Fluido	Agua
Densidad (Kg./m ³)	
Viscosidad (m ² /s)	
Gravedad (kg/m,s)	9,816

NUMERO DE LECTURA	CAUDAL		VEL.	ΔP (PSI)		Δh= P1-P2 / ρ*g PSI	Δ P2 -P1 MCA	N DE REYNOLDS	TIPO DE FLUJO	COEFICIENTE DE DARCY	V ² /2g	K ACCESORIO EXPER.	L EQUIVAL.
	(LPM)	(LTS /SEG)	M/SEG	P1 PSI	P2 PSI								
1													
2													
3													
4													
5													

GRUPO :			
INTEGRANTES			
	NOMBRES	FIRMA	CÓDIGO
1			
2			
3			

DOCENTE PRACTICA	
NOMBRE	FIRMA

Anexo F. Memorias de cálculo

	CONDICIONES INICIALES		
TEMP (°C)		AMBIENTE	
MATERIAL		PVC	
	CALCULOS INICIALES		
	CAUDAL		
L/SEG		0,5	
M3/SEG		0,0005	
	DIAMETRO		
PULGADA		0,75	
MTS		0,019	
$Re = \frac{v*d}{\nu}$	VELOCIDAD MEDIA	$Re = \frac{v*d}{\nu}$	
A.....	➔	285024	M ²
VELOCIDAD	➔	1,754240557	V/ SEG
$\frac{Ks}{d}$			
	CALCULO N REYNOLDS Y RUGOSIDAD RELATIVA		
v		1,14E-06	
$f = \frac{1.325}{[\ln(\frac{\epsilon}{3.7 D}) + \frac{5.74}{NR^{0.9}}]^2}$	➔	$f = \frac{1.325}{[\ln(\frac{\epsilon}{3.7 D}) + \frac{5.74}{NR^{0.9}}]^2}$	
Rugosida absoluta		1,50E-06	
.....	➔	7,87E-05	
	CALCULO FACTOR DE FRICCIÓN		
$\Delta h_f = \frac{P1 - P2}{\rho * g}$	➔	$\Delta h_f = \frac{P1 - P2}{\rho * g}$	
		0,01145	
	CALCULO PERDIDAS POR FRICCION		
LONG (m)		11,25	
		1,061	mca
		1,061	mca
		77,96	mmHg

MEMORIAS DE CALCULO

	CONDICIONES INICIALES		
TEMP (°C)		AMBIENTE	
MATERIAL		H G	
	CALCULOS INICIALES		
	CAUDAL		
L/SEG		0,5	
M3/SEG		0,0005	
	DIAMETRO		
PULGADA		0,5	
MTS		0,013	
	VELOCIDAD MEDIA		
 AREA		0,00012668	M ²
 VELOCIDAD		3,94704125	V/ SEG
	CALCULO N REYNOLDS Y RUGOSIDAD RELATIVA		
V		1,14E-06	
		4,40E+04	
Rugosida absoluta:		6,00E-05	
		4,72E-03	
	CALCULO FACTOR DE FRICCIÓN		
 ECUACION DE MOODY		0,02985	
	CALCULO PERDIDAS POR FRICCION		
LONG (m)		1,5	
		2,800	mca
		2,800	mca
		205,75	mmHg

MEMORIAS DE CALCULO

	CONDICIONES INICIALES	
TEMP (°C)		AMBIENTE
MATERIAL		PVC
	CALCULOS INICIALES	
	CAUDAL	
L/SEG		0,5
M3/SEG		0,0005
	DIAMETRO	
PULGADA		0,5
MTS		0,013
	VELOCIDAD MEDIA	
AREA		0,000126677
VELOCIDAD		3,947041253
		M ² V/ SEG
	CALCULO N REYNOLDS Y RUGOSIDAD RELATIVA	
v		1,14E-06
$Re = \frac{v \cdot d}{\nu}$	➔	4,40E+04
Rugosida absoluta		1,50E-06
$\frac{Ks}{d}$	➔	1,18E-04
	CALCULO FACTOR DE FRICCIÓN	
ECUACION DE MOODY		
$f = \frac{1.325}{\left[\ln\left(\frac{\epsilon}{3.7D}\right) + \frac{5.74}{NR^{0.9}} \right]^2}$	➔	0,01236
	CALCULO PERDIDAS POR FRICCION	
LONG (m)		1,5
$h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$	➔	1,160
$\Delta h_f = \frac{P1 - P2}{\rho * g}$	➔	1,160
		85,24
		mca mmHg

MEMORIAS DE CALCULO

			
	<u>CONDICIONES INICIALES</u>		
	<u>TEMP (°C)</u>		<u>AMBIENTE</u>
	<u>MATERIAL</u>		<u>PVC</u>
		<u>CALCULOS INICIALES</u>	
		<u>CAUDAL</u>	
	<u>L/SEG</u>		<u>0,5</u>
	<u>M3/SEG</u>		<u>0,0005</u>
		<u>DIAMETRO</u>	
	<u>PULGADA</u>		<u>1,25</u>
	<u>MTS</u>		<u>0,032</u>
		<u>VELOCIDAD MEDIA</u>	
	<u>AREA</u>	<u>0,00079173</u>	<u>M²</u>
	<u>VELOCIDAD</u>	<u>0,6315266</u>	<u>V/ SEG</u>
		<u>CALCULO N REYNOLDS Y RUGOSIDAD RELATIVA</u>	
	<u>V</u>	<u>1,14E-06</u>	
	<u>—</u>	<u>1,76E+04</u>	
	<u>Rugosida absoluta</u>	<u>1,50E-06</u>	
		<u>4,72E-05</u>	
		<u>CALCULO FACTOR DE FRICCIÓN</u>	
	<u>ECUACION DE MOODY</u>	<u>0,01044</u>	
		<u>CALCULO PERDIDAS POR FRICCION</u>	
	<u>LONG (m)</u>	<u>1,1</u>	
		<u>0,007</u>	<u>mca</u>
		<u>0,007</u>	<u>mca</u>
		<u>0,54</u>	<u>mmHg</u>

$$\tau \Delta h_m = K \frac{V^2}{2g}$$

DIAMETRO (PULG.)
CANT ACCES,



$$\Delta h_m = K \frac{V^2}{2g}$$

0,75
6,00

CALCULOS INICIALES

CAUDAL

L/SEG 0,5
M3/SEG 0,0005

DIAMETRO

PULGADA 0,75
MTS 0,019

VELOCIDAD MEDIA

AREA 0,000285024 M²
VELOCIDAD 1,754240557 V/ SEG

CALCULO DE Hm

$$P = HDT * \rho * g * Q$$

VALOR K 0,05 0,30

$$\Delta h_m = K \frac{V^2}{2g}$$



$$HP = \frac{P}{745}$$

0,05 MCA
PSI

TIPO DE ACCESORIO V. COMPUERTA
DIAMETRO (PULG.) 0,75
CANT. DE ACCESORIO

CALCULOS INICIALES

$$HP_{real} = \frac{P}{\eta}$$

CAUDAL

L/SEG 0,5
M3/SEG 0,0005

DIAMETRO

PULGADA 0,75
MTS 0,019

VELOCIDAD MEDIA

AREA 0,000285024 M²
VELOCIDAD 1,754240557 V/ SEG

CALCULO DE Hm

VALOR K 0,15 0,30 K TOTAL

0,05 MCA
3,46 mmHg

MEMORIAS DE CALCULO

→		<u>TIPO DE ACCESORIO</u>		<u>V. GLOBO</u>	
		<u>DIAMETRO (PULG.)</u>		<u>0,75</u>	
		<u>CANT ACCES,</u>		<u>1,00</u>	
<u>CALCULOS INICIALES</u>					
<u>CAUDAL</u>					
		<u>L/SEG</u>		<u>0,5</u>	
		<u>M3/SEG</u>		<u>0,0005</u>	
<u>DIAMETRO</u>					
		<u>PULGADA</u>		<u>0,75</u>	
		<u>MTS</u>		<u>0,019</u>	
<u>VELOCIDAD MEDIA</u>					
		<u>AREA</u>		<u>0,00028502</u>	
		<u>VELOCIDAD</u>		<u>1,75424056</u>	
→			$\frac{Kg * m^2}{SEG^3}$	<u>CALCULO DE Hm</u>	
		<u>VALOR K</u>	<u>10</u>		<u>10,00</u>
→				<u>1,57</u>	<u>MCA</u>
				<u>115,29</u>	<u>mmHg</u>
		<u>TIPO DE ACCESORIO</u>		<u>CODO</u>	
		<u>DIAMETRO (PULG.)</u>		<u>0,75</u>	
		<u>CANT. DE ACCESORIO</u>		<u>7,00</u>	
<u>CAUDAL</u>					
		<u>L/SEG</u>		<u>0,5</u>	
		<u>M3/SEG</u>		<u>0,0005</u>	
<u>DIAMETRO</u>					
		<u>PULGADA</u>		<u>0,75</u>	
		<u>MTS</u>		<u>0,019</u>	
<u>VELOCIDAD MEDIA</u>					
		<u>AREA</u>		<u>0,00028502</u>	<u>M²</u>
		<u>VELOCIDAD</u>		<u>1,75424056</u>	<u>V/ SEG</u>
<u>CALCULO DE Hm</u>					
		<u>VALOR K</u>	<u>0,2</u>	<u>1,40</u>	<u>K TOTAL</u>
				<u>0,22</u>	<u>MCA</u>
				<u>16,14</u>	<u>mmHg</u>

