



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
INGENIERÍA MECÁNICA**

**Seminario de Graduación 2010 Previo a la Obtención del
Título de Ingeniero Mecánico**

TEMA:

“ESTUDIO DEL FLUJO DE AGUA PARA GENERAR REPORTE DE PRÁCTICA EN EL TABLERO DE FLUIDOS DEL LABORATORIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA”.

AUTOR: VARGAS PICO EDISON GERMÁN

TUTOR: ING. SUSANA VALENCIA

Ambato - Ecuador

2011

APROBACIÓN POR EL TUTOR

En mi calidad de Tutor del trabajo de Investigación científica sobre el tema: “ESTUDIO DEL FLUJO DE AGUA PARA GENERAR REPORTE DE PRÁCTICA EN EL TABLERO DE FLUIDOS DEL LABORATORIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA” del señor EDISON GERMAN VARGAS PICO, estudiante de la carrera de Ingeniería Mecánica, considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometidos a la evaluación del jurado examinador designado por el H. Consejo.

Ambato, 15 de agosto del 2011.

EL TUTOR

.....
Ing. Susana Valencia

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA MECÁNICA

APROBACIÓN DEL JURADO EXAMINADOR

Los miembros del Jurado Examinador aprueban el Informe de Investigación Científica sobre el tema: “ESTUDIO DEL FLUJO DE AGUA PARA GENERAR REPORTE DE PRÁCTICA EN EL TABLERO DE FLUIDOS DEL LABORATORIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA”, realizado por el estudiante EDISON GERMÁN VARGAS PICO, de acuerdo con las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Ambato para títulos y grados de la carrera de ingeniería mecánica.

Ambato, Agosto del 2011.

Para constancia firman:

.....
(Título, Grado, Nombre y Apellido)

.....
(Título, Grado, Nombre y Apellido)

.....
(Título, Grado, Nombre y Apellido)

AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Los criterios emitidos en el Informe de Investigación:

“ESTUDIO DEL FLUJO DE AGUA PARA GENERAR REPORTE DE PRÁCTICA EN EL TABLERO DE FLUIDOS DEL LABORATORIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA” como también los contenidos, ideas, análisis, y propuesta son de exclusiva responsabilidad del autor de este trabajo de grado.

Ambato, 15 de Agosto del 2011.

EL AUTOR

.....

Edison Germán Vargas Pico

180384002-2

AGRADECIMIENTO:

Mi principal agradecimiento es a mis padres y hermanas por su apoyo, paciencia y fortaleza incondicional que supieron brindarme día a día para alcanzar una de mis grandes metas. A mi esposa por apoyarme en todas mis decisiones. A mi primo Ing. Diego Vargas por ser un soporte importante durante el desarrollo de mis estudios. Y también a todos mis profesores por brindarme todos sus conocimientos.

Y a todas las personas que de una u otra forma colaboraron conmigo en todos estos años de estudio un agradecimiento de todo corazón.

DEDICATORIA A:

El presente trabajo se lo dedico a mis Padres por su inmenso sacrificio y desvelos para poder darme la mejor herencia que un padre puede dar a un hijo, los estudios.

A mi esposa y a mi hijo por ser parte fundamental y los impulsores a que día a día siga superándome en mi vida.

A mis hermanas, maestros y amigos por su enorme apoyo para que pueda salir adelante y no rendirme durante mi proceso de educación.

ÍNDICE GENERAL

PÁGINAS PRELIMINARES	Páginas
Portada	i
Aprobación por el tutor	ii
Aprobación por el jurado calificador	iii
Autoría	iv
Agradecimiento	v
Dedicatoria	vi
Índice general	vii
Índice de cuadros y gráficos	xi

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1	El problema	1
1.1	Tema	1
1.2	Planteamiento del problema	1
1.2.1	Contextualización	1
1.2.2	Análisis crítico	2
1.2.3	Prognosis	2

1.2.4	Formulación del problema	2
1.2.5	Interrogantes	3
1.2.6	Delimitación del problema	3
1.3	Justificación	3
1.4	Objetivos	4
1.4.1	Objetivo General	4
1.4.2	Objetivo Específico	4

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2	Marco teórico	5
2.1	Antecedentes Investigativos	5
2.2	Categorías Fundamentales	6
2.2.1	Hidráulica	7
2.2.2	Mecánica de fluidos	7
2.2.3	Flujo de agua	8
2.2.4	Medidores de caudal	9
2.2.5	Automatización	14
2.2.6	Instrumentos para la adquisición de datos	15
2.2.7	Medidor de Turbina	24
2.2.8	Banco de Pruebas	29

2.3	Hipótesis	30
2.4	Señalamiento de variables	30

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3	Metodología	31
3.1	Enfoque	31
3.2	Modalidad y tipo de la investigación	31
3.2.1	Modalidad	31
3.2.2	Tipo	31
3.3	Población y muestra	32
3.3.1	Población	32
3.3.2	Muestra	32
3.4	Operacionalización de variables	32
3.4.1	Variable Independiente	32
3.4.2	Variable Dependiente	33
3.5	Técnicas de recolección de información	34
3.6	Procesamiento y análisis de la información	34

CAPITULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1	Análisis de los resultado	35
4.2	Interpretación de resultados del método ejecutado.	46
4.3	Verificación de hipótesis	55

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones	56
5.2	Recomendaciones.	57

CAPITULO VI

PROPUESTA

6	Propuesta	58
6.1	Datos informativos	58
6.2	Antecedentes de la propuesta	58
6.3	Justificación	59
6.4	Objetivos	59
6.5	Análisis de Factibilidad	59
6.6	Fundamentación	60
6.6.1	Marco teórico	60

6.7 Metodología modelo operativo	86
6.8 Costos económicos del estudio	89
6.8.1 Costos directos	89
6.8.2 Costos indirectos	89
6.9 Previsión de la evaluación	90
Bibliografía	93

ÍNDICE DE TABLAS

2.1 Métodos de Medición de Flujo	9
4.1 Matriz FODA	35
4.2 Matriz FODA para analizar los métodos	36
4.3 Guía experimental de la toma de tiempos de ensayos N° 1	38
4.4 Guía experimental de la toma de tiempos de ensayos N° 2	39
4.5 Guía experimental de la toma de tiempos de ensayos N° 3	40
4.6 Guía experimental de la toma de tiempos de ensayos N° 4	41
4.7 Guía experimental de la toma de tiempos de ensayos N° 5	42
4.8 Guía experimental de la toma de tiempos de ensayos N° 6	43
4.9 Guía experimental de la toma de tiempos de ensayos N° 7	44
4.10 Guía experimental de la toma de tiempos de ensayos N° 8	45
6.1 Costos de los materiales utilizados en la construcción	89
6.2 Costos indirectos	90

6.3 Costos totales del proyecto	90
---------------------------------	----

ÍNDICE DE FIGURAS

2.1 Red de categorías fundamentales	6
2.2 Principio de Bernouilli	10
2.3 Tobera de Flujo ASME	12
2.4 Tubo Pitot	12
2.5 Tubo Annubar	13
2.6 Turbina	14
2.7 Flow Controller 32505-05	16
2.8 Ultrasonic Flow Meter TFXL2-CA1-NN	16
2.9 Contactor	19
2.10 Turbine Flow Meter HB111-110	24
2.11 Water Flow Controller LC-500CCM-D	25
2.12 Esquema electroválvula	27
4.1 Tanques	35
4.2 Valor de presión para el ensayo N°1	37
4.3 Valor de presión para el ensayo N°2	39
4.4 Valor de presión para el ensayo N°3	40
4.5 Valor de presión para el ensayo N°4	41
4.6 Valor de presión para el ensayo N°5	42

4.7	Valor de presión para el ensayo N°6	43
4.8	Valor de presión para el ensayo N°7	44
4.9	Valor de presión para el ensayo N°8	45
6.1	Electroválvula	61
6.2	Tanque de llenado a 70cm del piso	86
6.3	Colocación de la electroválvula	87
6.4	Colocación de los sensores de nivel	87
6.5	Mandos de control	88
6.6	Tablero de Fluidos	88
6.7	Símbolo de alerta	91

ÍNDICE DE GRÁFICAS

4.1 - 4.17	Interpretación de resultados	46-54
------------	------------------------------	-------

RESUMEN

Objetivo: Determinar el control de flujo de agua adecuado en tiempos de llenado para generar reportes de práctica en el tablero de fluidos.

Métodos: Se tomaron datos en las guías de prácticas con varios valores de presión de caudal para comparar los tiempos de llenado, tanto del tablero de fluidos análogo como con el mismo ya modificado, y mejorar los mismos.

La modificación del equipo consistió en colocar dos sensores de nivel en el tanque de llenado, los mismos que se encargan de encender y apagar la bomba de forma automática, contralando con más precisión estos tiempos. También se instaló una electroválvula en la parte de retorno para que el fluido regrese al tanque inicial únicamente por gravedad, y así suprimir el trabajo riguroso y pesado que tenía que realizar el operario del equipo.

Resultados: Mediante las experimentaciones del flujo de agua realizadas en el tablero de fluidos de laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, se observó claramente que se corrigieron los reportes de práctica en tiempos de llenado, mediante la comparación de datos que se obtuvieron en los ensayos. Esto va a satisfacer la necesidad tanto de profesores como alumnos para realizar prácticas con el equipo.

Conclusiones: Se concluyó que al facilitar la manipulación del equipo y mejorar los tiempos de desarrollo de los ensayos, esto va a satisfacer la necesidad tanto de profesores como alumnos para realizar prácticas con el dispositivo.

CAPITULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

1.1. TEMA DE INVESTIGACIÓN.

“Estudio del flujo de agua para generar reportes de práctica en el tablero de fluidos del laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica”.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.2.1. CONTEXTUALIZACION DEL PROBLEMA.

La misión y visión de La Universidad Técnica de Ambato es innovar día a día en sus ámbitos tanto científicos, técnicos, culturales y axiológicos, por el desarrollo de la investigación científica y tecnológica como un aporte en la solución de los problemas que se puedan presentar en nuestra ciudad y país.

La universidad ayuda a sus estudiantes a través de las distintas carreras que ofrece, promoviendo su avance personal, que sean competitivos y favorezcan a mejorar la calidad de vida de las personas.

Es así que la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica tiene disciplinas que no solo son teóricas, sino que van de la mano con la práctica y de ésta manera permite ayudar a los estudiantes para que sus conocimientos sean más amplios y puedan ser mas competidores en su etapa profesional, para lo cual las prácticas en los laboratorios son esenciales.

La facultad cuenta con una infraestructura adecuada, en donde se encuentran los laboratorios para la realización de las prácticas de las distintas materias que ofrece, por ejemplo el laboratorio de hidráulica en el cual existen equipos, como el banco de pruebas de fluidos el cual es un equipo análogo, y al ser ejecutado sus prácticas se lo hace de una manera rudimentaria, lo que implica que el esfuerzo

físico es excesivo, de esta manera los resultados que emite son sin ningún tipo de control, lo cual produce que los mismos emitidos sean erróneos e imprecisos.

1.2.2. ANALISIS CRÍTICO

La Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato promueve inculcando a sus estudiantes a desarrollar su imaginación con la realización de proyectos, ya sean estos en la investigación, el diseño y muchas veces con la construcción de nuevos dispositivos o elementos mecánicos que deben presentar al finalizar cada periodo estudiantil, los mismos que sirven para la ejecución de prácticas en los laboratorios.

Es así que en el laboratorio de hidráulica de la Facultad se tiene el banco de pruebas de fluidos el cual fue construido por estudiantes de la misma, éste era un equipo análogo, con lo cual se obtenían resultados erróneos, por consiguientes esto producía que se genere una inconsistencia con la información teórica, lo que es muy importante que debería ir a la par los conocimientos teórico – práctico para su desenvolvimiento profesional. Pero la inversión que se necesita para la realización de este tipo de equipos es uno de los grandes limitantes para que los estudiantes puedan concluirlos o realizarlos de una manera más tecnificada.

1.2.3. PROGNOSIS

El presente estudio al no ser ejecutado, repercutiría a que sigan generándose cálculos no reales e imprecisos, ocasionando que el conocimiento teórico - práctico de los estudiantes no vaya en concordancia, por lo tanto esto producía un desinterés por parte del alumnado para la realización de prácticas en los laboratorios y esto hubiese ocasionado la desocupación de los mismos y pérdidas de dinero por el deterioro de los equipos por su no utilización, lo cual sería un desperdicio de equipos y de la infraestructura creada para los laboratorios.

1.2.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

¿Permitía el estudio de flujo de agua generar reportes de práctica en el tablero de fluidos del laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica?

1.2.5. INTERROGANTES

- ¿Qué complementos fueron necesarios investigar para renovar el banco de pruebas análogo?
- ¿Existe suficiente material bibliográfico para realizar el estudio antes mencionado?
- ¿Cuál fue la alternativa óptima para la solución?

1.2.6. DELIMITACIÓN

1.2.6.1 De contenido

El presente proyecto está delimitado al área de Mecánica de Fluidos, con el control del flujo de agua, además al Control Industrial.

1.2.6.2 Espacial

El presente estudio se lo realizo en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, con una revisión bibliográfica que se realizo en la biblioteca de la misma.

1.2.6.3 Temporal

El tiempo destinado para el estudio de las variables fue desde el mes de Enero del 2011 hasta el mes de Agosto del mismo año.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Debido a que las prácticas de laboratorio son muy necesarias e importantes para el complemento con los conocimientos teóricos, ayudará para que el desenvolvimiento profesional de los estudiantes que salen de la Universidad sea cada vez mayor, eficaz y por supuesto la competitividad laboral va a mejorar notablemente. Pero para esto los laboratorios de la facultad deben estar bien equipados y actualizándose constantemente.

El estudio es de gran interés ya que tuvo un impacto positivo entre los que conforman la carrera de Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, puesto que para el mejoramiento de este equipo se utilizaron aparatos novedosos y

de última tecnología, los mismos que sustituyeron el trabajo pesado que tenían que realizar los estudiantes al momento de realizar las prácticas. El presente estudio fue factible realizarlo ya que las autoridades de la facultad pusieron a disposición los laboratorios y equipos para poder tomar datos y la ejecución del trabajo.

1.4. OBJETIVOS.

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar el flujo de agua apropiado para generar reportes de práctica en el tablero de fluidos del laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica

1.4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Establecer los complementos que serán necesarios investigar para renovar el banco de pruebas análogo.
- Identificar los parámetros técnicos necesario para realizar el estudio
- Proponer un método para controlar el flujo de agua mediante un banco de pruebas básico de entrenamiento.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.

En la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato no se encontró ningún estudio referente al tema de investigación, únicamente el tablero de fluidos que está siendo objeto de estudio en proyecto.

En la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo estudiantes de la misma, realizaron hace un tiempo atrás un estudio semejante, con el mismo propósito de equiparar los conocimientos teórico – prácticos. Este trabajo llego a la conclusión de que la distribución de cada uno de los instrumentos está en función a las siguientes condiciones: teoría (desde lo más sencillo a lo más complejo), espacio físico (dimensión de los instrumentos, distancia rectas de tuberías aguas arriba y abajo etc.), operación (ubicados para ser operados con mínima dificultad), y mantenimiento (fácil acceso a los instrumentos y accesorios).

