



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE FLUIDO
HIDRÁULICO PARA LA VISUALIZACIÓN Y ANÁLISIS DE PÉRDIDA POR
FRICCIÓN EN TUBERÍAS EN EL LABORATORIO DE INGENIERÍA
ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
PERIODO 2017.”**

Autor:

Analuisa Tonato Edwin Armando

Tutor:

Mg. Ing. Cristian Fabián Gallardo Molina

LATACUNGA – ECUADOR

Agosto 2017



Ingeniería
Electromecánica

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente informe de investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, el postulante: Analuisa Tonato Edwin Armando con número de C.I. 172243920-3, con el Título de Proyecto de Investigación:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE FLUIDO HIDRÁULICO PARA LA VISUALIZACIÓN Y ANÁLISIS DE PÉRDIDA POR FRICCIÓN EN TUBERÍAS EN EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI PERIODO 2017.”, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo tanto, expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 26 de julio de 2017

Para constancia firman:

PhD. Enrique Torres Tamayo

LECTOR 1

Mg. Ing Luigi Freire

LECTOR 2

Mg. Ing. Paul Corrales

LECTOR 3



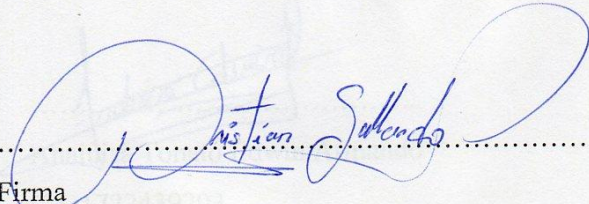
Ingeniería
Electromecánica

AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS

En calidad de Director del Trabajo de Investigación sobre el tema: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE FLUIDO HIDRÁULICO PARA LA VISUALIZACIÓN Y ANÁLISIS DE PÉRDIDA POR FRICCIÓN EN TUBERÍAS EN EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI PERIODO 2017.”**, de Analuisa Tonato Edwin Armando, estudiante de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnico suficientes para ser sometidos a la evaluación del tribunal de validación de proyecto que el Honorable Consejo Universitario de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 03 de julio del 2017

El Director


.....
Firma

Ing. Cristian Fabián Gallardo Molina

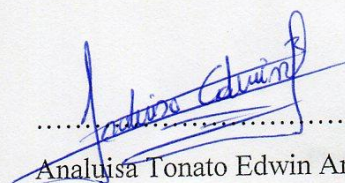


Ingeniería
Electromecánica

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Analuisa Tonato Edwin Armando postulante a la obtención de título de Ingeniero Electromecánico, declaramos ser autor del presente proyecto de investigación: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE FLUIDO HIDRÁULICO PARA LA VISUALIZACIÓN Y ANÁLISIS DE PÉRDIDA POR FRICCIÓN EN TUBERÍAS EN EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI PERIODO 2017.”** siendo el Ing. Cristian Fabián Gallardo Molina director del presente trabajo, a la vez eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posible reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo de investigación, son de nuestra exclusiva responsabilidad.


.....
Analuisa Tonato Edwin Armando
C.I. 1722439203

.....
Cristian Fabián Gallardo Molina
Docente



Ingeniería
Electromecánica

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Dirección: Av Simón Rodríguez, Latacunga, Ecuador. Teléfono: +593 3-281-0296

En calidad de docente que imparte la asignatura de fluidos en la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad técnica de Cotopaxi emito la aprobación para la implementación de un módulo didáctico de fluido hidráulico para la visualización y análisis de pérdida por fricción en tuberías en el laboratorio de Ingeniería Electromecánica a cargo del postulante, Analuisa Tonato Edwin Armando, quien ha desarrollado el diseño y construcción de dicho modulo, tomando en consideración los requerimientos de la Universidad y del tutor a cargo del proyecto de investigación.

Doy fe del presente para su correspondiente estudio y calificación

Latacunga, 10 de julio del 2017

Phd. Ing. Héctor Luis Laurencio Alfonso

Docente

Analuisa Edwin
Postulante

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por darme la fortaleza y sabiduría necesaria para poder culminar uno de mis objetivos más anhelados.

Agradezco de una manera muy especial a mis padres, quienes me han apoyado de una forma incondicional en mi vida personal y académica, también agradezco a mi hermana que siempre confió en mí y supo darme palabras de aliento para seguir adelante y un apoyo incondicional siempre.

Mi más grato agradecimiento al Ing. Cristian Gallardo y al Ing. Héctor Laurencio directores de tesis, por su orientación, enseñanzas, constante apoyo y guía. Para la culminación del presente trabajo de titulación.

A todos ellos mi eterna consideración y gratitud.

Edwin

DEDICATORIA

Dedico el presente proyecto de grado a mis padres y hermanos, fuente fundamental de fortaleza en todos los momentos de mi carrera, por haberme brindado su apoyo incondicional y contingente moral, siendo ellos el pilar fundamental en mi vida, quienes han estado siempre a mi lado. Por haberme impulsado día a día a seguir adelante y ser un profesional.

A cada uno de mis familiares que han estado presentes en cada etapa de mi vida, brindándome su apoyo y confianza.

A mis docentes por todos los conocimientos y consejos impartidos en el aula de clase.

Edwin

ÍNDICE

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	ii
AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS	iii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	iv
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
ÍNDICE	viii
ÍNDICE TABLAS	x
ÍNDICE FIGURAS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT.....	xiii
AVAL DE TRADUCCIÓN	xiv
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. RESUMEN DEL PROYECTO	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	4
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	4
6. OBJETIVOS:	5
Objetivo General.....	5
Objetivos Específicos	5
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACION A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	5
8. TEORÍA DEL FLUJO DE FLUIDOS EN TUBERÍAS	6
Fluidos	6
Propiedades de los fluidos	6
Densidad	6
Peso específico.....	7
Densidad relativa	7
Viscosidad.....	7
Condiciones de flujo	8
Velocidad de flujo	8
Caudal.....	8
Altura o carga de presión.....	8
Presión	8
Presión atmosférica.....	9
Presión manométrica.....	9
Presión absoluta	9
Presión de Succión.....	9
Presión de Descarga.....	10
Ecuaciones básicas para flujo en tuberías	10
Regímenes de Flujo de fluidos en tuberías	10
Régimen laminar, turbulento e inestable	10
Flujo laminar.....	10

Flujo Turbulento	11
Número de Reynolds	12
Pérdidas de energía en un sistema hidráulico	12
Bombas periféricas	12
Ventajas de bombas periféricas	13
Cavitación	13
Tipos de válvulas	14
Válvula de bola	14
Válvulas de diafragma	15
9. PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPOTESIS	15
10. DISEÑO EXPERIMENTAL	15
Diseño del módulo didáctico	16
Generalidades	16
Partes del módulo de pruebas	17
Selección de fluido	18
Condiciones y fluido en las que va a trabajar el equipo y que se utilizara para el cálculo.....	18
Uniones y accesorios del módulo de pruebas de pérdidas de presión	18
Accesorios tramo 1	19
Accesorios tramo 2	19
Accesorios tramo 3	19
Accesorios tramo 4	20
Accesorios tramo 5	20
Accesorios tramo 6	20
Accesorios tramo 7	21
Cálculo de pérdidas por accesorios en tuberías lisas.....	21
Cálculo del Coeficiente “K” en accesorios utilizados.....	21
Codo HH.....	21
Unión Tee	22
Reductor (ensanchamiento - estrechamiento).....	22
Unión	22
Unión universal.....	23
Adaptador para tanque c/junta	23
Sistema de control y visualización	23
Medidor de presión PAOLO.....	24
Rotámetro o caudalímetro LHLL-4-40GPM 15-150LPM	24
Principio de operación del rotámetro	24
Sensor de caudal o de flujo FS400A	25
Sensores de presión – transductor HK3022.....	26
Sistema de visualización con Arduino	27
Programación para los sensores.....	27
Conexión de sensores.....	28
Prácticas y determinaciones	30
Pérdidas por fricción	30
Ecuación de Darcy-Weisbach	31
Factor de fricción (λ) en tuberías	31
Diagrama de Moody	32
Pérdidas de carga por accesorios.....	33

Ecuación fundamental de las pérdidas de carga por accesorios o secundarias.	33
Determinación de coeficientes de pérdidas locales en válvulas y codos (Tramo 1-3-5-6-7)	35
Objetivos.....	35
Resumen teórico	35
Descripción de la práctica y técnica operatoria	36
Preguntas.....	37
Obtención experimental del factor de fricción en tuberías (Tramo 1-2-4).	37
Objetivos.....	37
Resumen teórico	37
Descripción de la práctica y técnica operatoria	38
Preguntas.....	39
11. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	39
Resultados experimentales de las pérdidas locales en las válvulas de compuerta de bola y válvula check.	39
Resultados experimentales de las pérdidas locales en el codo estándar (Tramo 1).....	42
Resultados experimentales del factor de fricción en tuberías (Tramo 1-2-4).....	43
12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)	48
13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO	48
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	51
15. BIBLIOGRAFÍA	52
ANEXOS	55

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1: Régimen de flujo por Reynolds	11
Tabla 2: Especificaciones para cada diámetro de tubería.....	16
Tabla 3: Propiedades del Agua	18
Tabla 4: Accesorios tramo 1	19
Tabla 5: Accesorios tramo 2	19
Tabla 6: Accesorios tramo 3	19
Tabla 7: Accesorios tramo 4	20
Tabla 8: Accesorios tramo 5	20
Tabla 9: Accesorios tramo 6	20
Tabla 10: Accesorios tramo 7	21
Tabla 11: Resistencia de algunos accesorios para tuberías (Le/Di).	34
Tabla 12: Valores de los coeficientes de resistencias locales.	36
Tabla 13: Recopilación y tratamiento de datos	37
Tabla 14: Recopilación y tratamiento de datos	38
Tabla 15: Operacionalización de variables	47
Tabla 16: Elementos Mecánicos	48
Tabla 17: Elementos Eléctricos.....	50
Tabla 18: Gastos Indirectos.....	50
Tabla 19: Costo Total.....	51

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1: Relación de presiones	9
Figura 2: Régimen de flujo por Reynolds	11
Figura 3: Bomba periférica	12
Figura 4: Efecto de la Cavitación en una bomba	13
Figura 5: Válvula de bola	14
Figura 6: Válvula de membrana	15
Figura 7: Partes he imagen tridimensional del módulo propuesto.	17
Figura 8: codo HH 90 grados	21
Figura 9: Unión Tee.	22
Figura 10: Reductor.....	22
Figura 11: Niple - 6cm corrido.....	22
Figura 12: unión universal.....	23
Figura 13: Adaptador para tanque c/junta	23
Figura 14: Medidor de presión PAOLO.....	24
Figura 15: Rotámetro LHLL-4-40GPM 15-150LPM	25
Figura 16: Tipos de sensores de flujo	26
Figura 17: Sensores de presión – transductor HK3022.....	27
Figura 18: Conexión de sensor de flujo	28
Figura 19: Programación para la calibración	28
Figura 20: Monitor serie de Arduino con la programación.....	29
Figura 21: Dirección del signo de pérdidas en la carga	30
Figura 22: Relación entre el coeficiente de pérdida local en la válvula check del tramo 3 y el número de Reynolds.	39
Figura 23: Relación entre el coeficiente de pérdida local en la válvula de compuerta del tramo 5 y el número de Reynolds.....	40
Figura 24: Relación entre el coeficiente de pérdida local en la válvula de compuerta del tramo 6 y el número de Reynolds.....	40
Figura 25: Relación entre el coeficiente de pérdida local en la válvula de Bola del tramo 7 y el número de Reynolds.	41
Figura 26: Relación entre el coeficiente de pérdida local en la válvula de Bola del tramo 7(2) y el número de Reynolds.	42
Figura 27: Relación entre el coeficiente de pérdida local en Codo estándar del tramo 1 y el número de Reynolds.	42
Figura 28: Relación entre el coeficiente de pérdida primaria en la tubería de ½ pulg del tramo 1 y el número de Reynolds.	43
Figura 29: Relación entre el coeficiente de pérdida primaria en la tubería de ¾ pulg del tramo 2 y el número de Reynolds.	44
Figura 30: Relación entre el coeficiente de pérdida primaria en la tubería de ½ pulg lisa del tramo 4 y el número de Reynolds.....	44

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULO: "IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE FLUIDO HIDRÁULICO PARA LA VISUALIZACIÓN Y ANÁLISIS DE PÉRDIDA POR FRICCIÓN EN TUBERÍAS EN EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI PERIODO 2017."

Autor:

Analuisa Tonato Edwin Armando

RESUMEN

El banco de pruebas prácticas, realiza un análisis para comprobación de pérdidas de carga en tuberías y accesorios, es parte de un sistema de equipos necesarios para realizar prácticas dentro de la formación del Ingeniero Electromecánico especialmente en el campo de la mecánica de fluidos.

En el laboratorio de Ingeniería electromecánica no se ha desarrollado un módulo didáctico con el cual se pueda realizar prácticas, análisis y comprobación de pérdidas por fricción que existe en tuberías y accesorios, es aquí en donde nace la idea de implementar este módulo didáctico. El inconveniente en la asignatura de fluidos es que es teórica, sin la posibilidad de comprobar y visualizar los datos obtenidos físicamente de ejercicios propuestos por el docente. El propósito de la implementación de este módulo didáctico es para identificar, analizar, visualizar y calcular las pérdidas por fricción en tuberías y accesorios. Esto se realizara utilizando accesorios para conexiones y direccionamientos de tuberías de igual manera la utilización de los tubos Pitot y Venturi que son los más utilizados al momento de proponer ejercicios de aplicación.

Palabras clave: pérdidas por fricción, fluido, trayectoria de flujo, pérdidas de energía, pérdidas de carga, mecánica de fluidos.

Ing. Cristian Fabián Gallardo Molina

CI: 050284769-2

COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED

TOPIC: "IMPLEMENTATION OF A TRAINING MODULE FOR VIEWING HYDRAULIC FLUID AND ANALYSIS OF FRICTION LOSS IN PIPES IN THE LABORATORY OF ENGINEERING ELECTROMECHANICAL TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI PERIOD 2017."

Author: Analuisa Tonato Edwin Armando

ABSTRACT

The practical test bench, performs an analysis to check load losses in pipes and fittings, is part of a system of equipment necessary to carry out practices within the training of the Electromechanical Engineer especially in the field of fluid mechanics.

In the laboratory of Electromechanical Engineering has not developed a didactic module with which it is possible to carry out practices, analysis and verification of losses by friction that exists in pipes and accessories, it is here where the idea of implementing this didactic module is born. The disadvantage in the subject of fluids is that it is theoretical, without the possibility of checking and visualizing the data obtained physically from exercises proposed by the teacher. The purpose of the implementation of this didactic module is to identify, analyze, visualize and calculate friction losses in pipes and fittings. This will be done using fittings for connections and piping directions in the same way the use of Pitot and Venturi tubes that are the most used when proposing application exercises.

Keywords: friction losses, fluid flow path, energy losses, losses, fluid mechanics.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS


AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por los señor de la Carrera de Ingeniería en Electromecánica de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas: **ANALUISA TONATO EDWIN ARMANDO**, cuyo título versa **“IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE FLUIDO HIDRÁULICO PARA LA VISUALIZACIÓN Y ANÁLISIS DE PÉRDIDA POR FRICCIÓN EN TUBERÍAS EN EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI PERIODO 2017.”** lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, 11 de julio del 2017

Atentamente,


Msc. Pacheco Pruna Edison Marcelo
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 0502617350

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

“Implementación de un módulo didáctico de fluido hidráulico para la visualización y análisis de pérdida por fricción en tuberías en el laboratorio de ingeniería electromecánica de la Universidad técnica de Cotopaxi periodo 2017.”

Fecha de inicio:

10 de octubre del 2016

Fecha de finalización:

20 de enero del 2017

Lugar de ejecución:

Dirección: Av. Simón Rodríguez s/n Barrio El Ejido Sector San Felipe.

Universidad Técnica de Cotopaxi

Unidad Académica que auspicia

Ciencia de la Ingeniería y Aplicadas

Carrera que auspicia: Ingeniería Electromecánica

Equipo de Trabajo:

Mg. Ing. Cristian Fabián Gallardo Molina

Nacionalidad: Ecuatoriano

n° de cedula: 050284769-2

Fecha de nacimiento: 9 de junio de 1982

Teléfono: 0984698851

Correo electrónico: cristian.gallardo@utc.edu.ec

Superior: Escuela Politécnica del Ejercito

Coordinador del Proyecto

Edwin Armando Analuisa Tonato

Fecha de Nacimiento: 23 de octubre de 1991

Número Celular: 0984556054

Email: edwin.analuisa@utc.edu.ec

Cédula de Identidad: 1722439203

Educación Secundaria: Colegio Técnico Industrial Miguel de Santiago

Área de Conocimiento:

El área Científico – Técnico

Línea de investigación:

El proyecto a realizarse esta sujeto según los lineamientos de investigación de la universidad al punto “procesos industriales” de acuerdo a la características técnicas y científicas.

Las investigaciones que se desarrollen en esta línea estarán enfocadas a promover el desarrollo de tecnologías y procesos que permitan mejorar el rendimiento productivo y la transformación de materias primas en productos de alto valor añadido, fomentando la producción industrial más limpia y el diseño de nuevos sistemas de producción industrial. Así como diseñar sistemas de control para la producción de bienes y servicios de las empresas públicas y privadas, con el fin de contribuir al desarrollo socio económico del país y al cambio de la matriz productiva de la zona.

Sub líneas de investigación de la carrera:

Equipamiento tecnológico

2. RESUMEN DEL PROYECTO

El banco de pruebas para práctica de pérdidas de carga en tuberías y accesorios, es parte de un sistema de equipos necesarios para realizar prácticas dentro de la formación del Ingeniero Electromecánico especialmente en el campo de la mecánica de fluidos.

El banco de pruebas de pérdidas de carga consta de dos partes:

La primera parte corresponde a 7 ramales los cuales tienen diferentes características que ofrece el módulo por ende las diferentes configuraciones que se podrían realizar, estas configuraciones se deben a los distintos accesorios de cada línea.

La segunda parte corresponde a un equipo o grupo de alimentación hidráulica la cual contiene una bomba periférica y un tanque de depósito de 140 l. aproximadamente además de contar con la parte de control.

El banco de pruebas dará a conocer al estudiante más a fondo de los sistemas de flujo de un fluido en donde presentan ganancias de energías por bombas y pérdidas por fricción conforme el fluido que pasa por los tubos y accesorios de cada ramal.

Por lo tanto, el propósito de elaborar este módulo didáctico es para identificar, analizar, visualizar y calcular las pérdidas por fricción de un fluido en un sistema con tuberías y accesorios. Utilizando accesorios para conexiones y direccionamientos de tuberías de igual manera la utilización de los tubos pitot y venturi que son los más utilizados al momento de proponer ejercicios de aplicación, todo esto ayudara a una mejor formación del Estudiante de Ingeniería Electromecánica.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La mecánica de fluidos es una materia imprescindible en la formación del ingeniero electromecánico. El estudio de las leyes del comportamiento de los fluidos, fortalece las bases para el entendimiento de innumerables aplicaciones prácticas como son: máquinas hidráulicas, estaciones de bombeo, control y transmisión hidráulica, entre otras.

El Transporte de Fluidos es una operación muy importante dentro de los procesos industriales, por esta razón la Facultad de ciencias de la ingeniería y aplicadas (CIYA) y en especial la carrera de Ingeniería Electromecánica ha visto la necesidad de construir un banco de pruebas usando fácil manejo, fácil mantenimiento y bajo costo que permitirá a los estudiantes estar familiarizados con el manejo y análisis de variables hidráulicas, sistemas de flujo de fluidos comprobar mediante prácticas y aplicar los conocimientos teóricos impartidos en las aulas con el fin de formar profesionales técnicos competentes que puedan vincularse con el mundo laboral relacionado al sector industrial.

En la actualidad la operación y transporte de fluidos es considerada como la alternativa más fácil y sencilla que ayuda a transformar la materia prima en producto terminado.

El propósito de éste trabajo es implementar un módulo didáctico, con su respectivo tablero de pruebas provistas de un sistema de tuberías, accesorios y tomas de presión en cada ramal. Estos ramales se encuentran colocados en paralelo en los cuales se han variado no solo el diámetro de tubería sino también el tipo de rugosidad, en material PVC, con el propósito de comparar resultados que muchas de las veces ya vienen dadas por el proveedor o fabricante.