MEMORIAS DE CALCULO

TIPO DE ACCESORIO DIAMETRO (PULG.) CANT. DE ACCESORIO $\Delta h_m = K \frac{V^2}{2g}$	→ CALCULOS INICIALES	SEMICODOS 0,75 2,00 $Re = \frac{v \cdot d}{\nu}$ CAUDAL $\frac{Ks}{d}$ 0,5 0,0005 DIAMETRO $f = \frac{1.325}{\left[\ln \left(\frac{\epsilon}{3.7D} \right) + \frac{5.74}{NR^{0.9}} \right]^2}$ 0,012 VELOCIDAD MEDIA 0,000285024 M ² 1,754240557 V/ SEG
L/SEG M3/SEG PULGADA MTS AREA VELOCIDAD	→ CALCULO DE Hm	VALOR K 0,2 $\Delta h_m = K \frac{V^2}{2g}$ $\Delta h_f = \frac{P1 - P2}{\rho * g}$ 0,40 K TOTAL 0,06 M 4,61 mmHg
TIPO DE ACCESORIO DIAMETRO (PULG.) CANT. DE ACCESORIO L/SEG M3/SEG PULGADA MTS AREA VELOCIDAD	→ CALCULOS INICIALES	TEES 26,00 8,00 CAUDAL 0,5 0,0005 DIAMETRO 0,75 0,019 VELOCIDAD MEDIA 0,000285024 M ² 1,754240557 V/ SEG
VALOR K 0,2	→ CALCULO DE Hm	VALOR K 0,2 1,60 K TOTAL 0,25 M 18,45 mmHg

TIPO DE ACCESORIO		V. GLOBO
DIAMETRO (PULG.)		0,75
CANT ACCES,		1,00

CALCULOS INICIALES

CAUDAL

L/SEG		0,5
M3/SEG		0,0005

DIAMETRO

PULGADA		0,75
MTS		0,019

VELOCIDAD MEDIA

AREA		0,000285024
VELOCIDAD		1,754240557

CALCULO DE Hm

VALOR K	10		10,00
---------	----	--	-------

1,57	MCA
115,29	mmHg

TIPO DE ACCESORIO		CODO
DIAMETRO (PULG.)		0,75
CANT. DE ACCESORIO		7,00

CAUDAL

L/SEG		0,5
M3/SEG		0,0005

DIAMETRO

PULGADA		0,75
MTS		0,019

VELOCIDAD MEDIA

AREA		0,000285024	M ²
VELOCIDAD		1,754240557	V/ SEG

CALCULO DE Hm

VALOR K	0,2		1,40	K TOTAL
---------	-----	--	------	---------

0,22	MCA
16,14	mmHg

MEMORIAS DE CALCULO

	CONDICIONES INICIALES		
TEMP (°C)		AMBIENTE	
MATERIAL		PVC	
SUCCION			
	CALCULOS INICIALES		
	CAUDAL		
L/SEG		0,5	
M3/SEG		0,0005	
	DIAMETRO		
PULGADA		1,25	
MTS		0,032	
	VELOCIDAD MEDIA		
AREA		0,00079173	M ²
VELOCIDAD		0,6315266	V/ SEG
	CALCULO N REYNOLDS Y RUGOSIDAD RELATIVA		
V		1,14E-06	
		1,76E+04	
Rugosida absoluta		1,50E-06	
		4,72E-05	
	CALCULO FACTOR DE FRICCIÓN		
ECUACION DE MOODY		0,01044	
	CALCULO PERDIDAS POR FRICCION		
LONG (m)		0,6	
		0,004	mca
		0,004	mca
		0,29	mmHg

MEMORIAS DE CALCULO - CALCULO BOMBA CENTIFRUGA

CALCULOS INICIALES

SUMATORIA DE PERDIDAS		CONDICIONES GENERALES		
H fricción desc.	5,029 m	Densidad	1000	m/seg ³
H accesorio desc.	3,99 m	coef.Gravedad	9,806	m/seg ²
H fricción succion	0,004 m			
H accesorio Succion	0 m			
Alt. Est	2,5 m			
HDT	<u>11,52 m</u>			
Caudal	0,5 (L/S)			
Efi de Bomba	65 (%)			

CALCULO POTENCIA

→ 56,47

→ **POTENCIA TEORICA DE LA BOMBA**

considerando la equivalencia de 1 HP = 745 w

0,08 HP

POTENCIA REAL DE LA BOMBA

0,12 HP

NOTA: dada la potencia requerida y la facilidad del mercado y las características especiales del equipo requerido se opta por una bomba de 0,5 Hp

Anexo G. Reglamento laboratorio

11 REGLAMENTO GENERAL DE LABORATORIOS

El presente Reglamento regirá para todos los alumnos que realicen trabajos experimentales (Experiencias), en el Laboratorio.

11.1 NORMAS GENERALES:

- 1) Todo alumno inscrito en Laboratorio deberá concurrir a realizar los trabajos experimentales de acuerdo a la programación de actividades semestrales elaborados para el efecto, debiendo respetar su fecha y hora.
- 2) Todo alumno deberá presentarse en ropa de trabajo (preferentemente bata blanca) al Laboratorio. En especial no deberán usarse zapatos con taco alto y el pelo debe estar debidamente recogido.
- 3) La asistencia al Laboratorio es obligatoria a todos y cada uno de los trabajos programados. La inasistencia no justificada a uno de los trabajos programados, significará la reprobación del Laboratorio.
- 4) Si por alguna circunstancia imprevista, o de fuerza mayor no se realizara una experiencia, o parte de ella, en la fecha programada, ésta se efectuará en fecha extraordinaria, fijada por el Coordinador del Laboratorio, de común acuerdo con las partes.

- 5) Si un alumno no asistiera al Laboratorio en la fecha programada por causa debidamente calificada (Excusa Medica), solicitará autorización al Coordinador del programa de Ingeniería civil para su recuperación.

- 6) No se aceptará en los grupos, alumnos que no aparezcan en las listas oficiales respectivas, a menos que cuenten con la autorización escrita del Coordinador de Ingeniería.

- 7) Todo trabajo experimental está compuesto por las siguientes partes:
 - a. Una prueba, la cual será tomada al iniciar la experiencia y contemplará los tópicos de materias teóricas indicadas en la Guía respectiva.

 - b. Desarrollo del trabajo experimental, propiamente tal, en el Laboratorio, de acuerdo a los objetivos especificados en la Guía, y a la información adicional que entregue el Profesor de Laboratorio.

 - c. Elaboración y entrega de un informe técnico escrito, de acuerdo a las pautas definidas más las que indique el Profesor.

- 8) Es obligación cumplir con la realización de cada una de las partes del trabajo experimental. Por lo tanto, la inasistencia a alguna de las actividades consideradas, o la no entrega del informe técnico en el plazo estipulado, serán motivo suficiente para calificar con nota 1, la experiencia.

- 9) No se aceptarán alumnos atrasados a la hora de inicio del Laboratorio. La recuperación de la experiencia, en este caso, queda sujeta al Art. 5º del presente Reglamento.

11.2 DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS:

- a) Todo Informe Técnico debe entregarse a los 7 días siguientes de la realización de la Experiencia. Si esto no se cumple, se otorgará, automáticamente, un plazo adicional de 3 días, descontándose de la nota del informe, 1 punto por cada uno de estos días de atraso. Si el informe no es entregado dentro de este plazo adicional la experiencia completa será calificada con nota 1.
- b) Tanto la Prueba, como el informe técnico corresponden a trabajos personales del alumno, por lo tanto, cualquier actitud de "Copia" que sea detectada será motivo suficiente para calificar la experiencia con nota 1, y para tomar las acciones que señala la reglamentación vigente.
- c) La hoja original con los datos obtenidos durante la experiencia deberá incorporarse en el informe. Sin ésta no se encuentra, **no se recibirá el informe**. Además debe señalarse en el informe los nombres de los integrantes que realizaron el laboratorio y la fecha de realización de éste.
- d) Cualquier situación no especificada en el presente Reglamento queda sujeta a lo que establece el Reglamento de la universidad, y las disposiciones complementarias que imparta el Programa de Ingeniería Civil.

Anexo H. Guía de laboratorio

OBJETIVO GENERAL

Verificar, mediante la vía experimental, la validez de los modelos matemáticos deducidos en Cátedra y que guardan relación con la pérdida de carga o energía que se genera en el transporte de fluidos por tuberías

OBJETIVOS

- Medir la pérdida de carga en una tubería para régimen laminar.
- Medir la pérdida de carga en una tubería para régimen turbulento.
- Determinar experimentalmente la pérdida de energía de un fluido que pasa a través de tuberías de diferentes materiales.
- Determinar experimentalmente la pérdida de energía de un fluido que pasa a través de diferentes accesorios
- Graficar las curvas experimentales con las curvas teóricas.

- Evaluar experimentalmente los coeficiente de fricción y de en tuberías.