El tema de estudio que se encontró es “Construcción e Instalación del Banco de Pruebas de Caudal en el Laboratorio de Instrumentación de la Facultad de Mecánica”

Fue realizado por el Sr. Córdova Lascano estudiante de la Facultad De Ingeniería Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en el año 2010. La principal conclusión que el estudiante explicó en este estudio es que: “Los laboratorios realizados en este Banco ayudan a entender el principio de funcionamiento y la correcta operación de cada uno de desde; la operación y mantenimiento del banco en general hasta la específica de cada uno de los instrumentos”.

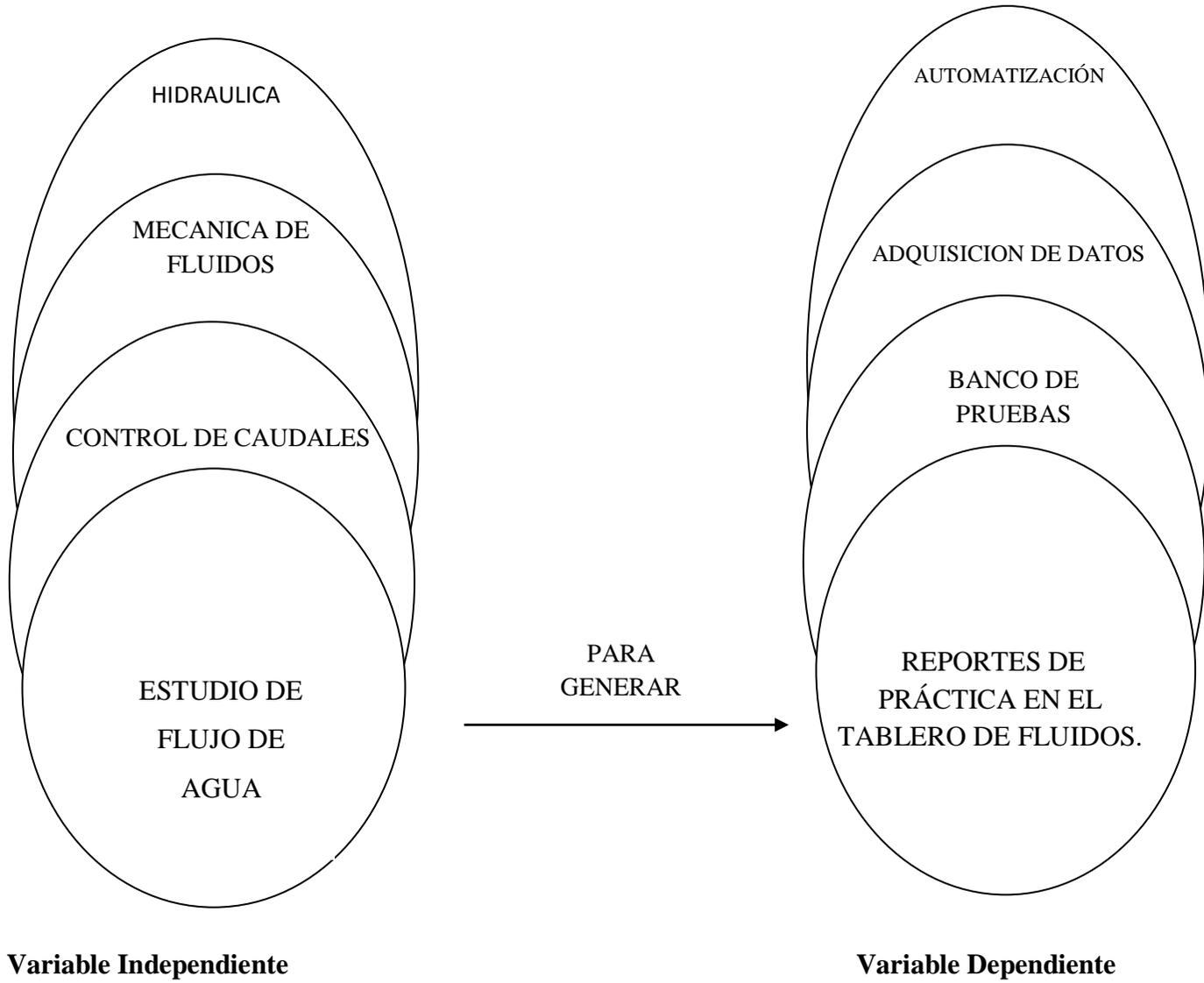


Figura 2.1 Red de categoría fundamentales
Fuente Autor

2.2.1. HIDRAULICA

Conceptualmente la hidráulica se puede definir de varias maneras, siempre dependiendo del contexto en que la usemos. Si la empleamos dentro del contexto de la mecánica de los fluidos, podemos decir que la hidráulica es la parte de la física que estudia el comportamiento de los fluidos.

Cuando se trata de un fluido como el aceite se debe hablar de oleo hidráulica, pero no es así, normalmente se emplea el vocablo hidráulica para definir a una tecnología de ámbito industrial que emplea el aceite como fluido y energía, y que está en estrecha relación, con las leyes de la mecánica de los fluidos.

Por si fuera poca la confusión, además, existen dos vocablos más, hidrostática e hidrodinámica. La hidrostática trata sobre las leyes que rigen a los fluidos en su estado de reposo. La hidrodinámica trata sobre las leyes que rigen sobre los fluidos en movimiento. Los dos vocablos se engloban dentro de la materia de la mecánica de los fluidos. Estos dos vocablos también se utilizan en neumática para explicar el comportamiento del aire comprimido.

2.2.2. MECÁNICA DE FLUIDOS.

Mecánica de fluidos, parte de la física que se ocupa de la acción de los fluidos en reposo o en movimiento, así como de las aplicaciones y mecanismos de ingeniería que utilizan fluidos. La mecánica de fluidos es fundamental en campos tan diversos como la aeronáutica, la ingeniería química, civil e industrial, la meteorología, las construcciones navales y la oceanografía.

La mecánica de fluidos puede subdividirse en dos campos principales: la estática de fluidos, o hidrostática, que se ocupa de los fluidos en reposo, y la dinámica de fluidos, que trata de los fluidos en movimiento. El término de hidrodinámica se aplica al flujo de líquidos o al flujo de los gases a baja velocidad, en el que puede considerarse que el gas es esencialmente incompresible. La aerodinámica, o dinámica de gases, se ocupa del comportamiento de los gases cuando los cambios de velocidad y presión son lo suficientemente grandes para que sea necesario incluir los efectos de la compresibilidad.

Entre las aplicaciones de la mecánica de fluidos están la propulsión a chorro, las turbinas, los compresores y las bombas. La hidráulica estudia la utilización en ingeniería de la presión del agua o del aceite.

2.2.3. FLUJO DE AGUA.

Los instrumentos de medición y control permiten el mantenimiento y la regulación de magnitudes (presión, caudal, nivel, temperatura, etc) en condiciones más idóneas de lo que haría el operador.

Se generaliza las aplicaciones de la medición, y se puede clasificar a los tipos de aplicación en tres categorías importantes:

- Monitoreo de los procesos y operaciones, se dan en situaciones en donde los aparatos de medición se usan para medir cantidades. (Termómetros, barómetros, radares, etc).
- Control de los procesos y operaciones, se refiere automático de control por retroalimentación; el principio de todos los sistemas de control por retroalimentación establece que se deben medir la variable que se desea controlar, compararla con un valor deseado y con base al error manipular al elemento final de control de tal manera que impulse la variable controlada a alcanzar el valor deseado.
- Análisis de ingeniería experimental, desarrollo e investigación de ingeniería que se apoya en pruebas de laboratorio de una clase u otra para dar respuestas a preguntas.

En este tipo de aplicaciones existen elementos definidos como el elemento de medida, el transmisor, el controlador, el indicador, el registrador y elemento final.

La medición de caudal en la industria es de suma importancia, en gran parte de los procesos existe la necesidad de controlar el caudal, pero para mantener este control lo primero que se debe hacer es medirlo. Existen diferentes técnicas e instrumentos para medir el caudal, la técnica a utilizar de la necesidad y condiciones en las cuales se esté.

El caudal es una indicación de que tantos fluidos en peso o volumen se están moviendo, o sea que tanta cantidad de fluido está pasando por un determinado punto dentro de un periodo específico de tiempo. Para realizar esta medición se utilizaron los flujómetros.

2.2.4. MEDIDORES DE CAUDAL.

En el monitoreo y control de los procesos y operaciones, y además en el análisis de ingeniería experimental es muy importante la medición de los caudales de líquido o de gases.

Existen varios sistemas para medir el caudal según sea el tipo de caudal volumétrico o másico. En la tabla 1, se detalle sistema, elemento, y transmisión.

Medidores Volumétricos		
Sistema	Elemento	Transmisor
Presión Diferencial	Placa Orificio Tobera Tubo Venturi Tubo Pitot Tubo Annubar	Equilibrio de fuerzas Silicio fundido
Área Variable	Rotámetro	Equilibrio de movimientos Potenciométrico Puente de impedancias
Velocidad	Vertedero con flotador en canales abiertos Turbina Transductores ultrasónicos	Potenciométrico Piezoeléctrico
Fuerza	Placa de impacto	Equilibrio de fuerzas Galgas extensométricas
Tensión Inducida	Medidor Magnético	Convertidor Potenciométrico
Desplazamiento Positivo	Disco Giratorio Pistón Oscilante Pistón Alternativo Medidor Rotativo	Generador tacométrico o transductor de impulsos
Torbellino	Medidor de frecuencia de termistancia o condensador de ultrasonidos	Transductor de resistencia
Medidores de Caudal de Masa		
Térmico	Diferencia de temperatura en dos sondas de resistencia	Puente de Wheatstone
Momento	Medidor axial Medidor axial de doble turbina	Convertidor de par
Par giroscopio	Tubo giroscopio	Convertidor de par
Presión Diferencial	Puente Hidráulico	Equilibrio de fuerzas

Tabla 2.1 Métodos de Medición de Flujo

Fuente: Viteri Instrumentación

2.2.4.1. Medidores Volumétricos.

Medidores volumétricos determinan el caudal del fluido sea directamente (desplazamiento) o indirectamente (presión diferencial, área variable, velocidad, fuerza, tensión inducida y torbellino).

2.2.4.1.1. Presión Diferencial.

El flujo se mide por la aplicación de la conservación mecánica a través de la conversión de la velocidad de fluido a presión (Teorema de Bernouilli) y el principio de la continuidad,

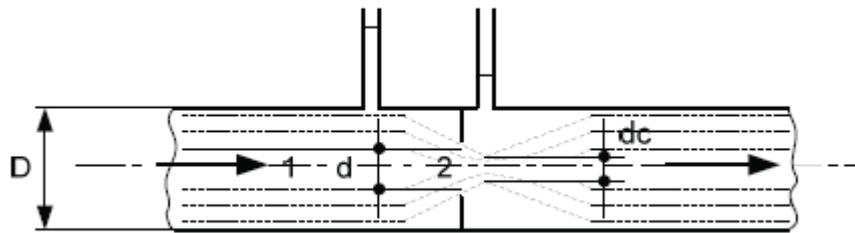


Figura 2.2 Principio de Bernouilli

Fuente: CREUS, Instrumentación Industrial, pag. 356

Ecuación de Bernouilli es:
$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2g} + z_A = \frac{P_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2g} + z_B \quad (1)$$

Ecuación de Continuidad es:
$$Q = A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (2)$$

Relación de diámetros β :
$$\beta = \frac{d}{D} \quad (3)$$

Operando la ecuación (1), (2) y (3) obtenemos:

$$v_2 = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^4}} \sqrt{2 \frac{P_1 - P_2}{\rho}} \quad (4)$$

y $E = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^4}}$, $\Delta p = P_1 - P_2$

$$v_2 = E \sqrt{2 \frac{\Delta P}{\rho}} \quad (5)$$

El caudal en volumen es: $Q_T = A_2 v_2 = E \frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{2 \frac{\Delta P}{\rho}}$ (6)

El caudal en masa es; $Q_m = E \frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{2 \Delta p \rho}$

Donde:

P1, P2 = presiones absolutas

v_1, v_2 = velocidades

A1, A2 = áreas

ρ = densidad

D = diámetro interior de la tubería agua arriba

d = diámetro del orificio

Las ecuaciones de caudal de volumen y masa son ideales, en la práctica se consideran factores de corrección que tiene en cuenta el reparto desigual de velocidades, la contracción de la vena del fluido, las rugosidades de la tubería, el estado del líquido, de gas, del vapor, etc.

2.2.4.1.1.1. Tobera.

La tobera está situada en la tubería con dos tomas, anterior y posterior en el centro de la sección más pequeña. La tobera permite caudales superiores a 60% de la placa de orificio en las mismas condiciones de servicio, su pérdida de carga es de 30 a 80% de la presión diferencial.

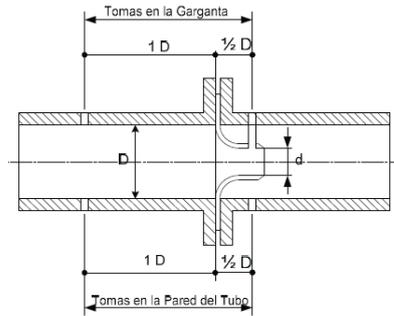


Figura 2.3 Tobera de Flujo ASME

Fuente: MARKS, Manual del ingeniero Mecánico, pag 503

2.2.4.1.1.2. Tubo Pitot.

El tubo pitot mide la diferencia entre la presión total y la presión estática que es proporcional al cuadrado de la velocidad.

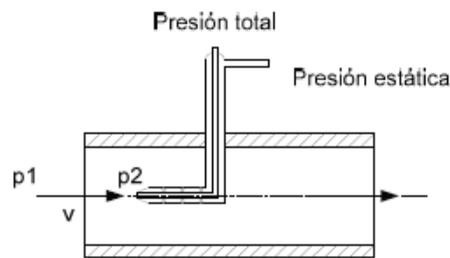


Figura 2.4 Tubo Pitot

Fuente: CREUS, Instrumentación Industrial,

La ecuación es:
$$\frac{P2}{\rho} = \frac{P1}{\rho} + \frac{v^2}{2} \quad (8)$$

Donde:

P2 = presión total absoluta donde el líquido anula su velocidad.

P1 = presión estática absoluta.

Se deduce que la ecuación (8) e introduciendo con un coeficiente de velocidad C por distribución de velocidades, rugosidad de tubería, etc, lo cual es:

$$v = C \sqrt{2 \frac{P_1 - P_2}{\rho}} = C \sqrt{2 \frac{\Delta P}{\rho}} \quad (9)$$

El tubo pitot es sensible a las variaciones en la distribución de velocidades por lo que es necesario tener un flujo laminar.

2.2.4.1.1.3. Tubo Annubar

El tubo anular es una innovación del tubo Pitot; consta de dos tubos, uno de presión total y presión estática.

