

DISEÑO DEL BANCO DE LÍNEAS PIEZOMÉTRICAS IMPLEMENTADO EN  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE FLUIDOS E HIDRÁULICA EN EL INSTITUTO  
TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO.

DIANA MAYERLY GUERRA CARLOSAMA  
LENNY KATHERINNE OSSA MAYA  
ANA ISABEL MORALES GIRALDO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA AMBIENTAL  
MOCOA  
2016

DISEÑO DEL BANCO DE LÍNEAS PIEZOMÉTRICAS IMPLEMENTADO EN  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE FLUIDOS E HIDRÁULICA EN EL INSTITUTO  
TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO.

DIANA MAYERLY GUERRA CARLOSAMA  
LENNY KATHERINNE OSSA MAYA  
ANA ISABEL MORALES GIRALDO

Proyecto de Investigación

EDWIN SÁNCHEZ'  
Ingeniero Químico  
ASESOR

Trabajo de investigación presentado como requisito para para optar por el título de  
Ingeniero Ambiental

INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
INGENIERÍA AMBIENTAL  
MOCOCHA  
2016

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

Presidente del Jurado

*[Handwritten signature]*

---

Jurado

---

Jurado

**"Los conceptos, afirmaciones y opiniones contenidas en el presente trabajo son responsabilidad única y exclusiva de sus autores, y no comprometen al Instituto Tecnológico del Putumayo". (CIECYT)**

## DEDICATORIA

A Dios

Quien supo guiarnos por el buen camino para seguir adelante en este proceso y no desmayar en los problemas que se presentaron, enseñándonos a enfrentar las adversidades sin perder la dignidad ni desfallecer en el intento y por permitirnos llegar a este momento tan especial en nuestra vida.

A nuestra familia

Por acompañarnos durante todo nuestro trayecto estudiantil y de vida, quienes estuvieron presente durante este arduo camino.

A nuestros padres

Para nuestros padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, quienes nos han dado todo lo que somos como persona, nuestros valores, principios, carácter, empeño, perseverancia, y esfuerzo para conseguir nuestros objetivos.

## AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por protegernos y acompañarnos durante este ciclo de vida, culminando de esta manera nuestros primeros pasos de logros.

A nuestros padres por su entrega y a enseñarnos a no rendirnos ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos.

INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO, por darnos la oportunidad de realizar nuestros estudios y crecer como personas.

EDWIN SANCHEZ TISOY, Ing. Químico, por su apreciable guía y asesoramiento a la realización de este proyecto.

Al Ing. Alejandro Soto, Ing. Civil, por su valioso tiempo de entrega y apoyo en este proceso.

A nuestros profesores mil gracias por su motivación y dedicación, porque de alguna manera formaron parte de lo que somos ahora,

Gracias a todas las personas que nos ayudaron directa e indirectamente en el transcurso de este escenario.

## INTRODUCCIÓN

El método más común para transportar agua de un punto a otro es impulsarlo a través de un sistema de tuberías. Las tuberías de sección circular son las más frecuentes, ya que de esta forma ofrece no solo mayor resistencia estructural sino también mayor sección transversal para el mismo perímetro exterior que cualquier otra forma. A menos que se indique específicamente, la palabra "tubería" en este estudio se refiere siempre a un conducto cerrado de sección circular y diámetro interior constante.

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.

Las líneas piezométricas son aquellas que permiten observar y medir las variaciones y pérdidas de un fluido debido al recorrido que este realiza mediante un sistema, teniendo en cuenta distintos criterios como lo son: la altura, la presión, peso específico del fluido entre otros.

En el presente trabajo se da a conocer el diseño e implementación de un equipo hidráulico que permite medir el comportamiento del fluido mediante el manejo, adecuación y estructuración de líneas piezométricas, de esta manera involucrando factores que influyen en sus componentes o accesorio que contenga. Estos componentes están afectados en diferentes pérdidas de energía, los cuales hace que disminuya su capacidad. Por tanto, es importante estudiar y conocer la mayor eficiencia durante el diseño del sistema, analizando las pérdidas que ocurren en

los accesorio de tuberías; además se interpretará adecuadamente los resultados obtenidos.

## RESUMEN

El proyecto a presentar es el diseño de un modelo didáctico de líneas piezométricas, que será implementado en el laboratorio de mecánica de fluidos e hidráulica en el Instituto Tecnológico del Putumayo, el cual servirá de apoyo, principalmente a la comunidad estudiantil en conceptos teóricos aprendidos llevándolos a la práctica, sin dejar de lado el beneficio que prestara a la comunidad en general. Dando así avance tecnológico a la región.

Dentro de este estudio se realizó en primera instancia una revisión bibliográfica la cual permitirá identificar la aplicación de las diferentes variables como número de Reynolds, el tipo de flujo, la pérdida de carga que ocurren en los artefactos de tuberías tales como, válvulas, codos entre otros; y las diferentes ecuaciones sustentadas por cada autor para la aplicación de dichas pérdidas. De igual manera se realizaron el cálculo las pérdidas por fricción tanto teóricas como experimentales en tres posiciones de válvula; finalmente se procedió a evaluar el cálculo de error absoluto y la diferencia de dichas pérdidas.

**Palabras Claves:** factor de fricción, numero de Reynolds, línea piezométrica.

## ABSTRACT

The project file is the design of a didactic model of piezometric lines, which will be implemented in the laboratory of fluid mechanics and hydraulics at the Technological Institute of Putumayo, which will support mainly to the student community learned theoretical concepts taking them to practice, without neglecting the benefit paid to the community. thus giving the region technological advancement.

Within this study was primarily a literature review which will identify the application of different variables such as Reynolds number, the type of flow, pressure drop occurring in artifacts pipes such as valves, elbows between others; and different equations supported by each author for the application of such losses. Similarly calculate the friction losses both theoretical and experimental valve in three positions were held; finally was evaluated calculating absolute error and the difference of these losses

Keywords: friction factor, Reynolds number, hydraulic grade line.

## TABLA DE CONTENIDO

1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	17
1.1.1 Planteamiento del problema.....	17
1.1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	17
1.2 JUSTIFICACIÓN .....	18
1.3 OBJETIVOS .....	20
1.3.1 OBJETIVO GENERAL .....	20
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	20
1.4 MARCO REFERENCIAL.....	21
1.4.1 Estado del arte .....	21
1.4.2 Marco conceptual.....	28
1.4.2 Marco contextual.....	29
1.4.4 Marco Teórico.....	31
1.4.4.1 MECANICA DE FLUIDOS.....	31
1.4.4.2 FLUIDOS NEWTONIANOS .....	33
1.4.4.3 HIDRAULICA.....	33
1.4.4.3.1. Tipos de Flujo .....	34
1.4.4.4. La línea piezométrica.....	36
1.4.4.5 Velocidad y caudal. ....	37
1.4.4.6 Conservación de la energía. ....	37
1.4.4.7 Número de Reynolds. ....	38
1.4.4.7.1. Flujo uniforme con régimen laminar.....	39
1.4.4.7.3 Fricción .....	42
1.4.4.7.4 Perdida de energía en tubería por accesorios .....	42
1.4.4.7.5 Pérdidas de Carga por Fricción .....	43
1.4.4.7.6 Diagrama de Moody. ....	44
1.4.4.7.7. Error Experimental .....	45
1.5. Metodología .....	46
1.6 RESULTADOS .....	61
PRESUPUESTO .....	76
CONCLUSIONES .....	77
RECOMENDACIONES.....	78



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Municipio de Mocoa Putumayo.....	30
Figura 2 Flujo uniforme en un canal de laboratorio.....	34
Figura 3 Diagrama entre dos secciones de tubería, donde se muestran todas las líneas, las alturas, los ejes y niveles de referencia. ....	35
Figura 4 Flujo uniforme no permanente .....	36
Figura 5 Diagrama de Moody. ....	44
Figura 6 Área de trabajo. ....	48
Figura 7 Vista en planta del Banco de líneas piezométricas. ....	58
Figura 8 Vista de frente del Banco de Líneas Piezométricas .....	58
Figura 9 Líneas piezométrica en el sistema .....	58

## LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1 Tanque de regulación.....	53
Imagen 2 Tanque de almacenamiento.....	54
Imagen 3 Tubería de conducción.....	55
Imagen 4 Tubo piezometrico.....	55
Imagen 5 Tanque de rebose.....	56
Imagen 6 Electrobomba.....	57

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Valores de rugosidad absoluta en tubería.....	41
Tabla 2 Coeficiente de fricción por accesorio .....	43
Tabla 3 componentes del sistema .....	49
Tabla 4 Construcción y montaje del medidor de línea piezométrica .....	50
Tabla 5 Calibración y ensayo del sistema .....	51
Tabla 6 Toma de datos del sistema.....	52
Tabla 7 Posiciones de válvula .....	62
Tabla 8 Aforo de caudal.....	62
Tabla 9 Registro de alturas Piezométrica .....	63
Tabla 10 Numero de Reynolds y tipo de flujo .....	64
Tabla 11 Valores de coeficiente de pérdidas por accesorios .....	65
Tabla 12 Datos experimentales de pérdidas por accesorios.....	65
Tabla 13 Determinación experimental de pérdidas por fricción .....	66
Tabla 14 Cálculo de factor de fricción de Moody.....	66
Tabla 15 Determinación teórica de pérdidas.....	67
Tabla 16 Comparación de datos experimentales y teóricos .....	67
Tabla 17 Coeficientes de correlación .....	69
Tabla 18 Análisis estadístico de aforo de caudal .....	69
Tabla 19 Análisis estadístico de pérdida de energía experimental.....	70
Tabla 20 Análisis estadístico de pérdida de energía teórico .....	70
Tabla 21 Análisis estadístico en relación con $h_f$ experimental y $h_f$ teórico .....	71

## LISTA DE GRAFICAS

GRAFICA 1 Correlación de caudales .....	69
GRAFICA 2 correlación hf experimental .....	70
GRAFICA 3 Correlación hf teórico .....	70
GRAFICA 4 Correlación entre hf experimental y hf teórico .....	71

## TITULO

Diseño del banco de líneas piezométricas implementado en laboratorio de mecánica de fluidos e hidráulica en el Instituto Tecnológico del Putumayo.

### 1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

#### 1.1.1 Planteamiento del problema

¿Cuáles son los criterios que se deben tener en cuenta para el diseño del banco de líneas piezométricas implementado en laboratorio de mecánica de fluidos e hidráulica en el Instituto Tecnológico del Putumayo?

#### 1.1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Según Romero (2002). "el agua es el componente fundamental para el sostenimiento de los seres vivos y las diferentes actividades del hombre, pero tan solo el 2,5 % del total de la superficie terrestre es apta para el consumo y requiere la realización de diversas operaciones unitarias con el fin de obtener un agua con propiedades físicas, químicas y biológicas adecuadas. "

El diseño e implementación de este modelo didáctico, medidor de líneas piezométricas, se realizara con el objetivo de llevar a la práctica los conceptos aprendidos teóricamente dentro del desarrollo educacional, aplicados a las materias de mecánica de fluidos e hidráulica específicamente, sin dejar de lado el beneficio que puede aportar en otras áreas; ya que el instituto tecnológico del putumayo y la región en general no cuenta con este tipo de equipos y laboratorios, lo cual trae consigo desarrollo tecnológico, social y económico.

Además ambientalmente se requiere conocer las propiedades físicas y mecánicas de los fluidos para comprender su comportamiento y para proponer y diseñar

soluciones a problemas relacionados con el uso y control del recurso hídrico. El propósito de la Mecánica de Fluidos es dar las herramientas necesarias para estimar la disponibilidad y manejo de los recursos hídricos y diseñar obras hidráulicas satisfactorias en términos técnicos, estéticos y medioambientales sostenibles.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

Entre las mediciones que normalmente se llevan a cabo en un fluido que circula por un conducto cerrado se tiene la del gasto, para lo cual existen varios métodos a saber: métodos directos, indirectos, gravimétricos, volumétricos, electrónicos y electromagnéticos. Por ejemplo, un método directo para medir un gasto en un flujo dado consiste en determinar el volumen o el peso del fluido que pasa por una sección en un intervalo de tiempo específico.

Los métodos indirectos para medir el gasto suelen requerir la determinación de una carga manométrica, una diferencia de presiones o la velocidad en varios puntos de una sección transversal, para que posteriormente con base a estos datos, se calcule el gasto buscado. Los métodos más precisos son los gravimétricos o los volumétricos, en los cuales el peso o el volumen del fluido se miden mediante balanzas apropiadas o por medio de un tanque aforado de acuerdo con un intervalo de tiempo que se mide con un cronómetro.

Por consiguiente el diseño del banco de líneas piezométricas implementado en laboratorio de mecánica de fluidos e hidráulica en el Instituto Tecnológico del Putumayo es muy importante ya que radica en desarrollar los conceptos teóricos permitiendo obtener mayor conocimiento en la práctica, además por medio de este banco se llevan a cabo los cálculos hidráulicos que determinan la disposición y el dimensionamiento interno de los diferentes elementos. Es posible además que Para obtener la línea piezométricas, se realiza sobre la base de formas

específicas para cada accidente hidráulico, adoptando márgenes de seguridad que garanticen el buen funcionamiento.

Este estudio pretende enfocarse en políticas que permitan alcanzar los lineamientos ambientales establecidos por los diferentes planes de desarrollo a nivel departamental, Municipal e Institucional. Teniendo en cuenta los ítems que estos desarrollan, el proyecto se lo ubica dentro del marco de la ciencia tecnología e innovación, ya que fortalece las redes del conocimiento mediante estrategias, proyectos y programas orientados a incentivar el interés por nuevas iniciativas, adquiriendo reconocimiento por su aporte investigativo a la solución de necesidades de la región.

El proyecto dentro del Plan de Desarrollo Departamental se enmarca en el SECTOR DE EDUCACIÓN HUMANA PARA LA TRANSFORMACIÓN DEL SER Y EL HACER; donde involucra el sector educativo con el compromiso gubernamental y de la comunidad educativa brindando estrategias pertinentes eficiente, transparente y con equidad, para una educación integral con calidad, incluyente, diferencial y pertinente con acceso al conocimiento, la ciencia, la tecnología y la cultura.

De igual manera dentro del Plan de Desarrollo Municipal 2016-2019 educación desarrollo y buen gobierno, el proyecto se ubica dentro del ítem diseño estratégico componente 3: " Ciencia tecnología e innovación" que busca fomentar y apoyar la creación, crecimiento y consolidación del emprendimiento productivo en diversos sectores, basadas en procesos de investigación, utilización de herramientas tecnologías y de innovación, garantizando la pertinencia y éxito de las iniciativas y propuestas, lo que redundara el fortalecimiento de redes de conocimiento, en el desarrollo económico local.

Así mismo, el Instituto Tecnológico del Putumayo dentro de su plan de desarrollo institucional, fundamenta dentro del programa 4 de investigación la relación

investigación- currículo, a través de un proceso formativo que posibilite que la comunidad académica institucional adquiriera reconocimiento por su aporte investigativo a la solución de necesidades de la región.

Por lo tanto, es importante resaltar que este proyecto busca fortalecer la ciencia, tecnología e investigación mediante la motivación institucional, generando en el medio soluciones y propiciando el desarrollo humano integral sostenible.

### 1.3 OBJETIVOS

#### 1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar el modelo didáctico de medición de líneas piezométricas para el laboratorio de mecánica de fluidos e hidráulica en el Instituto Tecnológico del Putumayo.

#### 1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los criterios de cálculo del modelo didáctico de medición de líneas piezométricas, para el área de mecánica de fluidos e hidráulica en el Instituto Tecnológico del Putumayo.
- Generar la guía de laboratorio del equipo de medición de líneas piezométricas, para el área de mecánica de fluidos e hidráulica en el Instituto Tecnológico del Putumayo.
- Elaborar guías de mantenimiento para el medidor de líneas piezométricas, para el área de mecánica de fluidos e hidráulica en el Instituto Tecnológico del Putumayo.

## 1.4 MARCO REFERENCIAL

### 1.4.1 Estado del arte

Los estudiantes Cristian Javier Sierra Montano y Julio Cesar Padilla, realizaron un proyecto con el objetivo de dar a la escuela de ingeniería mecánica, el diseño de un laboratorio, el cual una vez implementado permite reforzar los contenidos teóricos de las asignaturas de mecánica de fluidos y sistemas de transporte y aprovechamiento de fluidos. El diseño de laboratorios cubre los contenidos académicos mediante la selección de equipos o bancos de pruebas que permiten la realización de prácticas experimentales y además se incluye la aplicación y uso de software como complemento a la formación del estudiante. (SIERRA & PADILLA, 2006)

Los estudiantes Alexander Garcia Diaz, Leonardo Garcia Diaz y Edwin Cesar Gaviria Montañez plantearon el diseño y montaje acerca del tubo Venturi con el fin de demostrar que se puede utilizar en muchas aplicaciones tecnológicas y aplicaciones de la vida diaria, en donde conociendo el funcionamiento y sus principios de operación se puede entender de manera más clara la forma en que se puede solventar o solucionar problemas con los cuales nos topamos diariamente. (GARCIA, GARCIA, & GAVIRIA, 2009)

Realizaron el diseño banco de pruebas hidrostáticas utilizando modelos matemáticos de ingeniería y herramientas CAD Solid Edge V12 y CAE Ansys Worbench 8.1. Además se editó un manual de mantenimiento y operación del equipo donde se describen los procedimientos para realizar las pruebas hidrostáticas. (SAAVEDRA & CASECOTE, 2008)

Con el objetivo de contribuir a la misión universitaria, al fortalecimiento en el proceso de aprendizaje de los estudiantes de la escuela de ingeniería, mediante una herramienta de investigación académica que fomente el análisis crítico y

afiance los conceptos teóricos los estudiantes Jimmy Alejandro Arciniegas Mora Y Diego Luis Franco Jacome de la Universidad Industrial de Santander de Bucaramanga 2010, realizaron la construcción del banco de pruebas. (ARCINIEGAS & FRANCO, 2010)

Buscan desarrollar un modelo actualizado de las guías de laboratorio de mecánica de fluidos e hidráulica, las cuales se han venido manejando durante diferentes periodos de tiempo, en las inmediaciones del programa, además garantizara mejor organización y claridad de las prácticas de laboratorio, las cuales se hacen de forma sobresaliente pero los estudiantes llegan en muchas ocasiones sin saber que practica es y cómo solucionarla. (MOJICA & ARIAS, 2014)

Jorge Andrés Parra Durán Y Luis Gabriel Velasco Marín, desarrollaron este proyecto en el que realiza verificaciones de los cálculos de las pérdidas que se ocasionan a través de los circuitos del banco al utilizar diferentes flujos de agua. De igual manera le permitirá al docente hacer un enlace entre la teoría del tema de cálculo de pérdidas en circuitos de tuberías y la práctica del laboratorio, poniendo a prueba los diferentes conceptos estudiados. (PARRA & VELASCO, 2014)

En su escrito sobre flujo de agua y estructuras para ríos, estableció sus experiencias y observaciones en la construcción de instalaciones hidráulicas ejecutadas principalmente en Milán y Florencia. (Vinci, siglo XV)

Elaboró el primer estudio sistemático de los fundamentos de la Hidrostática. Un alumno de Galileo, TORRICELI, enunció en 1643 la ley del flujo libre de líquidos a través de orificios. Construyo El barómetro para la medición de la presión atmosférica. (Galileo, 1612).