BASE TEÓRICA

PERDIDAS DE ENERGÍA POR FRICCIÓN

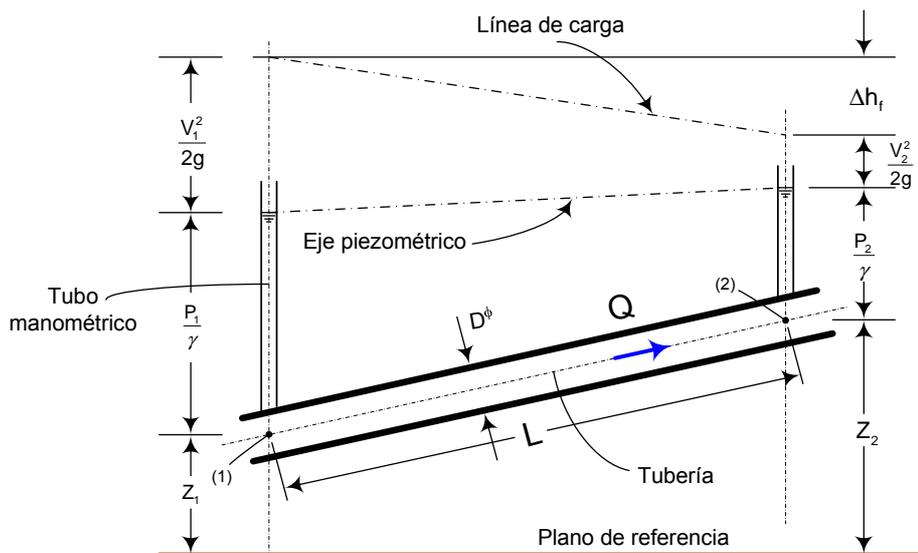


Figura 15. Línea de energía

Para solucionar los problemas prácticos de los flujos en tuberías, se aplica el principio de la energía, la ecuación de continuidad y los principios y ecuaciones de la resistencia de fluidos.

La resistencia al flujo en los tubos, es ofrecida no solo por los tramos largos, sino también por los accesorios de tuberías tales como codos y válvulas, que disipan energía al producir turbulencias a escala relativamente grandes.

La ecuación de la energía o de Bernoulli para el movimiento de fluidos incompresibles en tubos es:

$$\frac{P_1}{\rho * g} + \frac{V_1^2}{2 * g} + Z_1 = \frac{P_2}{\rho * g} + \frac{V_2^2}{2 * g} + Z_2 + h_f$$

Cada uno de los términos de esta ecuación tiene unidades de energía por peso (LF/F=L) o de longitud (pies, metros) y representa cierto tipo de carga. El término de la elevación, Z, está relacionado con la energía potencial de la partícula y se denomina carga de altura. El término de la presión $P/\rho * g$, se denomina carga o cabeza de presión y representa la altura de una columna de fluido necesaria para producir la presión P. El término de la velocidad $V/2g$, es la carga de velocidad (altura dinámica) y representa la distancia vertical necesaria para que el fluido caiga libremente (sin considerar la fricción) si ha de alcanzar una velocidad V partiendo del reposo. El término h_f representa la cabeza de pérdidas por fricción.

El número de Reynolds permite caracterizar la naturaleza del escurrimiento, es decir, si se trata de un flujo laminar o de un flujo turbulento; además, indica, la importancia relativa de la tendencia del flujo hacia un régimen turbulento respecto a uno laminar y la posición relativa de este estado de cosas a lo largo de determinada longitud:

$$R = \frac{D * V}{\nu}$$

En donde D es el diámetro interno de la tubería, V es la velocidad media del fluido dentro de la tubería y ν es la viscosidad cinemática del fluido. El número de Reynolds es una cantidad adimensional, por lo cual todas las cantidades deben estar expresadas en el mismo sistema de unidades.

Aplicando un balance de energía entre la sección (1) y la sección (2) a través de la suma de Bernoulli, se tiene:

$$\Delta h_f = \left(z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} \right) - \left(z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} \right)$$

Como $h = z + \frac{P}{\gamma}$ = cota piezométricas y Diam. = cte.,

$\Rightarrow V_1 = V_2$ por continuidad, por lo tanto $\Delta h_f = h_1 - h_2$

Donde h_1 y h_2 se miden durante el experimento que para este caso será P1 y P2.
 Esta fórmula solo sirve para medir pérdidas por fricción.

La determinación o medición de la pérdida de energía por fricción, (Δh_f).

$$\Delta h_f = \frac{P_1 - P_2}{\rho_o g}$$

Para predecir la Pérdida de Carga no es posible lograrlo con la expresión anterior.
 La solución pasa por emplear la ecuación universal de Henry Darcy y Julius Weisbach. Prácticamente todas las ecuaciones que nacieron con posterioridad tienen su origen en estos dos investigadores.

$$\Delta h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \quad \Rightarrow \quad \Delta h_f = f \frac{L}{D} \frac{Q^2}{2gA^2}$$

f	→	Coefficiente de fricción en tuberías
L	→	Largo de la tubería
V	→	Velocidad media del fluido
Q	→	Caudal volumétrico
A	→	Área de la sección transversal de la tubería

El factor de fricción f es adimensional, para que la ecuación produzca el correcto valor de las pérdidas. Todas las cantidades de la ecuación excepto f se pueden determinar experimentalmente.

Es posible encontrar el coeficiente de fricción para cualquier tipo de flujo usando el trabajo experimental más importante que fue desarrollado por Lewis Moody (1944).

Moody se preocupó de investigar en tuberías con rugosidades reales (comerciales) y no artificiales (ver y estudiar gráfico de Moody que se anexa).

La ecuación de Hazen-Williams está dada por:

$$\Delta h_f = \frac{6,824 \times L \times V^{1,851}}{C_{Hw}^{1,851} \times d^{1,167}}$$

Los valores de C_{HW} se encuentran anexos.

PÉRDIDAS POR ACCESORIOS

La pérdida de energía en accesorios hidráulicos tales como; válvulas, tees, codos, válvulas de retención, serpentines, etc. se les llama, habitualmente, perdidas menores.

La fórmula empírica usada es:

$$\Delta h_m = K \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

Δh_m = pérdida de carga singular (m).

K = coeficiente singular

V = mayor velocidad que interviene en la singularidad (m/s).

Para efectos prácticos y experimentales el valor de k es tomado de la siguiente expresión:

$$\frac{P1 - P2}{\rho * g} = \Delta h_m$$

Donde:

P1 = presión antes de accesorio

P2 = presión después de accesorio

ρ = densidad del agua

g = gravedad

2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

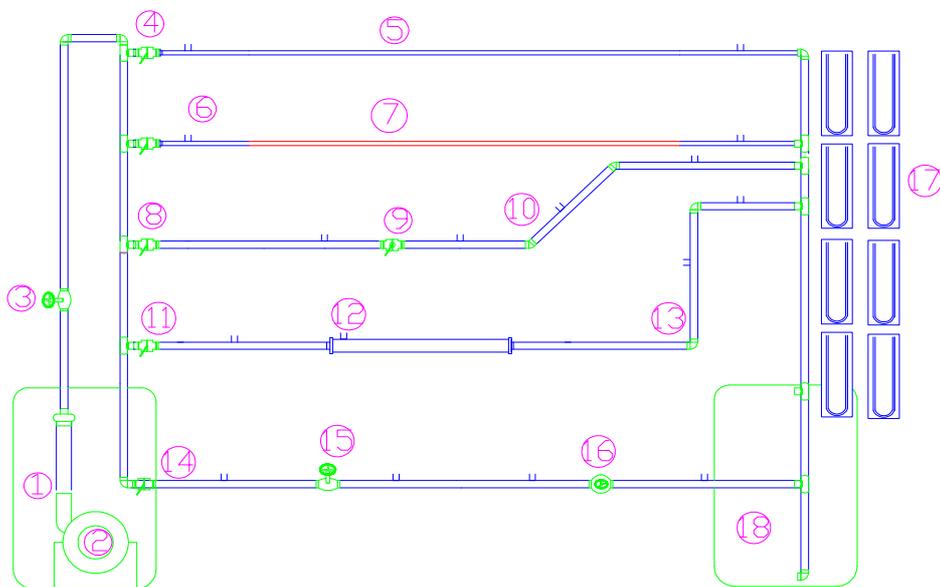
El equipo se encuentra compuesto de los siguientes elementos:

Tabla 10. Descripción del sistema

Tramo	Elemento	Descripción
i	1	Tanque almacenamiento
	2	Bomba Centrifuga
	3	Válvula de control de flujo Válvula 1
ii	4	Válvula bola – control de paso a tramo Válvula bola 1
	5	Tubería de PVC - ½"
iii	6	Válvula bola – control de paso a tramo Válvula bola 2
	7	Tubería de HG - ½"
	8	Válvula bola – control de paso a tramo Válvula bola 3

iv	9	Válvula bola $\frac{3}{4}$ " Válvula 2
	10	Semicodo PVC – $\frac{3}{4}$ "
v	11	Válvula bola – control de paso a tramo Válvula bola 4
	12	Tubería PVC 1 $\frac{1}{4}$ "
	13	Codo de PVC – $\frac{3}{4}$ "
vi	14	Válvula bola – control de paso a tramo Válvula bola 5
	15	Válvula Globo $\frac{3}{4}$ " Válvula 3
	16	Válvula compuerta $\frac{3}{4}$ " Válvula 4
VII	17	Manómetros de mercurio
	18	Tanque de aforo

Figura 16. Diagrama banco de pruebas



Tramo 1: Este es un tramo no experimentable en el cual se impulsa, regula y se mide el caudal del flujo. Cuenta con un tanque de almacenamiento redondo con unas dimensiones de altura 0.95 mts y diámetro 0.55 mts, estas dimensiones

garantizan que no se vea afectada la altura o carga de succión, también cuenta con su respectivo desagüe y su retorno. Un equipo de bombeo que consta de una bomba centrífuga marca BARNES de ½ HP, con un caudal máximo de 170 Lts./min y una velocidad angular $\omega = 3450$; dicha bomba es impulsada por un motor eléctrico marca Siemens directamente acoplado a la bomba, monofásico rebobina a trifásico de ½ HP. Una Válvula de control de flujo, tipo cortina, para controlar el volumen de flujo en el sistema.

Tramo 2 y 3: Esta segunda sección esta diseñada para la experimentación de perdidas por fricción en tuberías rugosa y lisa, es decir cuenta con una tubería de hierro galvanizado rugosa de ½ pulgada y tubería de PVC lisa de ½ pulgada, la cual cuenta en sus extremos con medidores de presión, con una precisión de 1,0 PSI o 0.05 Kg/Cm², los cuales será utilizados para la determinación de perdidas.