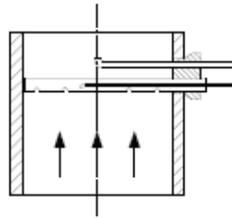


Figura 2.5 Tubo Annubar

Fuente CREUS, Instrumentación Industrial, pag. 312

El tubo que mide la presión total ésta a lo largo de la sección transversal de la tubería, que consta de orificios ubicados en posición crítica determinado por computadora, que cubre cada uno la presión total en un anillo de área transversal de la tubería. Estos anillos tienen áreas iguales, en tuberías mayores a 1 plg se dispone en el interior del tubo, otro que promedia las obtenidas en los orificios.

El tubo mide la presión estática que se encuentra detrás del tubo de presión total con el orificio en el centro de la tubería.

2.2.4.1.2. VELOCIDAD

2.2.4.1.2.1. Turbinas

Los medidores de turbina es un rotor que se coloca en la trayectoria del flujo y gira en función de la fuerza que se imparte por medio del propio fluido que pasa a través de él con una velocidad que es directamente proporcional al caudal. La velocidad del fluido produce una fuerza producida por la diferencia de presión

debido al cambio de área entre el rotor y el cono posterior, el rotor está equilibrado hidrodinámicamente y gira contra el cono anterior y posterior sin necesidad de rodamientos axiales.

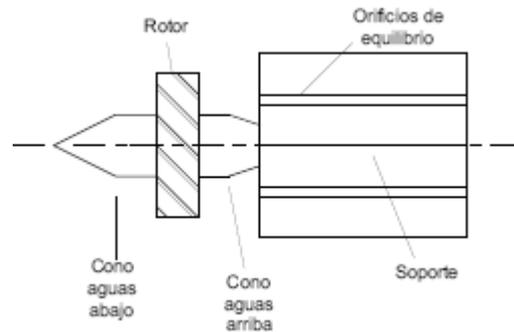


Figura 2.6 Turbina

Fuente: CREUS, Instrumentación Industrial, pag. 387

Existen dos tipos de convertidores para captar la velocidad de la turbina y son reluctancia e inductivo.

La diferencia entre estos dos es que en el primero el imán permanente va montado en la bobina captadora exterior y en el otro, el imán permanente está incorporado en el rotor.

2.2.5. AUTOMATIZACIÓN

Automatización, sistema de fabricación diseñado con el fin de usar la capacidad de las máquinas para llevar a cabo determinadas tareas anteriormente efectuadas por seres humanos, y para controlar la secuencia de las operaciones sin intervención humana. El término automatización también se ha utilizado para describir sistemas no destinados a la fabricación en los que los dispositivos programados o automáticos pueden funcionar de forma independiente o semi-independiente del control humano. En comunicaciones, aviación y astronáutica, dispositivos como los equipos automáticos de conmutación telefónica, los pilotos automáticos y los sistemas automatizados de guía y control se utilizan para efectuar diversas tareas con más rapidez o mejor de lo que podrían hacerlo un ser humano.

2.2.5.1. ETAPAS DE LA AUTOMATIZACIÓN

La fabricación automatizada surgió de la íntima relación entre fuerzas económicas e innovación técnica como la división de trabajo, la transferencia de energía y la mecanización de las fábricas, y el desarrollo de las máquinas de transferencia y sistemas de realimentación, como se explica a continuación.

La división del trabajo (esto es, la reducción de un proceso de fabricación o de prestación de servicios a sus fases independientes más pequeñas), se desarrolló en la segunda mitad del siglo XVIII, y fue analizada por primera vez por el economista británico Adam Smith en su libro Investigación sobre la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones (1776). En la fabricación, la división de trabajo permitió incrementar la productividad y reducir el nivel de especialización de los obreros.

La mecanización fue la siguiente etapa necesaria para la evolución hasta la automatización. La simplificación del trabajo permitida por la división de trabajo también posibilitó el diseño y construcción de máquinas que reproducían los movimientos del trabajador. A medida que evolucionó la tecnología de transferencia de energía, estas máquinas especializadas se motorizaron, aumentando así su eficacia productiva. El desarrollo de la tecnología energética también dio lugar al surgimiento del sistema fabril de producción, ya que todos los trabajadores y máquinas debían estar situados junto a la fuente de energía.

2.2.6. INSTRUMENTOS Y ACCESORIOS PARA LA ADQUISICION DE DATOS.

2.2.6.1. Flow Controller 32505-05

Regulador de flujo manual independiente de la presión de las necesidades del control de flujo.

Es un dispositivo de control de flujo y no proporciona una medida. Lo diseñan para aplicaciones donde se puede poner un valor conocido, como determinado

por un medidor de flujo externo u otro dispositivo de reacción, y mantiene el flujo sin hacer caso de las presiones de entrada o salida sujetas a un proceso particular.



Figura 2.7 Flow Controller 32505-05

Fuente: www.cole-parmer.co.uk/catalog/0910_PDF/R_00730.PDF

2.2.6.2. Ultrasonic Flow Meter TFXL2-CA1-NN

Medidor de flujo ultrasonido permite medir caudal y el volumen; mide la velocidad de flujo enviando pulsos de energía de ultrasonido atrás y adelante entre dos dispositivos piezoeléctricos, la velocidad del líquido es proporcional a la diferencia de tiempos entre mediciones de tiempo de aguas arriba y aguas abajo.



Figura 2.8 Ultrasonic Flow Meter TFXL2-CA1-NN

Fuente: www.dynasonics.com/products/doppler2.php

2.2.6.3. Controladores Programables. (PLC)

El término PLC de amplia difusión en el medio significa en inglés, Controlador Lógico Programable. Originalmente se denominaban PCs (Programmable Controllers), pero con la llegada de las IBM PCs, para evitar confusión se emplearon definitivamente las siglas PLC.

En Europa, el mismo concepto es llamado Autómata Programable.

La definición más apropiada es: Sistema Industrial de Control Automático que trabaja bajo una secuencia almacenada en memoria, de instrucciones lógicas.

Es un sistema porque contiene todo lo necesario para operar, e industrial por tener todos los registros necesarios para operar en los ambientes hostiles encontrados en la industria.

Esta familia de aparatos se distingue de otros controladores automáticos en que puede ser programado para controlar cualquier tipo de máquina, a diferencia de otros muchos que, solamente pueden controlar un tipo específico de aparato. Un programador o Control de Flama de una caldera, es un ejemplo de estos últimos.

Además de poder ser programados, se insiste en el término "Control Automático", que corresponde solamente a los aparatos que comparan ciertas señales provenientes de la máquina controlada de acuerdo con algunas reglas programadas con anterioridad para emitir señales de control para mantener la operación estable de dicha máquina.

Las instrucciones almacenadas en memoria permiten modificaciones así como su monitoreo externo.

El desarrollo e introducción de los relés, hace muchos años, fue un paso gigantesco hacia la automatización e incremento de la producción. La aplicación de los relés hizo posible añadir una serie de lógica a la operación de las máquinas y de esa manera reducir la carga de trabajo en el operador, y en algunos casos eliminar la necesidad de operadores humanos.

Por ejemplo, los relés hicieron posible establecer automáticamente una secuencia de operaciones, programar tiempos de retardo, conteo de eventos o hacer un evento dependiente de que ocurrieran otros.

Los relés con todas sus ventajas, tienen también naturalmente sus desventajas, tienen sólo un período de vida; su naturaleza electromecánica dictamina, que después de un tiempo de uso serán inservibles, sus partes conductores de corriente pueden en un momento quemarse o fundirse, desbaratando la lógica establecida y requiriendo su reemplazo.

Tal vez la inconveniencia más importante de la lógica con relés es su naturaleza fija. La lógica de un panel de relés es establecida por los ingenieros de diseño, se implementa entonces colocando relés en el panel y se alambra como se prescribe.

Mientras que la máquina dirigida por el panel de relés continúa llevando a cabo los mismos pasos en la misma secuencia, todo está perfecto, pero cuando existe un re diseño en el producto o un cambio de producción en las operaciones de esa máquina o en su secuencia, la lógica del panel debe ser re diseñada.

Si el cambio es lo suficientemente grande, una opción más económica puede ser desechar el panel actual y construir uno nuevo.

Este fue el problema encarado por los productores de automóviles a mediados de los setenta.

A lo largo de los años se habían altamente automatizado las operaciones de producción mediante el uso de los relés, cada vez que se necesitaba un cambio, se invertía en él una gran cantidad de trabajo, tiempo y material, sin tomar en cuenta la gran cantidad de tiempo de producción perdido.

La computadora ya existía en esos tiempos y se les dio la idea a los fabricantes de que la clase de control que ellos necesitaban podría ser llevado a cabo con algo similar a la computadora. Las computadoras en sí mismas, no eran deseables para esta aplicación por un buen número de razones.

La comunidad electrónica estaba frente a un gran reto: diseñar un artefacto que, como una computadora, pudiese efectuar el control y pudiese fácilmente ser re programada, pero adecuado para el ambiente industrial.

El reto fue enfrentado y alrededor de 1969, se entregó el primer controlador programable en las plantas ensambladoras de automóviles de Detroit, Estados Unidos.

2.2.6.4 CONTACTOR

Un contactor es un componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito

de mando, tan pronto se energice la bobina (en el caso de ser contactores instantáneos). Un contactor es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación, con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción. Este tipo de funcionamiento se llama de "todo o nada". En los esquemas eléctricos, su simbología se establece con las letras KM seguidas de un número de orden.



Figura 2.9 Contactor

Fuente: Manual Electrotécnico. Telemecanique es.wikipedia.org/wiki/Contacto

Conmutación "todo o nada"

La función conmutación todo o nada establece e interrumpe la alimentación de los receptores. Esta suele ser la función de los contactores electromagnéticos. En la mayoría de los casos, el control a distancia resulta imprescindible para facilitar la utilización así como la tarea del operario, que suele estar alejado de los mandos de control de potencia. Como norma general, dicho control ofrece información sobre la acción desarrollada que se puede visualizar a través de los pilotos luminosos o de un segundo dispositivo. Estos circuitos eléctricos complementarios llamados "circuitos de esclavización y de señalización" se realizan mediante contactos auxiliares que se incorporan a los contactores, a los contactores auxiliares o a los relés de automatismo, o que ya están incluidos en los bloques aditivos que se montan en los contactores y los contactores auxiliares. La conmutación todo o nada también puede realizarse con relés y contactores estáticos. Del mismo modo,

puede integrarse en aparatos de funciones múltiples, como los disyuntores motores o los contactores disyuntores.

2.2.6.4.1 Partes

2.2.6.4.1.1 Carcasa

Es el soporte fabricado en material no conductor que posee rigidez y soporta el calor no extremo, sobre el cual se fijan todos los componentes conductores al contactor. Además es la presentación visual del contactor.

2.2.6.4.1.2 Electroimán

Es el elemento motor del contactor, compuesto por una serie de dispositivos, los más importantes son el circuito magnético y la bobina; su finalidad es transformar la energía eléctrica en magnetismo, generando así un campo magnético muy intenso, que provocará un movimiento mecánico.

2.2.6.4.1.3 Bobina

Es un arrollamiento de cable de cobre muy delgado con un gran número de espiras, que al aplicársele tensión genera un campo magnético. Éste a su vez produce un campo electromagnético, superior al par resistente de los muelles, que a modo de resortes, se separan la armadura del núcleo, de manera que estas dos partes pueden juntarse estrechamente. Cuando una bobina se alimenta con corriente alterna la intensidad absorbida por esta, denominada corriente de llamada, es relativamente elevada, debido a que en el circuito solo se tiene la resistencia del conductor.

Esta corriente elevada genera un campo magnético intenso, de manera que el núcleo puede atraer a la armadura y a la resistencia mecánica del resorte o muelle que los mantiene separados en estado de reposo. Una vez que el circuito magnético se cierra, al juntarse el núcleo con la armadura, aumenta la impedancia de la bobina, de tal manera que la corriente de llamada se reduce, obteniendo así una corriente de mantenimiento o de trabajo más baja. Se hace referencia a las bobinas de la siguiente forma: A1 y A2.

2.2.6.4.1.4 Núcleo

Es una parte metálica, de material ferromagnético, generalmente en forma de E, que va fijo en la carcasa. Su función es concentrar y aumentar el flujo magnético que genera la bobina (colocada en la columna central del núcleo), para atraer con mayor eficiencia la armadura.

2.2.6.4.1.5 Espira de sombra

Forma parte del circuito magnético, situado en el núcleo de la bobina, y su misión es crear un flujo magnético auxiliar desfasado 120° con respecto al flujo principal, capaz de mantener la armadura atraída por el núcleo evitando así ruidos y vibraciones.

2.2.6.4.1.5 Armadura

Elemento móvil, cuya construcción es similar a la del núcleo, pero sin espiras de sombra. Su función es cerrar el circuito magnético una vez energizada la bobina, ya que debe estar separado del núcleo, por acción de un muelle. Este espacio de separación se denomina cota de llamada.

Las características del muelle permiten que, tanto el cierre como la apertura del circuito magnético, se realicen de forma muy rápida, alrededor de unos 10 milisegundos. Cuando el par resistente del muelle es mayor que el par electromagnético, el núcleo no logrará atraer a la armadura o lo hará con mucha dificultad. Por el contrario, si el par resistente del muelle es demasiado débil, la separación de la armadura no se producirá con la rapidez necesaria.

2.2.6.4.1.6 Contactos

Son elementos conductores que tienen por objeto establecer o interrumpir el paso de corriente en cuanto la bobina se energice. Todo contacto está compuesto por tres conjuntos de elementos:

Dos partes fijas ubicadas en la coraza y una parte móvil colocada en la armadura para establecer o interrumpir el paso de la corriente entre las partes fijas. El

contacto móvil lleva el mencionado resorte que garantiza la presión y por consiguiente la unión de las tres partes.

Contactos principales: su función es establecer o interrumpir el circuito principal, consiguiendo así que la corriente se transporte desde la red a la carga. Simbología: se referencian con una sola cifra del 1 al 16.

Contactos auxiliares: son contactos cuya función específica es permitir o interrumpir el paso de la corriente a las bobinas de los contactores o los elementos de señalización, por lo cual están dimensionados únicamente para intensidades muy pequeñas. Los tipos más comunes son:

Instantáneos: actúan tan pronto se energiza la bobina del contactor, se encargan de abrir y cerrar el circuito. Temporizados: actúan transcurrido un tiempo determinado desde que se energiza la bobina (temporizados a la conexión) o desde que se desenergiza la bobina (temporizados a la desconexión).

De apertura lenta: el desplazamiento y la velocidad del contacto móvil es igual al de la armadura.

De apertura positiva: los contactos cerrados y abiertos no pueden coincidir cerrados en ningún momento.

En su simbología aparecen con dos cifras donde la unidad indica:

1 y 2, contacto normalmente cerrados, NC.

3 y 4, contacto normalmente abiertos, NA.

5 y 6, contacto NC de apertura temporizada o de protección.

7 y 8, contacto NA de cierre temporizado o de protección.

Por su parte, la cifra de las decenas indica el número de orden de cada contacto en el contactor. En un lado se indica a qué contactor pertenece.