En los últimos años dentro de las diferentes universidades ha adquirido una especial importancia la construcción de modelos didácticos sobre mecánica de fluidos e hidráulica, puesto que su desarrollo aumenta los equipos necesarios para

complementar la base teórica vista en clases, favoreciendo el conocimiento en cuanto al comportamiento del agua que se presenta en los diferentes escenarios, además ayuda a visualizar de forma clara los fenómenos mecánicos e hidráulicos que se presentan con el desarrollo de estructuras que serán pilares en las prácticas estudiantiles. A continuación algunos antecedentes relacionados al tema de investigación realizados en otros países y en nuestro país.

Ante la importancia que representa para el estudiante de la Facultad de Ingeniería el conocimiento y el adquirir buen criterio al momento de seleccionar el mejor método para realizar aforos en proyectos hídricos, se presenta este trabajo de graduación, en el cual se detalla el diseño, la construcción, la instalación y el ensayo de vertederos de pared delgada, así como del canal Parshall en el laboratorio de Hidráulica. Esto como complemento a los conocimientos adquiridos de forma teórica, logrando una mayor comprensión al visualizar sus funcionamientos bajo condiciones reales. (MONROY, 2010)

Frente a la necesidad de contar con un gran canal hidrodinámico y estructuras hidráulicas de prueba con dimensiones mayores respecto al canal que se encuentra en el Laboratorio de Investigaciones Hidráulicas de la U.C.E., Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática, surge la idea de plantear este proyecto de graduación, tomando en cuenta que será un gran aporte para la Facultad. (CASTRO & RODRIGO, 2015)

En este trabajo hizo un estudio de las necesidades y falta de equipos para el nuevo laboratorio de hidráulica del departamento de ingeniería civil. Se planteó el diseño, construcción y calibración de un equipo para prácticas de compuertas planas inclinadas sumergidas. Los cálculos hidráulicos partieron de la capacidad del dinamómetro usado en el equipo; se diseñaron las dimensiones más convenientes. Los cálculos hidráulicos se realizaron en Microsoft Excel y la graficación del esquema y sus partes en el programa Auto-CAD 3D. (BR. ANNELL, 2010)

Desarrollaron la investigación y diseño preliminar, métodos de evaluación de soluciones, determinación de los parámetros de diseño, elementos de la bomba como son válvulas, cámara de aire y el cuerpo del hidram, además también se detallan los materiales de construcción, diagramas de operación, construcción y montaje. (NAPOLEON & GUAMAN, 2011)

El presente trabajo especial de grado describe la implantación de un banco de prueba para bombas de Cavitaciones Progresivas, con la instalación de un sistema de aplicación llamado CILA 2S basado en cartas monográficas y curvas de eficiencia. La finalidad es la de verificar el comportamiento de la curva de Caudal, Torque y de Potencia, y así obtener una mejor visualización del régimen de trabajo de la bomba por medio de la carta nomográfica. (BRS. MALDONADO M. FRANKKLIN A, 2003)

Se comprueba la teoría de flujo potencial como medio para diseñar álabes de impulsores de bombas centrífugas. Para esto se utiliza la superposición de dos flujos simples como lo son el sumidero y el vórtice libre. Donde para la comprobación de este diseño, se utilizó la tecnología asistida por computador, tanto para el diseño como para la fabricación como en el caso del uso del Centro de Mecanizado. (SILVA, 2001)

Confeccionaron un software para adquisición de datos y confección de curvas específicas y además un manual o instructivo con la nueva manera de proceder en el laboratorio de máquinas hidráulicas. (SNACHEZ, 2007)

El objetivo principal de este proyecto es el diseño de un banco de pruebas y simular las pruebas de acuerdo a este diseño; todo lo anterior basado en estudios previos del banco anterior de la universidad de san buenaventura y los temas dictados en la materia de Mecánica De Fluido; esto para permitir al estudiante que de forma experimental pueda comprobar los conceptos de mayor importancia de la

mecánica de fluidos. También se presentan todos los aspectos ingenieriles del diseño, considerando su facilidad de construcción, instalación y mantenimiento. (GALEANO & ULLOA, 2012)

Constituye un documento de inapreciable valor en manos de los alumnos para elevar su preparación en estas disciplinas. De esta manera tratamos de contribuir a elevar la preparación de nuestros futuros egresados y profesionales en la rama de la Ingeniería Civil y Agrícola, y puedan con ello, desarrollar competencias que lo habiliten para cumplir satisfactoriamente las tareas que se le asignen en el ejercicio de su profesión al servicio de la sociedad nicaragüense. (PALACIOS, 2008)

Desarrollo este proyecto con el objetivo principal de este proyecto consiste en construir un banco de pruebas de cilindros hidráulicos (de diferentes diámetros y longitudes) utilizados en los equipos de construcción. Además Describir el funcionamiento del banco; dimensionar el banco de pruebas; realizar los cálculos estructurales y elaborar los planos de construcción del mismo; realizar la procura de los materiales y la construcción de la Unidad de Potencia Hidráulica; efectuar la puesta en marcha, elaborar el manual de operaciones. (MAGANALLANES, 2009)

Este trabajo fue enfocado a construir y evaluar un medidor de flujo tipo diafragma (orificio de plástico afilado montado en una tuerca unión), el cual puede ser instalado y manejado fácilmente. El objetivo fue generar tecnología propia para apoyar a los usuarios potenciales tales como, aforadores de bombas, irrigadores, empresarios y agricultores. (MARTINEZ, 2005)

Realizo este proyecto siendo el objetivo primordial el incorporar un equipo al Laboratorio de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería Ciencias Físicas y Matemática El equipo servirá para desarrollar las prácticas de laboratorio, las mismas que permiten complementar lo teórico con lo práctico. Una práctica referente a pérdidas de energía a lo largo de conductos de agua, y Comparar las

cantidades de energía en dos puntos diferentes de un conducto de agua a cielo abierto y en tuberías a presión. (ORTEGA, 2013)

En el año 2012 En la presente tesis se han analizado los diferentes sistemas de control y accesorios para la adquisición de datos presentes en el mercado y que son empleados ampliamente en procesos industriales, así como de experimentación e investigación. Al ser este diseño de control aplicado a la Hidráulica de canales, también se incluye una guía básica de los diferentes conceptos empleados en esta rama para de esta manera entender los procesos que se realizan en el canal. (BRAVO & GUAMAN, 2012)

Realizaron un tablero de pruebas que cuenta con 4 ramales horizontales de tuberías de diferente material (PVC, HG, cobre) más un ramal compuesta por diferentes accesorios acopladas en serie, el agua es impulsada a con la ayuda de una bomba centrífuga un banco hidráulico compuesto de un tanque de almacenamiento y un sistema de dos tanques provisionales que previa la alineación de las palancas permite realizar aforos para determinar el caudal que circula por cualquiera de los ramales del tablero de pruebas. (YAMBOMBO, 2012)

Realizaron el proyecto con el objetivo de dar a la escuela de ingeniería mecánica, el diseño de un laboratorio, el cual una vez implementado permite reforzar los contenidos teóricos de las asignaturas de mecánica de fluidos y sistemas de transporte y aprovechamiento de fluidos. El diseño de laboratorios cubre los contenidos académicos mediante la selección de equipos o bancos de pruebas que permiten la realización de prácticas experimentales y además se incluye la aplicación y uso de software como complemento a la formación del estudiante. (SIERRA & PADILLA, 2006)

Plantearon el diseño y montaje acerca del tubo Venturi con el fin de demostrar que se puede utilizar en muchas aplicaciones tecnológicas y aplicaciones de la vida diaria, en donde conociendo el funcionamiento y sus principios de operación se

puede entender de manera más clara la forma en que se puede solventar o solucionar problemas con los cuales nos topamos diariamente. (GARCIA, GARCIA, & GAVIRIA, 2009)

Realizaron el diseño banco de pruebas hidrostáticas utilizando modelos matemáticos de ingeniería y herramientas CAD Solid Edge V12 y CAE Ansys Workbench 8.1. Además se editó un manual de mantenimiento y operación del equipo donde se describen los procedimientos para realizar las pruebas hidrostáticas. (SAAVEDRA & CASECOTE, 2008)

Con el objetivo de contribuir a la misión universitaria, al fortalecimiento en el proceso de aprendizaje de los estudiantes de la escuela de ingeniería, mediante una herramienta de investigación académica que fomente el análisis crítico y afiance los conceptos teóricos los estudiantes Jimmy Alejandro Arciniegas Mora Y Diego Luis Franco Jacome de la Universidad Industrial de Santander de Bucaramanga 2010, realizaron la construcción del banco de pruebas. (ARCINIEGAS & FRANCO, 2010)

Realizaron el diseño de máquinas, mecánicas de fluidos, sistemas hidráulicos y además tuvieron en cuenta la economía que juegan un papel muy importante en el desarrollo del prototipo, generando así un proyecto de grado en el que se demuestre las capacidades ingenieriles de los autores. (ROMERO & MENESES, 2011)

Desarrolla un modelo actualizado de las guías de laboratorio de mecánica de fluidos e hidráulica, las cuales se han venido manejando durante diferentes periodos de tiempo, en las inmediaciones del programa, además garantizara mejor organización y claridad de las prácticas de laboratorio, las cuales se hacen de forma sobresaliente pero los estudiantes llegan en muchas ocasiones sin saber que practica es y cómo solucionarla. (MOJICA & ARIAS, 2014)

Proyecto en el que realiza verificaciones de los cálculos de las pérdidas que se ocasionan a través de los circuitos del banco al utilizar diferentes flujos de agua. De igual manera le permitirá al docente hacer un enlace entre la teoría del tema de cálculo de pérdidas en circuitos de tuberías y la práctica del laboratorio, poniendo a prueba los diferentes conceptos estudiados. (PARRA & VELASCO, 2014)

#### 1.4.2 Marco conceptual

**AGUA:** es una sustancia cuyas moléculas están compuestas por un átomo de oxígeno y dos átomos de hidrógeno. Se trata de un líquido inodoro (sin olor), insípido (sin sabor) e incoloro (sin color), aunque también puede hallarse en estado sólido (cuando se conoce como hielo) o en estado gaseoso (vapor).

**FLUIDO:** es una sustancia capaz de fluir, por lo que el término "fluido" engloba a líquidos y gases.

**HIDRAULICA:** es la ciencia que estudia el comportamiento de los fluidos en función de sus propiedades específicas. Es decir, estudia las propiedades mecánicas de los líquidos dependiendo de las fuerzas a que pueden ser sometidos.

**MECANICA:** es la parte de la Física que describe el movimiento de los cuerpos, y su evolución en el tiempo, bajo la acción de fuerzas.

**VISCOSIDAD:** es una característica de los fluidos en movimiento, que muestra una tendencia de oposición hacia su flujo ante la aplicación de una fuerza.

**PRESIÓN EN UN FLUIDO:** es la presión termodinámica que interviene en la ecuación constitutiva y en la ecuación de movimiento del fluido, en algunos casos especiales esta presión coincide con la presión media o incluso con la presión hidrostática.

**PRESIÓN HIDROSTÁTICA:** es la fuerza por unidad de área que ejerce un líquido en reposo sobre las paredes del recipiente que lo contiene y sobre cualquier cuerpo que se encuentre sumergido.

**LINEA PIEZOMÉTRICA:** Es la línea imaginaria que resultaría al unir los puntos hasta los que el líquido podría ascender si se insertasen tubitos piezométricos en distintos lugares a lo largo de la tubería o canal abierto.

#### 1.4.2 Marco contextual

El equipo hará parte del laboratorio de hidráulica y mecánica de fluidos que se implementará en el Instituto Tecnológico del Putumayo del municipio de Mocoa departamento del Putumayo.

El Departamento de Putumayo está situado en el sur del país, en la región de la Amazonía, localizado entre  $01^{\circ}26'18''$  y  $00^{\circ}27'37''$  de latitud norte, y  $73^{\circ}50'39'$  y  $77^{\circ}4'58''$  de longitud oeste. Cuenta con una superficie de 25.648 km<sup>2</sup> lo que representa el 2.2 % del territorio nacional. Limita por el Norte con los departamentos de Nariño, Cauca y el río Caquetá que lo separa del departamento de Caquetá, por el Este con el departamento del Caquetá, por el Sur con el departamento del Amazonas y los ríos Putumayo y San Miguel que lo separan de las repúblicas de Perú y Ecuador, y por el Oeste con el departamento de Nariño.

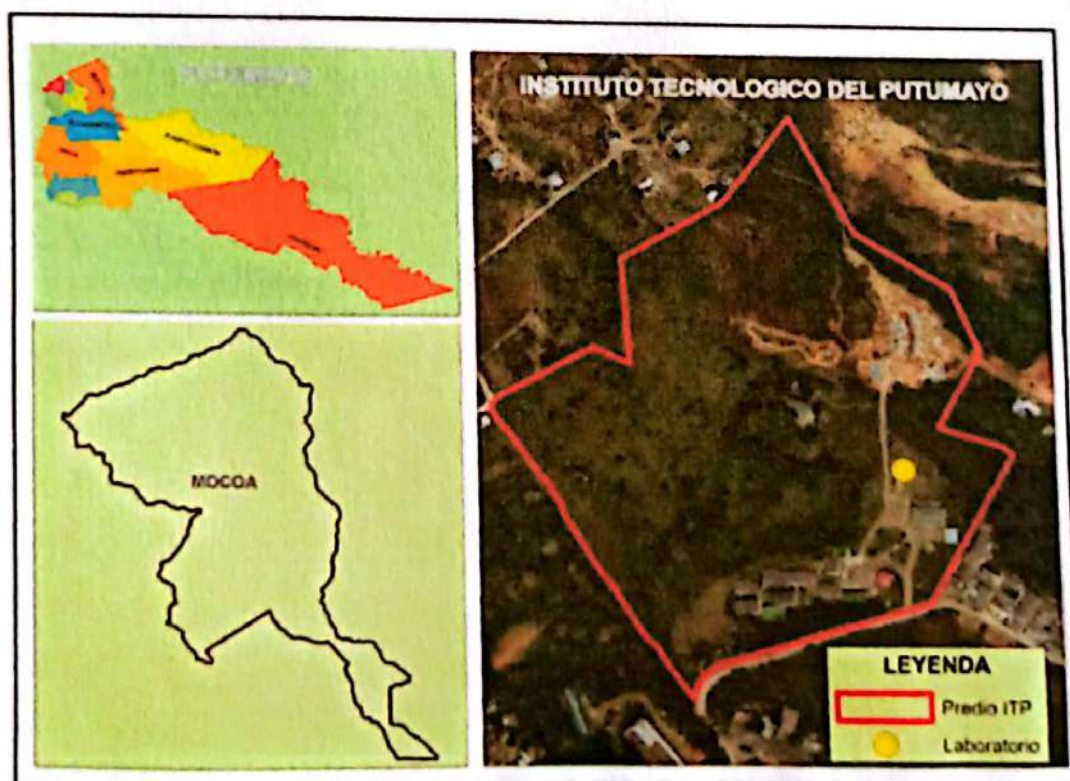
Mocoa capital del departamento del putumayo está ubicada sobre el Piedemonte amazónico, al noroeste del Departamento del Putumayo, en las coordenadas;  $1^{\circ}08'$  Latitud Norte, y  $76^{\circ}38'$  Longitud Oeste. Cuenta con una extensión de 1.263 Kilómetros cuadrados y una población de 31.719 habitantes. Presenta alturas que oscilan entre los 350 y 3.200 msnm.

Clima. Su clima es húmedo con precipitaciones que superan los 4.000 mm anuales, lo cual marca una de sus principales funciones ambientales como municipio productor de agua. Su temperatura oscila entre 20 y 25°C. 1.3.

Ubicación del Instituto Tecnológico del Putumayo. Se encuentra ubicado en Sede aire libre barrio Luis Carlos Galán, en las coordenadas latitud 1°9'24.88"N y longitud 76°39'5.58"O.

El Instituto tecnológico del putumayo sede Mocoa (Aire Libre), se encuentra ubicado en el municipio San Miguel Agreda de Mocoa, en el barrio Luis Carlos Galán, el equipo será implementado en el bloque de laboratorios dentro del Instituto tecnológico del putumayo sede Mocoa, lo cual tendrá como beneficio el amplio conocimiento en las áreas de mecánica de fluidos e hidráulica para la comunidad estudiantil de la facultad de ingeniería ambiental y otros programas.

Figura 1 Municipio de Mocoa Putumayo



Fuente: Andrade, Cabrera, Lebaza; 2016. Tesis "DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS GENERADAS EN EL BLOQUE DE LABORATORIOS DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO."

#### 1.4.4 Marco Teórico

El agua en la naturaleza. El agua se encuentra en la Naturaleza en estado sólido en los casquetes polares y en las nieves, líquido en los océanos y en las aguas continentales, vapor en la atmósfera. En conjunto forma la Hidrosfera.

El volumen de agua en la Tierra es aproximadamente de 1.500 millones de  $\text{km}^3$ . De esa cantidad, aproximadamente un 97% es el agua salada de los mares y océanos y sólo el 3% es agua dulce.

Morales (2004). Afirma que la mayor parte del agua dulce se halla en forma de hielos perpetuos en los casquetes polares y glaciares. El resto constituye las aguas continentales y el vapor atmosférico. Comparativamente, esta porción gaseosa es muy pequeña, es decir solamente el 1% está disponible para las necesidades hombre, por tal razón ese debe ser muy cuidadoso en su uso.