Por todo lo señalado el proyecto es viable en su ejecución.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Tabla 1: Beneficiarios del proyecto

DIRECTOS	INDIRECTOS
<ul style="list-style-type: none"> - Universidad Técnica de Cotopaxi - Postulante: Edwin Analuisa 	Estudiantes de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi asignatura o cátedra “fluidos”:

Elaborado: por Analuisa Edwin

5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Actualmente los estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi no cuenta con un equipo (de banco de pruebas para ensayos de pérdidas carga por fricción de tuberías y por accesorios), y debido a la demanda de estudiantes de sexto ciclo donde se recibe la cátedra de fluidos y docentes por contar con este tipo de equipos que haga posible que la cátedra se lleve a la práctica, hace necesario la implementación de este equipo con el fin de no generar vacíos en la formación integral del futuro profesional.

La Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas siempre se ha caracterizado por formar personas competentes y profesionales socialmente responsables para el desarrollo sustentable de la matriz productiva del país, es por esto el afán de implementar equipos indispensables para la formación de sus Ingenieros Electromecánicos , pues a través de los laboratorios y equipos como estos se puede evidenciar claramente lo aprendido en las aulas y reforzar conocimientos, específicamente en el campo de la mecánica de fluidos, con el conocimiento del comportamiento de dispositivos como las bombas periféricas y accesorios ampliamente usados tanto a nivel doméstico como a nivel industrial en el país y mundialmente.

6. OBJETIVOS:

Objetivo General

- Implementar un módulo didáctico de fluido hidráulico, mediante el uso de ramales conformados por sistemas de tuberías, accesorios y tomas de presión, con el fin de visualizar y analizar pérdidas por fricción existentes en dichos elementos.

Objetivos Específicos

- Realizar una recopilación bibliográfica documental sobre hidráulica y las diferentes causas que producen pérdidas en los sistemas de tuberías.
- Diseñar e implementar un módulo didáctico de pruebas para el análisis, visualización y comprobación de las pérdidas por fricción que existen en accesorios y tuberías.
- Evaluar los resultados obtenidos entre la parte práctica o experimental y los resultados obtenidos mediante cálculo.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 2 : Actividades Y Sistema De Tareas En Relación A Los Objetivos Planteados

Objetivo	Actividad	Resultado de la actividad	Medios de Verificación
Indagar los métodos de cálculo para determinar las pérdidas por fricción, longitud y números de accesorios en tuberías de diferentes características constructivas.	Búsqueda de características técnicas y de la variable K que existen inmersas en las pérdidas de carga por accesorios y tubería PVC.	Información técnica la variable K que intervienen en cada uno de los elementos y accesorios PVC.	Datos bibliográficos
Diseñar e implementar un módulo didáctico de pruebas para el análisis y visualización de las	Análisis técnico de pérdidas de carga que existe en cada uno de los ramales.	Información técnica y datos de pérdida de carga que existe en cada	Cálculos técnicos

pérdidas por carga que existen por accesorios y tuberías.		uno de los ramales.	
Evaluar los resultados obtenidos entre la parte práctica o experimental y los resultados obtenidos mediante cálculos.	Realización de prácticas experimentales y cálculos respectivos para cada uno de los ramales.	Datos relacionados entre la parte práctica o experimental y la calculada.	Prácticas y cálculos técnicos

Elaborado: por Analuisa Edwin

8. TEORÍA DEL FLUJO DE FLUIDOS EN TUBERÍAS

Fluidos

Un fluido es una sustancia que toma diferentes formas siempre y cuando este expuesta a un esfuerzo cortante, sin importar cuan pequeño sea este esfuerzo cortante, este esfuerzo ejerce una fuerza tangente a la superficie; esta fuerza está dividida por el área de la superficie. (STREETER, 1988.)

Propiedades de los fluidos

Para los cálculos utilizados en la ingeniería de mecánica de fluidos se ha desarrollado mediante el entendimiento de las propiedades de los fluidos, la aplicación de las leyes básicas de la mecánica y termodinámica.

Densidad

La densidad de un líquido cuya fórmula se observa en la Ec.1, se expresa como la masa por unidad de volumen a una determinada temperatura la cual varía de acuerdo con este cambio. Si un líquido se encuentra a altas temperaturas se torna menos denso debido a sus moléculas que se mueven más rápido y por tal razón se distancian unas a otras, ocasionando vacíos, lo que aumenta su volumen y en consecuencia disminuye su densidad (DÍAZ, 2016).

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{Ec. (1)}$$

Dónde:

ρ = Densidad del fluido (kg/m³)

m = Masa (kg)

V = Volumen de la sustancia (m³)

Peso específico

Se conoce como peso específico de un fluido al peso por unidad de volumen. Éste cambia con la gravedad, la cual depende del lugar de localización del producto. El peso específico se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\gamma = \rho * g \quad \text{Ec. (2)}$$

Dónde:

γ = Pesos específicos del fluido (N/m³)

ρ = Densidad de la sustancia (kg/m³)

g = Aceleración de la gravedad (m/s²)

Densidad relativa

La mecánica de fluidos relaciona la masa y el peso con un volumen dado, debido que los fluidos circulan de forma circular por las tuberías. Se relaciona entre el peso de la sustancia y el peso del volumen del agua a condiciones normales, es un número adimensional y se define como la relación entre su densidad o peso específico y el agua, como se expresa en la siguiente ecuación:

$$Dr = \frac{\rho_{sustancia}}{\rho_{agua}} = \frac{\gamma_{sustancia}}{\gamma_{agua}} \quad \text{Ec. (3)}$$

Condiciones normales del agua (H₂O) son: temperatura a 20°C, presión absoluta 1 atm y densidad 1000kg/m³ (PERRY/C.H.Chilton, 2015)

Viscosidad

A la viscosidad de un fluido se la conoce como la medida de su resistencia a fluir, como resultado de la interacción y cohesión de sus moléculas.

A demás la viscosidad se produce por el efecto de corte o deslizamiento resultante del movimiento de una capa de fluido con respecto a otro y es completamente distinta de la atracción molecular.

Condiciones de flujo

Velocidad de flujo

Para un fluido dinámico, la velocidad límite es la velocidad máxima que va alcanzar un cuerpo en movimiento en el seno de un fluido infinito que se rige por la acción de una fuerza constante. La ecuación que rige esta variable dentro de un sistema hidráulico es la siguiente:

$$v = \frac{4Q}{\pi D_i^2} \quad \text{Ec. (4)}$$

Dónde:

Q = Caudal (m^2/s)

D_i = Diámetro interno de la tubería (m) (MOTT, 2013).

Caudal

Se denomina caudal como el volumen por unidad de tiempo que atraviesa una sección transversal de un conducto. El caudal (Q) se relaciona con la velocidad (v) a través del área transversal de flujo (A) cuya ecuación es la siguiente:

$$Q = A * v \quad \text{Ec. (5)}$$

Unidades frecuentes de caudal: m^3/s , lt/s , GPM (MATAIX, 2014).

Altura o carga de presión

La altura de presión h se define como la altura de una columna de una sustancia homogénea y dé un valor de presión, de la siguiente manera:

$$h = \frac{P}{W} \quad \text{Ec. (6)}$$

La altura tiene como unidades el metro (m). (MOTT, 2013)

Presión

La presión está definida como la fuerza que ejerce sobre el área o superficie del fluido; los fluidos constantemente se encuentran a diferentes variaciones de presión, en función de un

sistema. Teniendo en cuenta que el fluido que se va a utilizar en el banco de bombas es el agua potable, este fluido va a estar a mayor presión que la atmosférica, para que salga con mayor rapidez por la fuerza que ejercen las bombas hidráulicas.

Se define por medio de la siguiente ecuación:

$$P = \frac{F}{A} \quad \text{Ec. (7)}$$

Dónde:

P= presión

F= fuerza ejercida sobre el área

A= Área del fluido (MOTT, 2013).

Presión atmosférica

La presión atmosférica es el peso ejercido por la atmosfera o aire sobre la Tierra, cuyas condiciones son: presión atmosférica normal y temperatura ambiente, ésta presión contiene 2×10^{25} moléculas en movimiento a una velocidad de 1.600 kilómetros por hora, esta presión varía indirectamente en la tierra según la altitud, es decir, a mayor altitud, menor presión atmosférica. (MOTT, 2013)

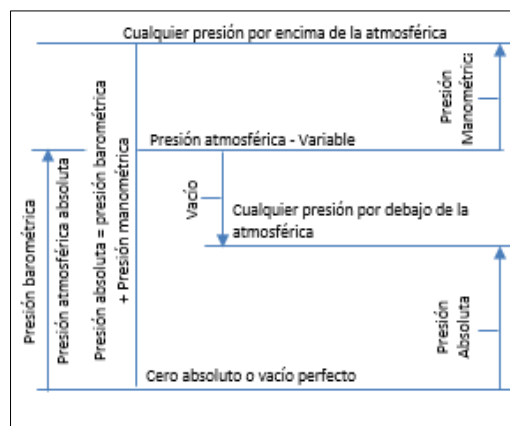
Presión manométrica

Esta presión es la que se produce por un medio diferente a la presión atmosférica. Ejemplo: La presión que ejerce el gas de una botella de agua mineral (MOTT, 2013).

Presión absoluta

La presión absoluta como se muestra en la figura 1, se refiere a la superficie que resulta de la sumatoria de la presión atmosférica y manométrica. (MOTT, 2013).

Figura 1: Relación de presiones



Fuente: Mott (2013). Termodinámica

Presión de Succión

Es la presión que se mide en el puerto de entrada de la bomba en el sistema de bombeo, interviene la presión del sistema de bombeo, la altura y las pérdidas por fricción del sistema, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$P_s = P + Z + \Sigma h_{TOTAL} \quad \text{Ec. (8)}$$

Dónde:

P_s = Presión de succión (psi)

P = Presión atmosférica (psi)

Z = Altura (m)

Σh_{TOTAL} = Pérdidas por fricción (m) (Mott, 1996).

Presión de Descarga

Se refiere a la presión promedio en la salida de la bomba durante la operación. Rige la siguiente ecuación:

$$P_d = P_{RD} + h_s + \Sigma h_{TOTAL} \quad \text{Ec. (9)}$$

Dónde:

P_d = Presión de descarga (psi)

h_s = Presión de recipiente de descarga (psi)

Σh_{TOTAL} = Pérdidas totales del sistema (m) (MOTT, 2013)

Ecuaciones básicas para flujo en tuberías

Regímenes de Flujo de fluidos en tuberías

Para el cálculo de pérdidas de carga se debe tomar en cuenta que el flujo de un fluido real es más complejo que el fluido ideal. Debido a la viscosidad de los fluidos reales, en su movimiento aparecen fuerzas cortantes entre las partículas fluidas y las paredes del contorno y entre las distintas capas de fluido. Existen dos tipos de flujos permanentes en el caso de fluidos reales, que se llaman flujo laminar y flujo turbulento.

Régimen laminar, turbulento e inestable

Flujo laminar

Es aquel en el cual las partículas del fluido siguen trayectorias paralelas, formando junto de ellas capas o laminas. La velocidad de estas partículas es mayor cuando están más alejadas de

las paredes del conducto, o sea que la velocidad de dichas partículas está en función de la distancia a las paredes del conducto. (DÍAZ, 2016)

Flujo Turbulento

Es aquel en el cual las partículas del fluido no siguen trayectorias paralelas, es decir se mueven en forma desordenada en todas las direcciones. Es imposible conocer la trayectoria de una partícula individualmente. Estos tipos de flujo de fluidos dependen de la gradiente de velocidad, si el gradiente de velocidad es bajo y el desplazamiento de las partículas sigue la misma trayectoria se denomina flujo laminar que fue descubierto por O. Reynolds en otras palabras a manera de resumen su trayectoria es en forma de capas o laminas. Este flujo se caracteriza por tener número de Reynolds menor a 2100. (STREETER, 1988.) Ahora bien, si su gradiente de velocidad aumenta y sus partículas adquieren energía rotatoria, la viscosidad pierde su efecto, por lo cual las partículas todo el tiempo tomaran trayectorias distintas y chocaran entre sí, a este tipo de flujo se denomina turbulento y su número de Reynolds es mayor a 3000.

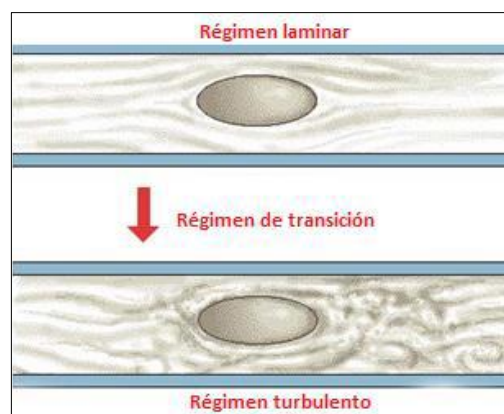
Finalmente si el flujo del fluido se encuentra en el rango: 2000 y 3000 se dice que este es un fluido inestable como se muestra en la tabla 1. (SHAMES, 1995)

Tabla 3: Régimen de flujo por Reynolds

Régimen de Flujo	Re
Laminar	$Re < 2.100$
Transición	$2.100 \leq Re \leq 3.000$
Turbulento	$Re > 3.000$

Fuente: (shames, 1995)

Figura 2: Régimen de flujo por Reynolds



Fuente: Fuente: LVMF

Número de Reynolds

Osborne Reynolds realizó investigaciones en las cuales han demostrado que el régimen de flujo en tuberías, es decir, si es laminar o turbulento, depende del diámetro de la tubería, de la densidad, de la viscosidad del fluido y de la velocidad del flujo. El valor numérico de una combinación adimensional de estas cuatro variables, conocido como el NÚMERO DE REYNOLDS, puede considerarse como la relación de las fuerzas dinámicas de la masa del fluido respecto a los esfuerzos de deformación ocasionados por la viscosidad y se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{Re} = \frac{v \cdot D \cdot \rho}{\mu} = \frac{v \cdot D}{\nu} \quad \text{Ec. (10)}$$

Dónde:

Re = Número de Reynolds

v = Velocidad media del flujo (m/s)

D = Diámetro interno de la tubería (m)

ν = Viscosidad cinemática del fluido (m²/s)

Pérdidas de energía en un sistema hidráulico

Se refiere a la pérdida de energía de un flujo a lo largo del sistema hidráulico que lo contiene, las pérdidas de carga en tubería se dividen en dos tipos: pérdidas fricción y pérdidas secundarias.

Bombas periféricas

La Bomba Periférica es ideal para construcciones donde se requieran presiones elevadas de agua. Además son resistentes a la intemperie, son de bajo consumo eléctrico, tienen un funcionamiento silencioso. En conclusión La bomba periférica = menor caudal MAYOR presión. También son llamadas bombas de tipo turbina, vértice y regenerativas, en esta clase se bombas originan torbellinos en el líquido mediante los alabes con abundante velocidad, dentro del canal anular donde gira el impulsor, existe gran diferencia entre la bombas de tipo difusor de pozo profundo llamadas más comúnmente bombas turbinas y no debe compararse la bomba periférica. (AVALLONE, 1999)

Figura 3: Bomba periférica



Fuente: bombas periféricas (sodimac, 2016)

Ventajas de bombas periféricas

Las bombas a turbina o periféricas monofásicas ofrecen muchas ventajas frente a las bombas centrífugas, en la zona de bajo caudal y moderado a alta presión.

- Proveen mayor altura que las bombas centrífugas para el mismo diámetro de impulsor, es decir, menor tamaño para las mismas condiciones.
- Menor costo que las bombas centrífugas.
- Tienen mejor rendimiento. Significa: menor costo de funcionamiento.
- Mantienen un flujo suave y continuo, llegando a desarrollar alturas de hasta 170 m. con una sola etapa.
- Son bombas regenerativas, pueden manejar líquidos a temperatura de ebullición, apenas superior a la tensión de vapor.

Cavitación

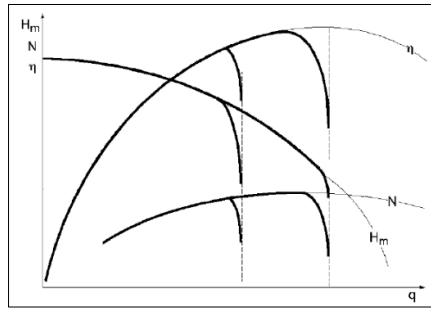
La cavitación es un proceso que se debe evitar en las bombas hidráulicas ya que reduce el espacio donde va a pasar el fluido, otro factor que se tiene q evitar es que perturba el flujo del fluido debido que existe desprendimiento de vapores y gases disueltos por las tuberías.

Y lo que ocasiona principalmente es que existe disminución del caudal, rendimiento de la bomba y disminución de la altura manométrica. (SHAMES, 1995)

Existe un parámetro de control de la cavitación llamado Altura Neta Positiva de Succión Requerida (NPSHr) y Disponible (CNPSd).

Es aquella energía necesaria para llenar la parte de succión y vencer las pérdidas por rozamiento y por el aumento de velocidad, desde la conexión de aspiración de la bomba, hasta el punto en que se añade más energía.

Figura 4: Efecto de la Cavitación en una bomba



Fuente: centrífuga Mott, Robert.

Tipos de válvulas

Los requerimientos en la industria son diversos, por lo que se ha ido desarrollando en el transcurso de los años incontables diseños, pero todas guardan una similitud cumplen con las características de controlar, retener, regular o dar paso a un fluido, por ende las válvulas pueden ser categorizadas en los siguientes grupos:

- Válvulas de compuerta
- Válvulas de globo
- Válvulas de bola
- Válvulas de mariposa
- Válvulas de ariete
- Válvulas de diafragma
- Válvulas macho
- Válvulas de retención
- Válvulas de desahogo. (Crane, 1976)

Únicamente se estudiará el tipo de válvula que se ha implementado en el banco de pruebas, para entender de mejor manera sus usos y aplicaciones.

Válvula de bola

Este tipo de válvulas se ha usado en el equipo para controlar el flujo de retorno, ya que esta válvula logra un transporte del fluido directo cuando se encuentra en la posición abierta, se interrumpe el paso cuando se voltea la bola a 90° y se cierra el conducto, esto se consigue ya que la válvula de bola son de $\frac{1}{4}$ de vuelta por lo que la bola taladrada da vueltas entre asientos elásticos (CRANE, 2014).

Figura 5: Válvula de bola



Fuente: Crane. Mayk, (1976)

Válvulas de diafragma

Las válvulas de diafragma se utilizan para el corte y estrangulación de líquidos que pueden llevar una gran cantidad de sólidos en suspensión.

En las válvulas de diafragma se aísla el fluido de las partes del mecanismo de operación. Esto las hace idóneas en servicios corrosivos o viscosos, ya que evita cualquier contaminación hacia o del exterior. La estanqueidad se consigue mediante una membrana flexible, generalmente de elastómero, pudiendo ser reforzada con algún metal, que se tensa por el efecto de un eje-punzón de movimiento lineal, hasta hacer contacto con el cuerpo, que hace de asiento.

Figura 6: Válvula de membrana



Fuente: Crane. Mayk, (1976)

9. PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPOTESIS

La implementación de un módulo didáctico de fluido hidráulico, permitirá la visualización y análisis de pérdida por fricción en tuberías en el laboratorio de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

10. DISEÑO EXPERIMENTAL

La finalidad en este punto del proyecto es el diseño del banco de pruebas para pérdidas de carga por fricción y por accesorios.

El módulo didáctico está formado por un sistema de siete ramales de tuberías, más un ramal total que contiene distintos accesorios colocadas en serie. La configuración física de las tuberías son en paralelo estas tuberías difieren tanto en material como en diámetro, esta elección se ha realizado de acuerdo a la necesidad de generar ejercicios de aplicación para los estudiantes de Ingeniería.

Diseño del módulo didáctico

Generalidades

El módulo didáctico permite hacer una circulación del fluido (agua) por diferentes ramales independientemente gracias a que en el sistema se posee válvulas de restricción de caudal, mediante el cierre y apertura de las mismas se logra tener los siguientes sistemas hidráulicos:

1. Un sistema en el cual se obtendrá las pérdida de carga por fricción en tubería de PVC roscable de diámetro nominal 1/2".
2. Un sistema en el cual se obtendrá las pérdida de carga por fricción en tubería de PVC roscable de diámetro nominal 3/4".
3. Un sistema en el cual se obtendrá las pérdida de carga por fricción en tubería PVC de agua caliente de diámetro nominal 1/2".
4. Un sistema en el cual se obtendrá las pérdida de carga por fricción en tubería lisa transparente diámetro nominal 1/2".
5. Pérdidas de carga en los siguientes accesorios:
 - Válvula de compuerta de ½ pulg.
 - Válvula de compuerta de ¾ pulg.
 - Válvula de globo 1 de fabricante italiana
 - Válvula de globo 2 de fabricante Plastigama.
 - Válvula de retención o check de ½ pulg.
 - Codo estándar de 90°
6. Un sistema en el cual se obtendrá la pérdida de carga de toda la configuración física propuesta en el tablero hidráulico.