Tramo 4: En este se estudia los accesorios para cambio de direcciones en las redes hidráulicas, como los semicodos marca Pavco. Cuenta también para experimentación una válvula Bola de hierro de diámetro ¾ de pulgada marca Italy, este tramo cuenta con sus respectiva válvula bola de cierre de tramo y medidores de presión, con una precisión de 1,0 PSI o 0.05 Kg/Cm², los cuales será utilizados para la determinación de perdidas.

Tramo 5: En este se estudia las perdidas sufridas por los cambios brucos de diámetro por intermedio tubería de ¾ de pulgada en tubería de PVC a 1 ¼ de pulgada en tubería de PVC marca Pavco y los sufridos por los cambios de dirección por intermedio de un codo de ¾ de pulgada, este tramo cuenta con sus respectiva válvula bola de cierre de tramo y medidores de presión, con una precisión de 1,0 PSI o 0.05 Kg/Cm², los cuales será utilizados para la determinación de perdidas.

Tramo 6: Último tramo del sistema y es en donde se podrá estudiar las pérdidas generadas en elementos como válvulas globo y compuerta de entrada de $\frac{3}{4}$ de pulgada, en cobre. Este tramo cuenta con su respectiva válvula bola de cierre de tramo y medidores de presión, con una precisión de 1,0 PSI o 0.05 Kg/Cm², los cuales serán utilizados para la determinación de pérdidas. En este tramo también se encuentra la tubería de retorno al tanque de almacenamiento.

Tramo 7: En se ubican los manómetros en U de mercurio, los cuales se encuentran calibrados. También se encuentra el último elemento del sistema que lo conforma una caneca redonda con dimensiones de 0.92 mts de altura y 0.65 mts de diámetro, adaptada para realizar el aforo de caudal

PROCEDIMIENTO DE USO:

A continuación relacionamos los pasos a seguir para la utilización del banco de pruebas:

PROCEDIMIENTOS DE EMPLEO

A continuación relacionamos los pasos a seguir para la utilización del banco de pruebas:

A continuación relacionamos los pasos a seguir para la utilización del banco de pruebas:

1. Antes de encender el sistema se debe observar si el depósito de almacenamiento de agua está limpio de partículas las cuales llegarían a algunos elementos del sistema y taponarlo.

15. Se conecta la Bomba centrífuga de $\frac{1}{2}$ HP. Se arranca desde el suiche parte posterior (botón Verde – on).
16. Se abren todas las válvulas en el tablero con la finalidad de purgar la tubería con el objeto de eliminar las partículas de aire y gas existente en la tubería.
17. Se abren las válvulas de purga ubicadas en parte superior del tablero (girar a la izquierda o derecha), y se deja fluir el agua para terminar de purgar el sistema.
18. Una vez purgada la tubería y se procede a cerrar las válvulas de purga que se encuentran en la parte superior del tablero.
19. Purgado el sistema, se procede a seleccionar el tramo sobre el cual se realizará el ensayo. Para ello se cierran las válvulas bola 2,3,4,5.
20. Para estudiar el tramo 2 (HG), se abre válvula bola 1, se mantiene cerradas válvula bola 2, 3, 4, 5. Se realiza lectura de caudal y de manómetros en el tramo.
21. Para estudiar el tramo 3 (PVC), se abre válvula bola 2, se mantiene cerradas válvula bola 3, 4,5. Se cierra válvula bola 1. Se realiza lectura de caudal y de manómetros en el tramo.
22. Para estudiar el tramo 4 (Semicodo), se abre válvula bola 3, se mantiene cerradas válvula bola 1, 4,5. Se cierra válvula bola 2. Se realiza lectura de caudal y de manómetros en el tramo.
23. Para estudiar el tramo 5 (expansión), se abre válvula bola 4, se mantiene cerradas válvula bola 1, 2, 5. Se cierra válvula bola 3. Se realiza lectura de caudal y de manómetros en el tramo.
24. Para estudiar el tramo 6 (válvulas), se abre válvula bola 5, se mantiene cerradas válvula bola 1, 2,3. Se cierra válvula bola 4. Se realiza lectura de caudal y de presión en los manómetros del el tramo. Las válvulas 3, 4 debe estar abiertas.
25. Con la válvula 1 se variara el caudal, para así tomara varias lecturas.
26. Se debe mantener abierta por lo menos una de las válvulas bola para evitar el colapso del sistema.

27. Al terminar los procedimientos se recomienda tener la precaución de abrir todas las válvulas bolas, para así evitar pérdida de líquido en los manómetros de U.

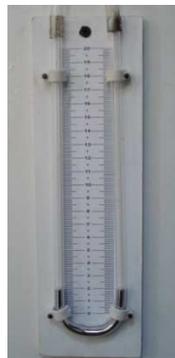
SISTEMA DE MEDICIÓN DE PRESIÓN

El sistema de medición de presión esta dado por piezómetros en tubo de U en mercurio conectados por tomas equidistantes al accesorio a analizar

Tabla 11. Tabla de Equivalencia.

Unidad	Equivalente
1 mmHg =	13.61 mmH ₂ O
	0.01361 MCA
	0.01934 PSI
	0.00136 Kg/cm ²

Foto 1. Piezómetro de tubo en U



EXPERIENCIAS

LABORATORIO 1: Practica de pérdidas de fricción

CARACTERÍSTICAS DE LA PRUEBA

El fluido de trabajo es agua con una viscosidad cinemática de $1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ a temperatura ambiente y una densidad de 1000 kg/m^3 .

En la tabla a continuación se muestran las características de cada una de las tuberías disponibles para las pruebas:

Tabla 12. Características Experiencia 1.

Material del tubo	Diámetro interior (mm)	Rugosidad (mm)	Distancia tomas de presión (m)
PVC	16	0.0013	1.4
Hierro galvanizado	16	0,06-0,24	1.4

En el desarrollo de la experiencia se recomienda seguir este procedimiento:

1. Reconocimiento del equipo
2. Para diferentes caudales en el sistema, hacer las lecturas en todos los manómetros. Se recomienda tomar mínimo cinco caudales diferentes.
3. Se experimentara en tramo 2 y 3.

4. Determinar la rugosidad absoluta, ϵ , de la tubería
5. Determinar el coeficiente de fricción de Darcy
6. Determine a partir del coeficiente de fricción de Darcy el coeficiente de Hazen William
7. Realiza las graficas de las curvas caudal Vs Hf; Caudal Vs coeficiente de fricción; Hf Vs N de Reynolds.
8. Dibuja línea de energía y Piezométricas

LABORATORIO 2: Perdidas por accesorios.

CARACTERÍSTICAS DE LAS PRUEBAS

El fluido de trabajo es agua con una viscosidad cinemática de $1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ a temperatura ambiente y una densidad de 1000 kg/m^3 .

En la tabla a continuación se muestran las características de cada uno de los accesorios disponibles para las pruebas:

Tabla 13. Características Experiencia 2

Tipo de accesorio	Diámetro interior (mm)	Material	Distancia tomas de presión (m)
Válvula bola ¾"	¾	Acero	0.1
Semicodo PVC – ¾"	¾	Acero	0.1
Codo PVC – ¾"	¾	Acero	0.1

En el desarrollo de la experiencia se recomienda seguir este procedimiento:

1. Para diferentes caudales en el sistema, hacer las lecturas en todos los manómetros. Se recomienda tomar mínimo cinco caudales diferentes.
2. Se experimentara en tramo 4 y 6.
3. Realizar la comprobación teórica de los resultados
4. Realiza para cada accesorio las graficas del curvas de perdida de energía ($Kv^2/2g$) Vs altura de velocidad ($V^2/2g$); Re Vs K experimental; Caudal Vs K experimental.
5. Comparación de K experimental con K teórico
6. Dibuja línea de energía y Piezométricas

LABORATORIO 3: Perdidas por ampliaciones bruscas.

En el desarrollo de la experiencia se recomienda seguir este procedimiento:

1. Para diferentes caudales en el sistema, hacer las lecturas en todos los manómetros. Se recomienda tomar mínimo cinco caudales diferentes.
2. Se experimentara en tramo 5.
3. A partir de los datos tomados, realice el ejercicio numérico
4. Realiza para cada accesorio las graficas de las curvas Re Vs K experimental; Caudal Vs K experimental.

INFORME

El informe de laboratorio debe incluir las siguientes partes:

1. Hoja de presentación
2. Objetivos
3. Marco teórico
4. Análisis de datos:
5. Ecuaciones utilizadas en los cálculos de las pérdidas por fricción.
6. Curvas obtenidas.
7. Análisis de error y posibles fuentes de error.
8. Conclusiones
9. Bibliografía.
10. Anexos. (Tabla con datos obtenidos en la práctica, registro fotográfico de las prácticas).

BIBLIOGRAFÍA

1. **STREETER Víctor. Mecánica de fluidos. México D.F: Mc Graw Hill, 1979.**
Mecánica de fluidos. México D.F : Mc Graw Hill, 1979.
2. **Rodriguez Díaz, Hector Alfonso. Hidraulica Experimental.** Bogota : Esculea Colombiana de Ingenieria, 2006. pág. P 15.
3. **V., Juan g. Saldarriaga. Hidraulica de Tuberías.** Bogota : Mc Granw Hill, 2000.