La mayor parte del agua dulce se halla en forma de hielos perpetuos en los casquetes polares y glaciares. El resto constituye las aguas continentales y el vapor atmosférico. Comparativamente, esta porción gaseosa es muy pequeña, es decir solamente el 1% está disponible para las necesidades hombre, por tal razón ese debe ser muy cuidadoso en su uso.

##### 1.4.4.1 MECANICA DE FLUIDOS

Domingo (2011) certifica que la Mecánica de Fluidos estudia las leyes del movimiento de los fluidos y sus procesos de interacción con los cuerpos sólidos. La Mecánica de Fluidos como hoy la conocemos es una mezcla de teoría y experimento que proviene por un lado de los trabajos iniciales de los ingenieros hidráulicos, de carácter fundamentalmente empírico, y por el otro del trabajo de básicamente matemáticos, que abordaban el problema desde un enfoque analítico.

Dentro de los fluidos, la principal diferencia entre líquidos y gases estriba en las distintas compresibilidades de los mismos.

- **Gases:** Los gases presentan una gran compresibilidad, que influye sobre las características del flujo, ya que tanto el volumen como la densidad varían con facilidad. En el caso de los gases el movimiento térmico vence a las fuerzas atractivas y, por tanto tienden a ocupar todo el volumen del recipiente que los contiene.
- **Líquidos.** En el caso de los líquidos, por el contrario, la compresibilidad es muy débil. Esto es debido a que las fuerzas atractivas entre las moléculas del líquido vencen al movimiento térmico de las mismas, colapsando las moléculas y formando el líquido. Al contrario que en el caso de los gases, que tendían a ocupar todo el volumen que los contiene, los líquidos tienden a formar una superficie libre.

#### 1.4.4.1.1 PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS

González (2006)

- **DENSIDAD:** La «densidad», también llamada «densidad absoluta» y «masa específica», se define como «la masa por unidad de volumen, que es igual al cociente entre la masa de un cuerpo (kg) y su volumen (  $m^3$  )», sus unidades dimensionales son  $\frac{Kg}{m^3}$  en el Sistema Internacional de Unidades, SI.

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Masa}}{\text{Volumen}} \quad \text{E1}$$

- **PESO ESPECÍFICO ( $\gamma$ ):** se define como el peso por unidad de volumen. En el sistema internacional sus unidades son  $[\frac{N}{m^3}]$ . Para un fluido homogéneo.

$$\gamma = \frac{mg}{\text{Volumen}} = \rho * g. \quad \text{E2}$$

- Viscosidad: refleja la resistencia al movimiento del fluido y tiene un papel análogo al del rozamiento en el movimiento de los sólidos.
- Presión: se define como el valor absoluto de la fuerza por unidad de superficie a través de una pequeña superficie que pasa por ese punto y en el sistema internacional su unidad es el Pascal ( $1 \text{ Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$ ).

#### 1.4.4.2 FLUIDOS NEWTONIANOS

1.4.4.2.1 Vergara (2013): Un fluido newtoniano es aquel cuya viscosidad puede considerarse constante en el tiempo, y solo depende de la temperatura. La curva que muestra la relación entre el esfuerzo o cizalla contra su velocidad de deformación, es lineal.

1.4.4.2.2 Fluidos no newtonianos: Los fluidos en los cuales el esfuerzo de corte no es directamente proporcional a la relación de deformación son no newtonianos. Estrictamente hablando la definición de un fluido es válida solo para materiales que tienen un esfuerzo de deformación cero.

#### 1.4.4.3 HIDRAULICA

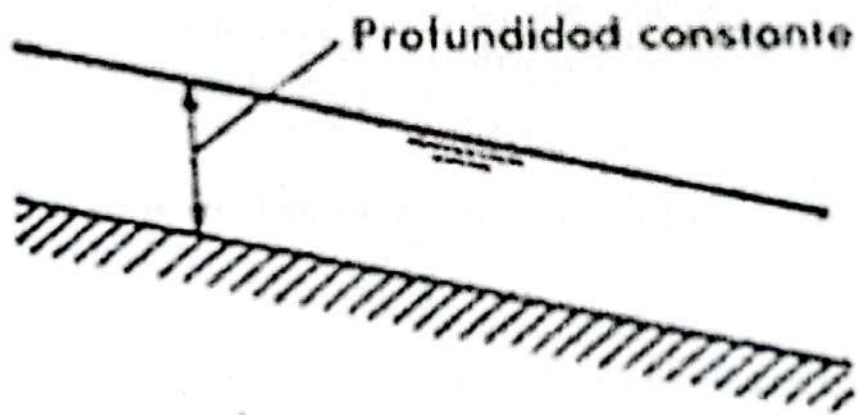
La tecnología que emplea un líquido, bien agua o aceite (normalmente aceites especiales), como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos. Básicamente consiste en hacer aumentar la presión de este fluido (el aceite) por medio de elementos del circuito hidráulico (compresor) para utilizarla como un trabajo útil, normalmente en un elemento de salida llamado cilindro. El aumento de esta presión se puede ver y estudiar mediante el principio de Pascal

#### 1.4.4.3.1. Tipos de Flujo

National Geography (2002) Flujo libre: estudia aquellos casos de flujo donde existe una interfase líquido gas en una de las fronteras de la región de flujo. Sus resultados se aplican en el estudio, cálculo y diseño de canales, estructuras y controles para el manejo de fluidos que se mueven libremente por la acción de la gravedad.

De acuerdo a Chow (1982) En el Flujo uniforme los parámetros hidráulicos del flujo (velocidad, profundidad) permanecen constantes a lo largo del conducto. El flujo de líquidos en canales de sección constante y gran longitud se considera uniforme.

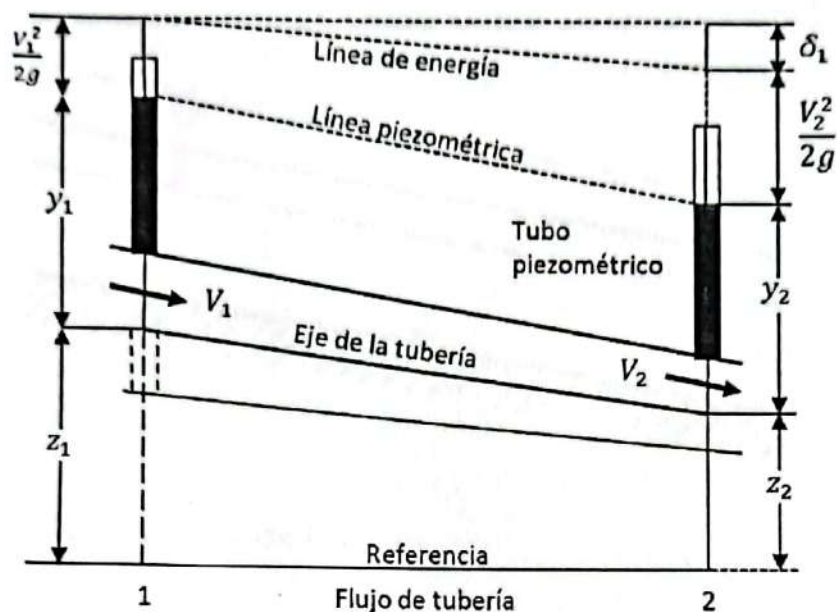
Figura 2 Flujo uniforme en un canal de laboratorio



Fuente: Manual de Hidráulica de Canales

- Flujo variado: Los parámetros hidráulicos del flujo varían a lo largo del conducto.

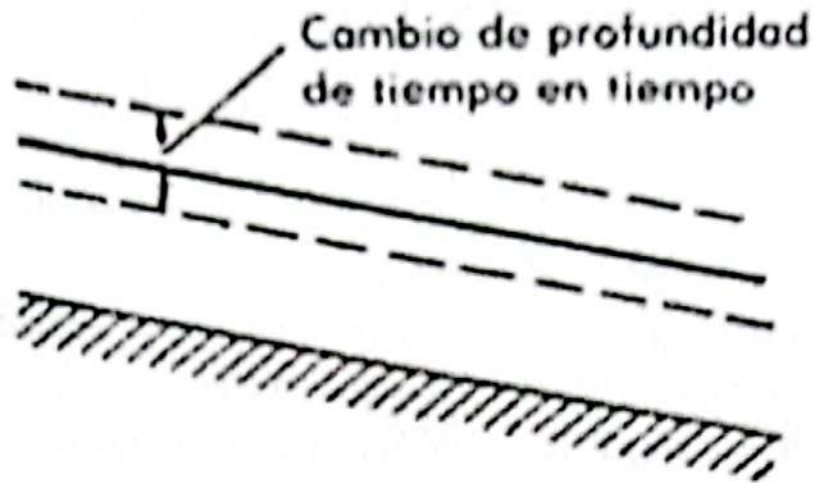
Figura 3 Diagrama entre dos secciones de tubería, donde se muestran todas las líneas, las alturas, los ejes y niveles de referencia.



Fuente: Fundamento de flujo en tuberías.

- **Flujo permanente:** Los parámetros hidráulicos del flujo permanecen constantes en el tiempo o sea que la velocidad de las partículas que ocupan un punto dado es la misma para cada instante.
- **Flujo no permanente:** Los parámetros hidráulicos del flujo varían en el tiempo.
- **Flujo permanente uniforme:** Los parámetros hidráulicos del flujo permanecen constantes en el espacio y el tiempo. Es el tipo fundamental de flujo considerado en la hidráulica de canales abiertos.
- **Flujo no permanente uniforme:** Los parámetros hidráulicos del flujo permanecen constantes en el espacio pero no en el tiempo.

Figura 4 Flujo uniforme no permanente



Fuente: Manual de Hidráulica de Canales

#### 1.4.4.3.2. Coeficiente de Rugosidad de Manning

En el cálculo de las características de flujo en una estructura de este tipo son usados valores conservadores del coeficiente de rugosidad de Manning ( $n$ ). Cuando se calcula la altura de muros en una rápida de concreto, se asume valores de  $n = 0.014$ . - En el cálculo de niveles de energía, valores de  $n = 0.010$ .

#### 1.4.4.4. La línea piezométrica

Es la línea que une los puntos hasta los que el líquido podría ascender si se insertan tubos piezométricos en distintos lugares a lo largo de la tubería o canal abierto.

Es una medida de la altura de presión hidrostática disponible en dichos puntos. En un sistema de tubos está formada por el lugar geométrico de los puntos localizado a una distancia  $\frac{p}{\gamma}$  sobre el centro del tubo  $\frac{p}{\gamma} + z$  sobre un nivel de referencia seleccionado, el líquido de un tubo piezométrico se eleva hasta la Línea Piezométrica. La línea de energía, está formada por el lugar geométrico de los

puntos localizados a una distancia  $\frac{v^2}{2 \cdot g}$  sobre la línea piezométrica, o la distancia  $\frac{\frac{v^2}{2g+p}}{\gamma+z}$  sobre el nivel de referencia: el líquido en un tubo pitot se eleva hasta la línea de energía.

#### 1.4.4.5 Velocidad y caudal.

Para los ingenieros es de gran importancia determinar las propiedades del régimen de circulación hidráulico ya que sabiendo el tipo de flujo pueden conocer el caudal que pasa por un canal o alcantarilla. En dinámica de fluidos, caudal es la cantidad de fluido que pasa por determinado elemento en la unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo. El caudal se puede calcular a través de la siguiente ecuación:

$$Q = A \cdot V$$

E3

Dónde:

Q: caudal (m<sup>3</sup>/s)

A: es el área (m<sup>2</sup>)

V: es la velocidad promedio. (m/s)

#### 1.4.4.6 Conservación de la energía.

A partir de la cual se establece la ecuación de la energía que tiene en cuenta las pérdidas de energía que se producen por el desplazamiento de un fluido de un punto a otro a lo largo de un conducto.

La manera más práctica para resolver los problemas de la hidráulica se hacen mediante la aplicación de la ecuación de energía la cual relaciona todas las

variables, que pueden afectar las condiciones de un sistema entre dos puntos determinados, aplicando la ecuación de energía se tiene:

$$E_0 = E_F + \Sigma h \quad E4$$

Es así como se tiene que  $E_0$  es igual a la diferencia de alturas entre el tanque de abastecimiento y la tubería de conducción, como la velocidad es mínima y la presión es atmosférica se desprecian en el tanque de abastecimiento.

La ecuación de la energía es una ampliación de la ecuación original de Bernoulli, la que no contempla pérdidas de energía y se restringe a fluidos no viscosos con flujo permanente e incompresible, es decir a fluidos ideales. (JIMENEZ, 2008)

$$Z1 + \frac{P1}{\gamma1} + \frac{V1^2}{2g} = Z2 + \frac{P2}{\gamma2} + \frac{V2^2}{2g} \quad E5$$

Dónde:

$Z$  = Energía de posición por unidad de peso o cabeza de posición.

$P$  = Energía de presión por unidad de peso o cabeza de presión o altura piezométrica.

$\gamma$  = Peso específico del fluido. En fluidos líquidos el peso específico se considera constante.

$\frac{v^2}{2g}$  = Energía cinética por unidad de peso o cabeza de velocidad.

#### 1.4.4.7 Número de Reynolds.

Al clasificar las corrientes de agua generadas por el grado de turbulencia se encuentran las corrientes laminares y turbulentas o lo que es lo mismo el movimiento laminar y el movimiento turbulento.

La diferencia entre el movimiento laminar y el movimiento turbulento se dará en base a la velocidad crítica, de esta forma cuando la velocidad media en la sección es menor que la velocidad crítica el movimiento es laminar y si la velocidad media en la sección es mayor que la velocidad crítica el movimiento es turbulento. La velocidad crítica, a su vez, dependerá del diámetro del tubo y del valor de la densidad y viscosidad del fluido, habiéndose comprobado que cualquiera que sea el fluido se presenta condiciones críticas cuando el llamado número de Reynolds, que es adimensional, supera a un valor experimental del orden de 2.300. (JIMENEZ, 2008)

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

E6

Dónde:

$NR$  = número de reynolds

$V$  = velocidad media de la sección en m/sg

$D$  = diámetro del tubo en m

$\nu$  = viscosidad cinemática.

#### 1.4.4.7.1. Flujo uniforme con régimen laminar.

Este flujo laminar se presenta si las fuerzas viscosas ( $FV$ ) son muy fuertes con relación a las fuerzas inerciales ( $FI$ ). Esto sucede cuando el gradiente de velocidad es muy bajo de forma que la fuerza viscosa es grande y las partículas de fluido se desplazan pero no tienden a rotar por lo que las partículas siguen trayectorias definidas. Ejemplos de fluidos que se comportan con régimen laminar son pinturas, miel y la sangre en algunas venas y arterias.

El movimiento de las partículas líquidas se realiza en forma ordenada sin entrecortarse las líneas de corriente, presentando las siguientes características:

- Existe rozamiento entre el fluido y las paredes del conducto pero no entre las partículas del fluido.
- No hay intercambio de energía entre las líneas de corriente.
- Se presenta para flujos con velocidades bajas.

La pérdida de carga por fricción unitaria es proporcional a la velocidad del flujo elevada a la primera potencia, tal como se demuestra a continuación:

$$H_f = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \quad \text{E7}$$

Dónde:

$h_f$  = pérdidas por cortante

$f$  = factor de pérdidas por cortante

$g$  = aceleración de la gravedad

$D$  = diámetro del tubo

$L$  = longitud del tubo

$V$  = velocidad media en el tubo

La anterior ecuación la dedujeron experimentalmente Darcy y Weisbach y otros hacia el año 1850. Posteriormente, esta ecuación se pudo demostrar a partir de bases teóricas.

Para régimen de flujo laminar, el médico francés Poiseuille (1799-1869) y el ingeniero alemán G. Hagen (1794-1884), en investigaciones realizadas simultáneamente, dedujeron la siguiente expresión para  $f$ . (JIMENEZ, 2008)

$$f = \frac{64}{NR} \quad \text{E8}$$

Dónde:

f = coeficiente de fricción.

NR: Número de Reynold.

#### 1.4.4.7.2 Flujo uniforme con régimen turbulento.

Este movimiento es diferente en cada partícula, ya que cada molécula pierde energía debidos a los rebotes y choques en las paredes del elemento conductor. La trayectoria de cada partícula es más o menos caprichosa, y en algunos momentos está algo inclinada respecto de la dirección general de la corriente.

El cálculo del coeficiente de fricción para este tipo de flujo se realiza mediante la ecuación de Colebrook-white, que a la vez es modificada por:

$$f = \frac{1,325}{\left[ \ln \left( \frac{\varepsilon}{3,70} + \frac{5,74}{NR^{0,9}} \right) \right]^2} \quad E9$$

Dónde:

f = coeficiente de fricción.

NR: Número de Reynold.

Ln: logaritmo natural.

$\varepsilon$  = rugosidad absoluta del tubo.

Tabla 1 Valores de rugosidad absoluta en tubería

TUBERIA	Rugosidad Equivalente, $\varepsilon$	
	Pies	Milímetros
Acero de remaches	0.003-0.03	0.9-9.0
Concreto	0.001-0.01	0.3-3.0
Tuberías de madera	0.0006-0.003	0.18-0.9
Hierro fundido	0.00085	0.26

Hierro galvanizado	0.0005	0.15
Acero comercial o hierro forjado	0.00015	0.045
Tubería estirado	0.000005	0.0015
plástico, vidrio	0.0 (smooth)	0.0 (smooth)

#### 1.4.4.7.3 Fricción

Es la fuerza de rozamiento que se opone al movimiento. Se genera debido a las imperfecciones, especialmente microscópicas, entre las superficies en contacto. Se relaciona con la caída de presión y las pérdidas de carga durante el flujo. Puede ocurrir debido a la forma o a la superficie y es función de las propiedades del fluido: viscosidad, la velocidad de circulación, diámetro de la tubería y la rugosidad.

#### 1.4.4.7.4 Pérdida de energía en tubería por accesorios

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 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, codos, tees, reductores de diámetro etc.

Además de las pérdidas de energía por fricción, hay otras pérdidas "menores" asociadas.

$$h_a = k * \frac{v^2}{2 * g}$$

E10

*h<sub>a</sub> = pérdidas por accesorio "menores"*

*k = coeficiente de fricción por accesorio*

*v = velocidad del fluido*

*g = gravedad*

Tabla 2 Coeficiente de fricción por accesorio

ACCESORIO	K
Válvula de globo	0,05
Adaptador macho	0,4
Adaptador hembra	0,5
Orificio	0,05

#### 1.4.4.7.5 Pérdidas de Carga por Fricción

En el análisis de los sistemas de tuberías, las pérdidas de presión comúnmente se expresan en términos de la altura de la columna de fluido equivalente llamada pérdida de carga. Representa la altura adicional que el fluido necesita para elevarse por medio de una bomba con la finalidad de superar las pérdidas por fricción en la tubería.