Cada uno de los sistemas se analizara por separado siguiendo su propio recorrido y considerando las pérdidas por fricción de tubería y accesorios, la cual detalla más adelante.

Tabla 4: Especificaciones para cada diámetro de tubería

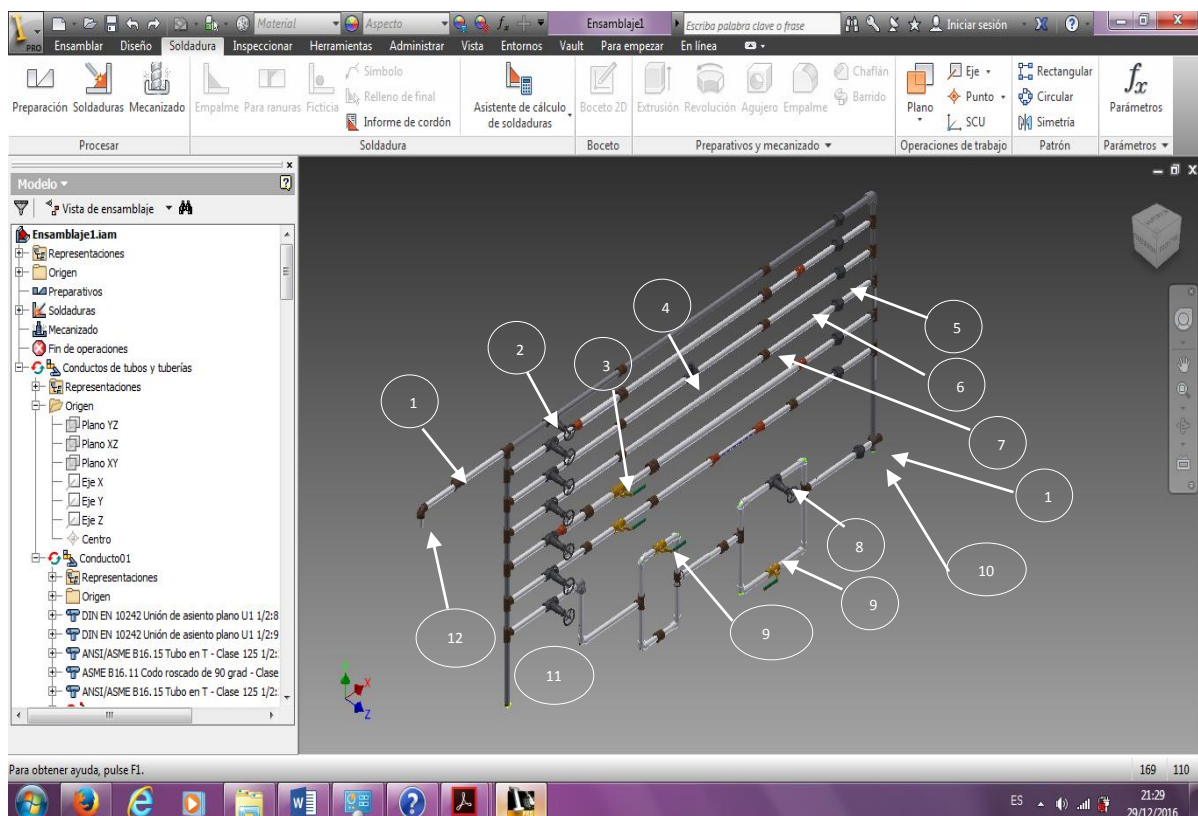
Descripción	Diámetro Nominal (pulg)	Diámetro Exterior (mm)	Espesor de pared (mm)	Diámetro Interno (mm)	Presión de Trabajo (PSI)
PVC (cédula 80)	1/2	21,34	3,73	17,77	420
PVC (cédula 80)	3/4	26,74	3,94	20,93	400
PVC (cédula 80)	1	31,21	4,25	26,2	460

Fuente: Serie métrica PN 10 para tuberías y accesorios

Partes del módulo de pruebas

El esquema de la figura 9 corresponde al módulo de pruebas propuesto para medir las pérdidas de carga en tuberías y accesorios.

Figura 7: Partes he imagen tridimensional del módulo propuesto.



Realizado: por Edwin Analuisa

El módulo consta de las siguientes partes físicas:

1. Toma de medidores de presión
2. Válvulas de paso o de bola de 1/2"

3. Válvulas de membrana de ¾ ”
4. Válvula check de ½”
5. Universal de ½”
6. Reducción ampliación de ½” a ¾”
7. Unión de ½”
8. Válvula de membrana de ½ ”
9. Válvula de bola de ½”
10. Salida de fluido
11. Ubicación del tubo pitot y venturi
12. Entrada de fluido donde se integran el grupo de alimentación del módulo.

Selección de fluido

El módulo de pruebas fue diseñado para que el fluido posea características específicas, es decir, el fluido tiene que estar a temperatura ambiente y su viscosidad sea baja, pues dándose el caso de reemplazo del fluido por otro de mayor viscosidad o características produciría daños internos en la tubería y accesorios, este módulo fue diseñado para utilizar como fluido al agua (H₂O) cuyas propiedades se obtiene de tablas para los cálculos requeridos.

Condiciones y fluido en las que va a trabajar el equipo y que se utilizara para el cálculo.

Ya se sabe que el fluido que se va a utilizar es el agua, dado que el módulo de pruebas estará en Latacunga específicamente en el laboratorio de Ingeniería Electromecánica se usará una temperatura promedio de 15°C y una presión atmosférica de 546 mmHg = 10.41Psi. Con estas condiciones las propiedades del agua son:

Tabla 5: Propiedades del Agua

Masa específica (ρ)	999,10 kg/m ³
Peso específico (γ)	9798 N/m ³
Coefficiente dinámica (μ)	0,00114 Pa
Coefficiente cinemática (ν)	1,14 x 10 ⁻⁶ m ² /s

Elaborado: Analuisa Edwin

De la misma manera se adjunta el Anexo 2 donde se observan especificaciones según sea el caso necesario para cada característica presentada al momento de realizar las prácticas.

Uniones y accesorios del módulo de pruebas de pérdidas de presión

En este punto se van a analizar los accesorios utilizados en cada línea o tramo que son contados desde la parte de arriba hacia abajo de la misma manera las uniones utilizadas todo esto para una alimentación de una bomba PKM 60, dicho esto las siguientes uniones y accesorios para las líneas son:

Accesorios tramo 1

El tramo 1 contiene tubería de ½ pulgada en toda su trayectoria

Tabla 6: Accesorios tramo 1

Descripción	Cantidad
Tee de ½	1
válvula de bola de ½	1
uniones de ½	2
codo de 90 grados ½	1
universal de ½	1

Elaborado: Analuisa Edwin

Accesorios tramo 2

El tramo 2 contiene tubería de ½ pulgada y tubería de ¾ pulgada

Tabla 7: Accesorios tramo 2

Descripción	Cantidad
Tee de ½	2
válvula de bola de ½	1
uniones de ½	2
ensanchamiento estrechamiento ¾ a ½	2
universal de ½	1

Elaborado: Analuisa Edwin

Accesorios tramo 3

El tramo 3 contiene tubería de ½ pulgada

Tabla 8: Accesorios tramo 3

Descripción	Cantidad
válvula check de ½	1

Tee de ½	2
válvula de bola de ½	1
uniones de ½	2
universal de ½	1

Elaborado: Analuisa Edwin

Accesorios tramo 4

El tramo 4 contiene tubería de ½ pulgada y tubería de ½ pulgada transparente.

Tabla 9: Accesorios tramo 4

Descripción	Cantidad
Tee de ½	2
Neplos flex de ½	2
codos de 90 grados de ½	2
válvula de bola de ½	1
universal de ½	1

Elaborado: Analuisa Edwin

Accesorios tramo 5

El tramo 5 contiene tubería de ½ pulgada y tubería de ¾ pulgada.

Tabla 10: Accesorios tramo 5

Descripción	Cantidad
Tee de ½	2
uniones de ¾	3
ensanchamiento estrechamiento ¾ a ½	2
válvula de bola de ½	1
universal de ½	1
Válvula de membrana de ¾	1

Elaborado: Analuisa Edwin

Accesorios tramo 6

El tramo 6 contiene tubería de ½ pulgada, tubería de ¾ pulgada y tubería de 1 pulgada.

Tabla 11: Accesorios tramo 6

Descripción	Cantidad
Tee de ½	2
ensanchamiento estrechamiento ¾ a ½	2
válvula de bola de ½	1

universal de ½	1
uniones de ½	2
ensanchamiento estrechamiento 1 a ¾	1
ensanchamiento estrechamiento 1 a ½	1
Válvula de membrana de ½	1

Elaborado: Analuisa Edwin

Accesorios tramo 7

El tramo 7 contiene tubería de ½ pulgada en toda su trayectoria

Tabla 12: Accesorios tramo 7

Descripción	Cantidad
Tees de ½	5
válvula de bola de ½	4
uniones de ½	8
universal de ½	1
codos de 45 grados de ½	2
codos de 90 grados de ½	10

Elaborado: Analuisa Edwin

Cálculo de pérdidas por accesorios en tuberías lisas.


Estas pérdidas también son llamadas perdidas menores y para calcular estas pérdidas es necesario conocer el factor “K” de los accesorios utilizados a lo largo de cada uno de los tramos, estos valores se pueden obtener por medio del proveedor o por cálculo de fórmula como se detalla a continuación para los accesorios más comunes:

Cálculo del Coeficiente “K” en accesorios utilizados.

Codo HH

Para el sistema de bombeo se utilizó codos estándar de 90° de 1”, ¾”, ½” en PVC para ciertos tramos de las tuberías.

Figura 8: codo HH 90 grados

Figura	pulg	mm	Coeficiente K
	½	20	0,81
	¾	25	0,73


Fuente: Catálogo línea roscable – (Plastigama, 2016)

Unión Tee

Para la unión de cada sección del banco de pruebas se utilizó uniones de Tee de 1", ¾", ½" en PVC.

Figura 9: Unión

Tee.

Figura	plg	mm	Coeficiente K	Tipo de flujo
	½	20	0,54	recto
	½	20	1,62	perpendicular

Fuente: Catálogo línea roscable – (Plastigama, 2016)


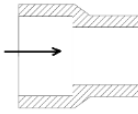
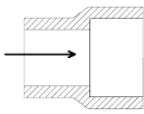
Reductor (ensanchamiento - estrechamiento)

Se utilizó reductores de 1" a ¾", de igual manera se utilizó reductores de ¾" a ½", cuya función es la unión de tuberías de diferente diámetro.

Para el cálculo del coeficiente hay que tener en cuenta según la dirección de flujo y se utiliza la siguiente ecuación:

$$K = 0,5\left(1 - \frac{d_1^2}{d_2^2}\right) \quad \text{Ec. (17)}$$

Figura 10: Reductor


Figura	plg	mm	Coeficiente K	Coeficiente K
	¾*½	25*20		
	¾*½	25*20	0,35	0,21
	¾*1	25*32	0,35	0,21
	¾*1	25*32	0,19	0,31
	½*1	20*32	0,32	0,90

Fuente: Catálogo línea roscable – (Plastigama, 2016)

Unión

Figura 11: Niple - 6cm corrido

Figura	plg	mm	Coeficiente K
--------	-----	----	---------------

	1/2	20	0,08
	3/4	25	0,1


Fuente: Catálogo línea roscable – (Plastigama, 2016)

Valor k para la unión o similar es; $K = 0,08$

Para una unión de $3/4$ es $K = 0,1$ estas dadas por el proveedor.

Unión universal


Figura 12: unión universal

Figura	plg	mm	Coefficiente K
	1/2	20	0,78

Fuente: Catálogo línea roscable – (Plastigama, 2016)

Adaptador para tanque c/junta

Figura 13: Adaptador para tanque c/junta

Figura	plg	mm	Coefficiente K
	1	32	0,78

Fuente: Catálogo línea roscable – (Plastigama, 2016)

Sistema de control y visualización

El sistema de control del módulo que servirá para la visualización de las variables principales como son el caudal que ingresa, la presión de entrada y la presión de salida cuenta con los siguientes:

- 2 Medidores de presión PAOLO

- Rotámetro o caudalímetro LHLL-4-40GPM 15-150LPM
- Sensor de caudal o de flujo YF-S201
- 2 Sensores de presión – transductor HK3022
- Tubo Pitot y Venturi con sus respectivos medidores de columna de agua.

Medidor de presión PAOLO

Estos medidores de presión se encuentran una en la entrada y una en la salida los cuales se utilizaran en el módulo con el fin de obtener una visualización de presión en el sistema.

El medidor cuenta con las siguientes características

- Este es un indicador de presión de fluido hidráulico.
- Este medidor de presión de agua es de 10 bar cuenta con una "cara y 1/4" 2,3 de montaje lateral TNP.
- Este indicador puede ser usado para medir el aire, agua, petróleo, gas, y cualquier otra cosa que no sea corrosivo para los metales.
- Este es un indicador de acero cromado con bisel de acero cromado.
- Tamaño: aprox. 83 * 62 * 22 mm
- Peso neto: aprox. 91g

Nota: Permite diferir su exactitud de 1-3mm debido a la medida manual.

Figura 14: Medidor de presión PAOLO



Fuente: neumática (Kywi, 2015)

Rotámetro o caudalímetro LHLL-4-40GPM 15-150LPM

El rotámetro es un caudalímetro industrial que se usa para medir el caudal de líquidos y gases. El rotámetro consiste en un tubo y un flotador. La respuesta del flotador a los cambios de caudal es lineal.

Principio de operación del rotámetro

La operación del rotámetro se basa en el principio de área variable: El flujo de fluido eleva el flotador en un tubo ahusado, lo que aumenta el área para el paso del fluido. Cuanto mayor es el flujo, más alto se eleva el flotador. La altura del flotador es directamente proporcional al caudal. Con líquidos, el flotador se eleva por una combinación de la flotabilidad del líquido y la altura equivalente de velocidad del fluido. Con los gases, la flotabilidad es despreciable, y el flotador responde solo a la altura equivalente de velocidad.

Sin embargo, es importante señalar que debido a que la posición del flotador depende de la gravedad, los rotámetros deben estar orientados y montados verticalmente.

Figura 15: Rotámetro LHLL-4-40GPM 15-150LPM



Fuente: Instrumentación (viaindustrial, 2012)

Características:

Medidor de flujo; Material: vidrio, acero inoxidable, plástico

Color: negro

Tamaño general: 4,3 x 27.7cm / 1.7 "x 10.9" (D * H)

Rango: GPM: 4-40; LPM: 15-150; Entrada de rosca: 1 "PT

Peso neto: 363g

Sensor de caudal o de flujo FS400A

El sensor de flujo es un dispositivo que, instalado en línea con una tubería, permite determinar cuando está circulando un líquido o un gas.

Estos son del tipo apagado/encendido; determinan cuando está o no circulando un fluido, pero no miden el caudal. Para medir el caudal se requiere un caudalímetro.

Los sensores de flujo YF-S201, FS300A, FS400A son muy usados en varias aplicaciones, puesto que el flujo o caudal es parámetro necesario en varios procesos, a nivel doméstico lo podemos usar para medir el consumo de agua.

El sensor internamente tiene un rotor cuyas paletas tiene un imán, la cámara en donde se encuentra el rotor es totalmente aislado evitando fugas de agua, externamente a la cámara

tiene un sensor de efecto hall que detecta el campo magnético del imán de las paletas y con esto el movimiento del rotor, el sensor de efecto hall envía los pulsos por uno de los cables del sensor, los pulsos deberán ser convertidos posteriormente a flujo pero esto ya es tarea del Arduino o controlador que se desee usar. (naylamp, 2016)

Figura 16: sensor de flujo



Fuente: Sensores (naylamp, 2016)

Características:

Rango de flujo: 1-60L / min

Voltaje de trabajo nominal mínimo: DC4.5 5V-24V

Corriente máxima: 15 mA (DC 5V)

Gama del voltaje de trabajo: CC 5-18 V

Capacidad de carga: 10 mA (DC 5V)

Temperatura de funcionamiento: 80 ° C, Humedad de funcionamiento: 35% -90% RH

Permita la compresión: Presión del agua 1.20 Mpa abajo

Temperatura de almacenamiento: -25- + 80 ° C

Humedad de almacenamiento: 25% -95% RH

$F = 4,8 * \text{unidades de flujo (L / min)} * \text{tiempo (segundos)}$.

Sensores de presión – transductor HK3022

Los sensores de presión o transductores de presión son elementos que transforman la magnitud física de presión o fuerza por unidad de superficie en otra magnitud eléctrica que será la que emplearemos en los equipos de automatización o adquisición estándar.

Pueden ser de tipos electromecánicos cuyas partes son:

Un elemento mecánico elástico + transductor eléctrico.

El elemento mecánico, consiste en un tubo Bourdon, espiral, hélice, diafragma, fuelle o una combinación de los mismos.

Consisten en un elemento elástico que varía la resistencia óhmica de un potenciómetro en función de la presión. Este está conectado a un puente de Wheastone.

Los transductores resistivos son simples y su señal de salida es bastante potente como para proporcionar una corriente de salida suficiente para el funcionamiento de los instrumentos de indicación sin necesidad de amplificación.

Figura 17: Sensores de presión – transductor HK3022



Fuente: Sensores (naylamp, 2016)

Características:

Voltaje de funcionamiento: 5 V CC

Voltaje de salida: 0,5-4,5 VCC

Material del sensor: aleación de acero al carbono

Corriente de trabajo: ≤ 10 mA

Rango de presiones: 0-1,2 MPa

Presión destruir: 3,0 MPa

Trabajando TEMP. Rango: 0-85 grados

La medición de error: $\pm 1,5\%$ FSO

Error Rango de temperatura: $\pm 3,5\%$ FSO

Tiempo de respuesta: $\leq 2,0$ ms

El acero inoxidable es resistente al agua, con el precinto de línea, chips durables importados.

- Cableado: rojo +
- Negro -
- Salida de color amarillo

Sistema de visualización con Arduino

Los sensores anteriormente mencionados serán conectados a un Arduino UNO el cual nos permitirá realizar el control y la visualización de las variables principales como la presión de entrada y salida así como también visualizar el caudal que ingresa al sistema.

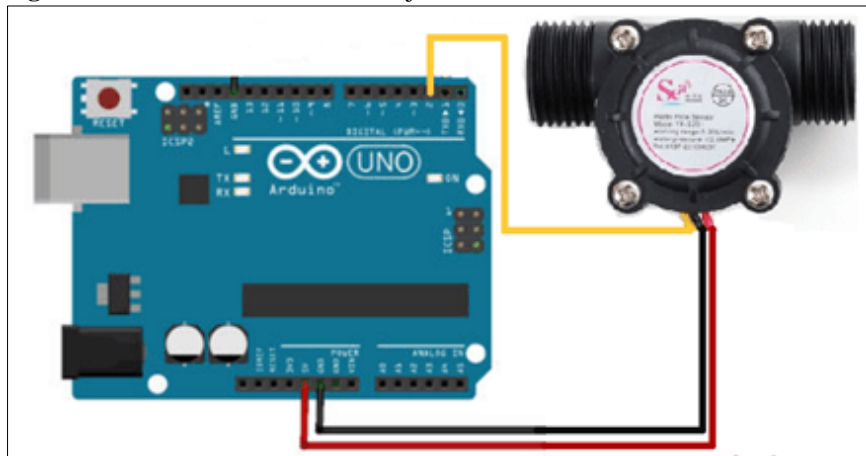
Programación para los sensores

Los sensores tienen los mismos sistemas electromecánicos es por ende que su programación será similar cabe resaltar que es sensor de flujo es de tipo digital y el sensor de presión es de tipo analógico.

Las programaciones deben ser separadas para su manejo y utilizadas según sea la visualización que queramos de esta manera se comenzara con la programación para la realizará la medición del flujo de agua en L/min así como el volumen total de agua que pasa por el sensor.