Anexo I. Resultados pruebas

TABLA DE DATOS PRÁCTICA - PERDIDAS POR FRICCIÓN
 CORPORACION UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS - SEDE GIRARDOT
 FACULTAD DE INGENIERÍA - PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

TUBERÍA DE:	
Diámetro interno	0,013
Area	0,000126677
Longitud (m)	1,40
Rugosidad (m)	0,00006
Fluido	Agua
Densidad (Kg.m ⁻³)	997,1
Viscosidad (m ² /s)	1,30E-06
Gravedad (kg/m.s)	9,816

EID	0,004615385
L/D	1,4003302

FECHA: 25/08/2008

LECT.	volumen		Tiempo en seg.	CAUDAL		Velocidad M/seg	Material	ΔP (mmHg)		N DE REYNOLDS	TIPO DE FLUJO	COEFICIENTE DE DARCY	COEFICIENTE DE DARCY TEORICO	% DE RELACION TEORICO-EXPER.	DIFERENCIA MATEMATIC A	
	refer. en lts	refer. en m ³		Caudal en lts/seg	Caudal en M ³ /seg			H1	H2							Δh mmHg
1	5,4	0,0054	10,00	0,5400	0,000540	4,263	HG	38	81	44	0,5920	4,26E+04	0,00583	0,02984	19,88%	0,02391
2	5,1	0,0051	10,35	0,4928	0,00492754	3,890	HG	40	80	41	0,5512	3,89E+04	0,00663	0,02984	22,23%	0,02321
3	4,5	0,0045	9,65	0,4663	0,00466321	3,681	HG	39	79	41	0,5512	3,68E+04	0,00741	0,02984	24,82%	0,02244
4	4,5	0,0045	9,89	0,4550	0,004550	3,592	HG	40	78	38	0,5172	3,59E+04	0,00730	0,02984	24,46%	0,02254
6	3,9	0,0039	10,13	0,3850	0,003850	3,039	HG	40	77	38	0,5104	3,04E+04	0,01006	0,02985	33,72%	0,01978
7	3,9	0,0039	15,14	0,2576	0,00257596	2,033	HG	42	75	33	0,4481	2,03E+04	0,01978	0,02985	66,27%	0,01007
8	1,2	0,0012	10,29	0,1166	0,000116618	0,921	HG	44	64	20	0,2722	9,21E+03	0,05849	0,02985	195,94%	-0,02864
9																
10																

GRUPO:			
INTEGRANTES			
Nº	NOMBRES	FIRMA	CODIGO
1			
2			
3			

DOCENTE PRACTICA	
NOMBRE	FIRMA

TABLA DE DATOS PRACTICA - PERDIDAS POR FRICCIÓN	
CORPORACION UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS - SEDE GIRARDOT	
FACULTAD DE INGENIERIA - PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL	

TUBERIA DE:	
Dímetro interno	0.013
Area	0.000132733
Longitud (m)	1.40
Rugosidad (m)	0.0000015
Fluido	Agua
Densidad (Kg.m ⁻³)	997.1
Viscosidad (m ² /s)	1.30E-06
Gravedad (kg/m.s)	9.816

E/D	0.000115395
L/D	1.400302

FECHA : 25/08/2008

LECT.	CAUDAL					Velocidad M/seg	Material	ΔP (mmHg)		Δh mca = Δh mmHg 0.01361	N DE REYNOLDS	TIPO DE FLUJO	COEFICIENTE DE DARCY TEORICO	% DE RELACION TEORICO- EXPER.	DIFERENCIA MATEMATIC A
	volumen rete. en l/s	volumen refe. en m ³	Tiempo en seg.	Caudal en l/s/seg	Caudal en M ³ /seg			H1	H2						
1	5.4	0.0054	10	0.5400	0.00054	4.06832986	PVC	30	75	45	4.07E+04	TURBULENTO	0.008739	54.50%	0.00563
2	5.1	0.0051	10.35	0.4928	0.000492754	3.712378294	PVC	30	73	43	3.71E+04	TURBULENTO	0.007733	62.54%	0.00463
3	4.5	0.0045	9.65	0.4663	0.000466321	3.513238221	PVC	30	68	38	3.51E+04	TURBULENTO	0.007631	61.71%	0.00473
4	4.5	0.0045	9.89	0.4550	0.000455005	3.427982633	PVC	31	69	38	3.43E+04	TURBULENTO	0.008015	64.82%	0.00435
5	3.9	0.0039	10.13	0.3850	0.000384995	2.900531325	PVC	32	67	35	2.90E+04	TURBULENTO	0.010311	83.39%	0.00205
6	3.9	0.0039	15.14	0.2576	0.000257596	1.940712175	PVC	37	57	20	1.94E+04	TURBULENTO	0.013161	106.44%	-0.00080
8	1.2	0.0012	10.29	0.1166	0.000116618	0.878594074	PVC	63	58	5	8.79E+03	TURBULENTO	0.016054	129.81%	-0.00369
9															
10															

GRUPO :		
INTEGRANTES		
Nº	NOMBRES	FIRMA
1		
2		
3		

DOCENTE PRACTICA	
NOMBRE	FIRMA

TABLA DE DATOS PRACTICA - PERDIDAS POR FRICCIÓN CORPORACION UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS - SEDE GIRARDOT FACULTAD DE INGENIERIA - PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL	
--	--

TIPO DE ACCESORIO:	
Díametro	0.01905
K Teorico	
Fluido	Agua
Densidad (kg/m ³)	
Viscosidad (m ² /s)	
Gravedad (kg/m.s)	9.816

FECHA : 25/08/2008

LECT.	CAUDAL				ΔHm (mmHg)		ΔHm mca = Δh mmHg * 0.01361	VEL	V ² /2g	K Experiment.	K teorico	hf teorico
	volumen refe. en lts	volumen refe. en m ³	Tiempo en seg.	Caudal en lts/seg	Caudal en M ³ /seg	H1						
1	5.4	0.0054	10	0.5400	0.000540	42	50	1.885	0.183	0.5949	0.05	0.00047
2	5.1	0.0051	10.35	0.4928	0.000493	42	50	1.729	0.152	0.7145	0.05	0.00039
3	4.5	0.0045	9.65	0.4663	0.000466	42	49	1.636	0.136	0.6980	0.05	0.00035
4	4.5	0.0045	9.89	0.4550	0.000455	43	49	1.596	0.130	0.6284	0.05	0.00033
5	3.9	0.0039	10.13	0.3850	0.000385	42	47	1.351	0.093	0.7315	0.05	0.00024
6	3.9	0.0039	15.14	0.2576	0.000258	45	47	0.904	0.042	0.6536	0.05	0.00011
7	1.2	0.0012	10.29	0.1166	0.000117	45	46	0.409	0.009	1.5944	1.05	0.00046
8												
9												

GRUPO :			
INTEGRANTES			
Nº	NOMBRES	FIRMA	CODIGO
1			
2			
3			

DOCENTE PRACTICA	
NOMBRE	FIRMA

TABLA DE DATOS PRACTICA - PERDIDAS POR FRICCIÓN CORPORACION UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS - SEDE GIRARDOT FACULTAD DE INGENIERIA - PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL	
--	--

TIPO DE ACCESORIO:	
Diámetro	0.01905
K teorico	
Fluido	Agua
Densidad (Kg./m ³)	
Viscosidad (m ² /s)	
Gravedad (kg/m.s)	9.816

FECHA : 25/08/2008

LECT.	CAUDAL				Tipo de accesorio	ΔHm (mmHg)		ΔH mmHg	ΔHm mca = Δh mmHg / 0,01361	VEL	V ² /2g	K Experiment.	K teorico	% DE RELACION TEORICO-EXPER.	
	volumen refe. en lts	volumen refe. en m ³	Tiempo en seg.	Caudal en lts/seg		Caudal en M ³ /seg	H1								H2
1	5.4	0.0054	10	0.5400	0.000540	semi codo	41	53	12	0.16332	1.895	0.183	0.8924	0.4	44.82%
2	5.1	0.0051	10.35	0.4928	0.000493	semi codo	46	54	8	0.10888	1.729	0.152	0.7145	0.4	55.99%
3	4.5	0.0045	9.65	0.4663	0.000466	semi codo	44	49	5	0.06805	1.636	0.136	0.4986	0.4	80.23%
4	4.5	0.0045	9.89	0.4550	0.000455	semi codo	45	52	7	0.09527	1.596	0.130	0.7332	0.4	54.56%
6	3.9	0.0039	10.13	0.3850	0.000385	semi codo	47	51	4	0.05444	1.351	0.093	0.5852	0.4	68.35%
7	3.9	0.0039	15.14	0.2576	0.000258	semi codo	47	52	5	0.06805	0.904	0.042	1.6339	0.4	24.48%
8	1.2	0.0012	10.29	0.1166	0.000117	semi codo	47	46	1	0.01361	0.409	0.009	1.5944	0.4	398.61%
9															
10															

GRUPO:		
INTEGRANTES		
Nº	FIRMA	CODIGO
1		
2		
3		

DOCENTE PRACTICA	
NOMBRE	FIRMA

TABLA DE DATOS PRACTICA - PERDIDAS POR FRICCIÓN	
CORPORACION UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS - SEDE GIRARDOT	
FACULTAD DE INGENIERIA - PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL	

TIPO DE ACCESORIO:	
Diámetro	0,01905
K Teórico	
Fluido	Agua
Densidad (Kg./m³)	
Viscosidad (m²/s)	
Gravedad (kg/m.s)	9,816