La pérdida de carga en una tubería es la pérdida de energía dinámica del fluido debida a la fricción de las partículas del fluido entre sí y contra las paredes de la tubería que las contiene. La pérdida de carga se produce por la viscosidad y se relaciona directamente con el esfuerzo de corte de la pared del tubo. Las pérdidas de carga pueden ser continuas, a lo largo de conductos regulares, o localizadas, debido a circunstancias particulares, como un estrechamiento, un cambio de dirección, la presencia de una válvula, etc. Estas dependen de:

El estado de la tubería: tiempo en servicio, presencia de incrustaciones, corrosión, etc.

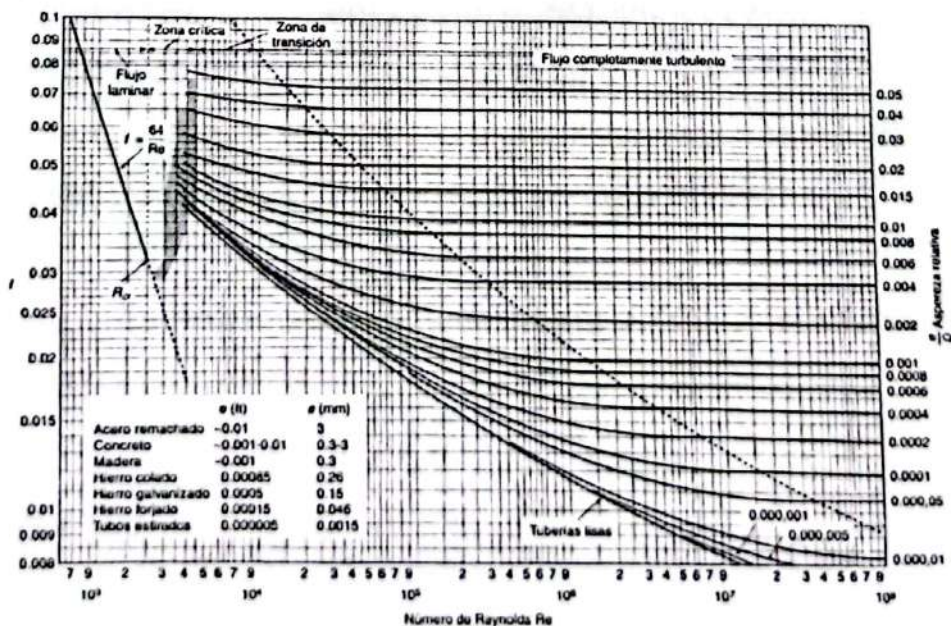
- El material de la tubería
- Velocidad del fluido
- Longitud de la tubería
- Diámetro de la tubería

#### 1.4.4.7.6 Diagrama de Moody.

La información más útil y universalmente aceptada sobre factores de fricción que se utiliza en la fórmula de Darcy, la presentó Moody, este profesor mejoró la información en comparación con los conocidos diagramas y factores de fricción de Pigott y Kemler, incorporando investigaciones más recientes y aportaciones de muchos científicos de gran nivel.

Este diagrama dispone de las relaciones dadas entre el coeficiente de fricción ( $f$ ), Reynolds ( $Re$ ) y la rugosidad relativa ( $\frac{e}{D}$ ). Conociendo previamente el caudal ( $Q$ ).

Figura 5 Diagrama de Moody.



Fuente: De L.F. Moody, Trans ASME, vol.66, 1994.

#### 1.4.4.7.7. Error Experimental

Es una desviación del valor medido de una magnitud física respecto al valor real de dicha magnitud. En general los errores experimentales son ineludibles y dependen básicamente del procedimiento elegido y la tecnología disponible para realizar la medición.

Existen dos maneras de cuantificar el error de la medida:

- **Valor absoluto:** La noción de valor absoluto se utiliza en el terreno de las matemáticas para nombrar al valor que tiene un número más allá de su signo. Esto quiere decir que el valor absoluto, que también se conoce como módulo, es la magnitud numérica de la cifra sin importar si su signo es positivo o negativo.

Mediante el llamado **error absoluto**, que corresponde a la diferencia entre el valor experimental  $f_{exp}$  y el valor teórico  $f_{teórico}$ .

$$e_{abs} = f_{exp} - f_{teo}$$

E11

- **Error relativo:** Es el cociente (la división) entre el error absoluto y el valor exacto. Si se multiplica por 100 se obtiene el tanto por ciento (%) de error. Al igual que el error absoluto puede ser positivo o negativo (según lo sea el error absoluto) porque puede ser por exceso o por defecto. no tiene unidades.

Mediante el llamado **error relativo**, que corresponde al cociente entre el error absoluto y el valor real  $f_r$ .

$$e_{rel} = \frac{f_{exp} - f_{teo}}{f_{teo}} * 100$$

E12

## 1.5. Metodología

Para el desarrollo de este proyecto se utilizará una metodología de tipo mixta donde se emplea y se aplica investigación de tipo cualitativo y cuantitativo, de la siguiente manera:

En cuanto al aspecto cualitativo se basa principalmente en la observación directa, llevando a cabo la respectiva visita a la Universidad de Nariño, permitiendo conocer de cerca la forma del equipo, logrando afianzar la investigación teórica en cuanto a la revisión de diferentes autores que aportan a esta con la práctica, mediante la correcta construcción del mismo.

En referencia al aspecto cuantitativo este se fundamenta en la aplicación de ecuaciones matemáticas lo que conllevará a obtener los cálculos exactos de diseño del equipo, e implementación de guías de funcionamiento y mantenimiento.

### 1.5.1. Revisión bibliográfica.

Se realizó una investigación sobre los componentes que abarca el diseño de líneas piezométricas y sus variables más eficientes para el cálculo y aplicación de las ecuaciones, mediante diferentes mecanismos como uso de documentación web, libros, prolongando una revisión bibliográfica constante en el desarrollo de este estudio. La recopilación de datos fue esencial, por lo que permitió determinar cuáles son las principales acciones de experimentación que se llevan a cabo en el laboratorio.

### 1.5.2. Desarrollo experimental

1.5.1.1 Determinar los criterios de cálculo del modelo didáctico de medición de líneas piezométricas, para el área de mecánica de fluidos e hidráulica en el Instituto Tecnológico del Putumayo.

Para el alcance de este objetivo se planteara en primera medida los criterios a tener en cuenta para la debida construcción del equipo ya mencionado:

## CRITERIOS

- **Volumen de diseño**

El volumen que se establece para el banco de líneas piezométricas es de 500 litros teniendo en cuenta que es apropiado para equipos diseñados a escala de laboratorio.

- **Caudal de diseño**

Con base en el volumen requerido, se realiza el vaciado de tanque, obteniendo así el tiempo de vaciado, permitiendo el cálculo del caudal de diseño con un valor de 0,91 l/s. Además dentro del diseño del equipo se utiliza un sistema de recirculación para lo cual se implementa una electrobomba adaptada para funcionar con caudales mínimos, con una potencia de 0,5 Hp y una capacidad de 0,7 l/s. condiciones que se adaptan al caudal manejado.

- **Diseño de tubería de conducción**

Se realiza teniendo en cuenta las disposiciones de caudal en el sistema y la cantidad de energía para perder, por consiguiente la tubería más apropiada para transportar la cantidad de caudal manejado en el sistema es de 1in y con una longitud necesaria para que el fluido logre estabilizarse de 2m.

- **Diseño de tanques**

Para el sistema se adecúan tres tanques, cada uno con una función y capacidad específica de regulación, abastecimiento y rebose. A los cuales se distribuye el

volumen ya establecido almacenando respectivamente una lámina de agua constante que permita el debido funcionamiento evitando posibles reboses de agua. Estableciendo las siguientes columnas de agua:

Tanque de regulación: cuenta con una capacidad de 100 l, y una columna de agua de 46 cm.

Tanque de abastecimiento: tiene una capacidad de 250 l, con una lámina de agua de 74 cm.

Tanque de rebose: capacidad de 120 l, y una columna de agua de 34 cm.

- Área disponible para la instalación del equipo.

El área se determina teniendo en cuenta las dimensiones del equipo y los elementos que lo componen, obteniendo las siguientes medidas.

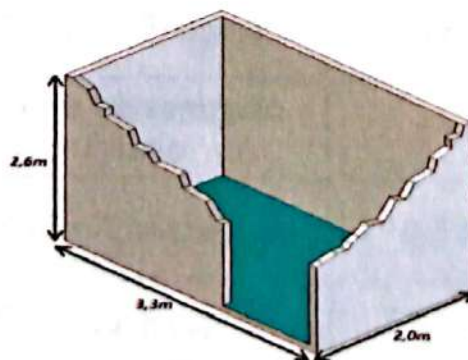
Largo: 3,30 m

Ancho: 2 m

Área de trabajo:  $A = L * A = 3,30m * 2m = 6,6m^2$

E10

Figura 6 Área de trabajo.



Fuente: Elaboración propia

- Materiales a utilizar, para el diseño del equipo.

Para la fabricación del equipo se utilizaron los siguientes materiales:

Tanque de abastecimiento.  
 Llave de bola.  
 Tubería de conducción.  
 Tubos piezométricos (mangueras transparentes).  
 Llave de cortina.  
 Tanque de rebose.  
 Electrobomba.  
 Alimentación eléctrica.  
 Tubería de recirculación.  
 Tanque de regulación.  
 Llave de cortina.  
 Bases soporte.  
 Tablero de vidrio.


Otros materiales (abrazadera (1in), cinta teflón, cinta aislante, pegante de tubo pvc, adaptadores de hierro, empaques de ajuste, adaptadores (macho-hembra).

Tabla 3 componentes del sistema

ELEMENTO	MATERIAL	DIAMETRO	CAPACIDAD
Tanque de abastecimiento	Plástico Ecoplast	53 cm	250 lt
Tubería de conducción	Hierro galvanizado liviano	1 in	X
Tubo piezométrico	Plástico transparente	0,5 in	X
Tanque de rebose	Plástico Ecoplast	53,5 cm	120 lt
Electrobomba	marca Barnes	x	0,5 Hp
Tanque de regulación	Plástico Ecoplast	50 cm	100 lt

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 4 Construcción y montaje del medidor de línea piezométrica**

<b>CONSTRUCCION Y MONTAJE</b>	
	<p><b>Preparación de materiales para ensamble de las partes del sistema.</b></p>
	<p><b>Conexión de electrobomba al tanque de rebose.</b></p>
	<p><b>Instalación de los tubos piezométricos.</b></p>

**Fuente: Elaboración Propia**

**Tabla 5 Calibración y ensayo del sistema**

<b>CALIBRACION Y ENSAYOS</b>	
	<p><b>Recirculación del sistema.</b></p>
	<p><b>Aforo de caudal por el método volumétrico.</b></p>
	<p><b>Identificación de los elementos del sistema.</b></p>

**Fuente: Elaboración Propia.**

**Tabla 6 Toma de datos del sistema**

**TOMA DE DATOS**



**Altura de los tanques del sistema.**



**Modificación de tubo piezométrico**



**Determinación o medición de la línea piezométrica.**

**Fuente: Elaboración Propia.**

- Dimensiones del equipo.

A continuación se dará a conocer las medidas apropiadas y el funcionamiento de cada uno de los elementos más relevantes que componen el equipo.

Tanque de regulación. Este tanque es de material plástico, tiene una capacidad de 100 L, cuenta con una altura de 61 cm y un diámetro de 50 cm. Tiene como función permitir la regulación de salida de caudal al tanque de abastecimiento para lograr mantener una columna de agua constante, controlar el caudal de salida y entrada al sistema.

Imagen 1 Tanque de regulación



Fuente: Elaboración Propia

Tanque de almacenamiento. Este tanque cuenta con una capacidad de 250 L, el cual es adecuado para la alimentación del sistema, es fabricado en material plástico, cuenta con una altura total de 95 cm y un diámetro de 53 cm.

Imagen 2 Tanque de almacenamiento



Fuente: Elaboración Propia

Tubería de conducción. Se utilizó tubería galvanizada liviana de 1in de diámetro y 2m de longitud, se optó por este tipo de tubería debido a que facilita la adaptación de reducciones que permitieron la adecuación de los diferentes piezómetros dentro del diseño del sistema. La función de esta es la conducción del líquido dentro del sistema.

**Imagen 3 Tubería de conducción**



**Fuente: Elaboración Propia**

**Tubo piezométrico.** Los tubos piezométricos implementados están elaborados de material plástico transparente rectos, con un diámetro de 0,5 in y una longitud de 94 cm, lo que permite que el líquido ascienda con facilidad evitando el rebose del mismo. Su función es permitir la medición de las alturas piezométricas que se generan a lo largo de la tubería de conducción.

Los tubos piezométricos se encuentran distribuidos de manera equitativa a lo largo de la tubería de conducción con separaciones de 33 cm entre ellos.

**Imagen 4 Tubo piezometrico**



**Fuente: Elaboración Propia**

**Tanque de rebose.** Este tanque es elaborado en material de plástico, con una capacidad de 120 L, una altura de 65,5 cm y un diámetro de 53,5 cm. Cumple con la función de coleccionar el fluido generada por el funcionamiento del equipo devolviéndola al mismo mediante recirculación al tanque de regulación.

**Imagen 5 Tanque de rebose**



**Fuente:** Elaboración Propia

**Electrobomba.** La electrobomba que se utiliza es de marca Barnes, con una capacidad de 0,5 Hp y un caudal de 0,70 L/s, su función es bombear el agua desde el tanque de rebose hasta el tanque de regulación permitiendo la recirculación del sistema

Imagen 6 Electrobomba



Fuente: Elaboración Propia

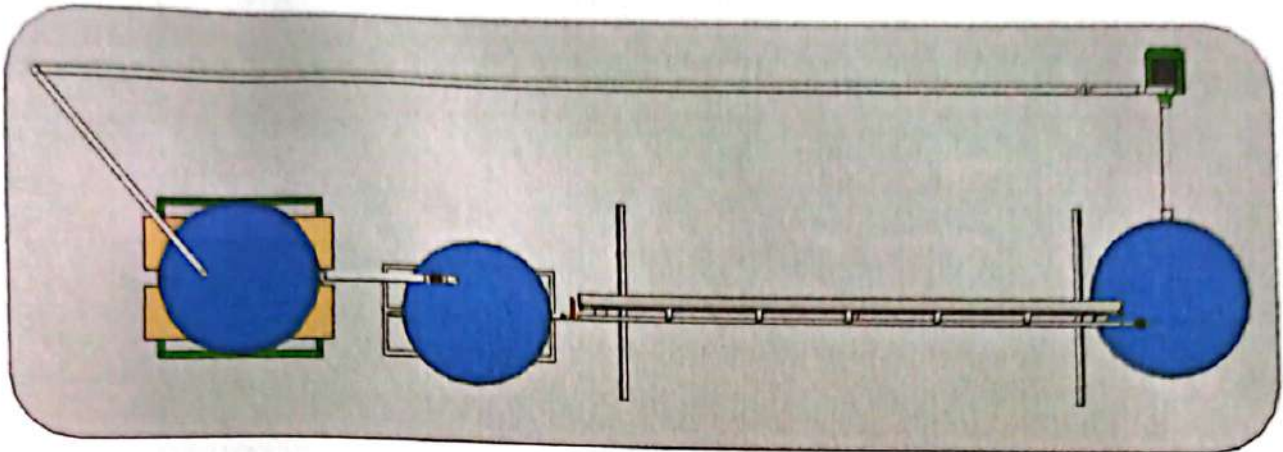
Tubería de recirculación. La tubería tiene una longitud de 2,73 cm y un diámetro de una pulgada, el material es en pvc y está conectado desde la electrobomba hasta el tanque de regulación cumpliendo la función de recircular el fluido del sistema.

## MONTAJE FINALIZADO

Para la terminación del montaje se procede a unir todos los componentes del sistemas descritos anteriormente, utilizando los respectivos accesorios

En la figura 7 y 8 se observa cada uno de los elementos que componen el sistema del banco de medición de líneas piezométricas.

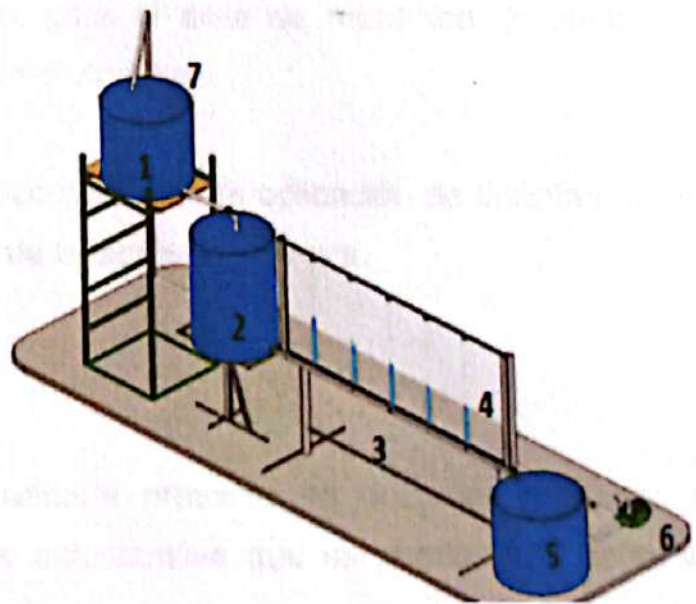
Figura 7 Vista en planta del Banco de líneas piezométricas.



Fuente: Elaboración propia

Figura 8 Vista de frente del Banco de Líneas Piezométricas

1. Tanque de regulación
2. Tanque de abastecimiento
3. Tubería de conducción
4. Tubos piezométricos
5. Tanque de rebose
6. Electrobomba
7. Tubería de recirculación



Fuente: Elaboración propia

Para el diseño hidráulico del banco de líneas piezométricas se dibujan las líneas de energía entre el punto  $P_1$  y el punto  $P_5$

Figura 9 Líneas piezométrica en el sistema



Fuente: Elaboración Propia

**1.5.2 Generar guía de laboratorio en cuanto al procedimiento general del equipo de medición de líneas piezométricas, para el área de mecánica de fluidos e hidráulica en el Instituto Tecnológico del Putumayo.**

El logro de este objetivo se llevó a cabo mediante la aplicación de distintas fases que permitieron cumplirlo a cabalidad de la siguiente manera.