Conexión de sensores

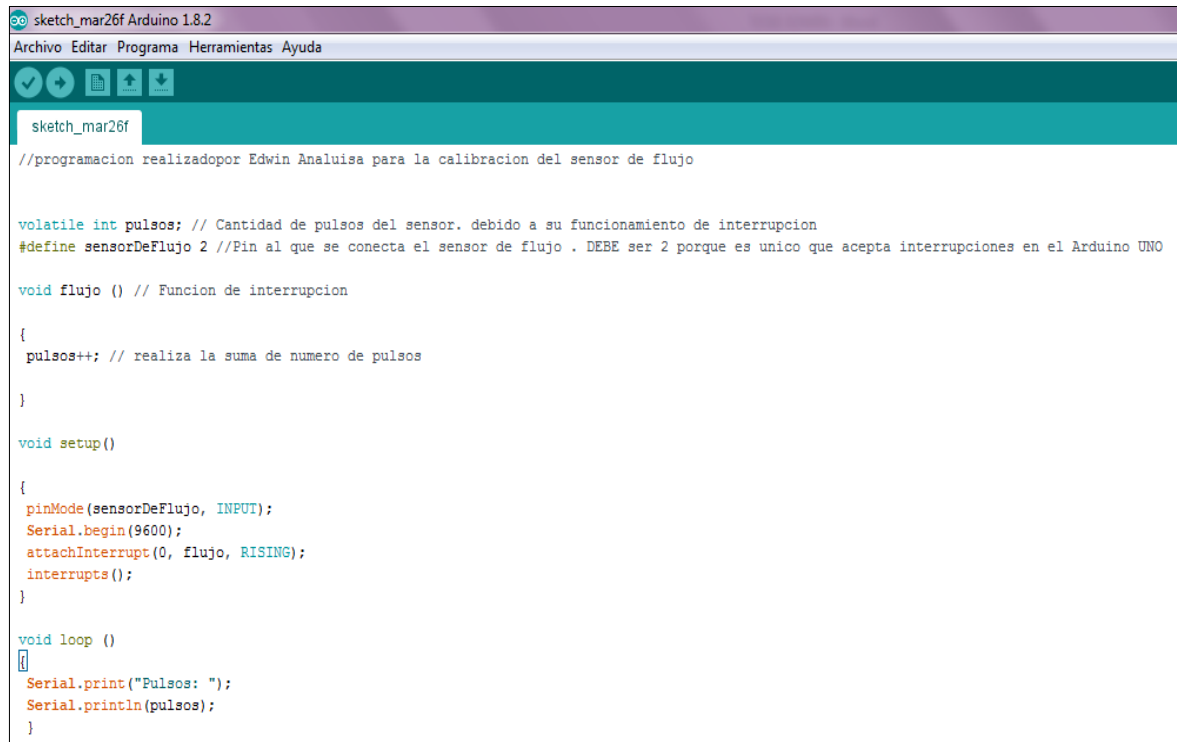
Figura 18: Conexión de sensor de flujo



Realizado: por Edwin Analuisa

Para que este sensor funcione primero se comienza con una valoración o calibración de datos importantes que serán tomados en cuenta para su correcto funcionamiento durante su operación. De esta manera la calibración que es una programación realizada en Arduino queda de la siguiente manera:

Figura 19: Programación para la calibración



```

sketch_mar26f Arduino 1.8.2
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

sketch_mar26f

//programacion realizadopor Edwin Analuisa para la calibracion del sensor de flujo

volatile int pulsos; // Cantidad de pulsos del sensor. debido a su funcionamiento de interrupcion
#define sensorDeFlujo 2 //Pin al que se conecta el sensor de flujo . DEBE ser 2 porque es unico que acepta interrupciones en el Arduino UNO

void flujo () // Funcion de interrupcion

{
  pulsos++; // realiza la suma de numero de pulsos
}

void setup()

{
  pinMode(sensorDeFlujo, INPUT);
  Serial.begin(9600);
  attachInterrupt(0, flujo, RISING);
  interrupts();
}

void loop ()

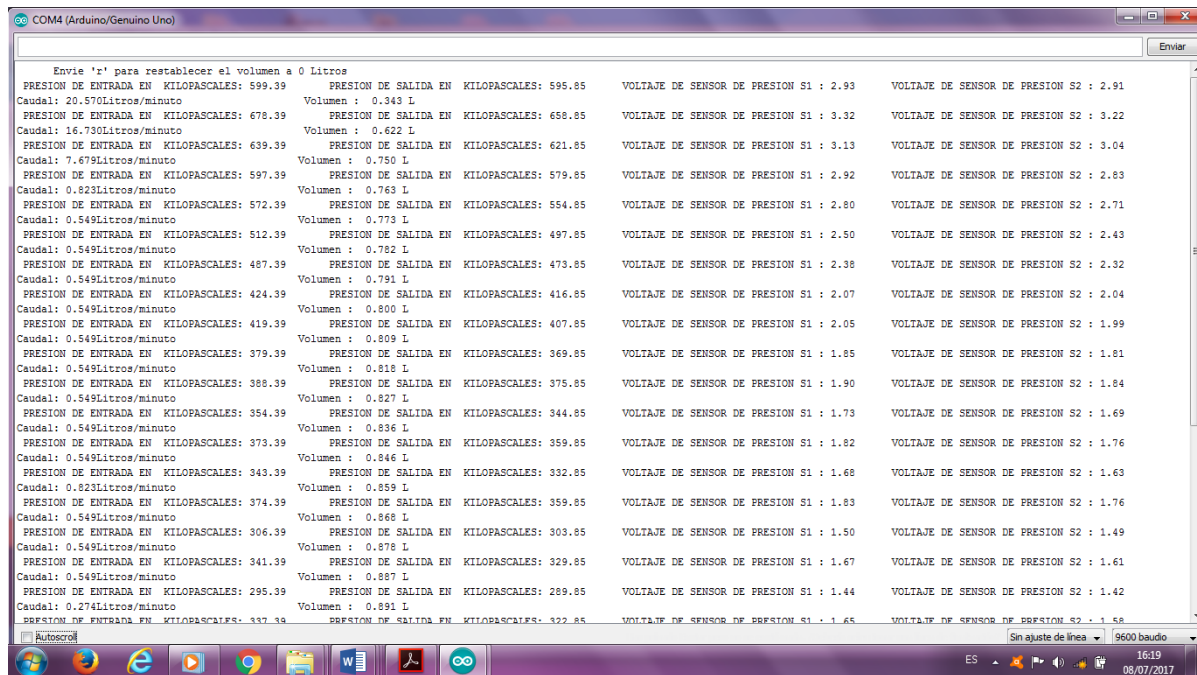
{
  Serial.print("Pulsos: ");
  Serial.println(pulsos);
}

```

Realizado: por Edwin Analuisa

La programación del caudal que ingresa al sistema así como también los pulsos totales entregados y por último la programación del sensor de flujo se pueden visualizar en el Anexo 5. Conformada la programación en Arduino se le pasa la tarjeta para luego con el monitor de Arduino poder visualizar las variables en la pantalla como se muestra en la figura 20:

Figura 20: Monitor serie de Arduino con la programación



```

COM4 (Arduino/Genuino Uno)

Envie 'r' para restablecer el volumen a 0 Litros
PRESION DE ENTRADA EN KILOPASCALES: 599.39 PRESION DE SALIDA EN KILOPASCALES: 595.85 VOLTAJE DE SENSOR DE PRESION S1 : 2.93 VOLTAJE DE SENSOR DE PRESION S2 : 2.91
Caudal: 20.970Litros/minuto Volumen : 0.343 L
PRESION DE ENTRADA EN KILOPASCALES: 678.39 PRESION DE SALIDA EN KILOPASCALES: 658.85 VOLTAJE DE SENSOR DE PRESION S1 : 3.32 VOLTAJE DE SENSOR DE PRESION S2 : 3.22
Caudal: 16.790Litros/minuto Volumen : 0.622 L
PRESION DE ENTRADA EN KILOPASCALES: 639.39 PRESION DE SALIDA EN KILOPASCALES: 621.85 VOLTAJE DE SENSOR DE PRESION S1 : 3.13 VOLTAJE DE SENSOR DE PRESION S2 : 3.04
Caudal: 7.679Litros/minuto Volumen : 0.750 L
PRESION DE ENTRADA EN KILOPASCALES: 597.39 PRESION DE SALIDA EN KILOPASCALES: 579.85 VOLTAJE DE SENSOR DE PRESION S1 : 2.92 VOLTAJE DE SENSOR DE PRESION S2 : 2.83
Caudal: 0.823Litros/minuto Volumen : 0.763 L
PRESION DE ENTRADA EN KILOPASCALES: 572.39 PRESION DE SALIDA EN KILOPASCALES: 554.85 VOLTAJE DE SENSOR DE PRESION S1 : 2.80 VOLTAJE DE SENSOR DE PRESION S2 : 2.71
Caudal: 0.549Litros/minuto Volumen : 0.773 L
PRESION DE ENTRADA EN KILOPASCALES: 512.39 PRESION DE SALIDA EN KILOPASCALES: 497.85 VOLTAJE DE SENSOR DE PRESION S1 : 2.50 VOLTAJE DE SENSOR DE PRESION S2 : 2.43
Caudal: 0.549Litros/minuto Volumen : 0.782 L
PRESION DE ENTRADA EN KILOPASCALES: 487.39 PRESION DE SALIDA EN KILOPASCALES: 473.85 VOLTAJE DE SENSOR DE PRESION S1 : 2.38 VOLTAJE DE SENSOR DE PRESION S2 : 2.32
Caudal: 0.549Litros/minuto Volumen : 0.791 L
PRESION DE ENTRADA EN KILOPASCALES: 424.39 PRESION DE SALIDA EN KILOPASCALES: 416.85 VOLTAJE DE SENSOR DE PRESION S1 : 2.07 VOLTAJE DE SENSOR DE PRESION S2 : 2.04
Caudal: 0.549Litros/minuto Volumen : 0.800 L
PRESION DE ENTRADA EN KILOPASCALES: 419.39 PRESION DE SALIDA EN KILOPASCALES: 407.85 VOLTAJE DE SENSOR DE PRESION S1 : 2.05 VOLTAJE DE SENSOR DE PRESION S2 : 1.99
Caudal: 0.549Litros/minuto Volumen : 0.809 L
PRESION DE ENTRADA EN KILOPASCALES: 379.39 PRESION DE SALIDA EN KILOPASCALES: 369.85 VOLTAJE DE SENSOR DE PRESION S1 : 1.85 VOLTAJE DE SENSOR DE PRESION S2 : 1.81
Caudal: 0.549Litros/minuto Volumen : 0.818 L
PRESION DE ENTRADA EN KILOPASCALES: 388.39 PRESION DE SALIDA EN KILOPASCALES: 375.85 VOLTAJE DE SENSOR DE PRESION S1 : 1.90 VOLTAJE DE SENSOR DE PRESION S2 : 1.84
Caudal: 0.549Litros/minuto Volumen : 0.827 L
PRESION DE ENTRADA EN KILOPASCALES: 354.39 PRESION DE SALIDA EN KILOPASCALES: 344.85 VOLTAJE DE SENSOR DE PRESION S1 : 1.73 VOLTAJE DE SENSOR DE PRESION S2 : 1.69
Caudal: 0.549Litros/minuto Volumen : 0.836 L
PRESION DE ENTRADA EN KILOPASCALES: 373.39 PRESION DE SALIDA EN KILOPASCALES: 359.85 VOLTAJE DE SENSOR DE PRESION S1 : 1.82 VOLTAJE DE SENSOR DE PRESION S2 : 1.76
Caudal: 0.549Litros/minuto Volumen : 0.846 L
PRESION DE ENTRADA EN KILOPASCALES: 343.39 PRESION DE SALIDA EN KILOPASCALES: 332.85 VOLTAJE DE SENSOR DE PRESION S1 : 1.68 VOLTAJE DE SENSOR DE PRESION S2 : 1.63
Caudal: 0.823Litros/minuto Volumen : 0.859 L
PRESION DE ENTRADA EN KILOPASCALES: 374.39 PRESION DE SALIDA EN KILOPASCALES: 359.85 VOLTAJE DE SENSOR DE PRESION S1 : 1.83 VOLTAJE DE SENSOR DE PRESION S2 : 1.76
Caudal: 0.549Litros/minuto Volumen : 0.868 L
PRESION DE ENTRADA EN KILOPASCALES: 306.39 PRESION DE SALIDA EN KILOPASCALES: 303.85 VOLTAJE DE SENSOR DE PRESION S1 : 1.50 VOLTAJE DE SENSOR DE PRESION S2 : 1.49
Caudal: 0.549Litros/minuto Volumen : 0.878 L
PRESION DE ENTRADA EN KILOPASCALES: 341.39 PRESION DE SALIDA EN KILOPASCALES: 329.85 VOLTAJE DE SENSOR DE PRESION S1 : 1.67 VOLTAJE DE SENSOR DE PRESION S2 : 1.61
Caudal: 0.549Litros/minuto Volumen : 0.887 L
PRESION DE ENTRADA EN KILOPASCALES: 296.39 PRESION DE SALIDA EN KILOPASCALES: 289.85 VOLTAJE DE SENSOR DE PRESION S1 : 1.44 VOLTAJE DE SENSOR DE PRESION S2 : 1.42
Caudal: 0.274Litros/minuto Volumen : 0.891 L
PRESION DE ENTRADA EN KILOPASCALES: 337.39 PRESION DE SALIDA EN KILOPASCALES: 322.85 VOLTAJE DE SENSOR DE PRESION S1 : 1.65 VOLTAJE DE SENSOR DE PRESION S2 : 1.58

```

Realizado: por Edwin Analuisa

Como se mencionó anteriormente la programación para los sensores es similar de esta manera se especifica una dirección electrónica sé que actualiza muy seguido en donde se encontrada programaciones tanto para el sensor de flujo como para el sensor de presión utilizados en el módulo didáctico.

En donde por ejemplo para el sensor de flujo que utiliza variables digitales y se puede realizar modificaciones se encontraran las programaciones para obtener resultados de visualización como lo son:

Programación para obtener:

- litros/ horas - pulsos totales – litros consumidos en el sistema.
- Frecuencia – caudal en litros / min – en litros/hora
- Caudal en litros / min – volumen en litros con restablecimiento r

El link donde se encuentra las programaciones realizadas por el autor del presente proyecto es:

<https://mega.nz/#!CVcTCZpD!zRkkr5mtNm7JbvgnUxwrl72CAtcDTuonqEjambOBXM>

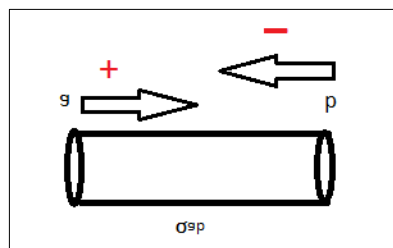
Prácticas y determinaciones

Pérdidas por fricción

Para realizar el cálculo para las pérdidas de carga por fricción del fluido cuando está en contacto con las paredes de la tubería, esto ha ocasionado pérdidas importantes en la industria, estas pérdidas dependen de la longitud de la tubería y varios factores que se mencionarán en el transcurso del capítulo.

En el caso que tengamos una pérdida de energía por rozamiento entre dos puntos de la sección de la tubería, como por ejemplo tendiendo dos puntos a y b el valor del sentido que va a tener el caudal varía de acuerdo a la dirección que tome, es decir, será positivo en el supuesto que el caudal tome la dirección a al punto b de la sección y el signo del caudal será negativo si la dirección que tome el caudal va desde el punto b al punto a, como se muestra en el siguiente figura.

Figura 21: Dirección del signo de pérdidas en la carga



Fuente: (Shames, 1995)

Ecuación de Darcy-Weisbach

Esta ecuación fue diseñada para calcular las pérdidas fricción que ocurren por fricción de un fluido en tuberías, es un elemento de las pérdidas de energía que se producen en un sistema de tuberías circulares en tramos rectos: “la fricción es proporcional a la carga de la velocidad y a la relación de la longitud al diámetro de la corriente”. (MOTT, 2013). Se representa de la siguiente ecuación matemática:

$$h_g = \lambda \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g} \quad \text{Ec. (11)}$$

Dónde:

h_g = Energía perdida por fricción (N.m/N), m, lb-pie/lb o pies)

L = longitud del trayecto del flujo

D = Diámetro de la sección de la tubería (m o pies)

v = Velocidad media del flujo del fluido (m/s o pies/s)

λ = Factor de fricción (adimensional)

g = Gravedad (m/s^2) (MOTT, 2013).

Esta fórmula es utilizada para régimen laminar como turbulento. Estas pérdidas de carga se producen por el contacto del fluido con las paredes internas de la tubería. Para el caso de pérdidas de carga en tubos rectos la ecuación que se emplea para este tipo de cálculos en un tramo de la tubería recta.

Factor de fricción (λ) en tuberías

De acuerdo con Giles Schaum menciona que: “el factor de fricción (λ) en régimen laminar es fácilmente deducible con factores matemáticos, ya que este tipo de flujo se caracteriza por circular en forma de láminas facilita el cálculo, de modo que el problema viene dado por el régimen turbulento que no se puede aplicar relaciones matemáticas por lo que no se puede obtener la variación del factor de fricción con el número de Reynolds.”

Por otro lado para el presente estudio se han venido aportando con investigaciones para el cálculo del factor de fricción, como es el caso del ingeniero Nikuradse y otros investigadores, afirmando que el factor de fricción no solo tiene relación con el número de Reynolds, también interviene (SCHAUM, 2015).

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad \text{Ec. (12)}$$

La siguiente es una ecuación explícita para el factor de fricción desarrollada para P. Swamee y A. Jain (1976) que se utiliza exclusivamente para régimen turbulento expresada de la siguiente manera:

$$\lambda = \frac{0.25}{\left[\log_{10} \left(\frac{1}{3.7 * \left(\frac{D_i}{\varepsilon} \right) + \frac{5.74}{Re^{0.9}}} \right) \right]^2} \quad \text{Ec. (13)}$$

Dónde:

λ = Factor de fricción

D_i = Diámetro de la tubería (m)

ε = Espesor de la tubería (mm)

Re = Numero de Reynolds

Diagrama de Moody

El diagrama de Moddy son valores experimentales realizados por F. Moody el cual diseño este diagrama que relaciona el factor de fricción (λ) con el número de Reynolds (Re) y el diámetro de la tubería, mediante curvas experimentales en función de la rigurosidad relativa (ε). (Anexo 1).

El diagrama muestra la gráfica del factor de fricción versus el número de Reynolds (Re) con una serie de curvas paramétricas relacionadas con la rugosidad relativa (ε/D). Observaciones importantes acerca de estas curvas:

Para un flujo con número de Reynolds dado, conforme aumenta la rugosidad relativa ε/D , el factor de fricción aumenta.

Para una rugosidad relativa ε/D , el factor de fricción disminuye con el aumento del número de Reynolds, hasta que se alcanza la zona de turbulencia completa.

Dentro de la zona de turbulencia completa, el número de Reynold no tiene ningún efecto sobre el factor de fricción.

En lugar del diagrama de Moody se puede utilizar la siguiente ecuación explícita para determinar λ con una tolerancia de $\pm 1\%$ con las siguientes restricciones: $10^{-6} \leq \frac{\varepsilon}{D} \leq 10^{-2}$ y $5000 \leq Re \leq 10^8$

$$\lambda = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{\varepsilon/D}{3.7} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2} \quad \text{Ec. (14)}$$

Dónde:

ε/D = Rugosidad relativa (adimensional)

Re = Número de Reynolds

g = Aceleración de la gravedad (9.806 m/s²)

Pérdidas de carga por accesorios.

Existe pérdida de carga o de energía producida en una pequeña región cercana al sitio donde se presenta cambio en la geometría del conducto o cambio en la dirección del flujo (codos, bifurcaciones, válvulas, etc.), que se traduce en una alteración de las condiciones de flujo.

A este tipo de pérdidas también se les llaman pérdidas menores, este es un nombre incorrecto porque en muchas situaciones son las más importantes que las pérdidas por fricción. Este tipo de pérdidas se pueden calcular a través de dos métodos.

Primer método: Ecuación fundamental de las pérdidas de carga secundarias

Segundo método: Longitud de tubería equivalente

Ecuación fundamental de las pérdidas de carga por accesorios o secundarias.

Este tipo de pérdidas se deben a los accesorios que se han implementado en el sistema hidráulico, o a su vez sean válvulas o dispositivos de cierre colocados en tramos donde existan diferentes alturas o diferentes condiciones de funcionamiento, esto ocasiona pérdidas de energía localizadas en los lugares donde se instalaron dichos accesorios, las pérdidas secundarias se calculan por medio de la siguiente ecuación:

$$h_l = k \left(\frac{v^2}{2g} \right) \quad \text{Ec. (15)}$$

Dónde:

h_l = Pérdidas secundarias (m)

k = Coeficiente de resistencia

v = Velocidad (m/s)

g = Gravedad (m/s²)

La siguiente ecuación es el método exacto para determinar el coeficiente de resistencia K para válvulas o acoplamientos.

$$K = f_T \left(\frac{L_e}{D_i} \right) \quad \text{Ec. (16)}$$

Dónde:

L_e = Longitud equivalente (longitud de una tubería recta del mismo diámetro nominal que del accesorio).