FECHA : 25/08/2008

LECT.	CAUDAL				Tipo de accesorio	ΔHm (mmHg)		ΔHm mca = Δh mmHg * 0,01361	VEL	V ² /2g	K Experiment.	K teórico
	volumen refe. en lts	volumen refe. en m ³	Tiempo en seg.	Caudal en lts/seg		Caudal en M ³ /seg	H1					
1	5,4	0,0054	10	0,5400	0,000540	ampliacion	46	43	1,895	0,183	0,2231	0,4096
2	5,1	0,0051	10,35	0,4928	0,000493	ampliacion	47	45	1,729	0,152	0,1786	0,4096
3	4,5	0,0045	9,65	0,4663	0,000466	ampliacion	46	45	1,636	0,136	0,0997	0,4096
4	4,5	0,0045	9,89	0,4550	0,000455	ampliacion	45	44	1,596	0,130	0,1047	0,4096
6	3,9	0,0039	10,13	0,3850	0,000385	ampliacion	46	44	1,351	0,093	0,2926	0,4096
7	3,9	0,0039	15,14	0,2576	0,000258	ampliacion	46	44	0,904	0,042	0,6536	0,4096
8	1,2	0,0012	10,29	0,1166	0,000117	ampliacion	49	45	0,409	0,009	6,3778	0,4096
9												
10												

GRUPO :		
INTEGRANTES		
Nº	NOMBRES	CODIGO
1		
2		
3		

TABLA DE DATOS PRACTICA - PERDIDAS POR FRICCIÓN	
CORPORACION UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS - SEDE GIRARDOT	
FACULTAD DE INGENIERIA - PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL	

TIPO DE ACCESORIO:	
Diámetro	0,01905
K Teórico	
Fluido	Agua
Densidad (Kg./m ³)	
Viscosidad (m ² /s)	
Gravedad (kg/m.s)	9,816

FECHA : 25/08/2008

LECT.	CAUDAL				Tipo de accesorio	ΔHm (mmHg)		ΔHm mca = Δh mmHg * 0,01361	VEL	V ² /2g	K Experiment.	K teorico
	volumen refe. en lts	volumen refe. en m ³	Tiempo en seg.	Caudal en lts/seg		Caudal en M ³ /seg	H1					
1	5,4	0,0054	10	0,5400	0,000540	48	57	0,12249	1,895	0,183	0,669262842	0,3
2	5,1	0,0051	10,35	0,4928	0,000493	48	57	0,12249	1,729	0,152	0,803756653	0,3
3	4,5	0,0045	9,65	0,4663	0,000466	48	56	0,10888	1,636	0,136	0,797739892	0,3
4	4,5	0,0045	9,89	0,4550	0,000455	49	56	0,09527	1,596	0,130	0,733174445	0,3
5	3,9	0,0039	10,13	0,3850	0,000385	48	57	0,12249	1,351	0,093	1,316660812	0,3
6	3,9	0,0039	15,14	0,2576	0,000258	50	56	0,08166	0,904	0,042	1,960719691	0,3
7	1,2	0,0012	10,29	0,1166	0,000117	53	55	0,02722	0,409	0,009	3,188893217	0,3
8												
9												

GRUPO :	
INTEGRANTES	
Nº	FIRMA
1	
2	
3	

DOCENTE PRACTICA	
NOMBRE	FIRMA

TABLA DE DATOS PRACTICA - PERDIDAS POR FRICCIÓN	
CORPORACION UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS - SEDE GIRARDOT	
FACULTAD DE INGENIERIA - PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL	

TIPO DE ACCESORIO:	
Díámetro	0,01905
K Teorico	
Fluido	Agua
Densidad (Kg./m ³)	
Viscosidad (m ² /s)	
Gravedad (kg/m.s)	9,816

FECHA : 25/08/2008

LECT.	CAUDAL						ΔHm (mmHg)		ΔHm mca = Δh mmHg * 0,01361	VEL	V ² /2g	K Experiment.	K teorico
	volumen refe. en lts	volumen refe. en m ³	Tiempo en seg.	Caudal en lts/seg	Caudal en M ³ /seg	Tipo de accesorio							
						H1	H2						
1	3,9	0,0039	15,14	0,2576	0,000258	globo	112	160	0,904	0,042	15,6857575	10	
2	1,2	0,0012	10,29	0,1166	0,000117	globo	84	95	0,409	0,009	17,5389127	10	

GRUPO:		
INTEGRANTES		
Nº	NOMBRES	FIRMA
1		
2		
3		

DOCENTE PRACTICA	
NOMBRE	FIRMA

CORPORACION UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS - SEDE GIRARDOT
 FACULTAD DE INGENIERIA - PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

TIPO DE ACCESORIO:	vaivula
Díametro	0,01905
K Teórico	
Fluido	Agua
Densidad (Kg./m. ³)	
Viscosidad (m. ² /s)	
Gravedad (kg/m.s)	9,816

FECHA : 25/08/2008

LECT.	CAUDAL			Tipo de accesorio	ΔHm (mmHg)		ΔHm mca = Δh mmHg * 0,01361	VEL	V ² /2g	K Experiment.	K teorico
	volumen refe. en lts	volumen refe. en m ³	Tiempo en seg.		Caudal en lts/seg	Caudal en M ³ /seg					
1	0,0039	0,0039	15,14	0,2576	0,000258	compuerta	47	45	0,042	0,65357323	0,15
2	0,0012	0,0012	10,29	0,1166	0,000117	compuerta	51	38	0,009	20,72780591	0,15

GRUPO: _____

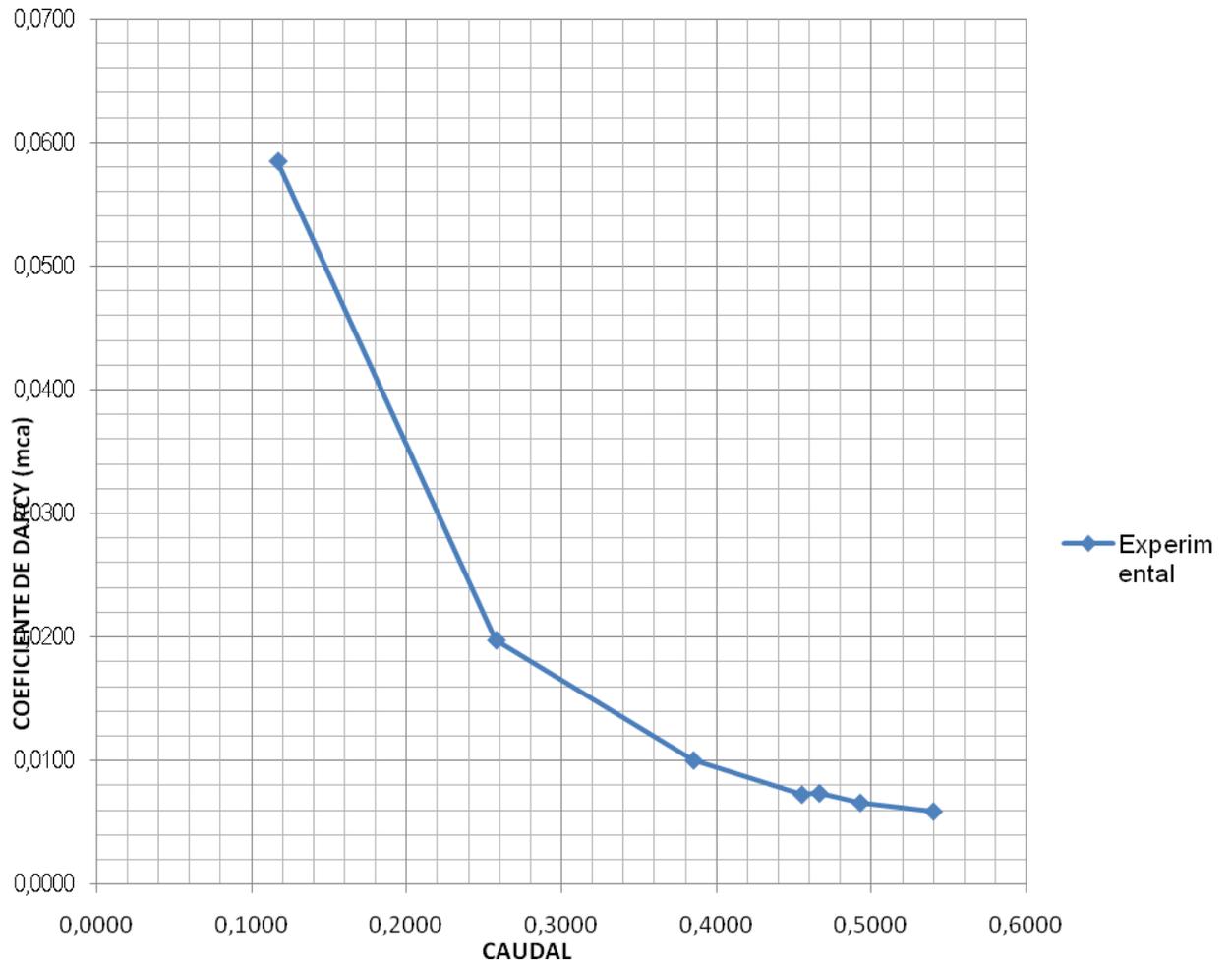
INTEGRANTES		
Nº	NOMBRES	FIRMA
1		
2		
3		