**a. Fase preliminar**

Recopilación de la información secundaria presente en documentos físicos y digitales sobre las distintas practicas estudiantiles que se pueden aplicar en el equipo a partir del funcionamiento del mismo y su fundamento teórico.

**b. Guía preliminar**

Con la información recopilada se desarrolla una guía base con el fin de construir el protocolo con los pasos apropiados para el montaje y la toma de datos cumpliendo a cabalidad con los objetivos planteados en la guía.

c. Pruebas de ensayo

Una vez plasmada la información en el documento, se realizan las respectivas pruebas de ensayo para verificar si los pasos establecidos en la guía son los adecuados y permiten el buen funcionamiento del sistema.

d. Retroalimentación de la guía.

Con la realización de las pruebas de ensayo se realiza los respectivos ajustes en la guía preliminar con el fin de llevar a cabo un producto final satisfactorio que garantice el cumplimiento de los objetivos planteados.

Ver guía de funcionamiento en Anexo 1.

1.5.3 Crear guía de mantenimiento para el medidor de líneas piezométricas, para el área de mecánica de fluidos e hidráulica en el Instituto Tecnológico del Putumayo.

Se le dio cumplimiento a este objetivo siguiendo los pasos que a continuación se describen.

- a. En primera instancia se realizó la verificación de cada uno de los elementos que componen el equipo, que estén en buen estado.
- b. Se establece los tiempos adecuados para el mantenimiento de cada uno de los elementos del sistema.
- c. Ya con esta información se establecen las condiciones del mantenimiento de los elementos y sus respectivas recomendaciones de uso para garantizar el correcto funcionamiento del sistema.

Ver guía de mantenimiento en el Anexo 2.

## 1.6 RESULTADOS

### CALIBRACION DEL BANCO MEDIDOR DE LINEAS PIEZOMETRICAS

Se realizó la determinación experimental de los datos de medición en el banco de líneas piezométricas, Necesarias para la obtención de los cálculos matemáticos, para lo cual se hace la calibración para tres condiciones diferentes. Teniendo en cuenta las siguientes etapas

#### ETAPA 1 CALIBRACIÓN DE CAUDAL

La medición de los caudales se realizó por el método volumétrico, se utilizó un recipiente aforado de 10 litros y se midió en tiempo que transcurre en llenarse dicho recipiente, teniendo en cuenta tres posiciones diferentes de válvula. Los datos se toman tres veces por cada posición de válvula para presentar mayor confiabilidad de los datos registrados.

Con los valores registrados de tiempo de llenado y volumen de recipiente se calcula el caudal (L/S) Utilizando la ecuación de continuidad (E3). Con los valores obtenidos se tabulan en tablas de datos y se promedian los caudales calculados para obtener un valor por cada posición de válvula. La válvula mariposa está diseñada a 6 vueltas y media, de 360 grados cada una.

Con base en los aforos realizados, el equipo se calibro a las siguientes posiciones

Tabla 7 Posiciones de válvula

POSICIÓN	NUMERO DE VUELTAS
1	2
2	4
3	6,5 abierta totalmente

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 8 Aforo de caudal

DATOS EXPERIMENTALES DE CAUDAL					
POSICIÓN DE VALVULA	TIEMPO S	VOLUMEN L	CAUDAL L/s	CAUDAL M <sup>3</sup> /S	CAUDAL PROMEDIO M <sup>3</sup> /S
1	44,9	10	0,22271715	0,00022272	0,00022257
	44,86	10	0,22291574	0,00022292	
	45,03	10	0,22207417	0,00022207	
2	16,76	10	0,59665871	0,00059666	0,00060561
	16,78	10	0,59594756	0,00059595	
	16,02	10	0,62421973	0,00062422	
3	12,97	10	0,77101002	0,00077101	0,00079663
	12,0	10	0,83333333	0,00083333	
	12,73	10	0,78554595	0,00078555	

Fuente: Elaboración Propia

## ETAPA 2 CALIBRACIÓN DE ALTURAS PIEZOMÉTRICA

El registro de datos referentes a las alturas de la columna de agua en los tubos piezométrico instalados a lo largo de la tubería de conducción de hierro galvanizado del sistema, se realizó para las tres posiciones de válvulas ya

establecidas y a las mismas condiciones de los caudales calculados anteriormente.

Los datos obtenidos parten de ensayos realizados en laboratorio que permiten presentar los siguientes registros.

Tabla 9 Registro de alturas Piezométrica

Posición de válvula	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5
Posición 1	0,55	0,54	0,53	0,53	0,52
Posición 2	0,5	0,49	0,48	0,47	0,46
Posición 3	0,42	0,39	0,38	0,37	0,36

Fuente: Elaboración Propia

Los valores reportados representan las medidas de los 5 tubos piezométricos instalados en el equipo, en relación a una posición de válvula calibrada para este estudio.

Teniendo en cuenta los cálculos a realizar para la determinación de las pérdidas por fricción en la tubería se utilizará dos puntos de referencia que para este caso será Z1 y Z5.

## PROCESAMIENTO DE DATOS

Con los datos obtenidos de la calibración de caudal y alturas Piezométrica, se procede a realizar la aplicación de las fórmulas planteadas para la comprobación de la teoría planteada en el estudio.

a. Cálculo de caudal aplicando ecuación (E4)

$$Q = \frac{V}{T} = 0,000222569 \text{ m}^3/\text{s}$$

b. cálculo de la velocidad

$$v = \frac{Q}{A} = 0,439244552 \text{ m/s}$$

c. Cálculo de número de Reynolds aplicando ecuación (E6)

$$NR = 0,439244552 * \frac{0,0254}{1,14 \times 10^{-6}} = 9787$$

Se clasifica en flujo turbulento porque el valor es  $> 2000$

En la tabla 6 se reportan los valores encontrados para las tres posiciones de válvula.

Tabla 10 Número de Reynolds y tipo de flujo

Posición válvula	caudales m <sup>3</sup> /s	Velocidad m/s	Reynolds	Tipo de flujo
1	0,000222569	0,439244552	9787	Turbulento
2	0,000605609	1,195181191	26629	turbulento
3	0,00079663	1,572165283	35029	turbulento

Fuente: Elaboración Propia

D. Determinación experimental de pérdidas menores o por accesorios

Tabla 11 Valores de coeficiente de pérdidas por accesorios

ACCESORIO	K	CANTIDAD
Válvula Globo	0,05	2
adaptador macho	0,4	4
adaptador hembra	0,5	2
Orificios	0,05	5

Fuente: Elaboración Propia

Con los valores de k que se observa en la tabla anterior, se reemplaza en la E 10 para encontrar las pérdidas de cada uno de los accesorios que se encuentran en el diseño.

$$h_a = k * \frac{v^2}{2 * g}$$

$$h_a = 0,05 * \frac{0,439244552^2}{2 * 9,81} = 0,000983363 \text{ m}$$

Tabla 12 Datos experimentales de pérdidas por accesorios

Accesorio	Posición de válvula		
	1 m	2 m	3 m
Globo	0,000983363	0,007280622	0,01259788
adaptador macho	0,015733804	0,116489955	0,20156605
adaptador hembra	0,009833628	0,072806222	0,12597878
Orificios	0,002458407	0,018201556	0,0314947
Total	0,029009202	0,214778355	0,3716374

Fuente: Elaboración Propia

La sumatoria de las pérdidas menores se reemplaza en la siguiente formula para determinar pérdidas por fricción experimental

$$hf_{\text{experimental}} = (z_1 - z_2) + \sum h_a$$

$$hf_{\text{experimental}} = (0,55 - 0,52) + \sum 0,029009202$$

$$hf_{\text{experimental}} = 0,059009202 \text{ m}$$

Tabla 13 Determinación experimental de pérdidas por fricción

Posición válvula	caudales m <sup>3</sup> /s	Velocidad m/s	Z1 m	Z2 m	diferencia m Z1 - Z2	hf experimental m
1	0,000222569	0,439244552	0,55	0,52	0,03	0,059009202
2	0,000605609	1,195181191	0,5	0,46	0,04	0,254778355
3	0,00079663	1,572165283	0,42	0,35	0,07	0,441637403

Fuente: Elaboración Propia

#### E. calculo de las pérdidas teóricas

Para la determinación de pérdidas teóricas se reemplazó en la ecuación de Darcy-Weisbach ya que relaciona la pérdida de carga hidráulica (o pérdida de presión) debido a la fricción a lo largo de una tubería dada con la velocidad media del flujo del fluido, y la el coeficiente de fricción de acuerdo a moody.

Tabla 14 Cálculo de factor de fricción de Moody

Reynolds	Relación e/d	f Moody
9787	0,005905512	0,039
26629	0,005905512	0,035
35029	0,005905512	0,033

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 15 Determinación teórica de pérdidas

posición válvula	velocidad m/s	Longitud tubería m	Diámetro de tubería	f Moody	hf teórico m
1	0,439244552	2,34	0,0254	0,039	0,034726056
2	1,195181191	2,34	0,0254	0,035	0,230735083
3	1,572165283	2,34	0,0254	0,033	0,376433645

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 16 Comparación de datos experimentales y teóricos.

posición válvula	hf experimental m	hf teórico m	Diferencia hf exp - hf teórico
1	0,059009202	0,034726056	0,024283146
2	0,254778355	0,230735083	0,024043272
3	0,441637403	0,376433645	0,065203758

Fuente: Elaboración Propia

## CALCULO DE ERROR

- POSICIÓN DE VÁLVULA 1

Datos de entrada

$$Q = 0,000222569 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H_f \text{ experimental} = 0,059009202 \text{ m}$$

$$H_f \text{ teórico} = 0,034726056$$

$$\Delta h_f = 0,034726056 - 0,059009202$$

$$\Delta h_f = 0,024283146 \text{ m}$$

$$\text{error absoluto} = 0,034726056 - 0,059009202 = 0,024283146$$

- POSICIÓN DE VÁLVULA 2

Datos de entrada

$$Q = 0,000605609 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H_f \text{ experimental} = 0,254778355 \text{ m}$$

$$H_f \text{ teórico} = 0,230735083$$

$$\Delta h_f = 0,230735083 - 0,254778355$$

$$\Delta h_f = 0,024043272 \text{ m}$$

$$\text{error absoluto} = \frac{0,230735083 - 0,254778355}{0,230735083} * 100 = 9\%$$

- POSICIÓN DE VÁLVULA 3

Datos de entrada

$$Q = 0,00079663 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H_f \text{ experimental} = 0,441637403 \text{ m}$$

$$H_f \text{ teórico} = 0,376433645$$

$$\Delta h_f = 0,376433645 - 0,441637403$$

$$\Delta h_f = 0,065203758 \text{ m}$$

$$\text{error absoluto} = \frac{0,376433645 - 0,441637403}{0,376433645} * 100 = 10\%$$

## ANALISIS ESTADISTICO

De acuerdo a los valores tanto de aforo de caudales y a las pérdidas de energía experimentales y teóricas, se realiza un análisis estadístico para verificar que los datos sean confiables y estén dentro del rango de aceptabilidad, obteniendo de esta una manera los siguientes resultados.

Tabla 17 Coeficientes de correlación

-1	Decrecimiento
0	No existe relación entre las variables
1	Relación perfecta positiva

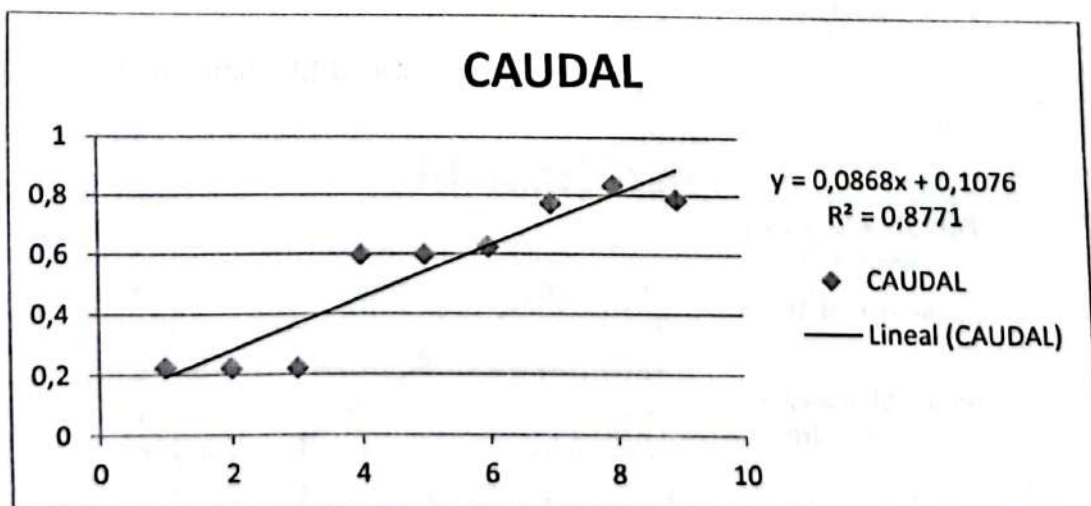
Fuente: Monografía trabajo análisis correlación

Tabla 18 Análisis estadístico de aforo de caudal

Desviación estándar	0,253820987
Varianza	0,064425094
Correlación	0,87

Fuente: Elaboración propia 2016

GRAFICA 1 Correlación de caudales



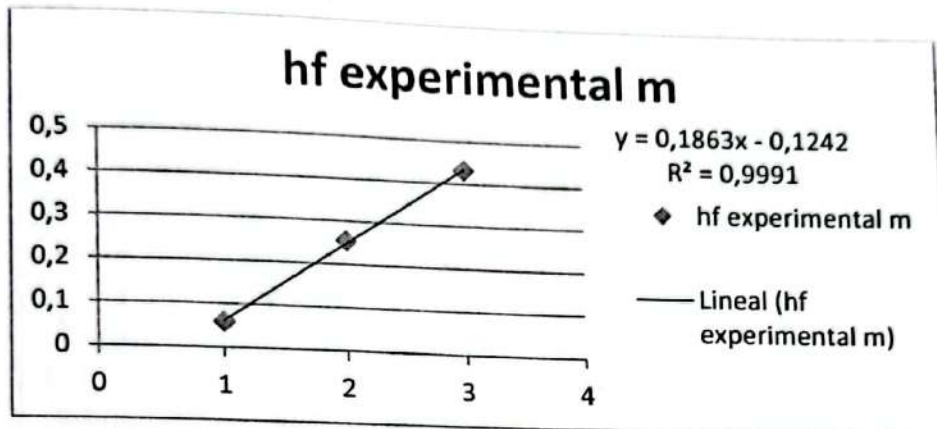
Fuente: Elaboración Propia 2016

Tabla 19 Análisis estadístico de pérdida de energía experimental

desviación estándar	0,186394054
varianza	0,034742743
Correlación	0,99

Fuente: Elaboración Propia 2016

GRAFICA 2 correlación hf experimental



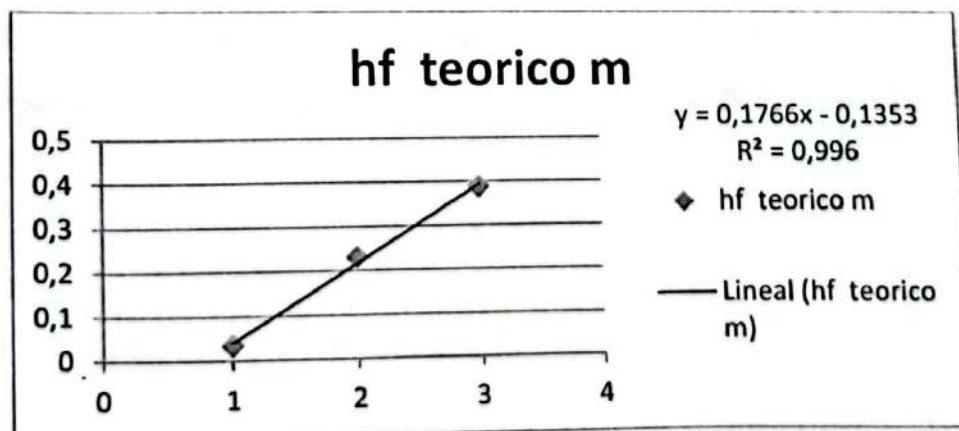
Fuente: Elaboración Propia 2016

Tabla 20 Análisis estadístico de pérdida de energía teórico

desviación estándar	0,176914146
varianza	0,031298615
Correlación	0,99

Fuente: Elaboración Propia 2016

GRAFICA 3 Correlación hf teórico



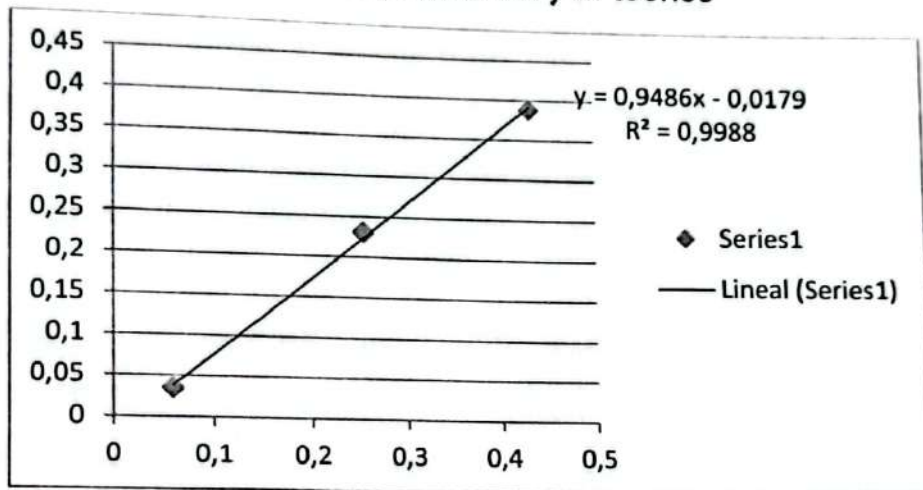
Fuente: Elaboración Propia 2016

Tabla 21 Análisis estadístico en relación con hf experimental y hf teórico

ESTADISTICA	hf experimental	hf teórico
Desviación estándar	0,186394054	0,176914146
varianza	0,034742743	0,031298615
Correlación	0,99	

Fuente: Elaboración Propia 2016

GRAFICA 4 Correlación entre hf experimental y hf teórico



Fuente: Elaboración Propia 2016

De acuerdo a los datos arrojados por el análisis estadístico demuestra que los resultados registrados están dentro del rango, representado un porcentaje de correlación positiva muy alta indicando un grado de relación existente entre las variables entre 0,87 y 0,99. De igual manera los resultados reportados mediante el cálculo de la desviación estándar para las tablas evaluadas son cercanos a 0 lo que representa una homogeneidad de los datos. Y por ende la información es confiable.