D_i = Diámetro interior real de la tubería.

f_T = factor de fricción en la tubería a la que está conectada el accesorio (que se da por hecho esta en la zona de turbulencia completa).

En la tabla N° 3 se presentan valores (L_e/D_i), llamado relación de longitud equivalente.

Tabla 13: Resistencia de algunos accesorios para tuberías (L_e/D_i).

Accesorios	(L_e/D_i)
Codo estándar de 90°	30
Codo estándar de 45°	16
Codo curvo 90°	20
Codo en U	50
Te estándar: Con flujo Directo	20
Con flujo en el ramal	60
Con flujo bilateral	65
Unión o Universal	6
Válvula Check	50
Válvula de compuerta: Abierto totalmente	400
Válvula de bola	3

Fuente: Mott Robert, Pág. 297

Los valores de f_T varía según el tamaño de la tubería (ver anexo 4), lo que hace que el valor del coeficiente de resistencia K también varíe.

Las siguientes practicas servirán para evidenciar las formular anterior mente formuladas y de la misma manera las fórmulas para cada practica estipuladas a continuación, en segunda instancia estas prácticas servirán para evidenciar las curvas de coeficiente k asociadas a el diagrama de Moddy y en última instancia servirán para poder calcular el error que tiene la practica con la teoría

Determinación de coeficientes de pérdidas locales en válvulas y codos (Tramo 1-3-5-6-7)

Objetivos

- Puntualizar las ecuaciones de cálculo para la obtención de las pérdidas locales.
- Manifestar los métodos e instrumentación correspondientes a la instalación.
- Conseguir los valores de coeficiente de resistencias locales para las válvulas y codos con el fin de compararlas con los valores normalizados.

Resumen teórico

Tanto en flujo laminar como turbulento, demuestran el comportamiento de las pérdidas por fricción ocasionadas por fluidos a través de codos y válvulas. Para la estimación de las pérdidas de presión por resistencias locales se utiliza fundamentalmente la expresión (Fernández, 2015):

$$\Delta P_{loc} = \xi_{loc} \cdot \frac{1}{2} \cdot v^2 \cdot \rho \quad \text{Ec. (17)}$$

Siendo: ξ_{loc} : coeficiente de fricción de pérdidas locales; (adimensional).

La velocidad del fluido se determina por:

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} \quad \text{Ec. (18)}$$

Sustituyendo la ecuación (18) en la ecuación (17) queda:

$$\Delta P = \xi_{loc} \cdot \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} \right)^2 \cdot \rho \quad \text{Ec. (19)}$$

Despejando ξ_{loc} en la ecuación. (20)

$$\xi_{loc} = \frac{2 \cdot \Delta P}{\rho \cdot v^2} \quad \text{Ec. (20)}$$

El factor ξ es adimensional y su valor depende del tipo de accesorio y diámetro del mismo; se define como la pérdida de altura de velocidad para una válvula o accesorio.

Algunos fabricantes pueden proporcionar su factor ξ , por lo tanto, deberá utilizarse ese valor, pero en el caso de no contar con esta información es conveniente utilizar las fórmulas para el cálculo del factor ξ .

Las prácticas a realizarse para pérdidas secundaria son:

- Codo estándar de 90^0 (Tramo 1)

- Válvula Check de $\frac{1}{2}$ (Tramo 3)
- Válvula de compuerta de $\frac{3}{4}$ (Tramo 5)
- Válvula de compuerta de $\frac{1}{2}$ (Tramo 6)
- Válvula de bola normal de $\frac{1}{2}$ (Tramo 7)
- Válvula de bola tipo universal de $\frac{1}{2}$ (Tramo 7)

Para la obtención coeficiente de fricción de válvulas y codo es necesario restar el coeficiente de fricción de la longitud de tubería donde se encuentran las tomas de presión, con el fin de obtener directamente el coeficiente se realizó un análisis de fórmulas en donde implicaría obtener una formula donde se asocien las dos tipos de pérdidas de fricción para obtener directamente el coeficiente de fricción de la válvula o codo donde se tomen los datos. El análisis y obtención de la ecuación 21 para obtener el coeficiente de fricción para válvulas y codo se describe a continuación:

$$\begin{aligned}
 \text{Re} &= \left(\varepsilon + \lambda \frac{L}{D} \right) \frac{8}{g \cdot \pi^2 \cdot D^4} & \Delta P &= \frac{\varepsilon \cdot 8 \cdot Q^2 \cdot \rho}{\pi^2 \cdot D^4} + \frac{\lambda \cdot L \cdot 8 \cdot Q^2 \cdot \rho}{\pi^2 \cdot D^5} \\
 \Delta P &= \text{Re} \cdot Q^2 \cdot \rho \cdot g & \left(\Delta P - \frac{\lambda \cdot L \cdot 8 \cdot Q^2 \cdot \rho}{\pi^2 \cdot D^5} \right) &= \frac{\varepsilon \cdot 8 \cdot Q^2 \cdot \rho}{\pi^2 \cdot D^4} \\
 \Delta P &= \left(\varepsilon + \lambda \frac{L}{D} \right) \frac{8 \cdot Q^2 \cdot \rho \cdot g}{g \cdot \pi^2 \cdot D^4} & \left(\Delta P - \frac{\lambda \cdot L \cdot 8 \cdot Q^2 \cdot \rho}{\pi^2 \cdot D^5} \right) \cdot \pi^2 \cdot D^4 &= \varepsilon \cdot 8 \cdot Q^2 \cdot \rho \\
 \Delta P &= \frac{\varepsilon \cdot 8 \cdot Q^2 \cdot \rho}{\pi^2 \cdot D^4} + \frac{\lambda \cdot L \cdot 8 \cdot Q^2 \cdot \rho}{D \cdot \pi^2 \cdot D^4} & \varepsilon &= \left(\Delta P - \frac{\lambda \cdot L \cdot 8 \cdot Q^2 \cdot \rho}{\pi^2 \cdot D^5} \right) \left(\frac{\pi^2 \cdot D^4}{8 \cdot Q^2 \cdot \rho} \right) \\
 \varepsilon &= \left(\frac{\Delta P \cdot \pi^2 \cdot D^4}{8 \cdot Q^2 \cdot \rho} - \frac{\lambda \cdot L \cdot Q^2 \cdot \rho \cdot \pi^2 \cdot D^4}{\pi^2 \cdot D^5 \cdot 8 \cdot Q^2 \cdot \rho} \right) & \varepsilon &= \left(\frac{\Delta P \cdot \pi^2 \cdot D^4}{8 \cdot Q^2 \cdot \rho} - \frac{\lambda \cdot L}{8 \cdot D^5} \right) \quad \text{Ec.}
 \end{aligned}$$

(21)

Dónde:

Perdidas Primarias $\left(\frac{\Delta P \cdot \pi^2 \cdot D^4}{8 \cdot Q^2 \cdot \rho} \right)$

Perdidas

Secundarias

 $\left(\frac{\lambda \cdot L}{8 \cdot D^5} \right)$

Este coeficiente se recomienda correlacionar en función del número de Reynolds y se designa por:

$$R_e = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu} \quad \text{Ec. (22)}$$

Dónde: μ ; Viscosidad del fluido; (Pa·s), D ; Diámetro interior; (m).

Para el cálculo del porcentaje de error existente entre la práctica y teoría se utilizara la siguiente ecuación:

$$ERROR = \frac{Teorico-Experimental}{Teorico} \cdot 100 \% \quad \text{Ec. (23)}$$

Los valores de este coeficiente dependen del tipo de accesorio. En la tabla 6 se muestran diferentes valores de según el accesorio estos también pueden ser calculados con los datos de los Anexos 3,4.

Tabla 14: Valores de los coeficientes de resistencias locales.

Accesorio	ξ
Codo de 90°	0,9
Válvula de compuerta ½	10,8
Válvula de compuerta ¾	10
Válvula de globo angular o de membrana ½	0.09
Válvula check ½	1,35

Elaborado: Analuisa Edwin

Descripción de la práctica y técnica operatoria

Se debe comprobar cuáles serán las mangueras que se deberán abrir o cerrar en el caso de algunas comprobaciones específicas principalmente para el tramo 1 de lo contrario no habrá ningún problema seguido se debe realizar la apertura o cierre de la línea o ramal donde se va a realizar la medición.

Tomar la lectura Q por medio de la utilización del caudalímetro este dato se puede transformar a unidades especificadas en la tabla ya que el caudalímetro nos entregara medidas en litros por minuto o galones por minuto estos deberán ser transformados a m^3/s para ser colocados en la tabla 7. Tomar lectura de presión de entrada y salida mediante los manómetros o los sensores de presión S1 y S2. El coeficiente de pérdidas locales se produce a relacionarse las pérdidas de carga en función del flujo volumétrico, variando este mediante la

apertura de válvula de regulación. Abrir paulatinamente la válvula de regulación del flujo volumétrico para nueve caudales diferentes introduciendo en cada caso los resultados de las mediciones en la Tabla 15.

Tabla 15: Recopilación y tratamiento de datos

NO	Q (l/min)	Q (m ³ /s)	P1 (kPa)	P2 (kPa)	ΔP(kPa)	ΔP(Pa)	v (m/s)	Re	ε experimental	error	ε calc
1	dato de caudalímetro sensor	transformación	dato de sensor	dato de sensor	P1-P2	kpa*1000	Ec.(18)	Ec.(22)	Ec.(21)	Ec.(23)	Ec.(20)
2											
3											
4...9											

Elaborado: Analuisa Edwin

Preguntas

Indique el objetivo de la experimentación mostrada.

Indique la consecuencia que trae consigo las pérdidas locales.

Cuál sería la forma de disminuir las pérdidas locales en la instalación.

Obtención experimental del factor de fricción en tuberías (Tramo 1-2-4).

La realización de estas prácticas recae para tubería del Tramo 1-2-4 cuyos diámetros interiores que se utilizarán para el cálculo viene dado del fabricante y son:

- 11.20 mm para la tubería del Tramo 1 que corresponde a tubería de ½ pulg.
- 17.7 mm para la tubería del Tramo 2 que corresponde a tubería de ¾ de pulg.
- 16.2 mm para la tubería del Tramo 1 que corresponde a tubería de ½ pulg lisa.

Objetivos

Adquirir el comportamiento de gradiente de presión en régimen laminar.

Correlaciones el factor de fricción en función del número de Reynolds.

Resumen teórico

Mediante la obtención de los gradientes de presión se puede elaborar el gráfico de $i = f(v)$ para el flujo durante el transporte, siendo:

$$\frac{dp}{dL} = i \quad \text{Ec. (24)}$$

Con la obtención del gráfico $\lambda = f(Re)$ se puede observar la correlación entre el factor de fricción con el aumento del número de Reynolds. El factor de fricción quedará determinado por la relación:

$$\lambda = i \cdot \frac{2 \cdot D}{\rho \cdot v^2} \quad \text{Ec. (25)}$$

$$\lambda = \frac{0.3164}{Re^{0.25}} \quad \text{Ec. (26)}$$

Los números de Reynolds, se podrá calcular en dependencia del modelo matemático del fluido estudiado por las siguientes expresiones.

Para fluidos newtonianos y plásticos ideales.

$$Re = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu} \quad \text{Ec. (27)}$$

Descripción de la práctica y técnica operatoria

Para observar el comportamiento del coeficiente de fricción en tuberías con relación a su fórmula prescrita en libros se parte de variar el flujo volumétrico para nueve caudales, en cada caso se debe registrar la caída de presión medida por los manómetros de la entrada y de salida. Se determinan las curvas de flujo a partir del factor de fricción (λ) en el rango del número de Reynolds (Re).

Los datos obtenidos a partir de los instrumentos tanto físicos y de los electrónicos se proceden a colocar en la tabla 16 y utilizando el programa profesional Microsoft Excel, se procede a obtener los parámetros del modelo matemático que relaciona el factor de fricción con el número de Reynolds, así como su coeficiente de correlación. (Fernández, 2015).

N O	Q (l/min)	Q (m ³ /s)	P1 (kPa)	P2(kPa)	í (KPa/m)	í (Pa/m)	v (m/s)	Re	λ
1 2 3 ... 9	dato recolectado del caudalímetr o o del sensor	conversió n	Manómetro s de entrada y salida y de los sensores	Manómetro s de entrada y salida y de los sensores	P1-P2/L	*1000	Ec.(18)	Ec.(27)	Ec.(25 -26)

Tabla 16: Recopilación y tratamiento de datos

Elaborado: Analuisa Edwin

Preguntas

¿Cómo se clasifican los regímenes de flujo y de qué parámetro depende?

¿En qué condiciones se da en una instalación el régimen laminar de flujo?

11. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

La evaluación final de una investigación es de gran importancia para establecer en qué medida esta ha contribuido al desarrollo político, económico o social de un país o región.

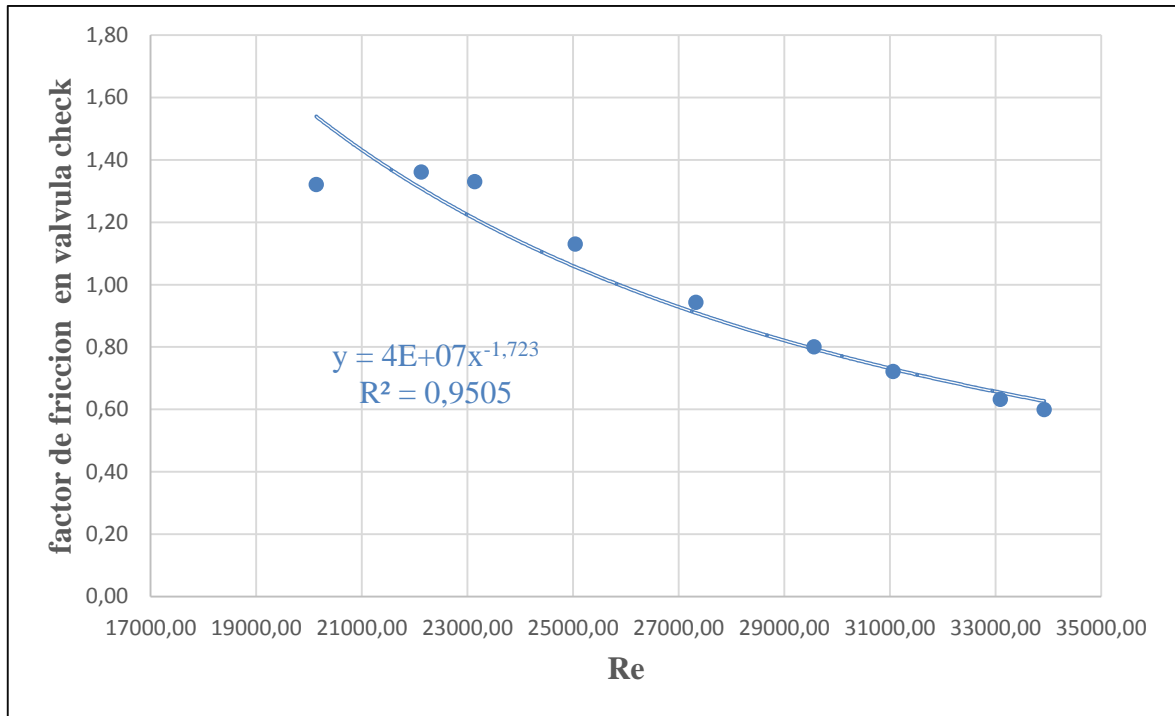
El correcto análisis de esta permite además sentar las bases para futuros trabajos que sobre la temática se desarrollen en este punto se analizara los resultados, así como la valoración económica y ambiental de la instalación del módulo en el laboratorio de Mecánica de los Fluidos.

Resultados experimentales de las pérdidas locales en las válvulas de compuerta de bola y válvula check.

Estos resultados de las pérdidas locales en la válvula de compuerta se desarrollaron mediante la experimentación en el tramo 3-5-6 y 7 dando solución a unos de los problemas de investigación, referente al comportamiento de las pérdidas locales en válvulas.

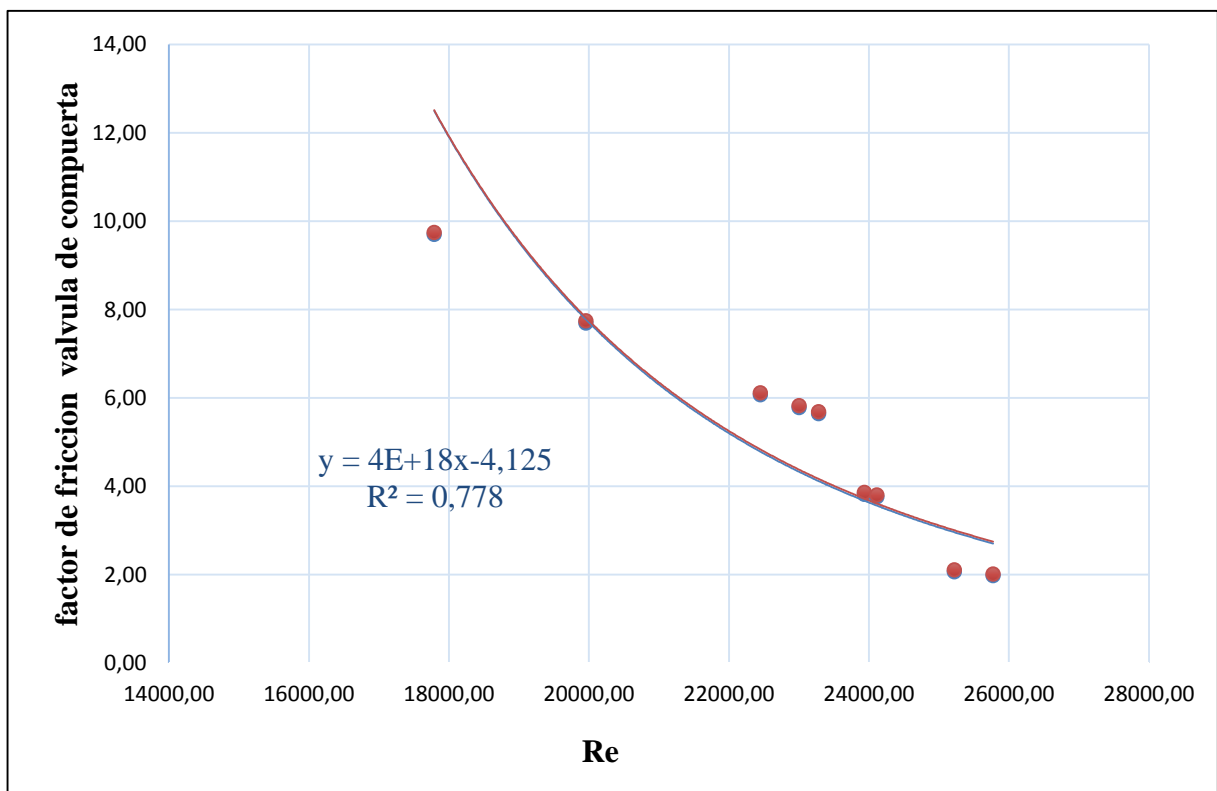
En la Anexo 6 se muestran los resultados obtenidos correspondientes a las pérdidas locales en la válvula de compuerta del tramo 3-5-6 y 7. En la figura 22-23-24-25 y 26 se observa la Relación entre el coeficiente de pérdida local y el número de Reynolds para las válvulas mencionadas.

Figura 22: Relación entre el coeficiente de pérdida local en la válvula check del tramo 3 y el número de Reynolds.