DOCENTE PRACTICA

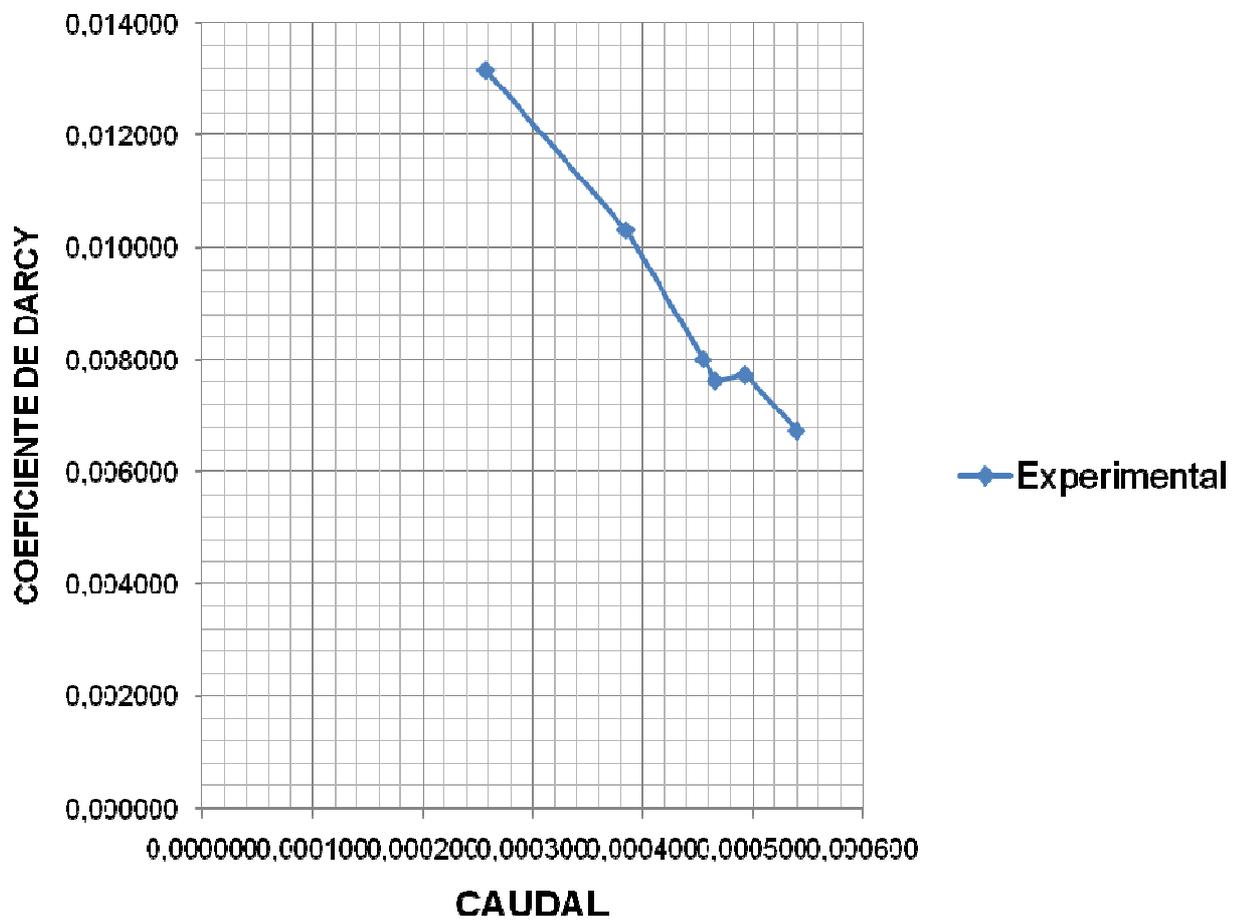
NOMBRE	FIRMA

Anexo J. Gráficos resultados pruebas

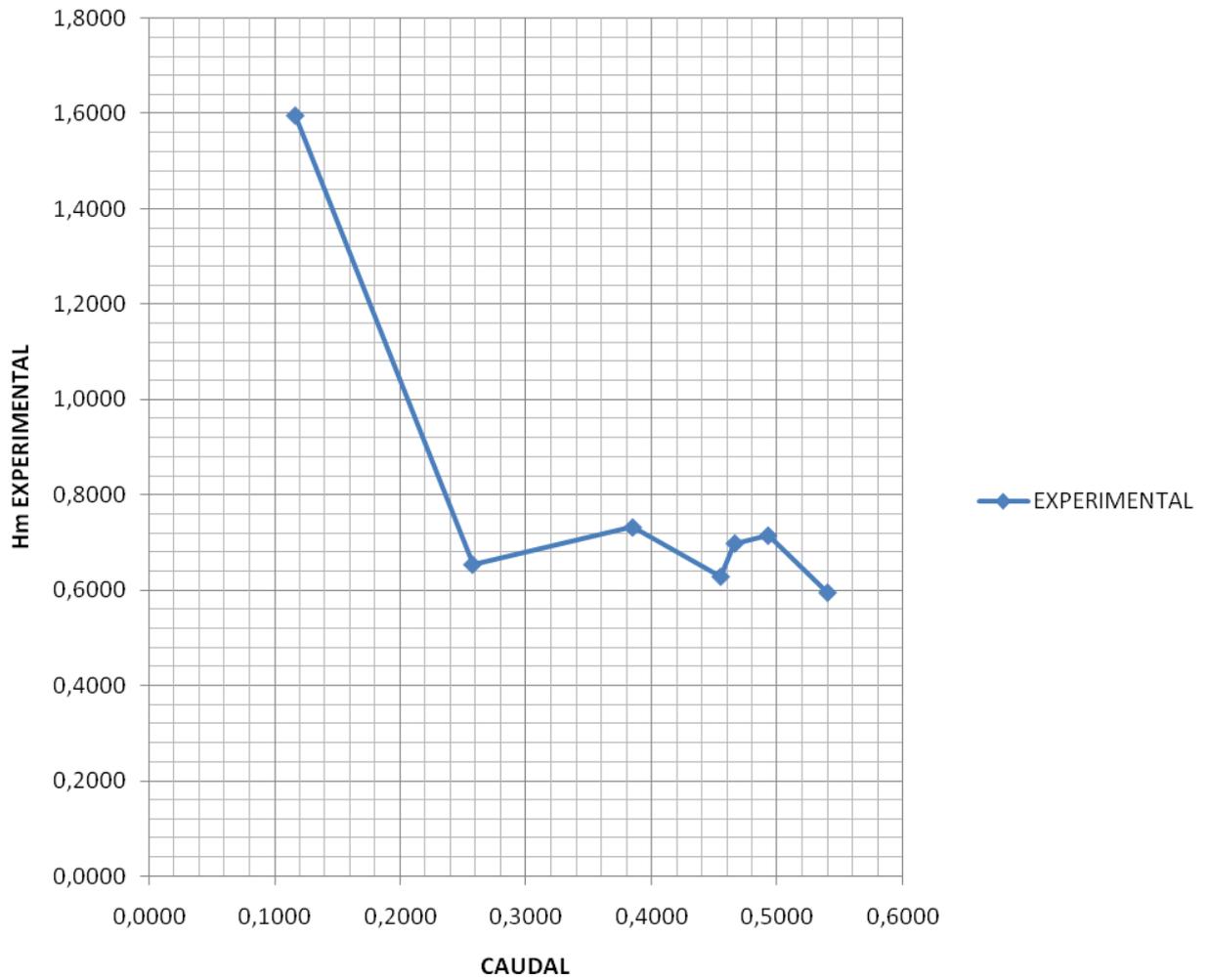
Caudal vs. Perdida fricción en HG



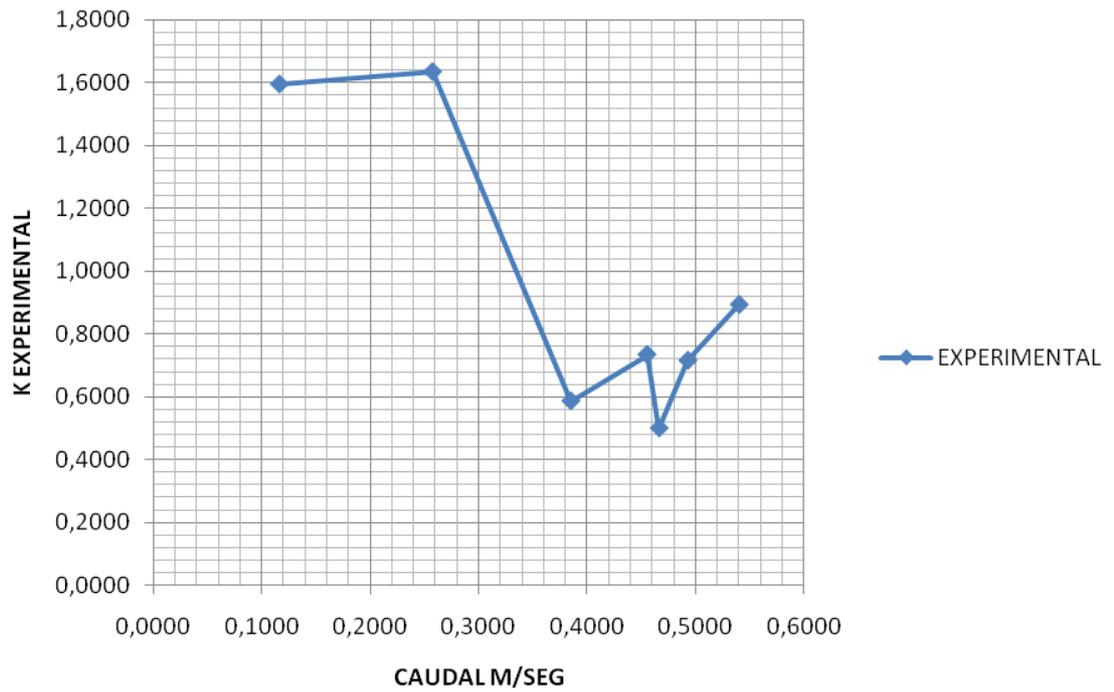
Caudal vs. Coeficiente experimental de Darcy en PVC