## ANALISIS DE RESULTADOS

El diseño del equipo del banco de líneas piezométricas arrojó resultados satisfactorios que se sustentan mediante el cálculo de diferentes aspectos como pérdidas por fricción teóricas y experimentales, pérdidas tanto mayores como menores, número de Reynolds, mediante la aplicación de diversas ecuaciones planteadas por diferentes autores.

Para las pérdidas mayores, es decir, las pérdidas por fricción, trabajada en el tubo recto de 1", a medida que el fluido fluye por la tubería ocurrían pérdidas por energía debido a la fricción entre el agua y la pared de la tubería, estas energías traían como resultado una disminución en la caída de presión en el sistema de flujo reflejada en la altura de columna de agua de los tubos piezométricos.

En relación a lo anterior se tuvieron en cuenta variables que influenciaban directamente en los resultados de dichas pérdidas, como la rugosidad, esta propiedad del material tiene una relación directa con las pérdidas debido a que si la rugosidad de las tuberías son mayores igualmente iban a ser sus pérdidas pero según lo explicado anteriormente, las tuberías utilizadas se caracterizan por ser de paredes rugosas, es decir, su rugosidad influyó en la velocidad que llevaría el fluido, sin embargo las pérdidas por fricción halladas no fueron mayores

Según los cálculos aplicados el número de Reynolds arrojó un valor que clasifica el flujo como turbulento, entonces las características turbulentas son debidas a el tipo y a la fricción (rugosidad interior del tubo) de la tubería utilizada, las cuales eran menores, y por la cual el fluido al salir de la tubería era influenciado pero no lo suficiente para arrojar un Reynolds demasiado bajo para considerarse como laminar, este a su vez permitía conocer el valor del factor de fricción para el cálculo del valor correcto de las pérdidas, por lo cual podemos decir que este valor no era una simple constante si no que dependía a su vez de la densidad, de la viscosidad, del diámetro y de algunas características individuales del tubo.

## CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	METAS	HERRAMIENTAS
<p>Diseñar el modelo y equipo de medición de líneas piezométricas, para el área de mecánica de fluidos e hidráulica en el Instituto Tecnológico del Putumayo.</p>	<p>Visita al laboratorio de mecánica de fluidos e hidráulica en la universidad de Nariño (Pasto-Nariño).</p>	<p>Conocer el diseño y funcionalidad del equipo de medición de líneas piezométricas para el área de mecánica de fluidos e hidráulica. Determinar los diferentes materiales a utilizar para cada equipo.</p>	<p>Biblioteca Alberto Quijano Guerrero en la universidad de Nariño.</p>
<p>Generar guía de laboratorio en cuanto al procedimiento general del equipo de medición de líneas piezométricas, para el área de mecánica de fluidos e hidráulica en el Instituto</p>	<p>Consulta en línea. Recopilación de información secundaria, y su respectiva organización de documentos obtenidos.</p>	<p>Establecer las diferentes variables a evaluar.</p>	<p>Documentación confiable en línea con información adecuada referente a la temática.</p>

Tecnológico del Putumayo.			
<p>Crear guías de usuario y mantenimiento con sus respectivos manuales de operación para el medidor de líneas piezométricas, para el área de mecánica de fluidos e hidráulica en el Instituto Tecnológico del Putumayo.</p>	<p>Consulta en línea. Recopilación de información secundaria, y su respectiva organización de documentos obtenidos.</p>	<p>Establecer las condiciones de operación, seguridad y mantenimiento para el equipo.</p>	<p>Información secundaria para la elaboración de las guías adecuadas para el equipo.</p>

**CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DE TRABAJO DE GRADO DISEÑO DEL BANCO DE LÍNEAS PIEZOMETRICAS IMPLEMENTADO EN LABORATORIO DE MECÁNICA DE FLUIDOS E HIDRÁULICA EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO.**

ACTIVIDADES	TIEMPO ESTIPULADO														
	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE
INTRODUCCION AL PROYECTO	■														
VISITA UNIVERSIDAD DE NARIÑO (FACULTAD DE INGENIERIA)	■														
CONFORMACION DE GRUPOS DE TRABAJO Y ASIGNACION DE EQUIPOS	■														
ENTREGA INFORME DE VISITA		■													
VINCULACION AL GRUPO DE INVESTIGACION (GIMA)		■													
ENTREGA DE AVANCE DEL PROYECTO EN GENERAL			■												
INICIACION DE PROYECTO POR EQUIPO				■											
PRIMER AVANCE: -Resumen -Objetivos -Planteamiento del problema -Descripcion del problema -Metodología en general					■										
SEGUNDO AVANCE: -Cuerpo del trabajo						■									
TERCER AVANCE -Cálculo de diseño del equipo -Diseño del equipo Montaje del equipo									■						
CUARTO AVANCE Ensayo del equipo Modificaciones del equipo Calibración del equipo Elaboración guías de laboratorio y mantenimiento Cuerpo del trabajo finalizado										■					

**PRESUPUESTO**

<b>PRESUPUESTO EQUIPO DE LABORATORIO MEDIDOR DE LINEAS PIEZOMETRICAS</b>			
<b>MATERIALES</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
Electrobomba barnes modelo QB60	1	160000	160000
Base soporte hieo	1	330000	330000
Base de tanque en hierro	1	98000	98000
Vidrio calibre 4	1	150000	150000
Tanques plástico VANIPLAS cap 120 litros	1	30000	30000
tanque plástico cap 110 litros	1	34000	34000
tanque plástico cap 500 litros	1	50000	50000
Tubo galvanizado 1 in	1	112000	112000
Soldadura autógena	5	30000	150000
Válvula mariposa 1in	2	28500	57000
válvula bola	1	18000	18000
Pegante pvc	2	4500	9000
Llave de paso in pvc	1	12300	12300
Mangueras cristal 19 metros	1	19800	19800
Flexómetro	1	16500	16500
papel contac	5	3800	19000
Tubo pvc 6 metros	1	14400	14400
Adaptador macho GENFOR 1 in	10	900	9000
Adaptador Hembra GENFOR 1in	6	800	4800
Empaques macho GENFOR 1 in	6	500	3000
Cinta teflón	1	1100	1100
Engrapadoras	1	1000	1000
Abrazaderas	5	1100	5500
sostenedor de vidrio	1	5000	5000
Transporte	1	10000	10000
Cinta inslante negra	1	2500	2500
Extensión 2*10	1	47000	47000
Conexión electrobomba	1	13500	13500
Mano de obra	1	200000	200000
<b>TOTAL</b>			<b>1582400</b>

## CONCLUSIONES

- De acuerdo los datos registrados en las tres posiciones de la válvula se concluye que la posición tres es la más adecuada en cuanto a la medición de la línea piezométrica, permitiendo observar entre el piezómetro 1 y el piezómetro 5 una diferencia de 6 cm de altura.
- El equipo diseñado para el laboratorio permite calcular y dibujar la línea piezométrica, pérdidas de energía y medición de caudal como componentes fundamentales dentro del desarrollo teórico práctico de la mecánica de fluidos e hidráulica.
- En referencia a los resultados reportados para el cálculo de las pérdidas teóricas y pérdidas experimentales, el que representa menor diferencia es la posición de la válvula número 2 con un porcentaje de error de 9%, lo cual es aceptable en la toma de datos experimentales.
- El caudal, la velocidad y la relación diámetro-longitud actúan en forma directa con las pérdidas, es decir, a medida que disminuye el caudal se reducen las pérdidas, debido a la disipación de la energía cinética al momento que el fluido desacelera; por consiguiente un aumento en el caudal produce un efecto directo en la caída de presión, ya que en una sección de tubería de área constante la velocidad va a ser mayor, por lo tanto las pérdidas de energía se incrementan.
- En cuanto a las pérdidas de energía por accesorios se pudo concluir que dependen tanto del número de accesorios presentes en el tramo de las tuberías como también de la naturaleza de los mismos, ya que poseen distintas características que perturban al flujo de un fluido de forma directa como lo son el funcionamiento de cada accesorio.

## RECOMENDACIONES

- La correcta operación del equipo, en el momento de abrir o cerrar las válvulas adecuada y simultáneamente es de gran importancia especialmente para la toma de datos, para un buen funcionamiento de este y el adecuado desarrollo de los ensayos.
- El mantenimiento de todo el sistema deberá realizarse semestralmente para mantener las tuberías en buen estado, las uniones de los accesorios y prolongar su vida útil.
- Es necesario que el área donde se ubique el equipo de laboratorio se encuentre nivelado para asegurar el correcto funcionamiento del sistema y la correcta toma de datos.
- La elaboración de las guías permite al estudiante la correcta manipulación del equipo, facilitando de esta manera mayor comprensión de los conceptos aprendidos teóricamente mediante la práctica.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **ARCINIEGAS, M. J., & FRANCO, J. D. (2010).** Diseño y construcción de un banco de pruebas para evaluación de válvulas hidráulicas de control direccional CETOP 3, para el laboratorio de potencia fluida. Bucaramanga , Colombia .
2. **Agustín Martín Domingo,** Esta obra "Apuntes de Mecánica de Fluidos" (texto y figuras), Copyright (C) 1997-2011.
3. **ARBOLEDA, J.** "TEORÍA Y PRÁCTICA DE LA PURIFICACIÓN DEL AGUA". Tercera Edición. Vol. 1. Bogotá D.C. Acodal. 2000., p 684
4. **CANALES, Margarita.** "Fisicoquímica". teoría, volumen I. Iztapalapa – México- Universidad Nacional Autónoma De México. 1999., p 241
5. **CENTRO NACIONAL DEL AGUA.** "Manual control de calidad del agua potable". Cenagua. Bogotá. 2000.
6. **Chow, V. T.,** Hidráulica de los Canales Abiertos. Primera edición, Editorial Diana. México. 1982.
7. **Da Vinci ,.** En la segunda mitad del siglo XV sobre flujo de agua y estructuras para ríos, en Milán y Florencia.
8. **EL AGUA POTABLE.** "TRATAMIENTO DE OLOR Y SABOR". [En línea][http://www.elaguapotable.com/tratamiento\\_de\\_olores\\_y\\_sabores.htm](http://www.elaguapotable.com/tratamiento_de_olores_y_sabores.htm) [descargado el 21 de abril del 2014].

9. Galileo, Torriceli (1612) fundamentos de la hidrostática construcción del barómetro
10. GARCIA, D. A., GARCIA, D. L., & GAVIRIA, M. C. (2009). Diseño y montaje del laboratorio de Hidráulica de tuberías "Banco de Pruebas Tubo Venturi". Girardot, Colombia.
11. GONZÁLEZ, T. Carmen. "LA TURBIDEZ". Monitoreo de la calidad del agua. Servicio de extensión agrícola. Colegio de ciencias agrícolas. Puerto Rico. 2011.
12. GUALDRON María. "LA CONTAMINACION DEL AGUA". Medio Ambiente. 2014. [En línea] <http://blogs.vanguardia.com/medio-ambiente/general/828-la-contaminacion-del-agua> [descargado el 21 de abril del 2014]
13. HENRIQUEZ, H. Gilberto. "EL ABC DE LA INSTRUMENTACIÓN EN EL CONTROL DE PROCESOS INDUSTRIALES". Balderas – México. Editorial Limusa. 2000., p 292
14. José Amable González López, Dr. Ingeniero Industrial, Marzo 2006, D.L. B-49474-2007
15. Laura Vergara fluidos newtonianos y no newtonianos, el 30 de Agosto de 2013
16. MORALES, C. Carmen. "BALANCE DEL AGUA EN LA NATURALEZA". CARTEL 202\_202-2 2004.
17. MOJICA, G. C., & ARIAS, M. G. (2014). Manual practica de laboratorio mecanica de l fluidos e hidraulca . Bogota , Colombia .

18. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. "EL AGUA POTABLE SEGURA ES ESENCIAL". "Tratamiento Contaminación Natural". 2008. [En línea:] <http://www.drinkingwater.org/html/es/Treatment/Natural-Contamination.html> [descargado el 20 de abril del 2014]
19. ORELLANA Jorge A. "CARACTERISTICAS DEL AGUA POTABLE". Unidad temática n° 3. Ingeniería Sanitaria – UTN – FRRO. 2005.
20. PARRA, D. J., & VELASCO, M. L. (2014). Diseño para construcción de un banco de pruebas para determinar las pérdidas de carga en un sistema de tuberías. Santiago de Cali , Colombia .
21. PIEDROLA, G. Gonzalo. "MEDICINA PREVENTIVA Y SALUD PÚBLICA". España. Editorial el Sevier. 2000., p 1264
22. RUIZ, J. LUCIA PAMELA. "ESTUDIO MONOGRAFICO DE HIDRUALICA PARA LA ELABORACION DE UN MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO" UNIVERCIDAD DE VERACRUZ. FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL. REGION XALAPA. 2008.
23. SAAVEDRA, J. E., & CASECOTE, N. G. (2008). Diseño y construcción de un banco de pruebas hidrostáticas para verificar fugas en accesorios para tubería de agua en hierro gris. Bucaramanga, Colombia.
24. SIERRA, M. C., & PADILLA, R. J. (2006). Diseño del laboratorio de sistemas de trasporte y aprovechamiento de fluidos de la Universidad Industrial de Santander adscrito a la Escuela de Ingeniería Mecánica. Bucaramanga, Colombia.

# ANEXOS



**Sección de laboratorio**  
**Guía: laboratorio 1**  
**Piezómetro: medición de la Línea piezométrica**  
**y determinación de la pérdida de energía**

**Versión: 1**

**Página: 1 de 16**

**Vigente a partir del**  
**04/11/2016**

**Manual de laboratorio de Mecánica de Fluidos e Hidráulica**

**Piezómetro: Uso de la Línea piezométrica**

**Autores: SIDAM (Semillero De Investigación Para El Medio Ambiente)**

**Proceso: semillero de Investigación**

**Agosto 2016**




## 1.1. Introducción

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.

En los accidentes de la conducción se producen cambios de velocidad y dirección que distorsionan el flujo y generan turbulencias que intensifican el rozamiento, contribuyendo de manera importante a la pérdida de energía mecánica del fluido. El conocimiento de estas pérdidas por fricción en condiciones tiene gran importancia por ser necesario para calcular el trabajo mecánico que es necesario aplicar al fluido, mediante bombas, en el caso de líquido o fluidos no compresibles, para mantener una determinada presión o velocidad (y por lo tanto, un determinado caudal).

En la construcción de un sistema hidráulico es importante conocer todos los factores que influyen en sus componentes o accesorios que contenga. Estos componentes están afectados en diferentes pérdidas de energía, los cuales hacen que disminuya su capacidad. Por tanto, es importante estudiar y conocer la mayor eficiencia del sistema, mediante ensayos de laboratorio que analicen las diferentes situaciones de dichos elementos.

En la práctica de laboratorio de mecánica de fluidos e hidráulica se realizan diferentes ensayos, los cuales tienen como fin primordial el estudio del comportamiento del flujo del agua. El siguiente estudio pretende analizar las diferentes pérdidas de energía que ocurren en los accesorios de tubería, además se interpretará adecuadamente los resultados obtenidos en los diferentes ensayos

	<b>Sección de laboratorio</b> <b>Guía: laboratorio 1</b> <b>Piezómetro: medición de la Línea piezométrica y determinación de la pérdida de energía</b>	<b>Versión: 1</b>
		<b>Página: 3 de 16</b>
		<b>Vigente a partir del 04/11/2016</b>

El objetivo de este laboratorio es observar el estudio del comportamiento y la variación de las presiones en el sistema diseñado, se basa en la lectura de los tubos piezométricos diseñados y ubicados estratégicamente con el objetivo de analizar las diferentes pérdidas energía que ocurren en cada tramo del sistema, provocado por un conjunto de accesorios y por los diferentes metros lineales de tubería que se tengan para posteriormente determinar y definir un factor de pérdida por tramo y hacer una comparación teórica y práctica.

## 1.2. REACTIVO

- Agua.

## MATERIALES

- Tanque elevado de cabeza constante de 94 cm.
- Sistema de rebose desde el tanque de cabeza constante 120 litros.
- Estructura soporte del tanque de cabeza contante y tuberías.
- Tubería de hierro galvanizado de diámetro nominal de 1 pulgada con dos válvulas de mariposa y una bola.
- Tubo piezométrico en manguera transparente
- Probeta para aforo volumétrico de 1000 mililitros.
- Tablero en acrílico.
- Sistema de alimentación de circuito cerrado.
- Flexómetro.



Sección de laboratorio

Guía: laboratorio 1

Piezómetro: medición de la Línea piezométrica  
y determinación de la pérdida de energía

Versión: 1

Página: 4 de 16

Vigente a partir del  
04/11/2016

## EQUIPO

- Medidor de línea piezométrica

### 1.3. FUNDAMENTO TEORICO

Cuando se analiza el flujo de un fluido a través de una tubería generalmente lo que se busca es determinar las pérdidas de energía que el fluido sufre a lo largo del recorrido o entre los puntos del mismo, por lo que a menudo resulta de gran utilidad conocer los valores de energía del fluido en diferentes puntos de la tubería a fin de construir un “perfil” o “diagrama” que permita ver con más facilidad las variaciones de energía a lo largo del recorrido.

Según (Duarte Agudelo Carlos Arturo, 2004), una línea de energía es una línea imaginaria que une los puntos que indican en cada sección la energía total por unidad de peso ( $H$ ) del flujo. Los puntos en la línea de energía de una sección corresponden a la suma de la cabeza de posición.

La línea de energía puede definirse también como una línea imaginaria que une los puntos que corresponden a la suma de la línea piezométrica y la cabeza de velocidad.

De lo anterior se puede ver que, en condiciones ideales, la línea de energía debería ser una recta a lo largo de toda la tubería, es decir que la energía en el fluido es la misma a lo largo del recorrido: pero como en toda tubería se presentan pérdidas por fricción la línea de energía en condiciones reales presenta una



pendiente por tanto existe una diferencia entre el valor real y el valor teórico, dicha diferencia es precisamente de calcular la línea de energía para una tubería.