2.2.6.5 Relé térmico

El relé térmico es un elemento de protección que se ubica en el circuito de potencia, contra sobrecargas. Su principio de funcionamiento se basa en la deformación de ciertos elementos, bimetales, bajo el efecto de la temperatura, para accionar, cuando este alcanza ciertos valores, unos contactos auxiliares que desactiven todo el circuito y energicen al mismo tiempo un elemento de señalización.

El bimetálico está formado por dos metales de diferente coeficiente de dilatación y unidos firmemente entre sí, regularmente mediante soldadura de punto. El calor necesario para curvar o reflexionar la lámina bimetálica es producida por una resistencia, arrollada alrededor del bimetálico, que está cubierto con asbesto, a través de la cual circula la corriente que va de la red al motor.

Los bimetales comienzan a curvarse cuando la corriente sobrepasa el valor nominal para el cual han sido dimensionados, empujando una placa de fibra hasta que se produce el cambio de estado de los contactos auxiliares que lleva. El tiempo de desconexión depende de la intensidad de la corriente que circule por las resistencias.

2.2.6.5.1 Resorte

Es un muelle encargado de devolver los contactos a su posición de reposo una vez que cesa el campo magnético de la bobina.

2.2.6.5.2 Funcionamiento

Los contactos principales se conectan al circuito que se quiere gobernar. Asegurando el establecimiento y cortes de las corrientes principales y según el número de vías de paso de corriente podrá ser bipolar, tripolar, tetrapolar, etc. realizándose las maniobras simultáneamente en todas las vías.

Los contactos auxiliares son de dos clases abiertos, NA, y cerrados, NC. Estos forman parte del circuito auxiliar del contactor y aseguran las autoalimentaciones,

los mandos, enclavamientos de contactos y señalizaciones en los equipos de automatismo.

Cuando la bobina del contactor queda excitada por la circulación de la corriente, esta mueve el núcleo en su interior y arrastra los contactos principales y auxiliares, estableciendo a través de los polos, el circuito entre la red y el receptor. Este arrastre o desplazamiento puede ser:

- Por rotación, pivote sobre su eje.
- Por traslación, deslizándose paralelamente a las partes fijas.
- Combinación de movimientos, rotación y traslación.

Cuando la bobina deja de ser alimentada, abre los contactos por efecto del resorte de presión de los polos y del resorte de retorno de la armadura móvil. Si se debe gobernar desde diferentes puntos, los pulsadores de marcha se conectan en paralelo y el de parada en serie.

2.2.7. Medidor de Turbina

2.2.7.1. Turbine Flow Meter HB111-110

Se diseña el medidor de flujo turbina que resista las demandas más rigurosas de las más remotas aplicaciones de medición de flujo. El medidor de flujo mantiene la medición exacta y la integridad mecánica en los fluidos corrosivos y abrasivos encontrados comúnmente en el campo. Sencillo de instalar y dar servicio puede instalarse en cualquier orientación, mientras la dirección de flujo se alinee en la misma dirección como el flujo de la línea real.



Figura 2.10 Turbine Flow Meter HB111-110

Fuente: [www.hedland.com /index.cfm?fa=prd.detail&sec=394&div=2](http://www.hedland.com/index.cfm?fa=prd.detail&sec=394&div=2)

2.2.7.2. Water Flow Controller LC-500CCM-D

Controlador de flujo de agua determina la razón de flujo creando caída de presión a través de una restricción interna, sabe que es flujo laminar y midiendo la presión diferencial a través de este.

Se diseña la restricción de modo que las moléculas de agua son forzadas a moverse en trayectoria paralela a lo largo de la longitud completa del paso; por lo tanto el flujo laminar es establecido para el rango completo de operación de dispositivo; en medidores de flujo laminar la relación entre caída de presión y flujo es lineal.



Figura 2.11 Water Flow Controller LC-500CCM-D

Fuente: [www.coleparmer.com /catalog/product_view.asp?sku=3290763](http://www.coleparmer.com/catalog/product_view.asp?sku=3290763)

2.2.7.3 VALVULAS AUTOMÁTICAS DE CONTROL.

La capacidad de regulación a caudal cercano a 0, conseguido mediante el dispositivo LTP que elimina totalmente la necesidad de un bypass para bajo caudal. El innovador sistema de guía junto al avanzado diseño hidrodinámico de la estructura se suma para dar unas pérdidas se carga muy bajas cuando la válvula está completamente abierta. El modelo estándar de la serie 500 permite una gran variedad de aplicaciones mediante la utilización de pilotos hidráulicos.

Un diseño de la válvula reducido entre bridas. Permite aprovechar al máximo los espacios de la instalación. Es sistema de cierre por discos y el sistema de guiado garantiza operaciones de poca fatiga por fracción asegurando una alta fiabilidad y un bajo mantenimiento.

Durante la operación de cierre, la velocidad va disminuyendo para evitar sobrepresiones. La serie 500 incluye, de forma opcional, un indicador de posición, que permite observar visualmente la posición de la válvula.

2.2.7.3.1 Electroválvulas.

Una electroválvula es una válvula electromecánica, diseñada para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto como puede ser una tubería. La válvula está controlada por una corriente eléctrica a través de una bobina selenoidal.

No se debe confundir la electroválvula con válvulas motorizadas, que son aquellas en las que un motor acciona el cuerpo de la válvula.

2.2.7.3.1.1 Clases y funcionamiento.

Una electroválvula tiene dos partes fundamentales: el solenoide y la válvula. El solenoide convierte energía eléctrica en energía mecánica para actuar la válvula.

Existen varios tipos de electroválvulas. En algunas electroválvulas el solenoide actúa directamente sobre la válvula proporcionando toda la energía necesaria para su movimiento. Es corriente que la válvula se mantenga cerrada por la acción de un muelle y que el solenoide la abra venciendo la fuerza del muelle. Esto quiere decir que el solenoide debe estar activado y consumiendo energía mientras la válvula deba estar abierta.

También es posible construir electroválvulas biestables que usan un solenoide para abrir la válvula y otro para cerrar o bien un solo solenoide que abre con un pulso y cierra con el siguiente.

Las electroválvulas pueden ser cerradas en reposo o normalmente cerradas lo cual quiere decir que cuando falla la alimentación eléctrica quedan cerradas o bien pueden ser del tipo abiertas en reposo o normalmente abiertas que quedan abiertas cuando no hay alimentación.

Hay electroválvulas que en lugar de abrir y cerrar lo que hacen es conmutar la entrada entre dos salidas. Este tipo de electroválvulas a menudo se usan en los

sistemas de calefacción por zonas lo que permite calentar varias zonas de forma independiente utilizando una sola bomba de circulación.

En otro tipo de electroválvula el solenoide no controla la válvula directamente sino que el solenoide controla una válvula piloto secundaria y la energía para la actuación de la válvula principal la suministra la presión del propio fluido.

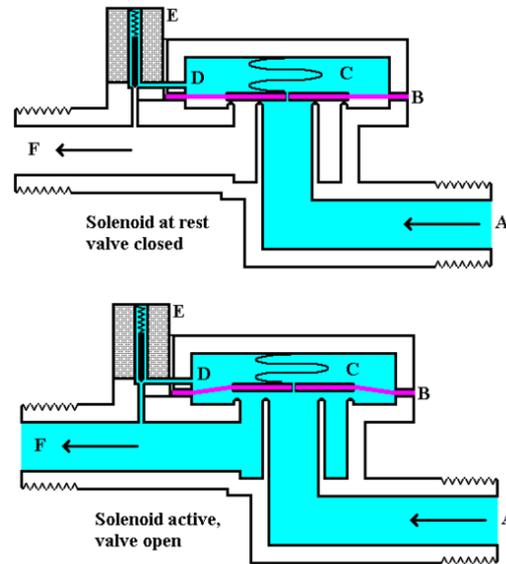


Figura 2.12 Esquema electroválvula

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Solenoid_Valve.png

Donde:

- A – Entrada
- B – Diafragma
- C – Cámara de presión
- D – Conducto de vaciado de presión
- E – Solenoide
- F – Salida

El gráfico adjunto muestra el funcionamiento de este tipo de válvula. En la parte superior vemos la válvula cerrada. El agua bajo presión entra por A. B es un diafragma elástico y tiene encima un muelle que le empuja hacia abajo con fuerza

débil. La función de este muelle no nos interesa por ahora y lo ignoramos ya que la válvula no depende de él para mantenerse cerrada. El diafragma tiene un diminuto orificio en el centro que permite el paso de un pequeño flujo de agua. Esto hace que el agua llene la cavidad C y que la presión sea igual en ambos lados del diafragma. Mientras que la presión es igual a ambos lados, vemos que actúa en más superficie por el lado de arriba que por el de abajo por lo que presiona hacia abajo sellando la entrada. Cuanto mayor sea la presión de entrada, mayor será la fuerza con que cierra la válvula.

Ahora estudiamos el conducto D. Hasta ahora estaba bloqueado por el núcleo del solenoide E al que un muelle empuja hacia abajo. Si se activa el solenoide, el núcleo sube y permite pasar el agua desde la cavidad C hacia la salida con lo cual disminuye la presión en C y el diafragma se levanta permitiendo el paso directo de agua desde la entrada A a la salida F de la válvula. Esta es la situación representada en la parte inferior de la figura.

Si se vuelve a desactivar el solenoide se vuelve a bloquear el conducto D y el muelle situado sobre el diafragma necesita muy poca fuerza para que vuelva a bajar ya que la fuerza principal la hace el propio fluido en la cavidad C.

De esta explicación se deduce que este tipo de válvula depende para su funcionamiento de que haya mayor presión a la entrada que a la salida y que si se invierte esta situación entonces la válvula abre sin que el solenoide pueda controlarla.

Este tipo de válvulas se utilizan muy comúnmente en lavadoras, lavaplatos, riegos y otros usos similares.

Un caso especialmente interesante del uso de estas válvulas es en los calentadores de agua de depósito. En los calentadores de agua de demanda, el agua se calienta según va pasando por el calentador en el momento del consumo y es la propia presión del agua la que abre la válvula del gas pero en los calentadores de depósito esto no es posible ya que el agua se calienta mientras está almacenada en un depósito y no hay circulación. Para evitar la necesidad de suministrar energía

eléctrica la válvula del gas es una válvula de este tipo con la válvula piloto controlada por un diminuto solenoide al que suministra energía un termopar bimetálico que saca energía del calor del agua.

Las electroválvulas también se usan mucho en la industria para controlar el flujo de todo tipo de fluidos.

Una electroválvula tiene dos partes fundamentales: el solenoide y la válvula. El solenoide convierte la energía eléctrica suministrada en energía magnética y esta a su vez la transforma en mecánica para actuar la válvula.

Existen varios tipos de electroválvulas. En algunas electroválvulas el solenoide actúa directamente sobre la válvula proporcionando toda la energía necesaria para su movimiento. Es corriente que la válvula se mantenga cerrada por la acción de un muelle y que el solenoide la abra venciendo la fuerza del muelle. Esto quiere decir que el solenoide debe estar activado y consumiendo energía mientras la válvula deba estar abierta.

2.2.8 BANCO DE PRUEBAS

Banco de pruebas para simular procesos en las áreas de mecánica de fluidos, bombas centrífugas, instrumentación y taller de mantenimiento.

La construcción de un banco de prueba radica en la inconveniencia de poder manipular válvulas, instrumentos de medición, indicadores de parámetros y cualquier otro tipo de herramientas, porque esto implica un riesgo de alteración y hasta paralización de un proceso que se esté desarrollando dentro de cualquier centro de producción. El trabajador estudiante en su área de desempeño adquiere conocimientos prácticos, este banco de pruebas permite formarnos con conocimientos teóricos y prácticos más completos, enfocado en el área de mecánica de fluidos, bombas centrífugas, instrumentación y taller de mantenimiento entre otras. El objetivo primordial es complementar el conocimiento práctico adquirido por la experiencia laboral con el conocimiento teórico. La metodología utilizada es la de investigación acción; luego de diagnosticar que hacía falta un mecanismo para integrar saberes teóricos y

prácticos a nivel micro, se planificó la elaboración de un banco de pruebas, constituido por un sistema de almacenamiento, un sistema de bombeo de desplazamiento no positivo y un sistema de tuberías de distintos diámetros con diferentes accesorios, utilizando como fluido de estudio el agua; una vez construido se sometió a pruebas para evaluar su funcionamiento, obteniendo en lo concreto o sistematizado un banco de prueba apto para cumplir con el objetivo planteado. Con éste se logra la determinación experimental de la velocidad de flujo, número de Reynolds, ecuación de balance de energía mecánica a través de la ecuación de Bernoulli, pérdidas de presión por accesorios.

2.3. HIPOTESIS.

El estudio de flujo de agua corregirá los reportes de práctica en tiempos de llenado en el tablero de fluidos del laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica

2.4. SEÑALAMIENTO DE VARIABLES.

2.4.1. Variable independiente

Estudio del flujo de agua.

2.4.2 Variable dependiente

Reportes de práctica en el tablero de fluidos.

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1. ENFOQUE

El tipo de variable que se utilizó fueron cuantitativa continua, ya que puede tomar cualquier valor dentro de un intervalo de valores, además para evaluar los resultados se utilizó variables cualitativas, es decir se dio calificaciones de bueno o malo, aceptable o no aceptable, etc., a los resultados que arrojaron las pruebas de campo de el proyecto.

3.2 MODALIDAD Y TIPO DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1 Modalidad

Dentro de las modalidades a utilizar en el presente proyecto se tiene: Bibliográfica Documental y Experimental.

Bibliográfica, es la que nos dio a conocer las diversas teorías, enfoques, parámetros de diseño y construcción del banco de pruebas de fluidos, de varios autores de diversos libros, revistas, publicaciones, etc.

Experimental, mediante la cual se determinó si los parámetros evaluados en los reportes de prácticas se cumplen con los resultados que se requieren obtener.

3.2.2 Tipo

El tipo de investigación que se utilizó en el mencionado proyecto fue exploratoria, correlacional, descriptiva y explicativa; ya que se comprobó experimentalmente una hipótesis, descubrir causas y efectos y detectar diversos factores que determinaron ciertos comportamientos físicos.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1. Población.

Como los resultados que se obtuvieron en las prácticas variaron con los resultados calculados teóricamente, entonces la población para este estudio fueron los datos que obtuvimos en la misma.

3.3.2. Muestra.

Se realizó una toma de datos con un mínimo de 10 prácticas. En las pruebas de estudio se ocuparon diferentes cantidades de presión de caudales.

3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

3.4.1. Variable Independiente.

Estudio del flujo de agua.

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
Es la cantidad de agua que ingresa por un sistema de tubería, comparada con el tiempo y cantidad de agua que llega al finalizar su ciclo.	Caudal	¿Cuál será la presión de caudal en volumen necesario?	Caudal $Q_T = A_2 v_2 = E \frac{\pi}{4} d^2$ $\sqrt{2 \frac{\Delta P}{\rho}}$	-Calibrador -Flexómetro - Tanques enmarcadas el volumen
	Tiempos de llenado	¿Cuál será el tiempo correcto para un llenado conforme?	Tiempo $T = T_f - T_o$	-Cronometro - Tanques

3.4.2. Variable Dependiente

Reportes de práctica en el tablero de fluidos.