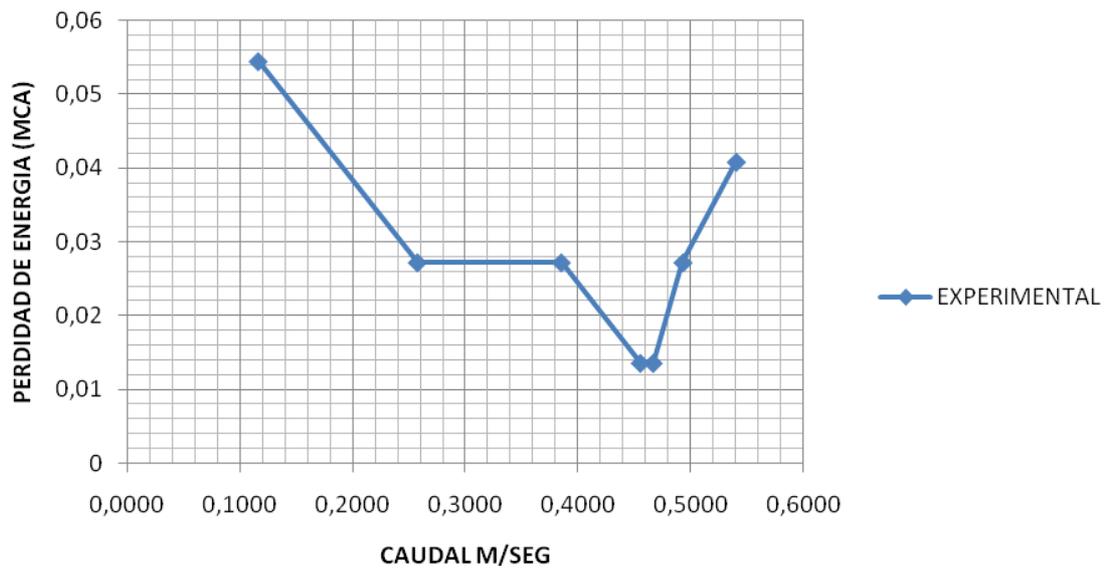
CAUDAL VS. K EXPERIMENTAL VALVULA BOLA



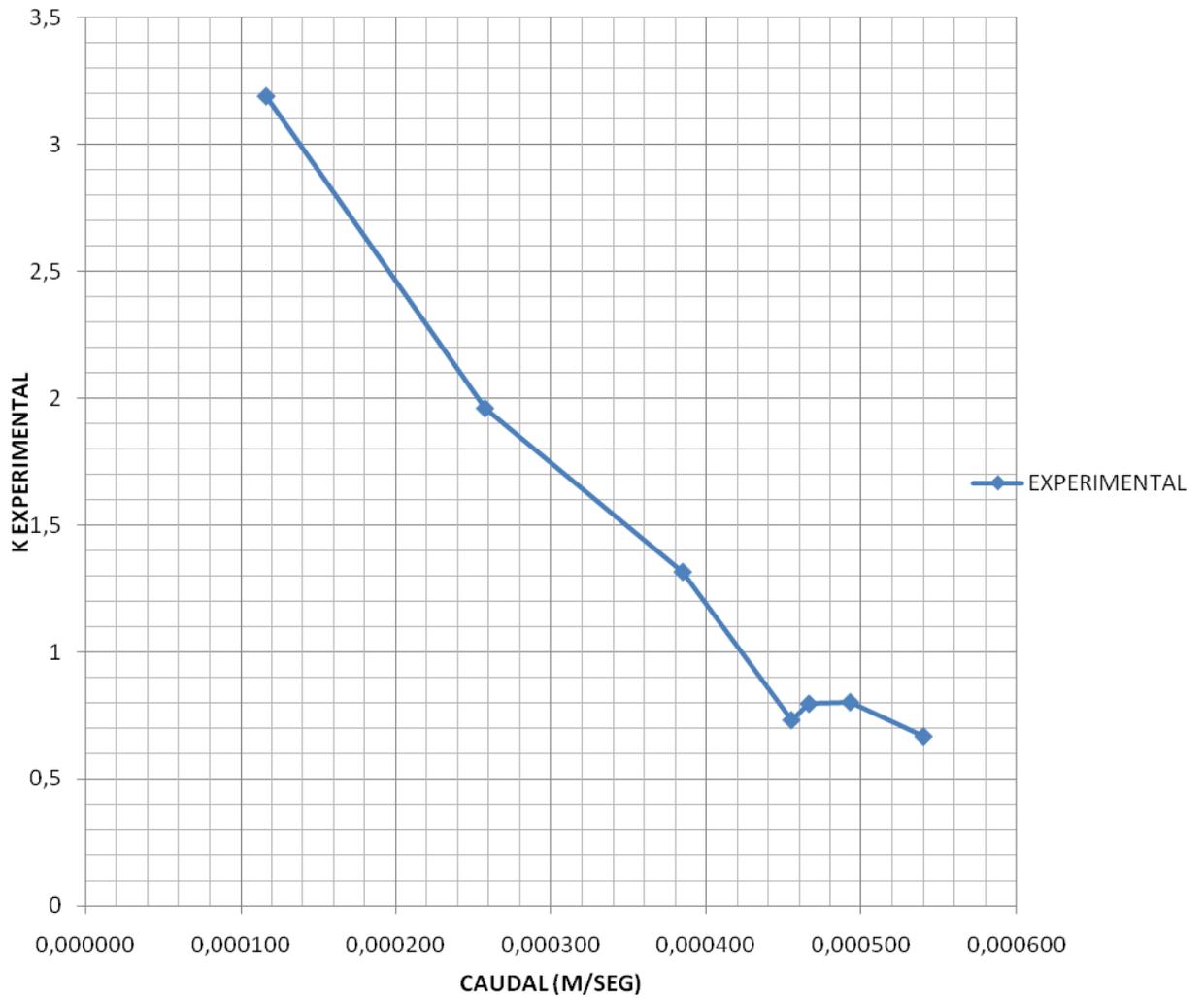
CAUDAL VS. K EXPERIMENTAL SEMICODO



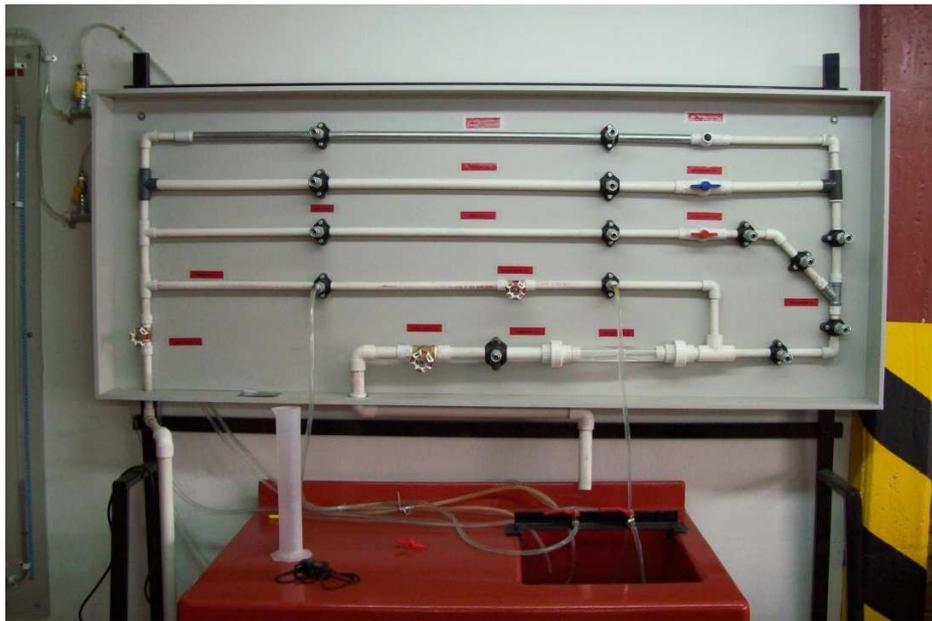
CAUDAL VS. PERDIDA DE ENERGIA AMPLIACION BRUSCA



CAUDAL VS. K EXPERIMENTAL CODO 90°



Anexo K. Registro fotográfico – Investigación



Banco de pruebas Uniminuto – Bogotá



Detalle banco pruebas Uniminuto – Bogotá



Banco de pruebas Coruniversitaria – Ibagué



Detalle banco de pruebas Coruniversitaria – Ibagué



Banco de pruebas. U. Católica – Bogotá



Detalle banco de pruebas. U. Católica – Bogotá

Anexo L. Registro fotográfico construcción



Adecuación tablero.



Construcción montaje



Soldando el material



Instalación de montaje en tablero

12 BIBLIOGRAFÍA

1. **Anderson Raquejo.** Manula de Laboratorio de Hidraulica. [aut. libro] Anderson Raquejo. *Manula de Laboratorio de Hidraulica*. Girardot : Trabajo de Grado, 2006, pág. 25.
2. **Rodriguez Díaz, Hector Alfonso.** *Hidraulica Experimental*. Bogota : Escuela Colombiana de Ingenieria, 2006. pág. P 15.
3. **V., Juan g. Saldarriaga.** *Hidraulica de Tuberías*. Bogota : Mc Granw Hill, 2000.
4. **Incontec.** *Compendio tesis y otros trabajos de Grado*. Bogotá : Incotec, 2004.
5. Pavco. [En línea] 15 de enero de 2008. [Citado el: 20 de enero de 2008.] www.pavco.com.co.
6. **Wikipedia.** Wikipedia. [En línea] Wikimedia Foundation, Inc., 19 de marzo de 2008. [Citado el: 10 de diciembre de 2007.] www.Wikipedia.org.
7. **STREETER Víctor. Mecánica de fluidos. México D.F: Mc Graw Hill, 1979.** *Mecánica de fluidos*. México D.F : Mc Graw Hill, 1979.