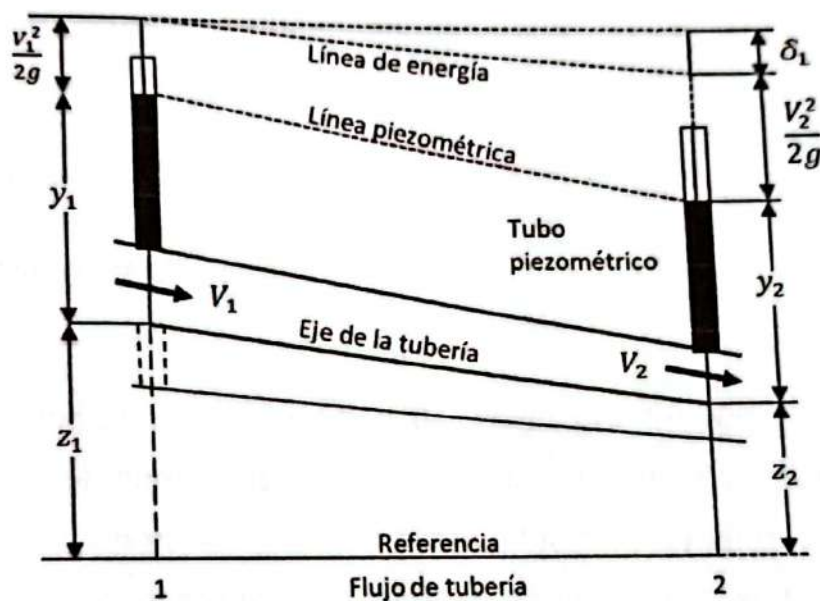
**1.3.1. LA LÍNEA PIEZOMÉTRICA:** es la gráfica de las presiones respectivas a lo largo del conducto. La presión respectiva es la presión del líquido o fluido menos la presión atmosférica y esa característica se mide a lo largo de todo el conducto, expresando su longitud como las abscisas de la gráfica. Si la presión relativa se expresa en altura de una columna de un líquido, es necesario dividirla entre el peso específico del líquido de la columna manométrica. Si la "x es la longitud, p es la presión en el conducto, y  $p_a$  es la presión ambiental, la línea piezométrica se determina en la forma general. (Kuszczewski, 1999)

**1.3.2. LINEA DE CARGAS TOTALES Y DE LINEA PIEZOMETRICA:** Los conceptos de línea de cargas totales y línea de cargas piezométricas son de utilidad en el análisis de problemas de tuberías. Si en cada punto a lo largo de un sistema de tuberías se determina el término  $\frac{p}{\gamma}$ , y se dibuja una distancia vertical por encima del centro del tubo se obtiene el lugar geométrico llamado línea de carga piezométrica. De manera más general, si se considera los términos  $\frac{p}{\gamma}$  el escurrimiento para ordenadas contra la longitud del tubo como abscisa, se obtendrá la línea de carga piezométrica. Esta línea es el lugar geométrico de las alturas hasta las cuales accederá el líquido. En los tubos verticales de vidrio que se conectaran a diferentes aberturas piezométricas a lo largo del tubo.

**1.3.3. PERDIDA DE CARGA EXPERIMENTAL POR FRICCIÓN ( $h_f$  exp):** La siguiente figura muestra una tubería horizontal de diámetro interno constante (D), rugosidad ( $\epsilon$ ) y longitud (L), por la que fluye agua con velocidad media (V), en los

puntos uno y dos se instalan dos piezómetros los cuales se pueden medir el nivel del agua que corresponde al valor de  $p/\gamma$ , medida sobre el eje de la tubería.

**Figura 1** Perdidas en tubería con flujo a presión de diámetros constante. Línea de Energía, Línea Piezométrica



Aplicando la ecuación de la energía entre dichos puntos y tomando como plano de referencia la horizontal que contiene al eje de la tubería se tiene.

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + hf \quad \text{E 1.}$$

Dónde:

$\frac{p_1}{\gamma}$  = energía de presión

$\gamma$  = peso específico de agua

$Z$  = energía de posición o potencial

$$\frac{V_2^2}{2g} = \text{energía cinética o potencial}$$

$$hf = \text{pérdida de cabeza}$$

Como  $Z_1=Z_2=0$ ; y la sección transversal de la tubería es constante  $V_1 = V_2$  entonces:

$$hf = Z_1 - Z_2 \qquad \qquad \qquad E 2.$$

$$hf = \text{pérdida experimental}$$

$$Z = \text{altura piezométrica}$$

La ecuación 2 indica que la pérdida de carga por fricción por los dos puntos Separados por una longitud (L), en una tubería horizontal de diámetro constante, se puede obtener experimentalmente por la diferencia de nivel de agua leído en el tubo piezométrico del punto uno y el nivel de agua leído en el piezómetro del punto dos.

**1.3.4. Línea de alturas piezométricas (lp):** es aquella que une puntos de igual altura a  $(z + \frac{p}{\gamma})$ , y su pendiente se denomina gradiente hidráulico (G h).

$$z = \text{altura piezométrica}$$

$$p = \text{presión}$$

$$\gamma = \text{peso específico}$$

**1.3.5. Línea de energía:** también es llamada línea de carga. La energía total del flujo en cualquier sección, con respecto a un plano de referencia determinado, es



la suma de la energía potencia ( $Z$ ), la energía de presión  $\frac{p}{\rho}$  y la energía cinética  $\frac{v^2}{2g}$ .

La variación de la energía total de una sección a otra se representa por una línea denominada de carga o de energía y también gradiente de energía.

**1.3.6. Factor de fricción experimental :** se puede obtener experimentalmente igualando la ecuación 2 a la ecuación Darcy-Weisbach:

$$hf_{exp} = Z_1 - Z_2 = f_{exp} \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2 * g} \quad E 3.$$

$$f_{exp} = \frac{hf_{exp} * 2g * D}{L v^2} \quad E 4.$$

$hf_{exp}$  = Perdida de cabeza experimental

$Z$  = altura piezometrica

$f_{exp}$  = factor de fricción experimental

$V$  = Velocidad del fluido

$L$  = Longitud

$D$  = diametro

**1.3.7. Factor de fricción teórico (f):** Con base a los estudio desarrollados por Poiseuille, que describen el comportamiento del flujo laminar en tuberías para números de Reynolds menores a 2000, permitieron encontrar la expresión directa para el cálculo del factor de fricción de la ecuación de Darcy-Weisbach. Esta ecuación indica que para un flujo laminar en tubería el factor de fricción depende únicamente del número de Reynolds y no de la rugosidad relativa de conducto, dado como:



Sección de laboratorio  
Guía: laboratorio 1  
Piezómetro: medición de la Línea piezométrica  
y determinación de la pérdida de energía

Versión: 1

Página: 9 de 16

Vigente a partir del  
04/11/2016

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

E 5.

*Ft = factor de fricción teórico*

*NR = número de Reynolds*

El número de Reynolds es una cantidad sin dimensiones y tiene el mismo valor numérico en cualquier sistema coherente de unidades. Diversos experimentos han demostrado que para  $NR < 2000$  el régimen es laminar mientras que para  $NR > 3000$  el régimen es turbulento. En la zona entre 2000 y 3000 el régimen es inestable y puede cambiar de laminar a turbulento o viceversa.

$$NR = \frac{v \cdot D}{\nu}$$

E 6.

**1.3.7.1. Pérdidas por fricción en Flujo laminar:** en flujo laminar las trayectorias de los elementos de volumen son paralelas. La velocidad en cada punto es independiente del tiempo. La energía perdida por fricción en un fluido en régimen laminar se calcula a través de la ecuación 5 del factor de fricción teórico.

**1.3.7.2. Pérdida de fricción en el flujo turbulento:** en flujo turbulento se forman remolinos que hacen que la velocidad en cada punto sea función del tiempo incluso aunque el flujo sea estacionario. En este tipo de flujo no se puede calcular el factor de fricción ( $f$ ) como se hizo con el flujo laminar, razón por la cual se debe determinar experimentalmente.

$$f = \frac{0,25}{\left(\log\left(\frac{1}{3,7 \cdot \left(\frac{\epsilon}{D}\right) + \frac{5,74}{RE^{0,9}}}\right)\right)^2}$$

E 7.



$f$  = factor de fricción experimental

$\epsilon$  = rugosidad absoluta

$D$  = diametro

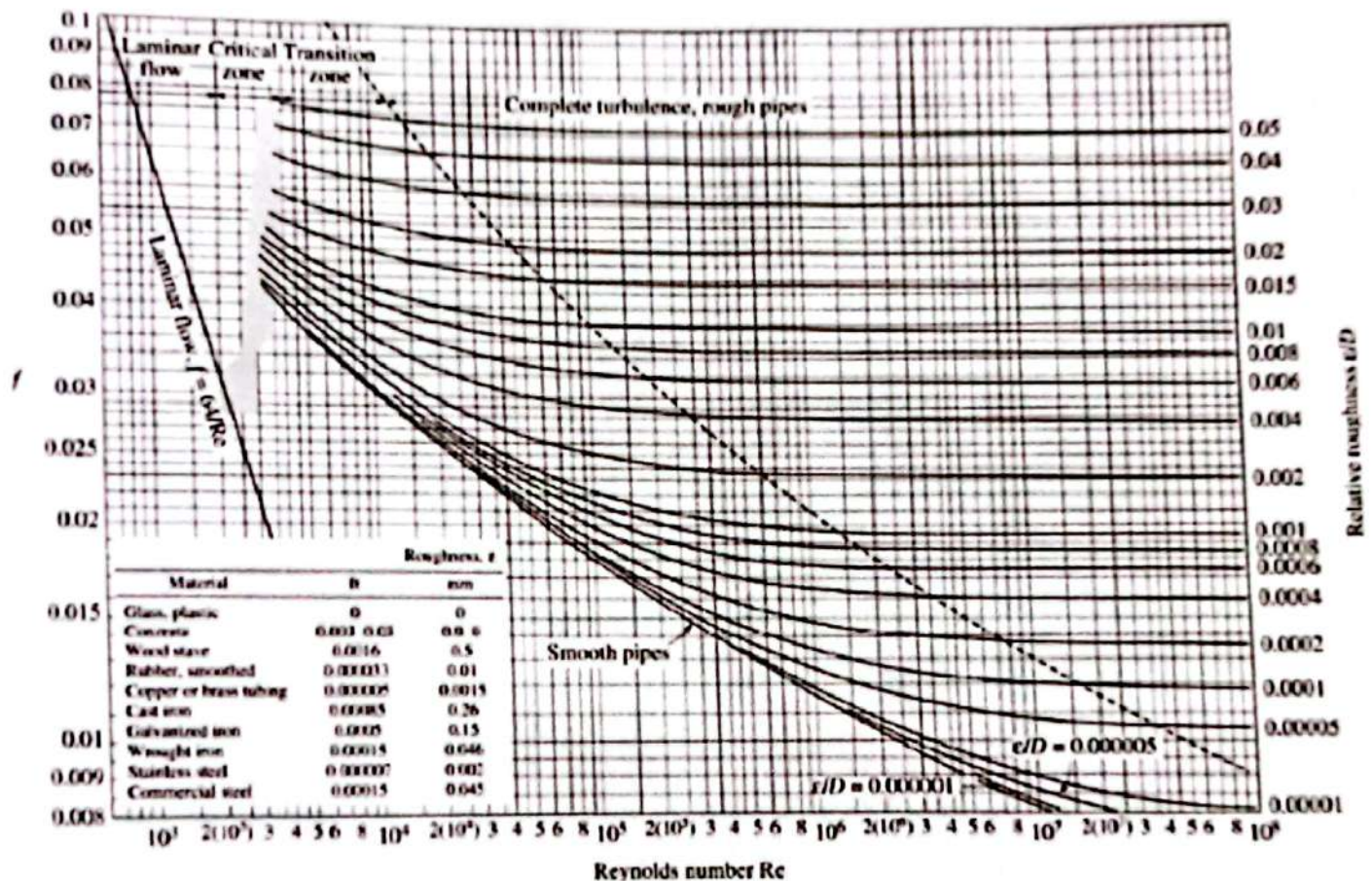
$RE$  = Numero de reynolds

El factor de fricción depende también de la rugosidad ( $\epsilon$ ) de las paredes del conducto. El valor de  $f_t$  se halla, tomando valores de rugosidad absoluta  $\epsilon$ , la cuál es tomada de los valores reportados en la literatura para diferentes materiales de tuberías.

**Tabla 1** Valores de rugosidad absoluta en tubería

TUBERIA	Rugosidad Equivalente, $\epsilon$	
	Pies	Milímetros
Acero de remaches	0.003-0.03	0.9-9.0
Concreto	0.001-0.01	0.3-3.0
Tuberías de madera	0.0006-0.003	0.18-0.9
Hierro fundido	0.00085	0.26
Hierro galvanizado	0.0005	0.15
Acero comercial o hierro forjado	0.00015	0.045
Tubería estirado	0.000005	0.0015
plástico, vidrio	0.0 (smooth)	0.0 (smooth)

Figura 2 Diagrama de MOODY



Fuente: De L.F. Moody, Trans ASME, vol.66, 1994.

**1.3.7.3. Coeficiente de pérdida por accesorio:** El coeficiente K es adimensional y depende del tipo de accesorio (pieza singular), del número de Reynolds, de la rugosidad y hasta de la configuración antes del accesorio. Generalmente, en las singularidades se producen torbellinos que anulan los efectos de la viscosidad, por lo que se considera a K independiente del número de Reynolds, salvo en aquellos casos en que el flujo se aproxima a las condiciones del régimen laminar.



Sección de laboratorio

Guía: laboratorio 1

Piezómetro: medición de la Línea piezométrica  
y determinación de la pérdida de energía

Versión: 1

Página: 12 de 16

Vigente a partir del  
04/11/2016

Tabla 2 coeficiente de pérdida por accesorio

ACCESORIO	K
Válvula de globo	0,05
Adaptador macho	0,4
Adaptador hembra	0,5
Orificio	0,05

Después de encontrar coeficiente de pérdida (k) hallo pérdida por accesorio utilizando la siguiente ecuación:

$$h_s = k * \frac{v^2}{2 * g}$$

E 8.

$h_s$  = pérdida por accesorio

k = coeficiente de pérdida por accesorio

## 1.4. PROCEDIMIENTO DE LABORATORIO

### 1.4.1. OBJETIVOS

#### 1.4.1.1. OBJETIVO GENERAL

Estudiar las pérdidas de energía en un sistema de tubería horizontal.

#### 1.4.1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Calcular el aforo de caudal por el método volumétrico.
- Determinar experimentalmente la pérdida de carga por fricción
- Calcular el valor de pérdida de carga teorica (hft).
- Determinar experimentalmente el valor de fricción (f exp)



Sección de laboratorio

Guía: laboratorio 1

Piezómetro: medición de la Línea piezométrica  
y determinación de la pérdida de energía

Versión: 1

Página: 13 de 16

Vigente a partir del  
04/11/2016

- Dibujar las líneas de energía y piezométricas.

#### 1.4.2. TOMA DE DATOS

**Paso 1.** Verificar que la válvula 1 y 2 estén completamente cerradas, y la llave 3 abierta totalmente.

**Paso 2.** Llenar el tanque de rebose totalmente

**Paso 3.** Encender la electrobomba para llenar el tanque del almacenamiento, verificando que la altura de la lámina de agua sea de 74 cm.

**Paso 4.** Cuando el tanque de rebose se haya vaciado hasta la tubería de desfogue absolutamente, desconectar el dispositivo.

**Paso 5** repetir paso 2 y 3.

**Paso 6.** Cerrar la válvula 3 completamente.

**Paso 7.** Llenar el tanque de rebose a una cantidad de 80 litros.

**Paso 8.** Repetir paso 3.

**Paso 9.** Repetir paso 4.

**Paso 10.** Verificar que la altura de la lámina de agua del tanque de regulación este a 43 cm


**Paso 11.** Llenar el tanque de rebose a una altura de 37 cm.

**Paso 12.** Medir el diámetro y longitud de tubería. Registrar en tabla 4.

**Paso 13.** Abrir válvula 1 totalmente y simultáneamente válvula 2 y 3 para purgar el sistema.

**Paso 14.** Realizar aforo de caudal. Para aforo volumétrico dejar estabilizar por un (1) minuto el flujo. Registrar en tabla 3.

**Paso 15.** Tomar las lecturas de los 5 tubos piezométricos instalados a lo largo de la tubería y tomar como referencia el punto 1 y 5 para la ejecución de los cálculos. Registrar en tabla 5.

	<b>Sección de laboratorio</b> <b>Guía: laboratorio 1</b> <b>Piezómetro: medición de la Línea piezométrica</b> <b>y determinación de la pérdida de energía</b>	<b>Versión: 1</b>
		<b>Página: 14 de 16</b>
		<b>Vigente a partir del</b> <b>04/11/2016</b>

### 1.4.3. PROCESAMIENTO DE DATOS

1. Para medir el caudal se utilizara tres posiciones de válvula:

**Posición 1 2 vuelta**

**Posición 2 4 vueltas**


**Posición 3 completamente abierta.**

2. Determinar la velocidad de flujo utilizando el caudal obtenido por el método de aforo volumétrico, aplicando la ecuación de continuidad. Registrar tabla 4.

$$Q = \frac{v}{A}; \text{ Despejando } v \quad \text{E 9.}$$

$$V = \frac{Q}{A} \quad \text{E 10.}$$

3. Calcular en Número de Reynolds y clasificar el tipo de flujo. Utilizar la ecuación 6. Registrar tabla 4.
4. Encontrar el factor de fricción de acuerdo al tipo de flujo. Registrar tabla 6.
5. hallar pérdida de carga experimental, empleando la ecuación 2. Registrar tabla 6.