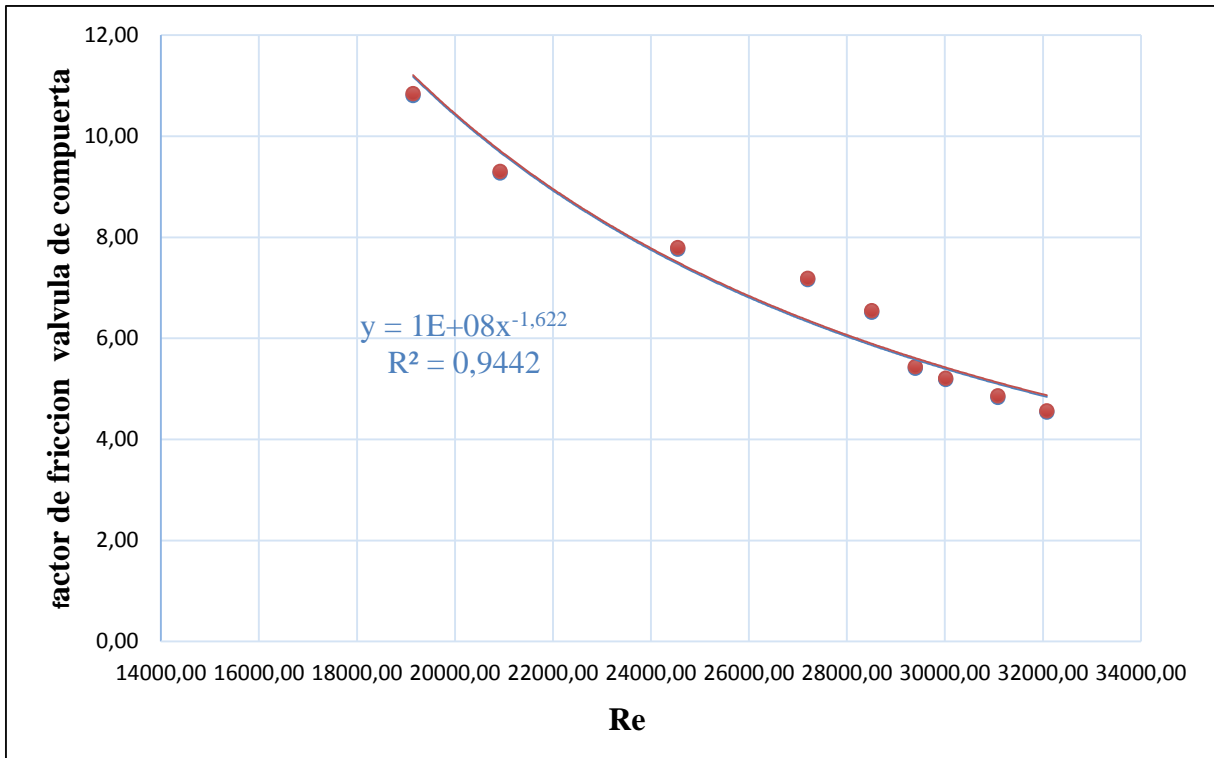
Elaborado: Analuisa Edwin

Figura 23: Relación entre el coeficiente de pérdida local en la válvula de compuerta del tramo 5 y el número de Reynolds.



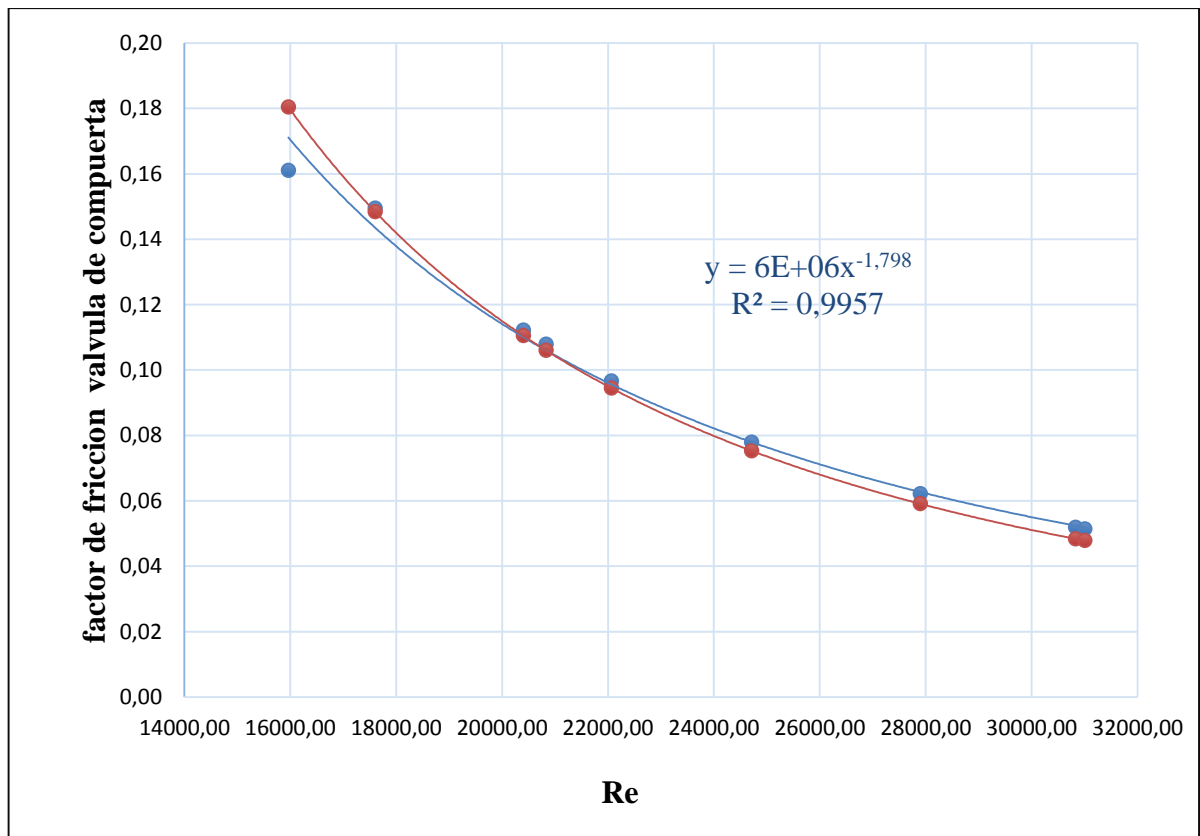
Elaborado: Analuisa Edwin

Figura 24: Relación entre el coeficiente de pérdida local en la válvula de compuerta del tramo 6 y el número de Reynolds.



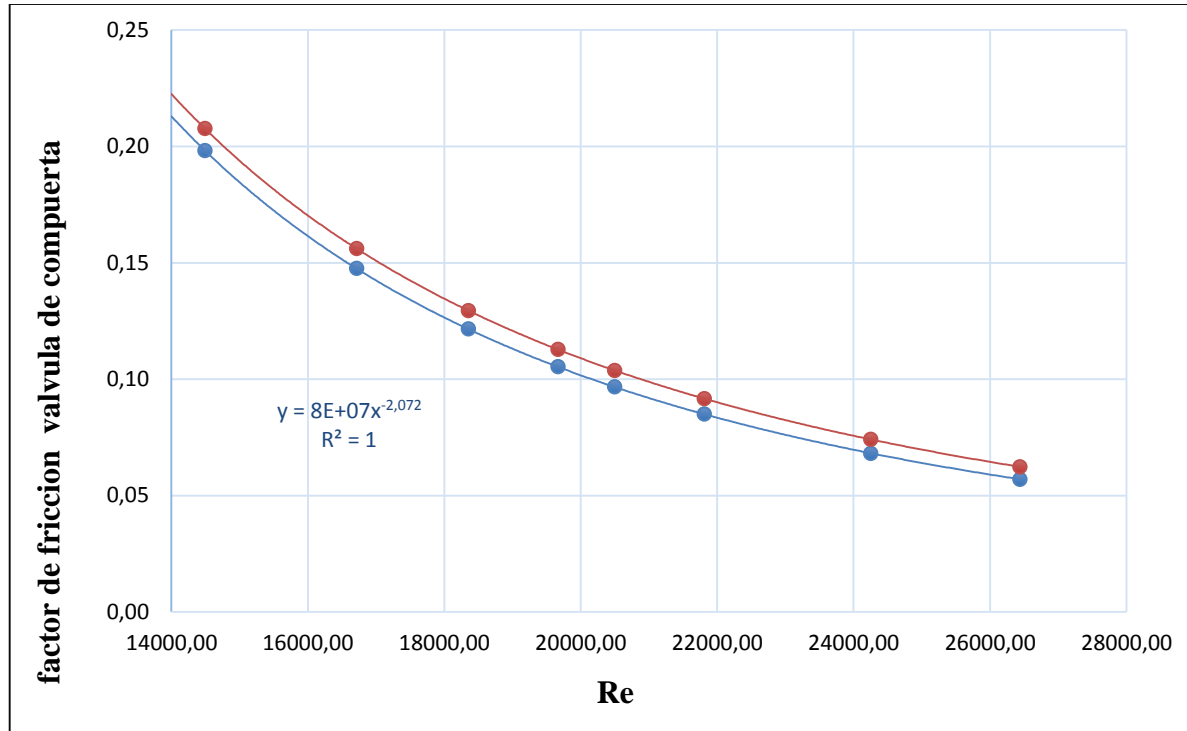
Elaborado: Analuisa Edwin

Figura 25: Relación entre el coeficiente de pérdida local en la válvula de Bola del tramo 7 y el número de Reynolds.



Elaborado: Analuisa Edwin

Figura 26: Relación entre el coeficiente de pérdida local en la válvula de Bola del tramo 7(2) y el número de Reynolds.

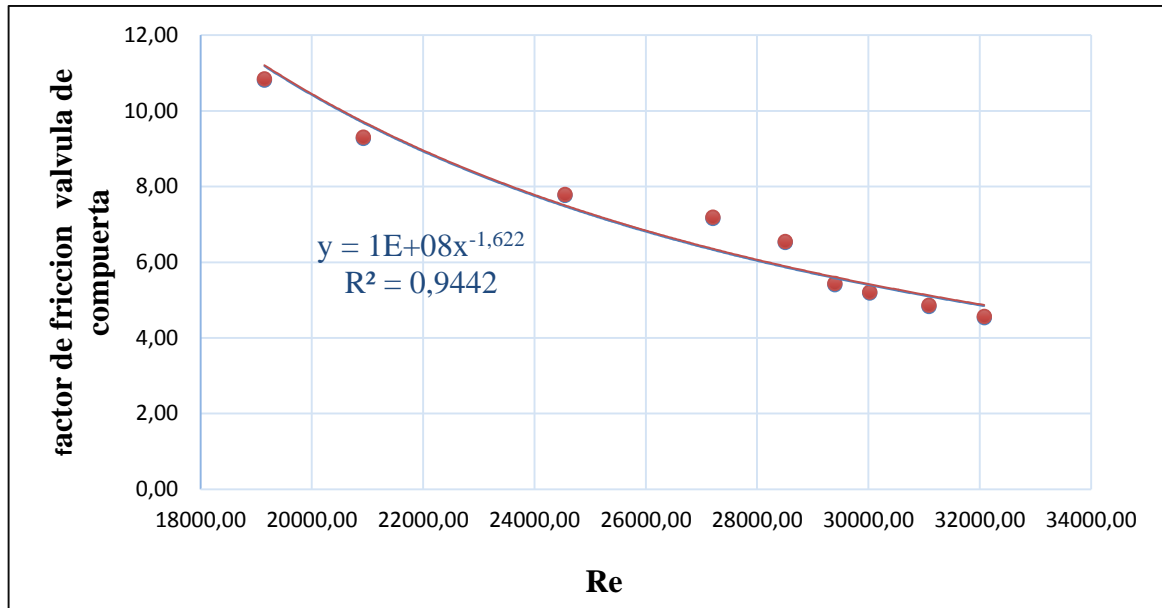


Elaborado: Analuisa Edwin

Resultados experimentales de las pérdidas locales en el codo estándar (Tramo 1)

Los resultados experimentales de las pérdidas locales en el codo estándar se realizaron utilizando el ramal 1. En la Anexo 8 se muestran los resultados obtenidos correspondientes a las pérdidas locales en los codos estándar. En la figura 27 se observa la Relación entre el coeficiente de pérdida local en Codo estándar del tramo 1 y el número de Reynolds.

Figura 27: Relación entre el coeficiente de pérdida local en Codo estándar del tramo 1 y el número de Reynolds.



Elaborado: Analuisa Edwin

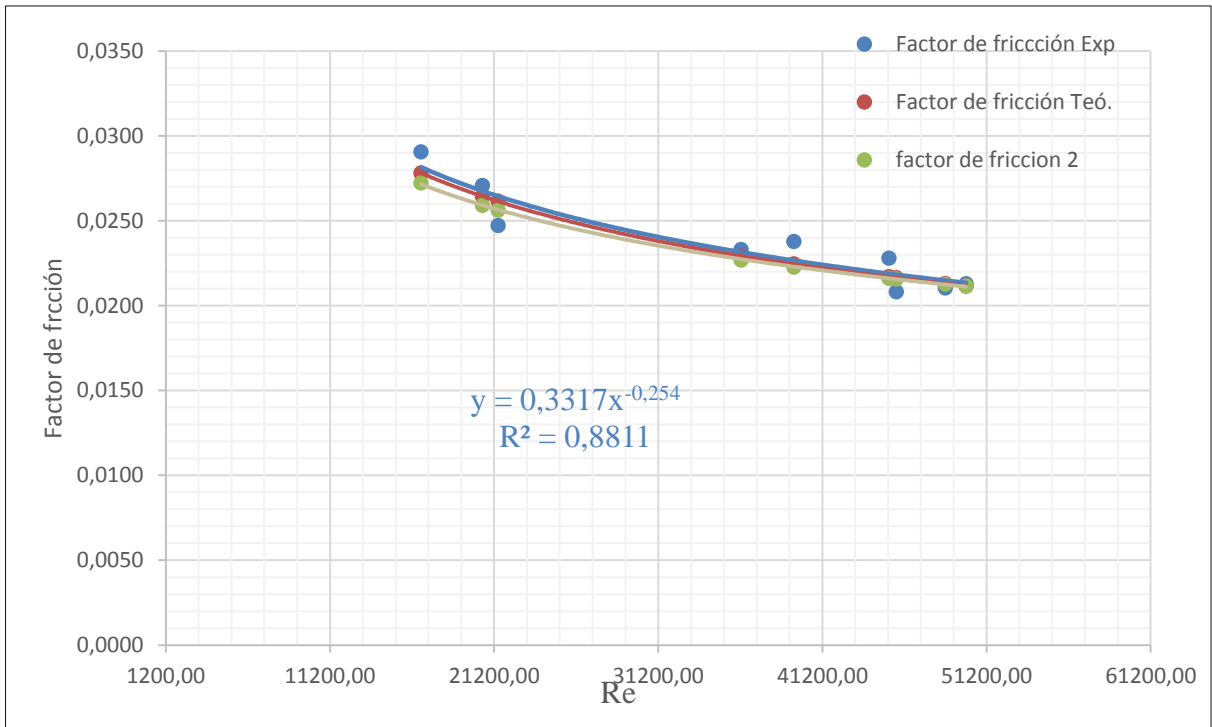
Resultados experimentales del factor de fricción en tuberías (Tramo 1-2-4)

Para esta práctica se utilizaron los tramos anteriormente mencionados, durante esta práctica se pudo constatar mediante las gráficas la relación estrecha entre las fórmulas prescritas en libros y las fórmulas arrojadas por los cálculos realizados, el cual tiene un margen de error de menos del 10 %

Los datos obtenidos durante la práctica se observan en los Anexos 7. En la figura 28-29 y 30 se observa la Relación entre el coeficiente de pérdida primaria en tuberías del tramo 1-2-4 y el número de Reynolds.

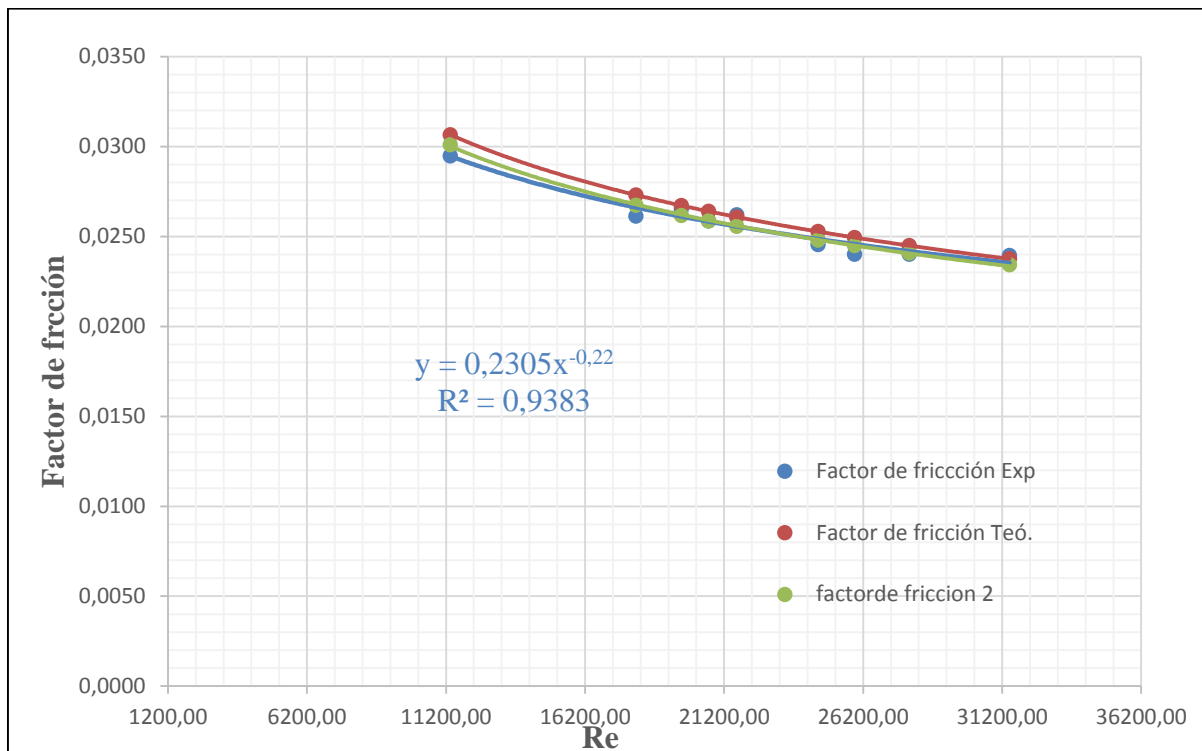
Ya determinadas las curvas de flujo a partir del factor de fricción (λ) en el rango del número de Reynolds (Re), se obtiene el gráfico que se muestra en la figura 28-29-30, donde se plantea la relación del factor de fricción en la tubería.

Figura 28: Relación entre el coeficiente de pérdida primaria en la tubería de ½ pulg del tramo 1 y el número de Reynolds.



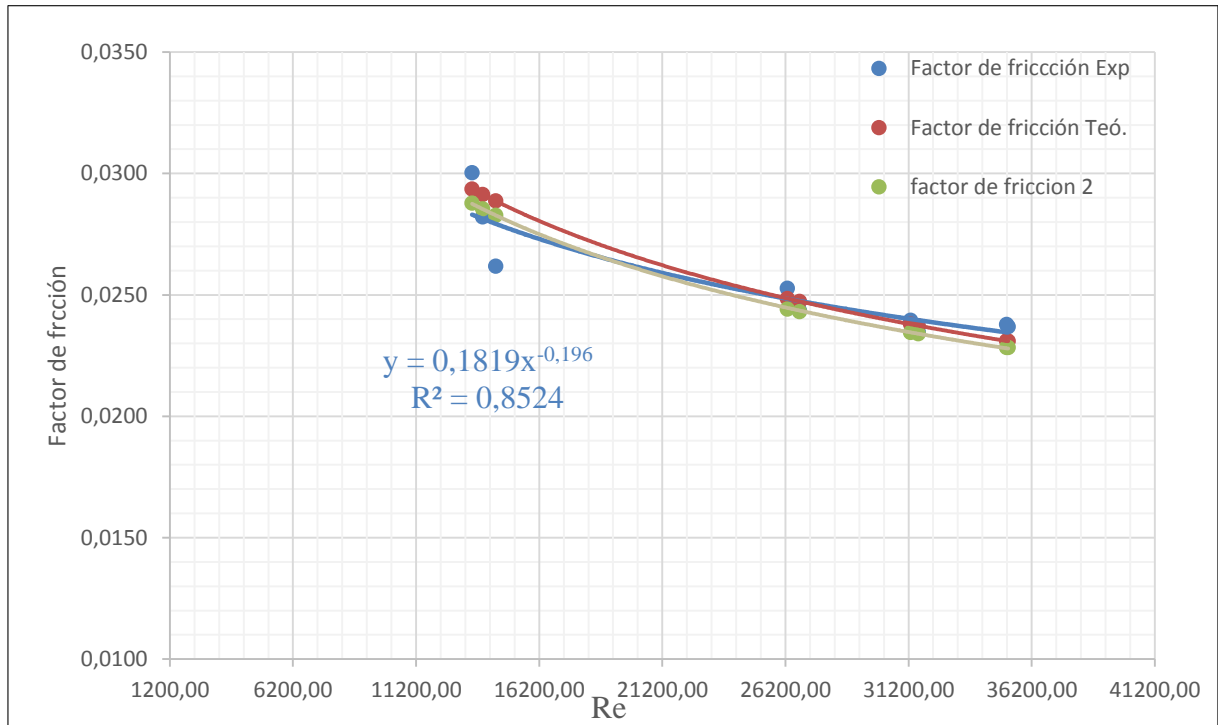
Elaborado: Analuisa Edwin

Figura 29: Relación entre el coeficiente de pérdida primaria en la tubería de $\frac{3}{4}$ pulg del tramo 2 y el número de Reynolds.