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
Son los resultados obtenidos en las prácticas de laboratorios en el banco de pruebas de Fluidos, y analizados con los resultados obtenidos en los cálculos preestablecidos.	Valores correctos	¿En que porcentaje de la comparación de valores obtenidos serán correctos?	$\pm 5\%$ de valores	Comparación de resultados de tiempos obtenidos con guías de prácticas o experimentos
	Valores erróneos	¿En que porcentaje de la comparación de valores obtenidos serán erróneos?	> al 5% de valores	Comparación de resultados de tiempos obtenidos con guías de prácticas o experimentos

3.5. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

TÉCNICA	INSTRUMENTO
Fichas de registros	Observación toma de datos

3.6.- PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.

- Revisión crítica de la información recogida.
- Tabulación de datos de los resultados obtenidos y luego analizados en el desarrollo de las prácticas.

CAPITULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Mediante la toma de datos en los cuantiosos ensayos realizados en el tablero de fluidos del Laboratorio de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica se determinó la presión de caudal correcta, para determinar cuáles son los tiempos correctos de llenado.

Una vez obtenidos los datos con las guías de prácticas, se compararon todos los resultados de tiempos obtenidos para determinar el porcentaje de valores correctos y valores erróneos que existía en el equipo.

Para el análisis de los resultados obtenidos se propone utilizar el método de la matriz FODA, la cual es un marco conceptual para un análisis sistemático que facilita el apareamiento entre las amenazas y oportunidades externas con las debilidades y fortalezas internas de la máquina.

La matriz facilita identificar las fortalezas y debilidades internas de la máquina, así como también las oportunidades y amenazas en condiciones externas. La matriz FODA surgió justamente en respuesta a la necesidad de sistematizar aquellas decisiones:

Tabla N°4.1 Matriz FODA

	POSITIVOS (+)	NEGATIVOS (-)
INTERNOS	Fortaleza	Debilidades
EXTERNOS	Oportunidades	Amenazas

Fuente: www.12manage.com/methods_swot_analysis_es.htm

TABLA 4.2 Matriz FODDA para analizar los métodos

Método	F	O	D	A	Análisis de automatización
Prácticas con el tablero de fluidos análogo	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Conocimientos básicos para las prácticas. 	No aplica	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Resultados erróneos. ➤ Manipulación rudimentaria. ➤ Pérdida de tiempo al realizar las prácticas. 	El equipo puede ser desechado falta de interés	Al ser un método rudimentario se perdía mucho tiempo y también interés por realizar las prácticas.
Prácticas con el tablero de fluidos modificado	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Beneficia a que las prácticas se realicen con mayor eficiencia. ➤ Resultados obtenidos más precisos. 	Nivelar los conocimientos teórico - prácticos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Manipulación de los equipos con cuidado para no sufrir daños. 	No aplica	Se obtendrán resultados más exactos, y llamará la atención por parte de estudiantes y profesores para realizar las prácticas

ANÁLISIS DEL MÉTODO EJECUTADO

El presente proyecto se basó en la verificación de los tiempos de llenado, en la realización de las prácticas en el tablero de fluidos del laboratorio de hidráulica de la Universidad Técnica De Ambato.

En la toma de datos de las prácticas se realizó ensayos con varias presiones, para lo cual fue necesario utilizar un manómetro, un cronometro para controlar el tiempo de llenado, dos tanque que deben estar medidos para transportar la misma cantidad de líquido en todos las pruebas realizadas.



Figura 4.1 Tanques
Elaborado por: Edison Vargas

A continuación se presentaran gráficas de los resultados obtenidos en las prácticas, tanto con el tablero de fluidos como lo era en el principio análogo, y también con el tablero de fluidos modificado con los nuevos equipos instalados. Con estos datos conseguidos tabulamos y luego analizamos todos los tiempos de llenado.

4.1.1. Tiempo de realización de la práctica con el primer valor de presión.



Figura 4.2 Valor de presión para el ensayo N°1
Elaborado por: Edison Vargas

Datos recolectados:

Tabla 4.3 Guía experimental de la toma de tiempos de ensayos N°1

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO				
INGENIERIA MECANICA ENSAYO DE TIEMPOS DE LA PRÁCTICA				
DATOS INFORMATIVOS				
Elaborado por	Edison Vargas		Fecha	20/06/2011
Lugar de ensayo	Laboratorio de Hidráulica		Ensayo	N°1
Fluido	Agua		Presión	10 psi
Cantidad	55 lt			
ENSAYO				
	Tiempos de llenado (s)		Tiempo de retorno (s)	
1	573,6		859,2	
2	510,6		924,6	
3	495,6		1081,2	
4	526,6		1101	
5	552,6		961,2	
	PROMEDIO	531,8		985,44
	Tiempo total de la práctica (s)			1517,24

Elaborado por: Edison Vargas

4.1.2. Tiempo de realización de la práctica con el segundo valor de presión.



Figura 4.3 Valor de presión para el ensayo N°2
Elaborado por: Edison Vargas

Datos recolectados:

Tabla 4.4 Guía experimental de la toma de tiempos de ensayos N°2

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO			
INGENIERIA MECANICA ENSAYO DE TIEMPO DE LA PRÁCTICA			
DATOS INFORMATIVOS			
Elaborado por	Edison Vargas	Fecha	22/06/2011
Lugar de ensayo	Laboratorio de Hidráulica	Ensayo	N° 2
Fluido	Agua	Presión	15 psi
Cantidad	55 lt		
ENSAYO			
	Tiempos de llenado (s)		Tiempo de retorno (s)
1	448,8		870
2	426		922
3	487,2		1033,8
4	391,8		967,6
5	436,8		931,8
	PROMEDIO	438,12	925,32
	Tiempo total de la práctica (s)		1363,44 seg

Elaborado por: Edison Vargas

4.1.3. Tiempo de realización de la práctica con el tercer valor de presión.



Figura 4.4 Valor de presión para el ensayo N°3
Elaborado por: Edison Vargas

Datos recolectados:

Tabla 4.5 Guía experimental de la toma de tiempos de ensayos N°3

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO			
INGENIERIA MECANICA ENSAYO DE TIEMPOS DE LA PRÁCTICA			
DATOS INFORMATIVOS			
Elaborado por	Edison Vargas	Fecha	24/06/2011
Lugar de ensayo	Laboratorio de Hidráulica	Ensayo	N° 3
Fluido	Agua	Presión	20 psi
Cantidad	55 lt		
ENSAYO			
	Tiempos de llenado (s)		Tiempo de retorno (s)
1	394,2		814,8
2	427,2		924,6
3	379,8		853,8
4	369,5		987,6
5	388,8		855
	PROMEDIO	391,9	887,16
	Tiempo total de la práctica (s)		1279,06

Fuente: Elaborado por Edison Vargas

4.1.4. Tiempo de realización de la práctica con el cuarto valor de presión.



Figura 4.5 Valor de presión para el ensayo N°4
Elaborado por: Edison Vargas

Datos recolectados:

Tabla 4.6 Guía experimental de la toma de tiempos de ensayos N°4

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO			
INGENIERIA MECANICA ENSAYO DE TIEMPOS DE LA PRÁCTICA			
DATOS INFORMATIVOS			
Elaborado por	Edison Vargas	Fecha	228/06/2011
Lugar de ensayo	Laboratorio de Hidráulica	Ensayo	N° 4
Fluido	Agua	Presión	28 psi
Cantidad	55 lt		
ENSAYO			
	Tiempos de llenado (s)		Tiempo de retorno (s)
1	327,6		975
2	301,8		855,6
3	318,6		991,8
4	311,4		919,8
5	333,6		963,6
	PROMEDIO	318,6	941,16
	Tiempo total de la práctica (s)		1259,76

Elaborado por: Edison Vargas

4.1.5. Tiempo de realización de la práctica con el primer valor de presión.

Los datos que se obtienen a continuación son con el tablero de fluidos automatizado, para poder comparar con los valores obtenidos anteriormente.



Figura 4.6 Valor de presión para el ensayo N°5
Elaborado por: Edison Vargas

Datos recolectados:

Tabla 4.7 Guía experimental de la toma de tiempos de ensayos N° 5

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO			
INGENIERIA MECANICA ENSAYO DE TIEMPOS DE LA PRÁCTICA			
DATOS INFORMATIVOS			
Elaborado por	Edison Vargas	Fecha	07/07/2011
Lugar de ensayo	Laboratorio de Hidráulica	Ensayo	N° 5
Fluido	Agua	Presión	10 psi
Cantidad	55 lt		
ENSAYO			
	Tiempos de llenado (s)		Tiempo de retorno (s)
1	441.6		618
2	442.8		609
3	441.6		624
4	440.4		627
5	441		624
	PROMEDIO	441.48	620.4
Tiempo total de la práctica (s)			1061.88

Elaborado por: Edison Vargas

4.1.6. Tiempo de realización de la práctica con el segundo valor de presión.



Figura 4.7 Valor de presión para el ensayo N°6
Elaborado por: Edison Vargas

Datos recolectados:

Tabla 4.8 Guía experimental de la toma de tiempos de ensayos N° 6

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO			
INGENIERIA MECANICA ENSAYO DE TIEMPOS DE LA PRÁCTICA			
DATOS INFORMATIVOS			
Elaborado por	Edison Vargas	Fecha	11/07/2011
Lugar de ensayo	Laboratorio de Hidráulica	Ensayo	N° 6
Fluido	Agua	Presión	15 psi
Cantidad	55 lt		
ENSAYO			
	Tiempos de llenado (s)		Tiempo de retorno (s)
1	391,8		613,2
2	390		606
3	387,6		574,8
4	390		618,6
5	388,8		604,8
	PROMEDIO	389,64	603,48
	Tiempo total de la práctica (s)		993,12

Elaborado por: Edison Vargas

4.1.7. Tiempo de realización de la práctica con el tercer valor de presión.



Figura 4.8 Valor de presión para el ensayo N°7
Elaborado por: Edison Vargas

Datos recolectados:

Tabla 4.9 Guía experimental de la toma de tiempos de ensayos N° 7

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO			
INGENIERIA MECANICA ENSAYO DE TIEMPOS DE LA PRÁCTICA			
DATOS INFORMATIVOS			
Elaborado por	Edison Vargas	Fecha	12/07/2011
Lugar de ensayo	Laboratorio de Hidráulica	Ensayo	N° 7
Fluido	Agua	Presión	20 psi
Cantidad	55 lt		
ENSAYO			
	Tiempos de llenado (s)		Tiempo de retorno (s)
1	312		568,8
2	310,8		606
3	315		606
4	312,6		619,2
5	309,6		607,2
	PROMEDIO	312	601,44
Tiempo total de la práctica (s)			913,44

Elaborado por: Edison Vargas

4.1.8. Tiempo de realización de la práctica con el tercer valor de presión.



Figura 4.9 Valor de presión para el ensayo N°8
Elaborado por: Edison Vargas

Datos recolectados:

Tabla 4.10 Guía experimental de la toma de tiempos de ensayos N° 8

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO			
INGENIERIA MECANICA ENSAYO DE TIEMPOS DE LA PRÁCTICA			
DATOS INFORMATIVOS			
Elaborado por	Edison Vargas	Fecha	14/07/2011
Lugar de ensayo	Laboratorio de Hidráulica	Ensayo	N° 8
Fluido	Agua	Presión	28 psi
Cantidad	55 lt		
ENSAYO			
	Tiempos de llenado (s)		Tiempo de retorno (s)
1	249		612
2	247,2		615
3	249,6		573,6
4	250,2		609,6
5	249		605,4
	PROMEDIO	249	603,12
Tiempo total de la práctica			852,12 seg

Elaborado por: Edison Vargas

4.2 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DEL MÉTODO EJECUTADO.

Con la ayuda de los datos en las tablas mostradas anteriormente, se interpretarán por medio de graficas los resultados obtenidos, donde se podrá visualizar la variación de las curvas de tiempos de llenado y tiempos de vaciado de los tanques tanto del tablero de fluidos análogo como del mismo ya modificado, y así poder verificar si se mejoro los tiempos de realización de las prácticas.

4.2.1 Ensayo 1. Toma de tiempos con un valor de 10psi de presión.

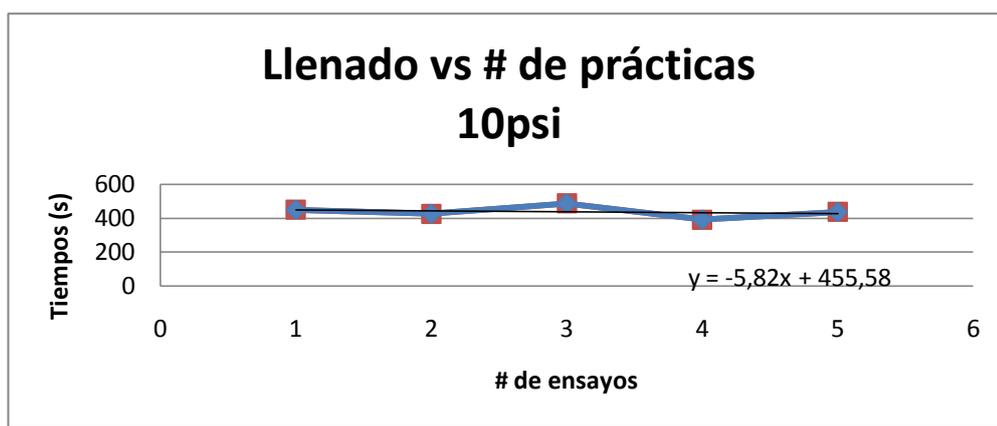


Gráfico N° 4.1 Tiempos de llenado del tanque con 10psi con el tablero de fluidos análogo

Elaborado por: Edison Vargas

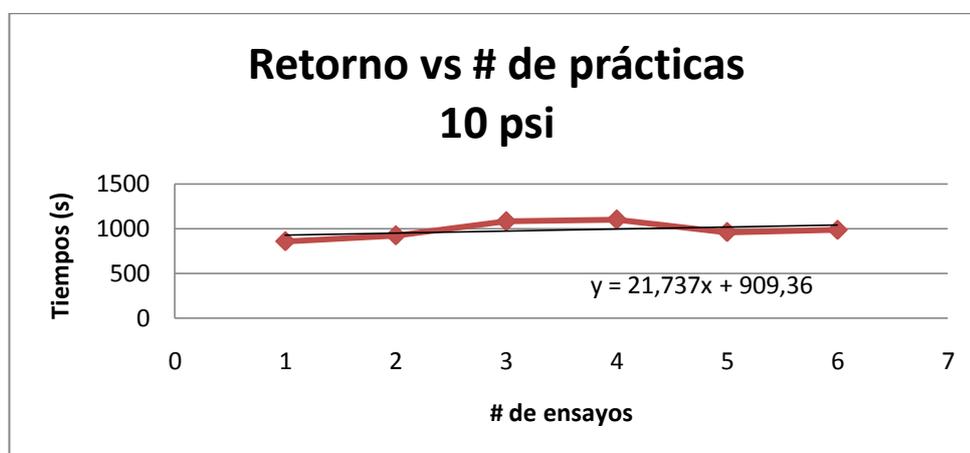


Gráfico N° 4.2 Tiempos de retorno del tanque con 10psi con el tablero de fluidos análogo