	<b>Sección de laboratorio</b>	Versión: 1
	<b>Guía: laboratorio 1</b>	Página: 15 de 16
	<b>Piezómetro: medición de la Línea piezométrica y determinación de la pérdida de energía</b>	Vigente a partir del 04/11/2016

## ANEXOS

**Tabla 3 AFORO DE CAUDAL**

POSICION DE VALVULA	VOLUMEN (Litros)	TIEMPO (Sg)	CAUDAL (L/Sg)	CAUDAL PROMEDIO (L/Sg)
1	10			
2	10			
3	10			

**Tabla 4 REGISTRO DE DATOS GENERALES**

POSICION DE VALVULA	CAUDAL (L/Seg)	VELOCIDAD (m3/Seg)	REYNOLD	DIAMETRO (m)	AREA (m2)	RELACION E/D
1						
2						
3						



**Sección de laboratorio**  
**Guía: laboratorio 1**  
**Piezómetro: medición de la Línea piezométrica**  
**y determinación de la pérdida de energía**


Versión: 1  
Página: 16 de 16  
Vigente a partir del  
04/11/2016

**Tabla 5 REGISTRO DE ALTURA PIEZOMETRICA**

POSICION DE VALVULA	Z <sub>1</sub> (m)	Z <sub>2</sub> (m)	Z <sub>3</sub> (m)	Z <sub>4</sub> (m)	Z <sub>5</sub> (m)
1					
2					
3					

**Tabla 6 REGISTRO PERDIDA DE ENERGIA**

COEFICIENTE DE FRICCIÓN (F)	PÉRDIDA DE CARGA EXPERIMENTAL (H <sub>f</sub> EXP)	PERDIDA DE CARGA TEORICA (H <sub>f</sub> Teorica)	DIFERENCIA ENTRE H <sub>f</sub> EXP Y H <sub>f</sub> Teorica
1			
2			
3			

	<b>Sección de laboratorio</b> <b>Guía: Mantenimiento 1</b>	<b>Versión: 1</b>
	<b>Piezómetro: Medición de la Línea piezométrica y determinación de la pérdida de energía</b>	<b>Página: 1 de 14</b>
		<b>Vigente a partir de 04/11/2016</b>

Manual de mantenimiento de Mecánica de Fluidos e Hidráulica

Piezómetro: Uso de la Línea piezométrica

Autores: SIDAM (Semillero De Investigación Para El Medio Ambiente)

Proceso: semillero de Investigación

Agosto 2016

**MANUAL DE MANTENIMIENTO BANCO DE FLUIDOS**



**Sección de laboratorio**  
**Guía: Mantenimiento 1**  
**Piezómetro: Medición de la Línea piezométrica y**  
**determinación de la pérdida de energía**

**Versión: 1**  
**Página: 2 de 14**  
**Vigente a partir de**  
**04/11/2016**

El manual de mantenimiento tiene como objetivo optimizar el funcionamiento del equipo de Banco de Líneas Piezométricas, y de esta manera garantizar, proteger y alargar la vida útil de dicho equipo (mantenimiento preventivo), de igual forma se debe estimar y corregir todo tipo de desgaste que se pueda presentar, tales como averías en la bomba, en las válvulas, en los tanque, en los cables de conexión del circuito eléctrico, entre otras.

Es apropiado el registro de todas las operaciones de mantenimiento que se realicen en cualquiera de las partes del banco. Las operaciones de mantenimiento la debe realizar únicamente por el jefe de laboratorio.

## **OPERACIÓN**

Para la operación del equipo se ha planteado una práctica de determinación de pérdidas por fricción en tubería horizontal y determinación de líneas piezométricas mediante la medición de alturas de los tubos piezométricos ubicados a lo largo de la tubería de conducción. Presentando así el procedimiento del buen manejo del banco.

## **MANTENIMIENTO**

El equipo no debe sobrepasar su capacidad de carga, realizando un debido monitoreo siempre que se vaya hacer uso del banco, garantizando su operación y disponibilidad de funcionamiento en la práctica.

### **Mantenimiento Preventivo**



Cuando se va a realizar el mantenimiento preventivo es necesario llevar a cabo el orden de las siguientes actividades.

- Se da inicio de las actividades realizando una debida inspección y así llevar a cabo el mantenimiento preventivo, (Ver inventario del banco).
- El siguiente paso es realizar el cronograma de mantenimiento dependiendo del tiempo de funcionamiento del equipo, teniendo en cuenta que se debe efectuar bimensualmente.
- Seguido de esto se debe establecer prioridad del equipo, la priorización se realiza con el fin de determinar qué parte del equipo necesita el mantenimiento preventivo inicialmente.
- Después se coordina el servicio de mantenimiento preventivo, estableciendo las fechas de uso del equipo, con los ingenieros que trabajan en el banco, para de esta manera evitar cruces entre clases y el mantenimiento.
- Luego se hace mantenimiento preventivo, donde se efectúan actividades preventivas relacionadas al banco de fluidos.
- También se valida el mantenimiento, el cual debe ser validado con la firma del jefe de laboratorio.
- Por último se descarga el reporte de mantenimiento, donde se diligencia la hoja de vida del equipo (Formato M-01), describiendo las actividades realizadas, la fecha y el responsable del mantenimiento.

## **Mantenimiento Correctivo**



**Sección de laboratorio**  
**Guía: Mantenimiento 1**  
**Piezómetro: Medición de la Línea piezométrica y**  
**determinación de la pérdida de energía**

**Versión: 1**  
**Página: 4 de 14**  
**Vigente a partir de**  
**04/11/2016**

A la hora de realizar el mantenimiento correctivo también es conveniente tener en cuenta el siguiente orden de actividades.

- Mediante la inspección se da el inicio de las actividades para llevar a cabo el mantenimiento correctivo, (Ver inventario del banco).
- Se hace un diagnóstico de daños en el equipo, donde se lo revisa y se realiza una pertinente evaluación de las anomalías presentes en su funcionamiento.
- Se establecen prioridades del equipo, con el fin de determinar qué parte del equipo necesita mantenimiento correctivo principalmente.
- Después de haber realizado el diagnóstico de daños se establecen repuestos, en el caso que la reparación del equipo sea directa se procede a la compra de los materiales y repuestos necesarios de acuerdo con la falla que se presente.
- Coordinar el servicio de mantenimiento correctivo, donde se estipulan las fechas de intervención del equipo.
- La elaboración de orden del servicio, esta solicitud de orden de servicio se realiza con la cotización previamente aprobada.
- Se efectúa el mantenimiento correctivo, con las actividades correctivas relacionadas a las fallas presentes en el equipo cambiando los repuestos deteriorados.
- Después de realizar el mantenimiento correctivo se cierra la orden de mantenimiento, que debe ser validado con la firma del jefe del laboratorio.
- Se descarga el reporte de mantenimiento, donde se diligencia la hoja de vida del equipo (Formato M-01), describiendo las actividades realizadas, la fecha y el responsable del mantenimiento.



- Por último se archivar la hoja de vida del equipo.

## NORMAS DE SEGURIDAD

Sabiendo que hay peligros que se pueden presentar durante el empleo del equipo, y son inevitables, estos se pueden mitigar y evitar con el sentido común y la experiencia de quien emplea el equipo.

Entonces es necesario que en la puerta de acceso al laboratorio colocarse un aviso de seguridad, que indique que el banco se encuentra en mantenimiento, evitando el paso a personal ajeno a esta actividad.

**CONOCER BIEN EL EQUIPO:** Se debe leer con atención todas las instrucciones de uso y mantenimiento de cada elemento del banco. Antes de iniciar su operación cerciorarse del estado de eficiencia de los dispositivos.

**CUIDADO CON LAS PARTES EN MOVIMIENTO:** Se debe evitar al máximo acercarse a las partes mecánicas cuando la bomba está en marcha. Asegurarse que la bomba esté correctamente fijada de manera que en ningún caso podrán ser desmontables sin necesidad de herramientas. No acercar trapos o prendas largas: podrían quedar aprisionados en los órganos de transmisión causando graves daños a las personas.

**MANTENIMIENTO:** Los manuales de uso y mantenimiento de cada elemento del banco, contienen las operaciones generalmente efectuadas por personal con experiencia.



## TANQUE DE ALMACENAMIENTO

**OBJETIVO:** Proveer agua requerida por el sistema del Banco de Líneas Piezométricas

**ALCANCE:** Desde la llave de alimentación de la tubería de conducción hasta el tanque de rebose.

### DEFINICIONES

**Tanque de almacenamiento:** Depósito destinado a mantener agua para su uso posterior.

DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO	RESPONSABLE
<b>VERIFICACIÓN DE NIVEL</b> Verificar el nivel de llenado del tanque, y de acuerdo a este nivel controlar dicho llenado con la válvula afluente o de entrada al tanque. Se debe evitar el rebose de dicho tanque.	ENCARGADO DE LABORATORIO
<b>REVISIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL TANQUE</b> Revisar el estado de la estructura en general, posibles grietas que se hayan formado, esta actividad debe ejecutarse con detalle cada 30 días. En esta actividad debe de revisar el estado de las válvulas de salida y desagüe.	ENCARGADO DE LABORATORIO
<b>REVISIÓN DE LAS VÁLVULAS DE SALIDA DEL TANQUE</b> Revisar la cantidad de vueltas de apertura de cada una de las salidas del tanque. En caso de reparación de la red de distribución, informar al ingeniero encargado.	ENCARGADO DE LABORATORIO



## MEDICIÓN DE VOLUMEN

**OBJETIVOS:** Observar el comportamiento del flujo a la salida de la tubería de conducción para su posterior medida según la posición de la válvula.

**ALCANCE** Desde el tanque de almacenamiento hasta la salida de la tubería de conducción donde se hace la toma de la medida del volumen.

### DEFINICIONES

**Medición:** Sistema destinado a registrar o totalizar la cantidad de agua transportada por un conducto.

DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO	RESPONSABLE
<b>VÁLVULA DE ENTRADA</b> Se debe revisar el estado de apertura o cierre de la válvula de entrada a la tubería de conducción de banco de líneas piezométricas.	ENCARGADO DE LABORATORIO
<b>REVISIÓN DEL VOLUMEN DE SALIDA</b> Verificar el volumen que sale desde el tanque de almacenamiento, pasando por la tubería de conducción, utilizando un cronometro que definirá el tiempo de llenado del recipiente seleccionado que para este banco es de 10L.	ENCARGADO DE LABORATORIO
<b>AJUSTE DE VOLUMEN</b> Se debe realizar para cada posición de válvula la toma de tres tiempos respectivamente para verificar el tiempo de llenado.	ENCARGADO DE LABORATORIO



## LÍNEA DE CONDUCCIÓN

**OBJETIVO:** Proveer el fluido a los tubos piezométricos.

**ALCANCE:** Durante todo el recorrido en el banco, desde el tanque de almacenamiento, hacia el tanque de rebose.

**DEFINICIONES:** Conducción: Corresponde a la tubería que comunica el tanque de almacenamiento - líneas de pruebas - tanque de rebose.

<b>DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO</b>	<b>RESPONSABLE</b>
<b>MANTENIMIENTO DE LA TUBERÍA</b> Recorrer toda la línea de conducción, y observar las posibles fugas en ella, en caso de existir alguna reparar inmediatamente de acuerdo a los instructivos	<b>ENCARGADO DE LABORATORIO</b>
<b>MANTENIMIENTO DE VÁLVULAS</b> Revisar las válvulas que se encuentran a la entrada y salida de la tubería de conducción y revisar su correcto funcionamiento.	<b>ENCARGADO DE LABORATORIO</b>
<b>MANTENIMIENTO DE VÁLVULAS REGULADORA DE PRESIÓN</b> Revisar cada una de las válvulas existentes en la tubería de conducción y a cada una revisar el estado de cada accesorio.	<b>ENCARGADO DE LABORATORIO</b>

## TUBOS PIEZOMETRICOS

**OBJETIVO:** Permitir la medida de alturas según el caudal regulado por la válvula de salida de la tubería de conducción



**Sección de laboratorio**  
**Guía: Mantenimiento 1**  
**Piezómetro: Medición de la Línea piezométrica y  
determinación de la pérdida de energía**

Versión: 1  
Página: 9 de 14  
Vigente a partir de  
04/11/2016

**ALCANCE:** Ubicación permanente en la línea de conducción permitiendo disminuir o aumentar la lámina de agua

**DEFINICIONES:** Dispositivo utilizado para medir la presión de un líquido mediante la determinación de la altura de una columna de agua asciende contra la gravedad.

DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO	RESPONSABLE
<b>VERIFICACION DE LOS TUBOS</b> Revisar cada uno de los tubos ubicados en a lo largo de la tubería de conducción que estén en la posición adecuada.	ENCARGADO DE LABORATORIO
<b>VERIFICACION DE ABRAZADERAS</b> Revisar que cada una de las abrazaderas que conecta los tubos piezométricos con la tubería de conducción ajuste correctamente cada uno de ellos sin que se presenten fugas.	ENCARGADO DE LABORATORIO
<b>MANTENIMIENTO DE LOS TUBOS</b> Inspeccionar que todos los tubos piezométricos se encuentren en buen estado, de presentarse lo contrario como grietas, o cambio de color entre otros cambiar por tubos nuevos.	ENCARGADO DE LABORATORIO
<b>MANTENIMIENTO DE ABRAZADERAS</b> Verificar las abrazaderas que estén en buen estado, y si es necesario el cambio de una de ellas o varias realizarlo por unas nuevas.	ENCARGADO DE LABORATORIO

### TANQUE DE REBOSE

**OBJETIVO:** Permitir el paso del fluido que abastece el sistema a la bomba para dar inicio a la recirculación.



**Sección de laboratorio**  
**Guía: Mantenimiento 1**  
**Piezómetro: Medición de la Línea piezométrica y**  
**determinación de la pérdida de energía**

**Versión: 1**  
**Página: 10 de 14**  
**Vigente a partir de**  
**04/11/2016**

**ALCANCE:** Se ubica entre el término de la tubería de conducción y la bomba.


<b>DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO</b>	<b>RESPONSABLE</b>
<b>VERIFICACIÓN DE NIVEL</b> Inspeccionar el respectivo nivel de llenado del tanque, y de acuerdo a este nivel controlar dicho llenado con la válvula afluyente o de entrada al tanque. Se debe evitar el rebose de dicho tanque.	<b>ENCARGADO DE LABORATORIO</b>
<b>REVISIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL TANQUE</b> Revisar el estado de la estructura en general, posibles grietas que se hayan formado, esta actividad debe ejecutarse con detalle cada 30 días. En esta actividad debe de revisar el estado de las válvulas de salida y desagüe.	<b>ENCARGADO DE LABORATORIO</b>
<b>REVISIÓN SALIDA DEL TANQUE</b> Revisar la conexión del tanque a la bomba. En caso de reparación de la red, informar al ingeniero encargado.	<b>ENCARGADO DE LABORATORIO</b>

## **BOMBA**

**OBJETIVO:** Permitir la recirculación del fluido

**ALCANCE:** Bombear desde el tanque de rebose hasta el tranque de regulación.

**DEFINICION:** Bomba. Genéricamente, son aquellas accionadas por un motor eléctrico, para distinguirlas de las motobombas, habitualmente accionadas por motores de combustión interna.

	<b>Sección de laboratorio</b>	Versión: 1
	<b>Guía: Mantenimiento 1</b>	Página: 11 de 14
	<b>Piezómetro: Medición de la Línea piezométrica y determinación de la pérdida de energía</b>	Vigente a partir de 04/11/2016

DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO	RESPONSABLE
<b>INSPECCION DE LA BOMBA</b> Verificar que la bomba esté funcionando correctamente sin que se presenten sonidos extraños a la hora de su funcionamiento.	ENCARGADO DE LABORATORIO
<b>ENCENDIDO DE LA BOMBA</b> Encender la bomba como mínimo una vez por semana para evitar daños en la misma	ENCARGADO DE LABORATORIO
<b>ASPECTOS A TENER EN CUENTA</b> No debe mermarse nunca la succión de la bomba para disminuir el caudal o el gasto, la bomba no debe trabajar en seco para evitar cavitaciones, no trabajar con caudales excesivamente pequeños, efectuar observaciones frecuentes, inspeccionar siempre el sistema según su frecuencia de uso.	ENCARGADO DE LABORATORIO

## TUBERIA DE RECIRCULACION

**OBJETIVO:** Permitir la recirculación del fluido al sistema nuevamente.

**ALCANCE:** Conecta la bomba con el tanque de regulación.

**DEFINICIONES:** Recirculación. Acción de volver a incorporar el gasto producido durante el funcionamiento al sistema permitiendo la regulación por el mismo.

DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO	RESPONSABLE
<b>VERIFICACION DE LA TUBERIA</b> Revisar que la tubería este en la posición	ENCARGADO DE LABORATORIO



**Sección de laboratorio**  
**Guía: Mantenimiento 1**  
**Piezómetro: Medición de la Línea piezométrica y**  
**determinación de la pérdida de energía**

Versión: 1  
 Página: 12 de 14  
 Vigente a partir de  
 04/11/2016

adecuada y en buen estado.	
<b>MANTENIMIENTO DE LA TUBERÍA</b> Recorrer toda la tubería de recirculación, y observar las posibles fugas en ella, en caso de existir alguna reparar inmediatamente de acuerdo a los instructivos	ENCARGADO DE LABORATORIO
<b>MANTENIMIENTO ACCESORIOS</b> Revisar el estado de cada uno de los accesorios existentes en la tubería de recirculación y cambiar si es necesario.	ENCARGADO DE LABORATORIO

**TANQUE DE REGUALCION**

**OBJETIVO:** Regular el caudal de entrada al tanque de almacenamiento.

**ALCANCE:** Se conecta desde la tubería de recirculación hasta el tanque de almacenamiento.

**DEFINICION:** Recirculación. Acción de compensar variaciones de los consumos que se producen durante el funcionamiento.

DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO	RESPONSABLE
<b>VERIFICACIÓN DE NIVEL</b> Verificar el nivel de llenado del tanque, y de acuerdo a este nivel controlar dicho llenado con la válvula afluente o de entrada al tanque. Se debe evitar el rebose de dicho tanque.	ENCARGADO DE LABORATORIO
<b>REVISIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL TANQUE</b> Revisar el estado de la estructura en general, posibles grietas que se hayan formado, esta actividad debe ejecutarse con detalle cada 30 días. En esta actividad	ENCARGADO DE LABORATORIO



debe de revisar el estado de las válvulas de salida, conexiones y desagüe.	
<b>REVISIÓN DE LAS VÁLVULAS DE SALIDA DEL TANQUE</b> Revisar la cantidad de vueltas de apertura de la válvula salida del tanque. En caso de reparación de la red de distribución, informar al ingeniero o laboratorista encargado.	ENCARGADO DE LABORATORIO

Tabla 1 Componentes del sistema con tiempo de mantenimiento y puntos susceptibles.

ELEMENTO	TIEMPO DE MANTENIMIENTO	PUNTOS SUSCEPTIBLES
Tanque de abastecimiento	6 meses	No presenta
Tubería de conducción	6 meses	Presenta
Tubo piezométrico	6 meses	Presenta
Tanque de rebose	6 meses	No presenta
Electrobomba	3 meses	Presenta
Tanque de regulación	6 meses	No presenta

Fuente: Elaboración Propia