Elaborado: Analuisa Edwin

Figura 30: Relación entre el coeficiente de pérdida primaria en la tubería de $\frac{1}{2}$ pulg lisa del tramo 4 y el número de Reynolds.



Elaborado: Analuisa Edwin

PARÁMETROS DE DISEÑO

El módulo didáctico de fluido hidráulico debe cumplir con los siguientes parámetros de diseño:

CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL MÓDULO.

Para una correcto funcionamiento y con fines prácticos-didácticos el módulo debe funcionar alrededor de 6 horas al día como máximo siendo este un trabajo de tipo intermitente.

MATERIALES DE LOS ELEMENTOS

El material primario y secundario principalmente son de PVC de diferente cedula comprada en su mayoría de la fábrica PLASTIGAMA.

BOMBA DE AGUA

La bomba PEDROLLO PKM 60 utilizada en el módulo son recomendadas para bombear agua limpia, sin partículas abrasivas y líquidos químicamente no agresivos con los materiales que constituyen la bomba.

La instalación se debe realizar en lugares cerrados o protegidos de la intemperie.

Líquido bombeado: agua limpia

Utilización: doméstico, civil

Tología: superficie

Familia: centrífugas

Campo de las prestaciones

Caudal hasta 40 l/min

Altura manométrica hasta 100 m

Límites de empleo

Altura de aspiración manométrica hasta 8 m

Temperatura del líquido de -10 °C hasta +60 °C

Temperatura ambiente hasta +40 °C (+45 °C para PK 60)

Presión máx. En el cuerpo de la bomba = 6.5 bar para PK 60-65-70-80

LIMITACIONES

La alimentación dada por la bomba no debe ser en su totalidad de presión por largo tiempo esto por seguridad ya que podría provocar una posible fuga en alguno de los elementos del sistema.

DISEÑO DEL LOS RAMALES

Las tuberías y accesorios fabricados en Poli - cloruro de vinilo (PVC). La Tubería deberá cumplir y suministrar el certificado de conformidad con la resolución 1166 y 1127 del anterior Ministerio de Ambiente, Vivienda. Para estas tuberías y accesorios fabricados en Poli - cloruro de vinilo (PVC) se tendrá en cuenta lo siguiente:

Tuberías de PVC

Tuberías de PVC. Conocida como PVC tradicional o PVC-U, será seguirán las normas NTC 382 o en su defecto la ASTM D -2241 para tubería de presión. La presión de trabajo para las redes de distribución y conducciones normalmente varía de 1,1 MPa (160 psi) a 2,17 MPa (315 psi) para las diferentes relaciones diámetro - espesor (RDE), las cuales varían respectivamente entre 21 y 9. Los proyectos indicarán la presión de trabajo y el respectivo RDE requerido cuando se determine la utilización de este material. En caso de no especificarlo se usarán tuberías RDE

Tuberías de PVC-O.

Seguirán las normas NTC 5425 o ASTM F 1483 para tuberías de PVC-O o PVC Orientado. La presión de trabajo para las tuberías de PVC-O deberá ser para 1,4 MPa (200 psi), por lo que la tubería deberá ser PR200.

Accesorios.

Los codos, adaptadores, Tees y uniones de PVC cumplirán con la norma NTC 1339 o en su defecto la ASTM D2466. Los accesorios que se usen de otro material, cumplirán con las

normas que correspondan al mismo y se adaptarán siguiendo las recomendaciones de los fabricantes de la tubería.

DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO

El sistema eléctrico comprende básicamente el accionamiento de la bomba PEDROLLO PKM-60 es mediante una válvula de globo en la alimentación de ingreso que nos proporciona suministrar al módulo una serie de presiones y por ende caudales.

Las características de la bomba PEDROLLO PKM 60 son:

- Tipo de Corriente: Corriente Alterna
- Fases: monofásico
- Frecuencia: 60 Hz
- Potencia nominal de la carga: 1 Hp
- Voltaje de alimentación de la bobina: 110 V
- Corriente nominal: 4.97 A
- Caudal máximo: 40 litros /min

IMPLEMENTACIÓN

Para la ejecución del proyecto de investigación, tomando en cuenta los parámetros de diseño establecido, mediante el software de autodesk inventor se desarrolla el plano de los tramos del módulo didáctico.

VARIABLE INDEPENDIENTE

La implementación de un módulo didáctico de fluido hidráulico en el laboratorio de Ingeniería Electromecánica.

VARIABLE DEPENDIENTE

Permitir la visualización y análisis de pérdida por fricción en tuberías.

Tabla 17: Operacionalización de variables

VARIABLES	DIMISIONES	INDICADORES	ÍTEMS	INSTRUMENTOS
La implementación de un módulo didáctico de fluido hidráulico en el laboratorio de Ingeniería Electromecánica.	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad posiciones de las válvulas • Caudal suministrado por la bomba PEDROLLO PKM 60 	<ul style="list-style-type: none"> • Posiciones de la válvula según cálculos. • Suministro del Caudal según cálculos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Conoce usted los tipos de módulos parecidos a estos existentes • Considera usted necesario conocer sobre los tipos de flujos en tuberías aplicados a la Carrera. • Cree usted que el implementar un módulo de estos ayuda a reforzar el aprendizaje obtenido en clase. 	Diseño Materiales
Permitir la visualización y análisis de pérdida de fricción en tuberías.	<ul style="list-style-type: none"> • Utilización de los sensores de presión y caudal • Eficacia del caudalímetro y medidores de presión en bares y psi. 	<ul style="list-style-type: none"> • Datos arrojados por el monitor de Arduino • Visualización de mediciones dados en el caudalímetro y manómetros en la entrada y salida. 	<ul style="list-style-type: none"> • Conoce usted los tipos de sensores utilizados en los estudios u obtención de datos para fluidos. • Considera usted que es necesario aprender sobre programación de Arduino. • Cree usted que existen diversas condiciones o configuraciones de ramales para realizar prácticas relacionadas con la materia. 	Cálculo Normas

Elaborado: Edwin Analuisa

12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)

Al momento de realizar la implementación y debida ejecución del proyecto en el laboratorio de ingeniería electromecánica se espera contar con la participación de los estudiantes principalmente que estén cursando la materia de fluidos, también se pretende contar con la aceptación del mismo por parte del docente que este dictando dicha materia.

Este proyecto será un gran generador de entendimiento y practicidad que se podrá desarrollar en conjunto con la materia de fluidos, dando como resultado la obtención de conocimientos concretos sobre la materia y poder brindar un apoyo en la formación del Ingeniero Electromecánico pues con el aporte de este módulo será capaz de entender más claramente cómo se comporta un fluido en sistema de tuberías de esta manera poder dar conclusiones fuera y dentro de clase.

El diseño, funcionamiento he implementación de este módulo comprenden que dicho módulo hacen la posible y fácil manipulación no solo en la parte física del módulo sino como también en la parte de software.

13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO

Tabla 18: Elementos Mecánicos

Cant.	Elemento	Costo p/u	Costo total 12% / 14%
2	Tubo PVC de ½” Plastigama	9,93	19,86
1	Tubo PVC de ¾” Plastigama	16,35	16,35
2	Codo 45° PVC roscable 1/2”	0,8	1,6
12	Codo 90° PVC roscable 1/2”	0,47	5,64
1	Codo 90° PVC roscable de 1”	1,6	1,6
16	Tee Plastigama de ½	0,55	8,8
7	Universal de ½”	1,3	9,1
1	Válvulas de membrana de ¾”	15,4	15,4
2	Válvula de membrana de ½”	9,7	19,4
8	Válvula de bola de ½”	1,5	12
1	Válvula de bola de 1”	3,25	3,25
2	Válvulas de paso de ½”	3,25	6,5
13	Unión de ½”	0,55	7,15
2	Unión de 1”	0,9	1,8
5	Unión de ¾”	0,85	4,25
1	Adaptador de tanque 1	3,5	3,5

1	Válvula tipo Check de 1 para bomba	14,6	14,6
16	Neplo tuerca de ½"	0,65	10,4
1	Neplo tuerca de 1"	1,29	1,29
7	Reducción ampliación de ¾" a ½"	0,55	3,85
1	Reducción ampliación de 1" a ½"	0,65	0,65
2	Reducción ampliación de 1" a ¾"	2,77	5,54
2	Neplo manguera 1"	1,35	2,7
3	Neplo manguera ½"	0,54	1,62
2	Manguera transparente de 1/2"	1,35	2,7
2	Manguera transparente de 3/4"	2,68	5,36
9	Manguera transparente de 1"	4,2	37,8
12	Teflón	0,55	6,6
4	Pega para PVC	3,4	13,6
2	Manómetros Paolo.	8,1	16,2
1	Caudalímetro o rotámetro 150 L/min	145	145
2	Abrazadera acero inoxidable 1"	1	2
4	Abrazadera acero inoxidable de ½"	0,5	2
3	Tornillo de 3/8" por 1/2"	0,25	0,75
3	Tubo de acero cuadrado de 1"	7	21
2	Kilo de electrodos 6011	6,68	13,36
1	Bomba eléctrica, PEDROLLO PKM 60 de 1/2 HP	143,5	143,5
1	Manguera lisa transparente de 1"	4,66	4,66
1	Tanque de 150 litros	9,2	9,2
4	Pintura Azul para madera	6	24
2	Pintura negra para metales	6	12
1	Tablero playwood 2.40m * 1.20m	45	45
1	Broca para agujeros de 1"	3,27	3,27
25	Remaches de 1"	0,05	1,25
4	Broca metálica 3/8"	0,8	2,40
1	Abrazaderas de plástico	3	3
1	Disco de corte	10,59	10,59
	Total		657,37

Elaborado: Analuisa Edwin

Tabla 19: Elementos Eléctricos

Cant.	Elemento	Costo p/u	Costo total 14%
1	Arduino genuine Uno	20	20
2	Sensores de presión 1.25 Mpa	60	120
1	Sensor de flujo de 60 litros / min	79	79
8	Cable gemelo de 12	0,65	5,2
8	Cable de timbre	0,55	4,4
1	Interruptor	2,3	2,3
4	Taipe	0,75	3
Total			233,9

Elaborado: Analuisa Edwin

Tabla 20: Gastos Indirectos

Gastos Indirectos			
Cantidad	Recursos	Costo p/u	Costo total
1	Internet	23	23
100	Copias	0,02	2
430	Impresiones b/n	0,05	21,5
410	Impresiones color	0,15	61,5
8	Anillado	2,25	18
5	Esferos	0,35	1,75
2	Empastado	15	30
2	Resmas de papel	3,8	7,6
35	Transporte	2,15	75,25
33	Alimentación	2	66
1	Flash menor	14	14
50	Escáner	0,15	7,5
3	Alquiler de soldadora	30	90
1	Transporte de módulo	80	80
Total			498,1

10% imprevistos	49,81
------------------------	--------------

Elaborado: Analuisa Edwin

COSTO TOTAL

Tabla 21: Costo Total

Costo total del proyecto	
Componentes del costo	Costo total (USD)
Elementos Mecánicos	657,37
Elementos Eléctricos	233,9
Gastos indirectos	498,1
10% imprevistos	49,81
Total	1.439,18

Elaborado: Analuisa Edwin

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Anteriormente antes de realizar este proyecto se realizó cálculos experimentales a fin de establecer las condiciones operarias necesarias así como también las condiciones que tendrá el módulo con el fin de cubrir necesidades principales para realizar prácticas de laboratorio basados en los fundamentos teóricos con los estudiantes que estén recibiendo principalmente la materia de Fluidos.

Durante el análisis de coeficiente tanto experimentales como teóricos se comprueba la existencia de una relación estrecha entre estos coeficientes de donde se demuestra la formulación para coeficientes tanto de tuberías como para accesorios.

El error establecido durante los cálculos es menor al 10 % en su mayoría lo cual indica que el módulo relaciona casi con exactitud los coeficientes de fricción establecidos por las fábricas en condiciones perfectas y coeficientes experimentales dados por las condiciones del módulo.

Una desventaja que se observó en el banco de pruebas, es que antes de realizar la lectura del diferencial de presión se necesita tiempo para eliminar todo el aire de las mangueras del manómetro con la finalidad de que los valores medidos sean más confiables.

El coeficiente de resistencia “K” para los accesorios no es constante, va a depender mucho del caudal que se esté manejando y de la geometría utilizada por el fabricante como se muestran

para el caso de los coeficientes de fricción de una válvula de bola normal que corresponde al tramo 7 y una válvula de bola tipo universal que se muestran en el tramo 7.

RECOMENDACIONES

Con el fin de obtener resultados que estén estrechamente relacionados entre el coeficiente de fricción experimental y coeficiente calculado se toma a la tuberías como lisa debido a la distancia que no es mayor de un metro para el tramo 1-2.

Cuando se adquiere algún tipo de accesorio, es preferible que el fabricante proporcione toda la información acerca del accesorio, como por ejemplo el coeficiente de resistencia “K” para utilizarlo correctamente en el diseño y obtener los resultados esperados tanto experimentalmente como calculados.

El practicante deberá darle el mantenimiento requerido al banco de pruebas: efectuar verificación de uniones, para evitar posteriores fugas, vaciar el tanque de agua cuando no se utilice, para evitar la corrosión en el impulsor de la bomba y acumulaciones de suciedad dentro de las tuberías.

Al momento de realizar prácticas principalmente para el tramo 1-6 se recomienda obstruir el paso del fluido por medio de agarradera ubicadas en estos puntos para así obtener datos precisos de los puntos o tomas de presiones donde se vayan a realizar las prácticas.

Revisar el manual previo al uso del módulo comenzando con el proceso de cebado de la bomba Pedrollo y verificar lo anteriormente mencionado en los diferentes tramos, así mismo los estudiantes deben estar bajo la supervisión de un profesor para operarlo.

15. BIBLIOGRAFÍA

AVALLONE, E. (1999). *MANUAL ESTÁNDAR PARA INGENIEROS MECÁNICOS*. Mexico: Theodore Baumeister.

CRANE. (9 de julio de 2014). *FLUJO DE FLUIDOS EN VALVULAS ACCESORIOS Y TUBERIAS*. Obtenido de es.slideshare.net:

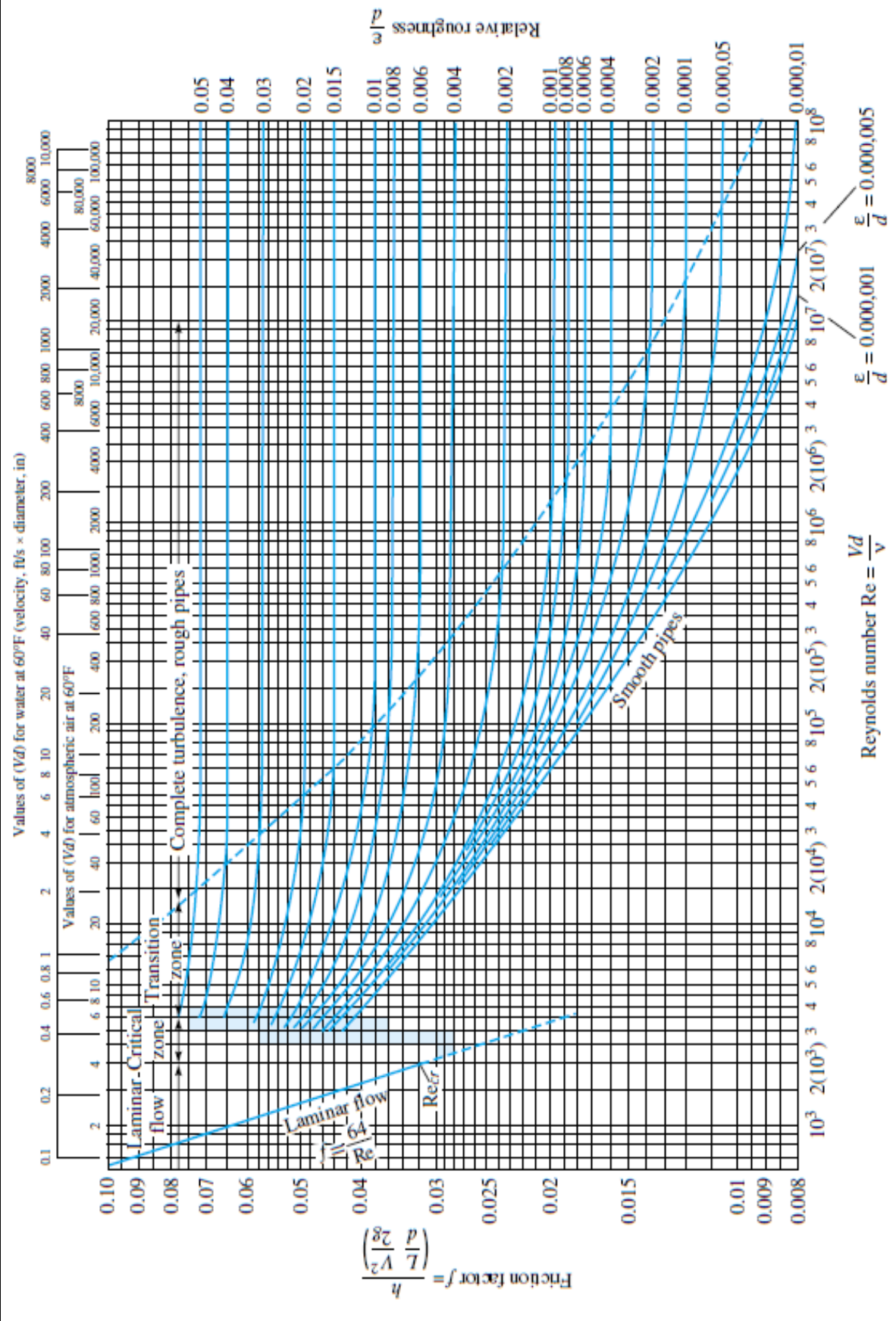
- <https://es.slideshare.net/jenniferdelgado5245961/flujo-de-fluidos-en-valvulas-accesorios-y-tuberias-si-crane>
- DÍAZ, R. (28 de enero de 2016). *Diseños hidráulicos sanitarios y de gas en edificaciones*. Obtenido de slideshare: <https://es.slideshare.net/meybelinh/mecnica-de-fluidos-3ra-edicin-merle-c-potter-amp-david-c-wiggert>
- FERNÁNDEZ. (1998). Introducción a la mecánica de fluidos. En F. Larrañaga, *Introducción a la mecánica de fluidos* (pág. 377). México: México.
- Fernández, J. P. (2015). *PROCEDIMIENTOS PARA PRÁCTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA MECÁNICA DE LOS FLUIDOS*. moa Cuba: FACULTAD DE METALURGIA Y ELECTROMECAÁNICA.
- Fernández., J. P. (s.f.).
- Kywi. (23 de junio de 2015). *www.kywi.com.Ec*. Obtenido de <http://www.kywi.com.ec/ventas-quito>: <http://www.kywi.com.ec/>
- MATAIX, C. (15 de septiembre de 2014). *Mecánica de Fluidos y máquinas hidráulicas*. Obtenido de es.slideshare.net: <https://es.slideshare.net/CarlosMagarinMartinez/ingenieria-claudiomataixmecanicadefluidosymaquinashidraulicas1>
- MOTT, I. r. (9 de septiembre de 2013). *Mecánica de Fluidos Aplicada*. Obtenido de slideshare: <https://es..net/cabobunbury10/mecnica-de-fluidos-aplicadas-6-ed-robert-l-mott>
- naylamp. (25 de febrero de 2016). *naylampmechatronics*. Obtenido de <http://www.naylampmechatronics.com/>
- PERRY/C.H.Chilton. (15 de mayo de 2015). *Manual del Ingeniero Químico*. Obtenido de librosysolucionarios.net: <http://librosysolucionarios.net/manual-del-ingeniero-quimico-6ta-edicion-perry-robert/>
- Plastigama. (15 de enero de 2016). <http://www.plastigama.com/>. Obtenido de <http://www.plastigama.com/>: <http://www.plastigama.com/>
- SCHAUM. (29 de mayo de 2015). *mecanica de fluidos e hidraulica*. Obtenido de es.slideshare.net: <https://es.slideshare.net/josephhunda/mecanica-de-fluidos-e-hidraulica-schaum>
- SHAMES. (1995). MECÁNICA DE FLUIDOS. En S. I. H, *MECÁNICA DE FLUIDOS* (pág. 830). Colombia: Mc Graw Hill.

sodimac. (16 de febrero de 2016). *0.5-HP-Bomba-Periferica*. Obtenido de www.sodimac.cl:
<http://www.sodimac.cl/sodimac-cl/product/676322/0.5-HP-Bomba-Periferica/676322>

STREETER. (1988.). MECÁNICA DE LOS FLUIDOS. En STREETER, *Mecánica de los fluidos* (pág. 594). México: Editorial Mc Graw-Hill.

viaindustrial. (02 de julio de 2012). *Rotametros flujometros*. Obtenido de viaindustrial.com.ec: <http://viaindustrial.com.ec/resultados.asp?titulo=Rotametros+-+flujometros>

ANEXOS



Temperatura T (°C)	Densidad ρ (kg/m ³)	Módulo elasticidad $K \cdot 10^{-9}$ (N/m ²)	Viscosidad dinámica $\mu \cdot 10^3$ (N·s/m ²)	Viscosidad cinemática $\nu \cdot 10^6$ (m ² /s)	Tensión superficial σ (N/m)	Presión vapo: P_v kPa
0	999,8	1,98	1,781	1,785	0,0756	0,61
5	1000,0	2,05	1,518	1,519	0,0749	0,87
10	999,7	2,10	1,307	1,306	0,0742	1,23
15	999,1	2,15	1,139	1,140	0,0735	1,70
20	998,2	2,17	1,002	1,003	0,0728	2,34
25	997,0	2,22	0,890	0,893	0,0720	3,17
30	995,7	2,25	0,798	0,800	0,0712	4,24
40	992,2	2,28	0,653	0,658	0,0696	7,38
50	988,0	2,29	0,547	0,553	0,0679	12,33
60	983,2	2,28	0,466	0,474	0,0662	19,92
70	977,8	2,25	0,404	0,413	0,0644	31,16
80	971,8	2,20	0,354	0,364	0,0626	47,34
90	965,3	2,14	0,315	0,326	0,0608	70,10
100	958,4	2,07	0,282	0,294	0,0589	101,3

Resistencia de
válvulas y acoplamientos, expresada
no longitud equivalente en
metros de tubería L_e/D .