Elaborado por: Edison Vargas

4.2.2 Ensayo 2. Toma de tiempos con un valor de 15psi de presión.

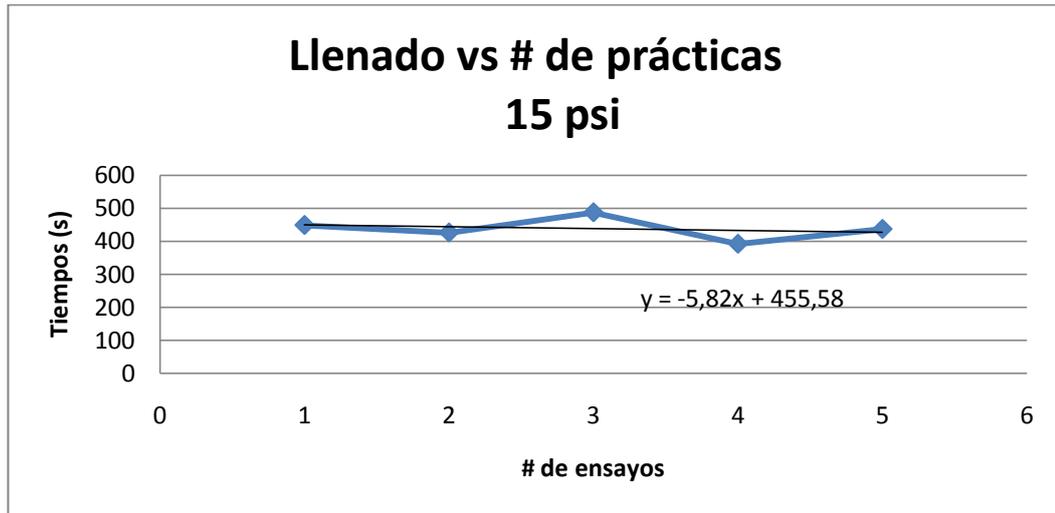


Gráfico N° 4.3 Tiempos de llenado del tanque con 15psi con el tablero de fluidos análogo
Elaborado por: Edison Vargas

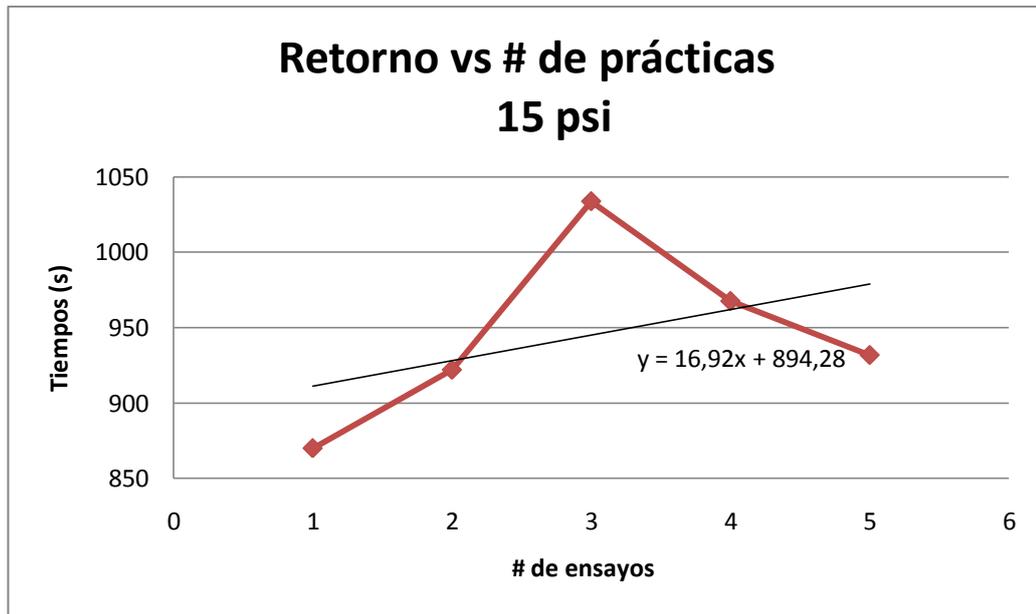


Gráfico N° 4.4 Tiempos de retorno del tanque con 15psi con el tablero de fluidos análogo
Elaborado por: Edison Vargas

4.2.3 Ensayo 3. Toma de tiempos con un valor de 20psi de presión.



Gráfico N° 4.5 Tiempos de llenado del tanque con 20psi con el tablero de fluidos análogo

Elaborado por: Edison Vargas

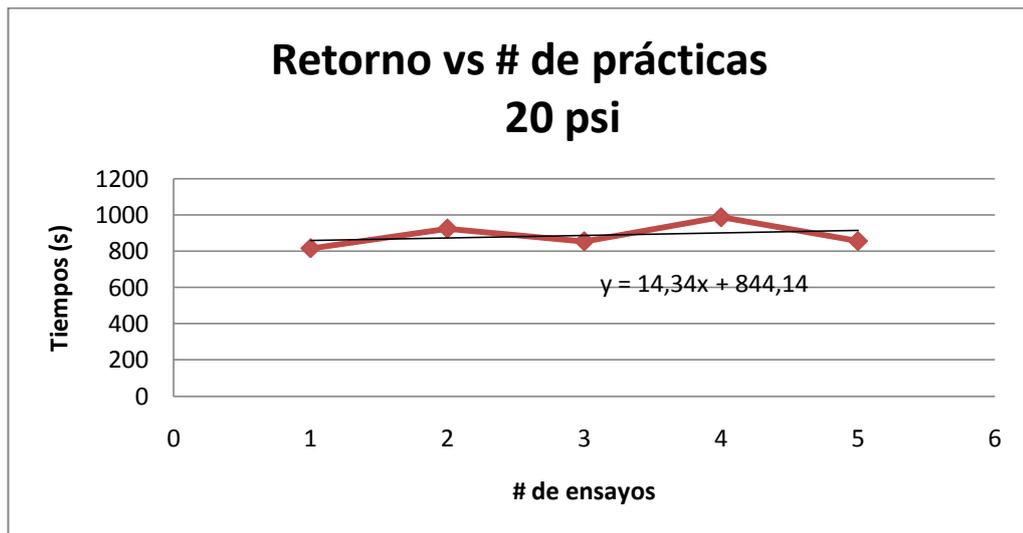


Gráfico N° 4.6 Tiempos de retorno del tanque con 20psi con el tablero de fluidos análogo

Elaborado por: Edison Vargas

4.2.4 Ensayo 4. Toma de tiempos con un valor de 28psi de presión.

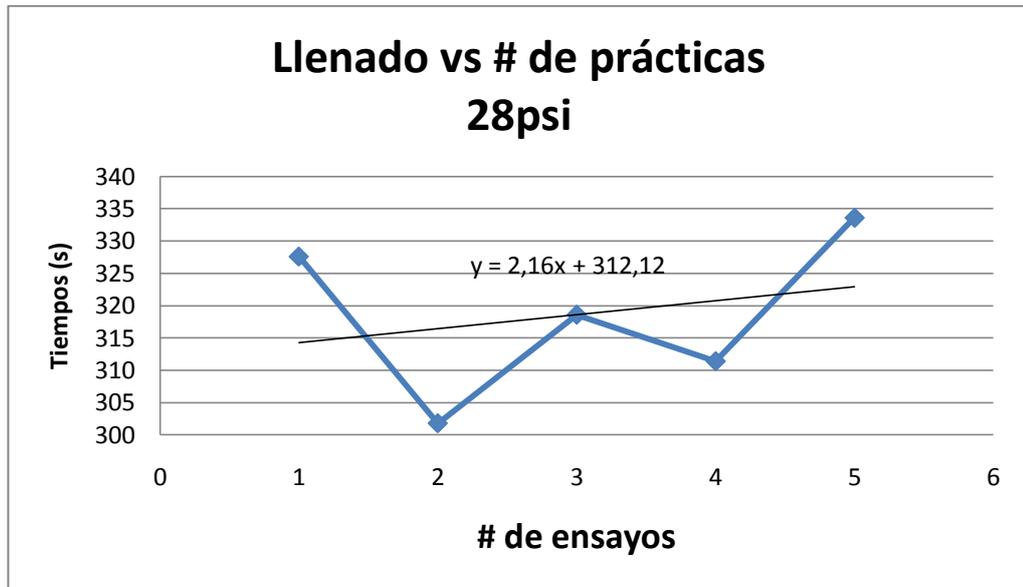


Gráfico N° 4.7 Tiempos de llenado del tanque con 28psi con el tablero de fluidos análogo

Elaborado por: Edison Vargas

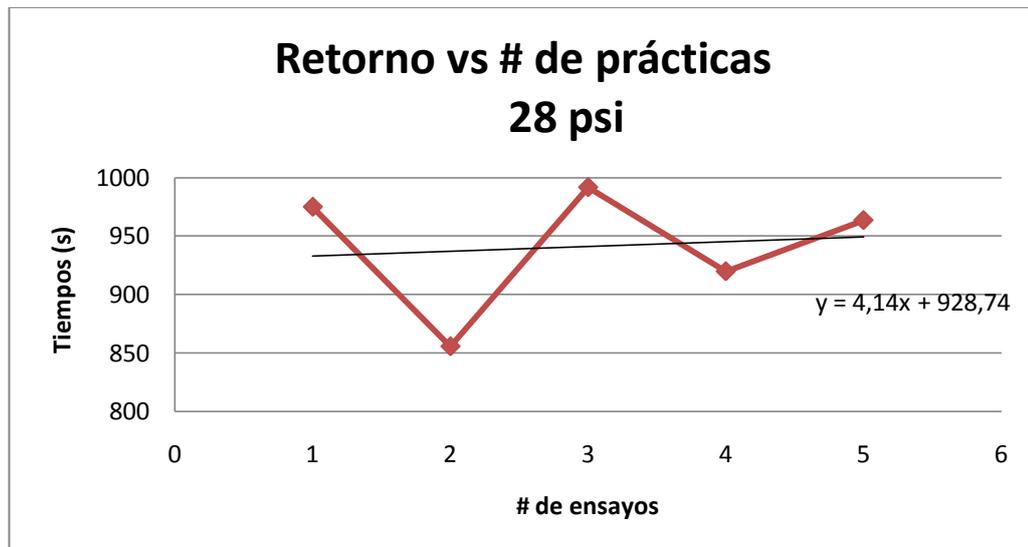


Gráfico N° 4.8 Tiempos de retorno del tanque con 28psi con el tablero de fluidos análogo

Elaborado por: Edison Vargas

4.2.5 Ensayo 5. Toma de tiempos con un valor de 10psi de presión.



Gráfico N° 4.19 Tiempos de llenado del tanque con 10psi con el tablero de fluidos modificado

Elaborado por: Edison Vargas

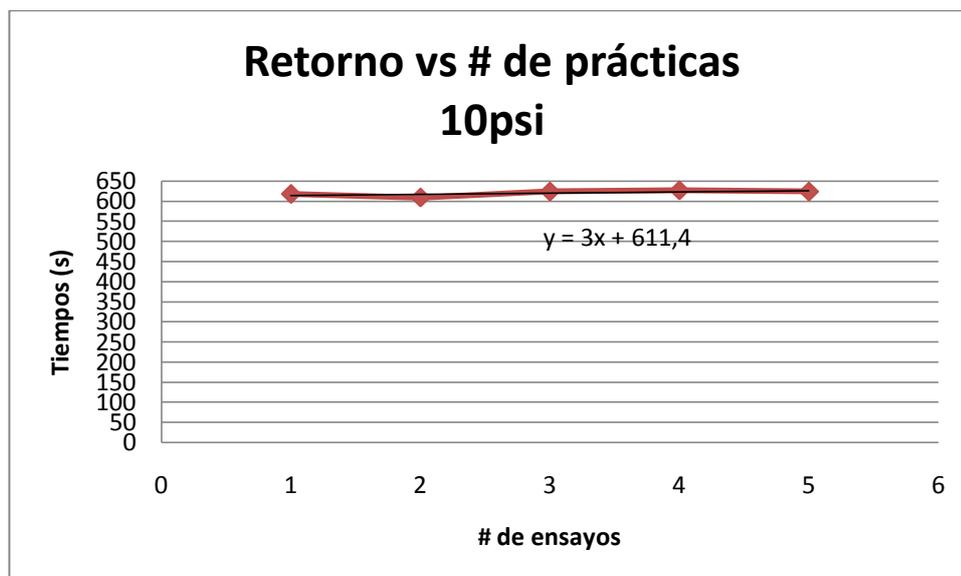


Gráfico N° 4.10 Tiempos de retorno del tanque con 10psi con el tablero de fluidos modificado

Elaborado por: Edison Vargas

4.2.6 Ensayo 6. Toma de tiempos con un valor de 15psi de presión.

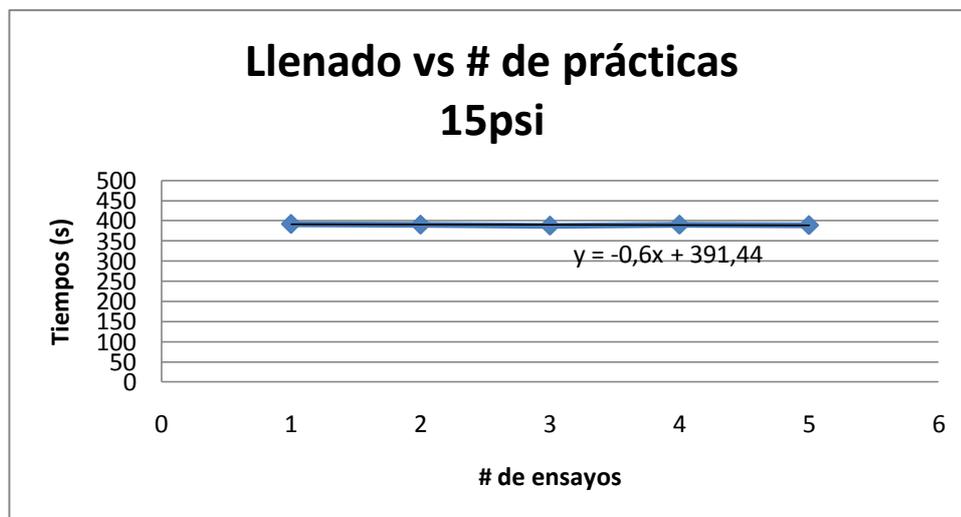


Gráfico N° 4.11 Tiempos de llenado del tanque con 15psi con el tablero de fluidos modificado

Elaborado por: Edison Vargas

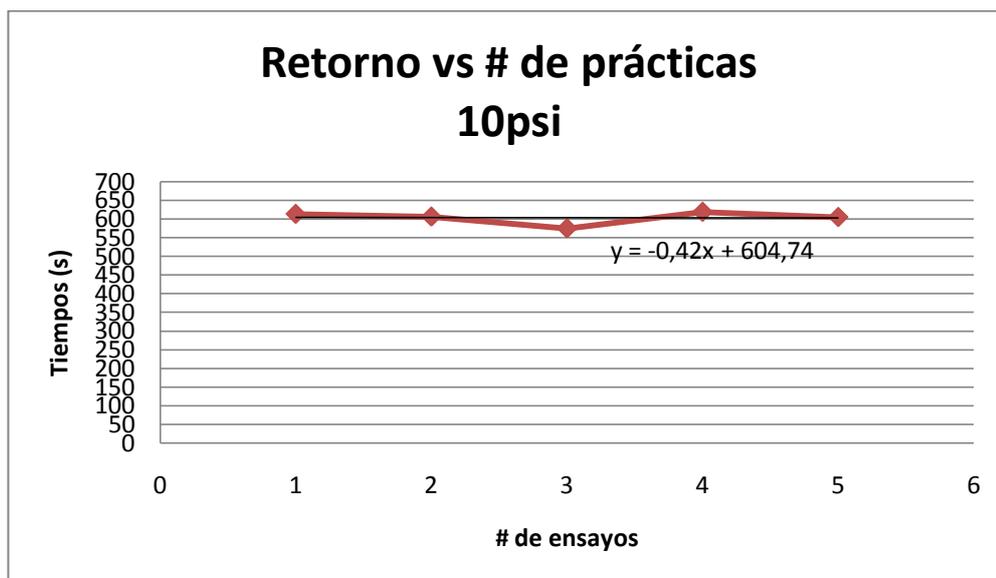


Gráfico N° 4.12 Tiempos de retorno del tanque con 15psi con el tablero de fluidos modificado

Elaborado por: Edison Vargas

4.2.7 Ensayo 7. Toma de tiempos con un valor de 20psi de presión.

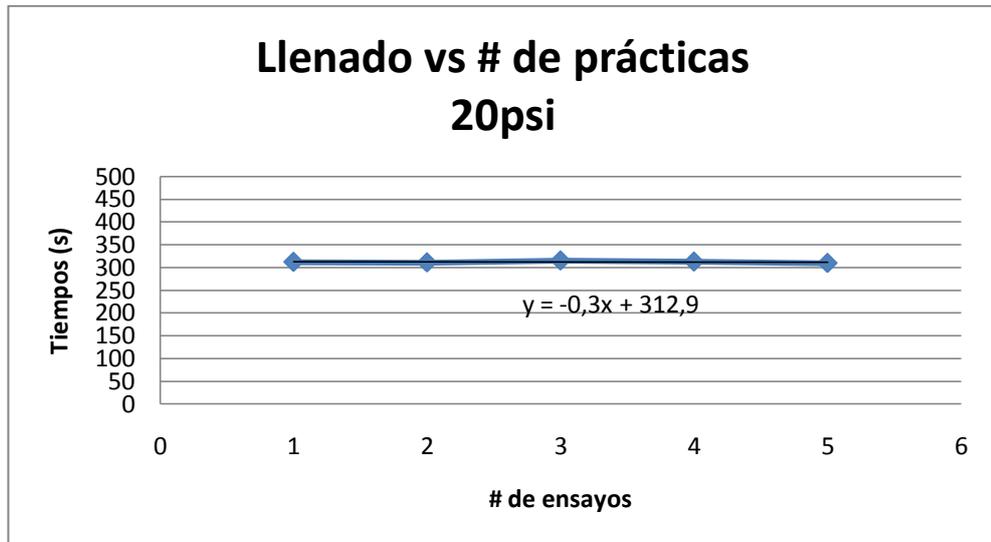


Gráfico N° 4.13 Tiempos de llenado del tanque con 20psi con el tablero de fluidos modificado

Elaborado por: Edison Vargas

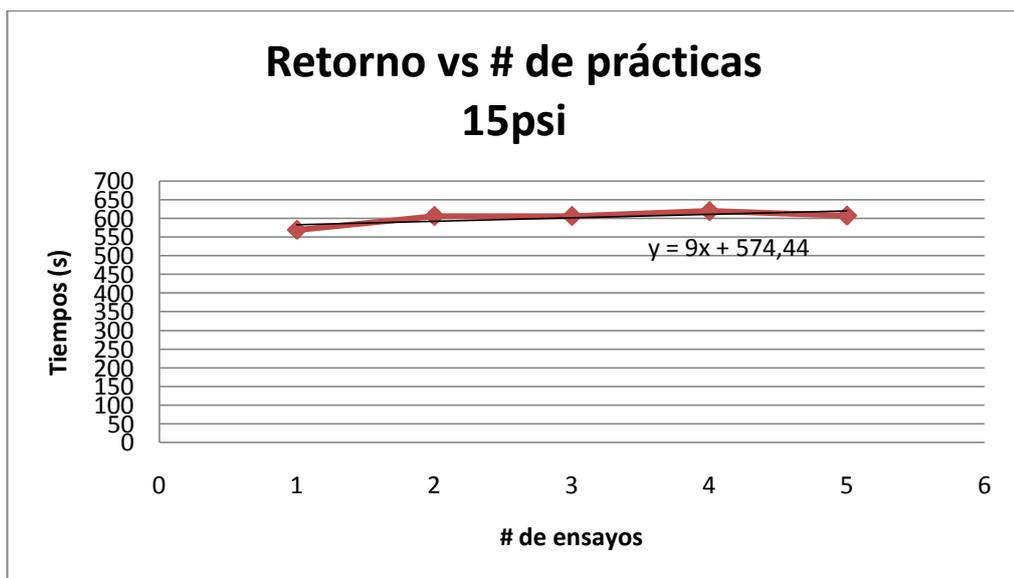


Gráfico N° 4.14 Tiempos de retorno del tanque con 20psi con el tablero de fluidos modificado

Elaborado por: Edison Vargas

4.2.8 Ensayo 8. Toma de tiempos con un valor de 28psi de presión.

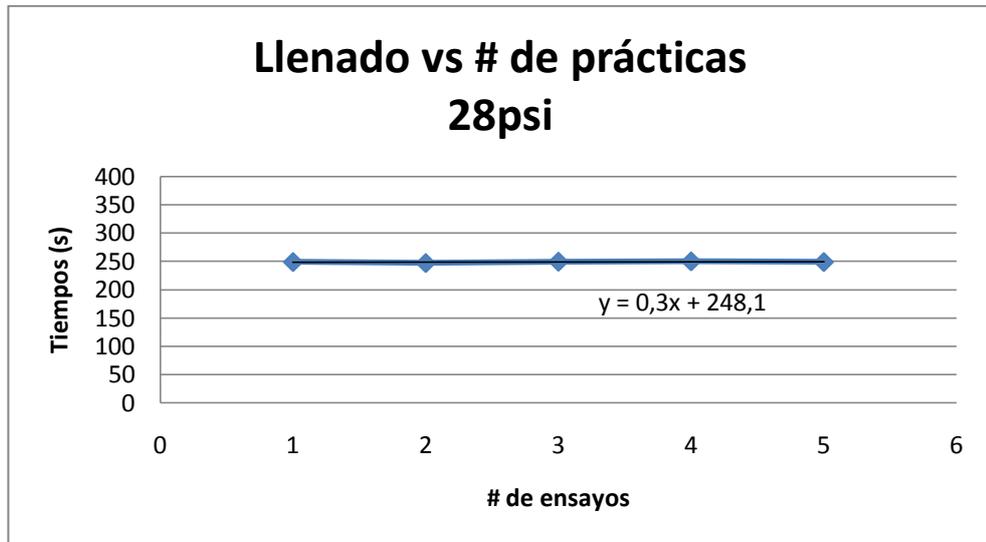


Gráfico N° 4.15 Tiempos de llenado del tanque con 28psi con el tablero de fluidos modificado

Elaborado por: Edison Vargas

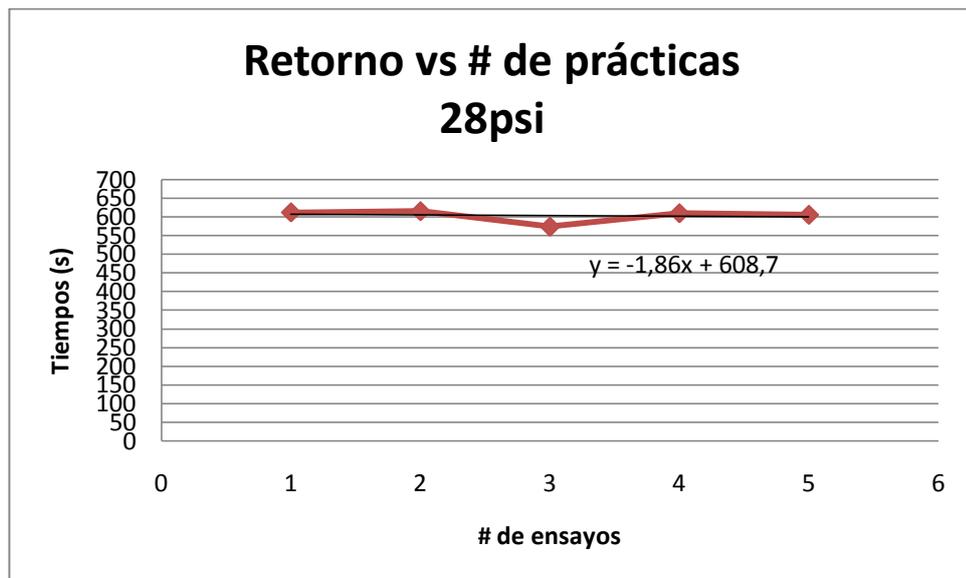


Gráfico N° 4.16 Tiempos de retorno del tanque con 28psi con el tablero de fluidos modificado

Elaborado por: Edison Vargas

Como podemos observar en las gráficas 4.1 a la 4.8 que se mostraron anteriormente, son ensayos de llenado y de retorno del agua con el tablero de fluidos análogo, aquí observamos que se generaron curvas con bastante oscilación, lo que se interpreta que los tiempos de los ensayos no son constantes entre ellos.

Las gráficas 4.9 a la 4.16 son ensayos realizados con el tablero de fluidos ya modificado, las curvas que observamos en estas gráficas son mucho más constantes, lo que nos indica que los tiempos de ensayo a ensayo mejoraron.

En la gráfica que mostraremos a continuación se tomaron los tiempos totales que se tarde en realizar una práctica completa, aquí vamos a observar la variación de tiempos que existe entre los ensayos con el tablero de fluidos análogo y ya modificado.

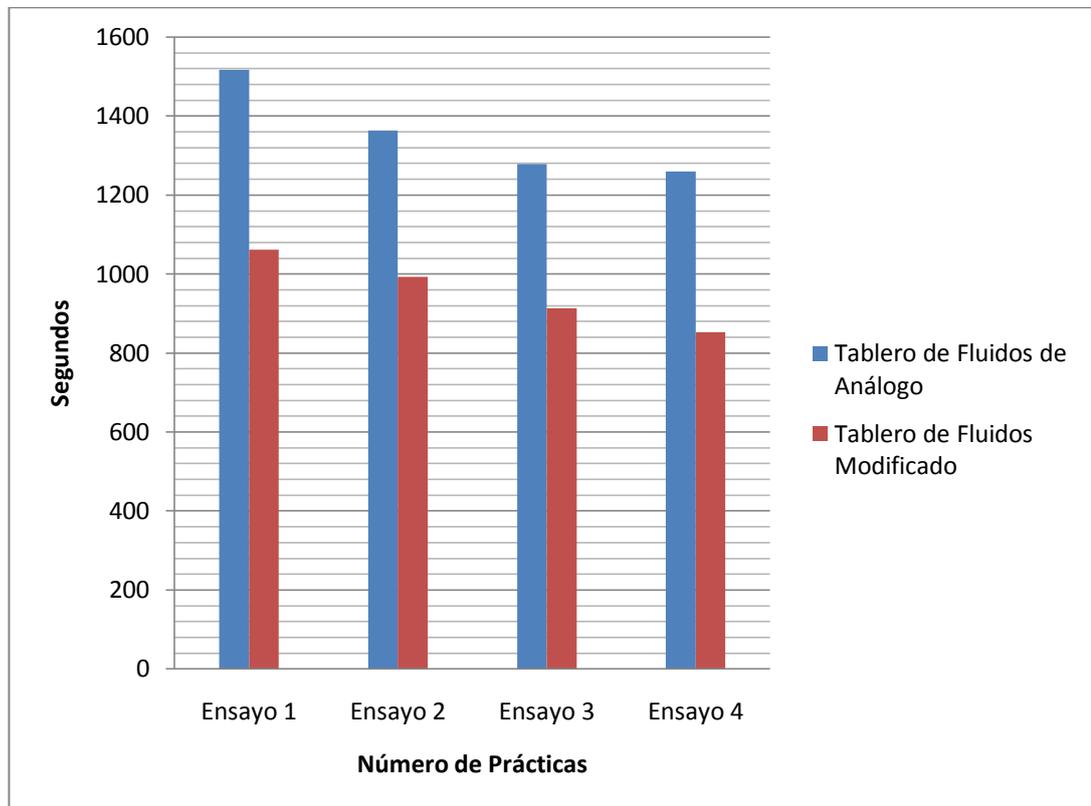


Gráfico N° 4.17 Comparación entres los tiempos de realización de ensayos con el tablero de fluidos análogo y ya modificado.

Elaborado por: Edison Vargas

4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Mediante las experimentaciones del flujo de agua realizadas en el tablero de fluidos de laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, observamos claramente que se corrigieron los reportes de práctica en tiempos de llenado. En el gráfico 4.17 se puede observar notoriamente la disminución de tiempo que se obtuvo al realizar los ensayos. Esto va a satisfacer la necesidad tanto de profesores como alumnos para realizar prácticas con el equipo.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES.

- Para determinar el valor de presiones de flujo de agua correcto, tuvimos que realizar ensayos con varios niveles de presión de flujo.
- Los valores obtenidos en los reportes de prácticas realizados en el tablero de fluidos, nos ayudó a determinar cuál es el valor correcto de presión de flujo para mejorar los tiempos de llenado.
- La realización de los ensayos al principio resultaron ser un trabajo muy esforzado, de tal manera se concluyó modificar el equipo con nuevos y tecnificados dispositivos, para así facilitar un poco el desarrollo de estos ensayos.
- Al realizar las prácticas con el tablero de fluidos análogo el tiempo en ejecutarse un ensayo era muy largo.
- Al retornar el agua de un recipiente a otro a mano, para realizar otro ensayo, esto resultaba una tarea muy cansada y un poco riesgosa de causar algún daño físico al operario.
- Al tomar los datos de los tiempos de llenado con el tablero de fluidos análogo, nos fijamos que con un mismo valor de presión todos los tiempos tomados varían, lo que lo hace que los resultados sean imprecisos.
- Al ser una tarea muy pesada y tediosa, cuando se realizaba las prácticas, los profesores y alumnos no tomaban mayor importancia para realizar los

ensayos, por lo mismo que la máquina podría haber sido desechada del laboratorio.