Tipo	Longitud equivalente en diámetros de tubería L_e/D
Válvula de globo—abierta por completo	340
Válvula de ángulo—abierta por completo	150
Válvula de compuerta—abierta por completo	8
— $\frac{3}{4}$ abierta	35
— $\frac{1}{2}$ abierta	160
— $\frac{1}{4}$ abierta	900
Válvula de verificación—tipo giratorio	100
Válvula de verificación—tipo bola	150
Válvula de mariposa—abierta por completo, 2 a 8 pulg	45
—10 a 14 pulg	35
—16 a 24 pulg	25
Válvula de pie—tipo disco de vástago	420
Válvula de pie—tipo disco de bisagra *	75
Codo estándar a 90°	30
Codo a 90° de radio largo	20
Codo roscado a 90°	50
Codo estándar a 45°	16
Codo roscado a 45°	26
Vuelta cerrada en retorno	50
Te estándar—con flujo directo	20
—con flujo en el ramal	60

Fuentes: Crane Valves, Signal Hill, CA.

Factor de fricción
 en la zona de turbulencia completa
 para tubería de acero comercial,
 nueva y limpia.

Tamaño nominal de la tubería (pulg)	Factor de fricción f_T	Tamaño nominal de la tubería (pulg)	Factor de fricción f_T
½	0.027	3½, 4	0.017
¾	0.025	5	0.016
1	0.023	6	0.015
1¼	0.022	8-10	0.014
1½	0.021	12-16	0.013
2	0.019	18-24	0.012
2½, 3	0.018		

```
de_la_tesis_flujo Arduino 1.8.2
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
de_la_tesis_flujo $
// la siguiente es una programación realizada por Edwin Analuisa en la cual se utiliza//
//el numero de pulsos generado o arrojado por el sensor de flujo//
// la salida obtenida en esta configuracion sera la cantidad de flujo o cudal que ingresa//
// al sistema o modulo didactico//
// de igualmanera se imprimira en el monitor el numero te pulsos totales para el sistema//
volatile int pulsos; // Cantidad de pulsos del sensor. Como se usa dentro de una interrupcion debe ser volati
unsigned int litrosPorHora; // Calculated litros/hour

unsigned char sensorDeFlujo = 2; // Pin al que esta conectado el sensor

unsigned long tiempoAnterior; // Para calcular el tiempo

unsigned long pulsosAcumulados; // Pulsos acumulados

float litros; // Litros acumulados
void flujo () // Funcion de interrupcion

{
  pulsos++; // Simplemente sumar el numero de pulsos
}

void setup()
{
  pinMode(sensorDeFlujo, INPUT);
  Serial.begin(9600);
  attachInterrupt(0, flujo, RISING); // configuracion de interrupcion
```

```
de_la_tesis_flujo Arduino 1.8.2
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
de_la_tesis_flujo $
// la siguiente es una programación realizada por Edwin Analuisa en la cual se utiliza//
//el numero de pulsos generado o arrojado por el sensor de flujo//
// la salida obtenida en esta configuración sera la cantidad de flujo o cudal que ingresa//
// al sistema o modulo didactico//
// de igualmanera se imprimira en el monitor el numero de pulsos totales para el sistema//
volatile int pulsos; // Cantidad de pulsos del sensor. Como se usa dentro de una interrupcion debe ser volatil

unsigned int litrosPorHora; // Calculated litros/hour

unsigned char sensorDeFlujo = 2; // Pin al que esta conectado el sensor

unsigned long tiempoAnterior; // Para calcular el tiempo

unsigned long pulsosAcumulados; // Pulsos acumulados

float litros; // Litros acumulados
void flujo () // Funcion de interrupcion
{
  pulsos++; // Simplemente sumar el numero de pulsos
}

void setup()
{
  pinMode(sensorDeFlujo, INPUT);
  Serial.begin(9600);
  attachInterrupt(0, flujo, RISING); // configuracion de interrupcion
```

ANEXO 6

Resultados de pérdida local
para válvula check de 1/2 tramo
3

1/5

NO	Q (l/min)	Q (m ³ /s)	P1 (kPa)	P2 (kPa)	ΔP(kPa)	ΔP(Pa)	v (m/s)	Re	landa	ε Expe rime ntal	ε fabri cante	error	ε cal
1	14,7 56	0,00 0245 933	96,3 9	95,2 3	1,16	1160	1,30 4020 3	2013 5,66	0,03	1,32	1,35	2,12	1,37
2	16,2 15	0,00 0270 25	101, 39	99,9 5	1,44	1440	1,43 2955 3	2212 6,57	0,03	1,36			1,41
3	16,9 56	0,00 0282 6	105, 39	103, 85	1,54	1540	1,49 8439 1	2313 7,72	0,03	1,33			1,37
4	18,3 51	0,00 0305 85	113, 39	111, 85	1,54	1540	1,62 1718 4	2504 1,31	0,03	1,13			1,17
5	20,0 27	0,00 0333 783	116, 39	114, 85	1,54	1540	1,76 9830 2	2732 8,33	0,02	0,94			0,99
6	21,6 67	0,00 0361 117	125, 39	123, 85	1,54	1540	1,91 4760 6	2956 6,23	0,02	0,80			0,84
7	22,7 64	0,00 0379 4	131, 39	129, 85	1,54	1540	2,01 1704 9	3106 3,17	0,02	0,72			0,76
8	24,2 51	0,00 0404 183	133, 39	131, 85	1,54	1540	2,14 3114 4	3309 2,30	0,02	0,63			0,67
9	24,8 61	0,00 0414 35	137, 39	135, 85	1,54	1540	2,19 7021 4	3392 4,69	0,02	0,60			0,64

ANEXO 6

Resultados de pérdida local
para válvula de compuerta de
¾ tramo 5

2/5

NO	Q (l/min)	Q (m ³ /s)	P1 (kPa)	P2 (kPa)	ΔP(kPa)	ΔP(Pa)	v (m/s)	Re	landa	ε experimental	ε fabricante	error	ε calc
1	17,602	0,00293367	113,39	109,85	3,54	3540	0,8531053	17787,78	0,03	9,70	10	3	9,75
2	19,747	0,00329117	119,39	115,85	3,54	3540	0,9570657	19955,42	0,03	7,70			7,74
3	22,215	0,0037025	132,39	128,85	3,54	3540	1,0766808	22449,47	0,03	6,08			6,12
4	22,764	0,003794	135,39	131,85	3,54	3540	1,1032888	23004,26	0,03	5,78			5,83
5	23,038	0,00383967	136,39	132,85	3,54	3540	1,1165686	23281,15	0,03	5,65			5,69
6	23,686	0,00394767	138,39	135,85	2,54	2540	1,1479748	23935,99	0,03	3,82			3,86
7	23,861	0,00397683	139,39	136,85	2,54	2540	1,1564564	24112,84	0,03	3,76			3,81
8	24,958	0,00415967	143,39	141,85	1,54	1540	1,2096241	25221,42	0,03	2,07			2,11
9	25,504	0,00425067	144,39	142,85	1,54	1540	1,2360867	25773,18	0,02	1,98			2,02

ANEXO 6							Resultados de pérdida local para válvula de compuerta de 1/2 tramo 6					3/5	
NO	Q (l/min)	Q (m ³ /s)	P1 (kPa)	P2 (kPa)	ΔP(kPa)	ΔP(Pa)	v (m/s)	Re	landa	ε experimental	ε fabricante	error	ε calc
1	16,023	0,0026705	115,39	109,01	6,38	6380	1,0858664	19146,95	0,03	10,81	10,8	0	10,84
2	17,512	0,00291867	121,39	114,85	6,54	6540	1,1867748	20926,25	0,03	9,27			9,30
3	20,544	0,003424	124,39	116,85	7,54	7540	1,3922511	24549,39	0,03	7,76			7,79
4	22,764	0,003794	126,39	117,85	8,54	8540	1,5426988	27202,21	0,02	7,16			7,19
5	23,855	0,00397583	127,39	118,85	8,54	8540	1,6166350	28505,92	0,02	6,52			6,55
6	24,598	0,00409967	129,39	121,85	7,54	7540	1,6669876	29393,78	0,02	5,41			5,44
7	25,122	0,004187	132,39	124,85	7,54	7540	1,7024986	30019,94	0,02	5,18			5,21
8	26,013	0,0043355	143,39	135,85	7,54	7540	1,7628810	31084,66	0,02	4,83			4,86
9	26,845	0,00447417	144,39	136,85	7,54	7540	1,8192650	32078,87	0,02	4,54			4,56

ANEXO 6					Resultados de perdida local para válvula de bola de 1/2 tramo 7							4/5	
NO	Q (l/min)	Q (m ³ /s)	P1 (kPa)	P2 (kPa)	ΔP(kPa)	ΔP(Pa)	v (m/s)	Re	landa	ε Expe rime ntal	ε Fabri cante	error	ε Calc.
1	11,6 52	0,00 0194 2	84,1 5	83,9 8	0,17 0	170	0,61 8471 3	1232 2,52	0,03	0,84	0,9	6,90	0,89
2	12,5 41	0,00 0209 017	93,1 5	92,9 8	0,17 0	170	0,66 5658 2	1326 2,67	0,03	0,72			0,77
3	13,4 39	0,00 0223 983	96,1 5	95,9 5	0,20 0	200	0,71 3322 7	1421 2,35	0,03	0,74			0,79
4	16,4 56	0,00 0274 267	102, 15	101, 89	0,26 0	260	0,87 3460 7	1740 2,96	0,03	0,63			0,68
5	18,1 01	0,00 0301 683	107, 15	106, 87	0,28 0	280	0,96 0774 9	1914 2,63	0,03	0,56			0,61
6	19,7 47	0,00 0329 117	127, 15	126, 88	0,27 0	270	1,04 8142 3	2088 3,35	0,03	0,45			0,49
7	22,7 64	0,00 0379 4	136, 15	135, 79	0,36 0	360	1,20 8280 3	2407 3,96	0,03	0,45			0,49
8	24,6 84	0,00 0411 4	146, 15	145, 77	0,38 0	380	1,31 0191 1	2610 4,45	0,02	0,40			0,44
9	25,7 81	0,00 0429 683	141, 15	140, 78	0,37 0	370	1,36 8418 3	2726 4,57	0,02	0,35			0,40

ANEXO 6							Resultados de pérdida local para válvula de bola de 1/2 tramo 7(2)					5/5	
NO	Q (l/min)	Q (m ³ /s)	P1 (kPa)	P2 (kPa)	ΔP(kPa)	ΔP(Pa)	v (m/s)	Re	landa	ε experimental	ε fabricante	error	ε calc
1	11,7 15	0,00 0195 25	89,1 5	89,0 8	0,07	70	0,79 3916 5	1399 9,03	0,03	0,21	0,18	4,4	0,22
2	12,1 25	0,00 0202 083	91,1 5	91,0 8	0,07	70	0,82 1701 9	1448 8,97	0,03	0,20		4,6	0,21
3	13,9 87	0,00 0233 117	92,1 5	92,0 8	0,07	70	0,94 7888 2	1671 3,99	0,03	0,15		5,4	0,16
4	15,3 59	0,00 0255 983	96,1 5	96,0 8	0,07	70	1,04 0867 6	1835 3,49	0,03	0,12		6,1	0,13
5	16,4 56	0,00 0274 267	101, 15	101, 08	0,07	70	1,11 5210 5	1966 4,37	0,03	0,11		6,5	0,11
6	17,1 54	0,00 0285 9	103, 15	103, 08	0,07	70	1,16 2513 4	2049 8,45	0,03	0,10		6,8	0,10
7	18,2 54	0,00 0304 233	111, 15	111, 08	0,07	70	1,23 7059 5	2181 2,92	0,03	0,08		7,3	0,09
8	20,2 95	0,00 0338 25	118, 15	118, 08	0,07	70	1,37 5376 6	2425 1,84	0,03	0,07		8,0	0,07
9	22,1 25	0,00 0368 75	121, 15	121, 08	0,07	70	1,49 9394 2	2643 8,63	0,02	0,06		8,7	0,06

ANEXO 7					Resultados de perdida primaria para tubería de ½ tramo 1							1/3	
NO	Q (l/min)	Q (m ³ /s)	P1 (kPa)	P2 (kPa)	i(kPa/m)	i(Pa/m)	v (m/s)	Re	λ EXP	λ TEORICO	λ 2 TEORICO	Error (%)	ERROR 2
1	8,872	0,0001478667	83,3900	80,85	2,92	2919,54023	1,502	16754,54	0,0291	0,0278	0,0272	-4,48	-6,72
2	10,851	0,0001808500	88,39	84,85	4,07	4068,96552	1,837	20491,83	0,0271	0,0264	0,0259	-2,36	-4,50
3	11,357	0,0001892833	90,39	86,85	4,07	4068,96552	1,922	21447,39	0,0247	0,0261	0,0256	5,48	3,55
4	19,198	0,0003199667	115,39	105,85	10,97	10965,51724	3,249	36254,92	0,0233	0,0229	0,0227	-1,64	-2,74
5	20,902	0,0003483667	117,39	105,85	13,26	13264,36782	3,538	39472,87	0,0238	0,0224	0,0223	-5,95	-6,83
6	23,963	0,0003993833	131,39	116,85	16,71	16712,64368	4,056	45253,49	0,0228	0,0217	0,0216	-5,10	-5,49
7	24,202	0,0004033667	140,39	126,85	15,56	15563,21839	4,096	45704,84	0,0208	0,0216	0,0216	3,82	3,49
8	25,781	0,000429683	146,39	130,85	17,86	17862,06897	4,364	48686,74	0,0211	0,0213	0,0213	1,17	1,06
9	26,452	0,000440867	148,39	131,85	19,01	19011,49425	4,477	49953,90	0,0213	0,0212	0,0212	-0,57	-0,57

ANEXO 7				Resultados de pérdida primaria para tubería de ¾ tramo 2								2/3
NO	Q (l/min)	Q (m ³ /s)	P1 (kPa)	P2 (kPa)	í(kPa/m)	í(Pa/m)	v (m/s)	Re	λ EXP	λ TEORICO	λ 2 TEORICO	Error (%)
1	9,503	0,000 1583 833	90,15	89,85	0,34	344,8 2759	0,644	1135 5,77	0,029 5	0,030 7	0,030 1	3,80
2	15,08 4	0,000 2514 000	98,15	97,48	0,77	770,1 1494	1,022	1802 4,87	0,026 1	0,027 3	0,026 7	4,29
3	16,45 6	0,000 2742 667	108,1 5	107,3 4	0,93	931,0 3448	1,115	1966 4,37	0,026 5	0,026 7	0,026 2	0,64
4	17,27 8	0,000 2879 667	109,1 5	108,2 8	1,00	1000, 0000 0	1,171	2064 6,63	0,025 9	0,026 4	0,025 9	2,00
5	18,12 5	0,000 3020 833	110,1 5	109,1 8	1,11	1114, 9425 3	1,228	2165 8,76	0,026 2	0,026 1	0,025 6	-0,48
6	20,57 0	0,000 3428 333	111,1 5	109,9 8	1,34	1344, 8275 9	1,394	2458 0,46	0,024 5	0,025 3	0,024 8	2,88
7	21,66 7	0,000 3611 167	139,1 5	137,8 8	1,46	1459, 7701 1	1,468	2589 1,34	0,024 0	0,024 9	0,024 5	3,74
8	23,31 2	0,000 3885 333	140,1 5	138,6 8	1,69	1689, 6551 7	1,580	2785 7,06	0,024 0	0,024 5	0,024 1	1,97
9	26,32 9	0,000 4388 167	151,1 5	149,2 8	2,15	2149, 4252 9	1,784	3146 2,27	0,023 9	0,023 8	0,023 4	-0,78

ANEXO 7					Resultados de perdida primaria para tubería de ½ lisa tramo 4							3/3	
NO	Q (l/min)	Q (m ³ /s)	P1 (kPa)	P2 (kPa)	í(kPa/m)	í(Pa/m)	v (m/s)	Re	λ EXP	λ TEORICO	λ 2 TEORICO	Error (%)	ERRO R 2
1	10,325	0,001720833	83,39	82,48	0,65	645,39007	0,835	13480,44	0,0300	0,0294	0,0288	-2,25	-4,34
2	10,651	0,001775167	88,39	87,48	0,65	645,39007	0,862	13906,07	0,0282	0,0291	0,0285	3,16	1,16
3	11,057	0,001842833	90,39	89,48	0,65	645,39007	0,895	14436,14	0,0262	0,0289	0,0283	9,30	7,40
4	20,124	0,003354000	115,39	112,48	2,06	2063,82979	1,628	26274,12	0,0253	0,0249	0,0244	-1,70	-3,52
5	20,502	0,003417000	117,39	114,48	2,06	2063,82979	1,659	26767,64	0,0244	0,0247	0,0243	1,56	-0,18
6	23,963	0,003993833	131,39	127,48	2,77	2773,04965	1,939	31286,37	0,0239	0,0238	0,0234	-0,67	-2,14
7	24,202	0,004033667	140,39	136,48	2,77	2773,04965	1,958	31598,41	0,0235	0,0237	0,0234	1,06	-0,35
8	26,948	0,004491333	147,39	142,48	3,48	3482,26950	2,180	35183,62	0,0238	0,0231	0,0228	-2,94	-4,14
9	26,998	0,00449967	148,39	143,48	3,48	3482,26950	2,184	35248,90	0,0237	0,0231	0,0228	-2,61	-3,80

ANEXO 8	coeficiente de pérdida local en Codo estándar del tramo 1 y el número de Reynolds	1/1
----------------	--	------------

NO	Q (l/min)	Q (m ³ /s)	P1 (kPa)	P2 (kPa)	ΔP(kPa)	ΔP(Pa)	v (m/s)	Re	landa	ε Experimental	ε Fabricante	error	ε Calc.
1	11,652	0,0001942	84,15	83,98	0,170	170	0,6184713	12322,52	0,03	0,84	0,9	6,90	0,89
2	12,541	0,000209017	93,15	92,98	0,170	170	0,6656582	13262,67	0,03	0,72			0,77
3	13,439	0,000223983	96,15	95,95	0,200	200	0,7133227	14212,35	0,03	0,74			0,79
4	16,456	0,000274267	102,15	101,89	0,260	260	0,8734607	17402,96	0,03	0,63			0,68
5	18,101	0,000301683	107,15	106,87	0,280	280	0,9607749	19142,63	0,03	0,56			0,61
6	19,747	0,000329117	127,15	126,88	0,270	270	1,0481423	20883,35	0,03	0,45			0,49
7	22,764	0,0003794	136,15	135,79	0,360	360	1,2082803	24073,96	0,03	0,45			0,49
8	24,684	0,0004114	146,15	145,77	0,380	380	1,3101911	26104,45	0,02	0,40			0,44
9	25,781	0,000429683	141,15	140,78	0,370	370	1,3684183	27264,57	0,02	0,35			0,40