- Antes de modificar el tablero de fluidos, al realizar las prácticas el operario no debía descuidarse del tanque de llenado, ya que si no apagaba la bomba a tiempo la misma corría el riesgo de quemarse.
- Con el tablero de fluidos ya modificado el operario ya no tiene que realizar mucho esfuerzo físico, únicamente tiene que encender el equipo y controlar el tiempo de encendido y apagado de la bomba.
- El tanque para el llenado en el tablero de fluidos tiene una capacidad máxima de 55 galones, los sensores de nivel encenderán la bomba cuando el tanque este en su nivel bajo, y apagarán la misma cuando este en su nivel máximo.
- En las curvas obtenidas de los ensayos se pudo observar claramente que los tiempos mejoraron y se mantuvieron mucho más constantes de una práctica a otra.

5.2 RECOMENDACIONES.

- Antes de iniciar una práctica en el tablero de fluidos revisar que todas las mangueras e instalaciones estén bien conectadas, que no existan fugas o que tengan algún desperfecto.
- Realizar periódicamente una limpieza de los tanques para evitar que alguna basura o material extraño dañe a la bomba o a la electroválvula.
- Previamente al realizar los ensayos revisar que el nivel de agua este en el límite correctamente, y así la obtención de los resultados serán más exactos.
- Verificar las conexiones, que todos los cables estén correctamente conectados y así evitar un corte circuito o que algún equipo se queme y al momento de apagar verificar que todo quede normalmente apagado.

CAPITULO VI

PROPUESTA

6.1 DATOS INFORMATIVOS.

Al ser analizados los datos obtenidos en los ensayos realizados en el tablero de fluidos, se modificó el equipo para obtener un desarrollo de las prácticas mucho más eficiente. Para lo cual se basó principalmente en el encendido y apagado automático de la bomba y de la electroválvula. Para que se produzca este trabajo se instalaron dos sensores de nivel en el tanque de llenado. El sensor que se encuentra en la parte inferior del tanque enciende la bomba y apaga la electroválvula para controlar el tiempo que tarda en llenar el mismo, el sensor que se encuentra en la parte superior apaga la bomba indicando que el agua ya llegó a su nivel máximo, y al mismo tiempo enciende la electroválvula para que el agua retorne por gravedad al tanque inferior, y así poder realizar otro ensayo.

Para que los alumnos de la Facultad de Ingeniería Civil y mecánica puedan realizar los ensayos en el tablero de fluidos, se la describe a continuación:

El equipo tiene una capacidad máxima en el tanque de llenado de 55 litros, antes de encender el mismo deben verificar sus niveles.

La presión máxima del flujo de agua es de 30psi. La bomba que propulciona el agua es de 1HP de potencia a 110v.

6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

Hace algunos semestres atrás el tablero de fluidos que se encuentra en el laboratorio de hidráulica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica fue construido por alumnos de la misma, con el propósito de desarrollar prácticas y así complementar los conocimientos teórico – prácticos.

Pero este equipo al ser su funcionamiento de una manera muy rigurosa, pesada sin ningún tipo de control, tuvo muy poco interés por profesores y alumnos para realizar las prácticas. De esta manera se propone modificar el equipo para despertar nuevamente interés para ejecutar las prácticas.

6.3 JUSTIFICACIÓN

La finalidad de este trabajo investigativo es despertar nuevamente interés en el equipo tanto en profesores y alumnos para el desarrollo de prácticas. En el mejoramiento del tablero de fluidos se utilizaron nuevos equipos novedosos y de tecnologías actuales que también van a la par con materias referentes a la carrera de Ingeniería Mecánica.

6.4 OBJETIVOS.

6.4.1 General.

- Determinar el control de flujo de agua adecuado en tiempos de llenado para generar reportes de práctica en el tablero de fluidos.

6.4.2 Específicos.

- Modificar el tablero de fluidos utilizando nuevos equipos para mejorar los tiempos de llenado.
- Analizar los nuevos equipos que se utilizarán tanto en costos, factibilidad y durabilidad.
- Realizar un análisis sobre los tiempos de llenado y si sus niveles están correctamente instalados.

6.5 ANÁLISIS DE LA FACTIBILIDAD.

La modificación del tablero de fluidos de Laboratorio de Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica es posible realizarlo, debido a que la facultad posee con una infraestructura adecuada para los laboratorios de las asignaturas correspondientes, así también con los equipos necesarios para cada uno de ellos.

La Facultad pone a disposición sus laboratorios y las herramientas disponibles en el mismo para que el desarrollo de los proyectos sea ejecutado con facilidad y sin ningún contratiempo.

Los materiales que se necesitan para el desarrollo de este proyecto de investigación, se encuentran con facilidad en nuestro mercado.

6.6 FUNDAMENTACIÓN

6.6.1 MARCO TEÓRICO

6.6.1.1 Electroválvula.

Una electroválvula es una válvula electromecánica, diseñada para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto como puede ser una tubería. La válvula está controlada por una corriente eléctrica a través de una bobina selenoidal.

No se debe confundir la electroválvula con válvulas motorizadas, que son aquellas en las que un motor acciona el cuerpo de la válvula.

6.6.1.1.1 Aplicaciones

En las habitaciones de hoteles y apartamentos, es muy habitual que los clientes dejen los grifos sin cerrar bien, o dejen el agua correr para que esté más fría, e incluso que se deje la bañera llenándose mientras abandona el lugar y olvidan cerrarla.

También suele ser habitual que las juntas de cierre o zapatillas de la grifería con el tiempo no cierren adecuadamente y se produzcan goteos constantes en el grifo u ducha averiado.

Todos estos problemas e incluso la posible avería o escape en una cañería, quedan resueltos, si cuando el cliente sale de la habitación el agua se corta.

Esto puede realizarse gracias a la combinación, con un desconectador de energía, como el Desconectador Inteligente iSWITCH de TEHSA, S.L..

De instalación sencilla, se intercalan entre la llave de paso y la red sanitaria interior de la habitación realizándose una conexión a la red eléctrica que controla el desconectador.

Sin cableados especiales y sin apenas complicaciones dispondremos del mayor y más sencillo controlador de uso del agua en la habitación, garantizando el uso racional y controlado de la misma y sin fugas no detectables.



Figura 6.1 Electroválvula

Fuente: www.tehsa.com/producto10b.htm

6.6.1.1.2 Características generales:

Roscas de ½” en G BSP, o en NPT DN-12. Función dos vías. Normalmente cerrada (sin suministro de tensión). Presión de trabajo entre 0,5 y 10 BAR. Cuerpo y tapa de latón niquelado. Junta de cierre de Viton FKM. Núcleos magnéticos de acero inoxidable, con resorte y guía de núcleo móvil en acero inoxidable. Núcleo móvil hexagonal para prevenir el agarrotamiento del mismo en el caso de aguas duras. Bobina de bajo consumo, alimentada a 220 Vca, (puede estar conectada las 24 horas). Grado de protección IP65. Disponible para aguas frías y calientes hasta 95 °C.

6.6.1.2 Controles de nivel del agua

Los controles de nivel del agua en los canales tienen la finalidad de garantizar la correcta operación de los mismos. En general los controles de nivel se colocan en puntos claves del canal, como son:

- Secciones de derivación, para canales de menor orden, y para tomas de campo;
- En correspondencia con estructuras de seguridad.

Básicamente existen dos tipos de controles de nivel, considerando el nivel que deben controlar:

- Controles que aseguran la permanencia del nivel, dentro de márgenes preestablecidos, aguas arriba de la estructura de control;
- Controles de nivel que garantizan el nivel, en el ámbito de una variación máxima preestablecida, aguas abajo de la sección de control. Estos sistemas también se denominan operando a la demanda.

Desde el punto de vista de los mecanismos que operan el control del nivel, se pueden distinguir dos tipos:

- Controles del nivel aguas arriba mediante un vertedero de gran longitud;
- Controles de nivel que operan mediante el movimiento automático de una compuerta mecánica accionada por un flotador. Dependiendo de la posición del flotador el control será comandado por el nivel aguas arriba o aguas abajo.

6.6.1.2.1 Controles de nivel para tanques de almacenamiento de agua

Los controles del nivel máximo del agua en un tanque de almacenamiento tienen la doble función de garantizar la seguridad de las estructuras y de evitar el desperdicio de agua. El control del nivel máximo se hace mediante un sensor de nivel conectado en alguna forma, ya sea mecánica o electrónica con la operación de una válvula a la entrada del tanque. Como todo mecanismo siempre puede fallar en el momento de su operación, es importante que el tanque disponga de un sistema de seguridad de funcionamiento totalmente automático como por ejemplo un vertedero libre, eventualmente conectado con una alarma.

El control del nivel mínimo del agua tiene la función de garantizar el buen funcionamiento del sistema evitando la entrada de aire en la tubería que se encuentra aguas abajo del tanque, como por ejemplo en la red de distribución de agua, o en la succión de la o las bombas. En este caso también el sistema está compuesto por un sensor de nivel conectado a una alarma, para que el operador intervenga, o en

sistemas más sofisticados, el sensor actúa directamente, para aumentar la entrada de agua al tanque.

6.6.1.3 Contactores

Los contactores son aparatos robustos que pueden ser sometidos a exigentes cadencias de maniobras con distintos tipos de cargas. La norma IEC 947-4 define distintos tipos de categorías de empleo que fijan los valores de la corriente a establecer o cortar mediante contactores.

Citaremos solamente las categorías para circuitos de potencia con cargas en CA, sabiendo que existen categorías similares para CC y circuitos de control en CA y CC.

Categoría AC1

Se aplica a todos los aparatos de utilización en corriente alterna (receptores), cuyo factor de potencia es al menos igual a 0,95 ($\cos > 0,95$). Ejemplos: calefacción, distribución, iluminación.

Categoría AC2

Se refiere al arranque, al frenado en contracorriente y a la marcha por impulso de los motores de anillos.

Al cierre, el contactor establece la intensidad de arranque del orden de ,5 veces la intensidad nominal del motor.

A la apertura el contactor debe cortar la intensidad de arranque con una tensión menor o igual a la tensión de la red.

Ejemplos: Puentes grúa, grúas pórtico con motores de rotor bobinado.

Categoría AC3

Se refiere a los motores de jaula, y el corte se realiza a motor lanzado.

Al cierre, el contactor establece la intensidad de arranque con 5 a 7 veces la intensidad nominal del motor.

A la apertura, corta la intensidad nominal absorbida por el motor. En este momento la tensión en los bornes de sus polos es del orden del 20% de la tensión de la red, por lo que el corte es fácil.

Ejemplos: Todos los motores de jaula, ascensores, escaleras mecánicas, compresores, bombas, ventiladores, etc.

Categoría AC4

Esta categoría se refiere a las aplicaciones con frenado a contracorriente y marcha por impulso utilizando motores de jaula o de anillos.

El contactor se cierra con un pico de corriente que puede alcanzar 5, incluso 7 veces, la intensidad nominal del motor. La tensión puede ser igual a la de la red. El corte es severo.

Ejemplos: trefiladoras, metalurgia, elevación, ascensores, etc.

Es importante no confundir la corriente de empleo I_e con la corriente térmica I_{th} .

. **I_e** : Es la corriente que un contactor puede operar y está definida para la tensión nominal, la categoría de empleo (AC1, AC3,...) y la temperatura ambiente.

. **I_{th}** : Es la corriente que el contactor puede soportar en condición cerrado por un mínimo de horas, sin que su temperatura exceda los límites dados por las normas.

La vida eléctrica, expresada en ciclos de maniobra, es una condición adicional para la elección de un contactor y permite prever su mantenimiento.

MODIFICACIÓN DEL EQUIPO

6.6.2 Determinación de todas las pérdidas existentes en el tablero de fluidos.

Datos:

γ del agua = 9.78 KN/m^3 (Anexo 2)

ν del agua = 8.94×10^{-7} (Anexo 2)

Bomba = 1hp

$$Q = 45 \text{ lt/min} \implies 0.00075 \text{ m}^3/\text{seg} \quad (\text{Anexo 3})$$

$$z_1 = 90 \text{ cm} \implies 0.9 \text{ m} \quad (\text{Anexo 3})$$

$$z_2 = 145 \text{ cm} \implies 1.46 \text{ m} \quad (\text{Anexo 3})$$

$$\text{Diámetro} = 2 \text{ C } 40 \implies D_{\text{int}} = 52.5 \text{ mm} \quad (\text{Anexo 4})$$

Solución:

Con los datos anteriores utilizamos la ecuación (1) del capítulo 2.

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2$$

Como $\frac{P_2}{\rho}$ se encuentran a la atmosfera esto es igual a 0,

Como la v_1 y v_2 son aproximadas a cero, entonces $\frac{v_1^2}{2g}$ y $\frac{v_2^2}{2g}$ también se

vuelven 0.

Calculamos las pérdidas que se en el circuito del fluido

SISTEMA DE TUBERÍAS EN SERIE

EN LA TUBERÍA DE SUCCIÓN

TRAMO 1

Con una longitud de $L = 0.76 \text{ m}$

$$\text{Diámetro} = 1 \frac{1}{4} \text{ C } 40 \implies D_{\text{int}} = 35.1 \text{ mm} \quad (\text{Anexo 4})$$

$$H_{s1} = f_s \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{v_s}{2g} \right)$$

$$v_{s1} = \frac{Q}{A_{s1}}$$

$$A_{s1} = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Reemplazando A_{s1} en v_{s1} tenemos que:

$$v_{s1} = 0.76 \text{ m/seg}$$

$$Re_s = \frac{v_{s1} \cdot D}{\nu}$$

$$Re_s = 29.84 \times 10^3$$

$$\frac{D}{\varepsilon} = 763,04$$

(Anexo 10)

$$f = \frac{0.25}{[\log(\frac{\varepsilon/D}{3.745} + \frac{5.41}{Re^{0.9}})]}$$

$$f = 0.026$$

Entonces:

$$H_{s1} = 0.0115 \text{ m}$$

TRAMO 2

Con una longitud de $L = 0.7 \text{ m}$

Diámetro = 2" C 40 $\implies D_{int} = 52.5 \text{ mm}$

(Anexo 4)

$$H_{s2} = f_s \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{v_s}{2g} \right)$$

$$v_{s2} = \frac{Q}{A_{s1}}$$

$$A_{s2} = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Reemplazando A_{s1} en v_{s1} tenemos que:

$$v_{s2} = 0.28 \text{ m/seg}$$

$$Re_{s2} = \frac{v_{s1} \cdot D}{\nu}$$

$$Re_{s2} = 16.44 \times 10^3$$

$$\frac{D}{\varepsilon} = 1141.3$$

(Anexo 10)

$$f = \frac{0.25}{[\log(\frac{\varepsilon/D}{3.745} + \frac{5.41}{Re^{0.9}})]}$$

$$f = 0.029$$

Entonces:

$$H_{s2} = 0.0055 \text{ m}$$

TRAMO 3

Con una longitud de $L = 0.3 \text{ m}$

Diámetro = 2 C 40 =====> $D_{int} = 0.0525 \text{ mm}$

(Anexo 4)

$$H_{s3} = f_s \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{v_s}{2g} \right)$$

$$v_{s3} = \frac{Q}{A_{s1}}$$

$$A_{s3} = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Reemplazando A_{s1} en v_{s1} tenemos que:

$$v_{s3} = 0.28 \text{ m/seg}$$

$$Re_{s3} = \frac{v_{s1} \cdot D}{\nu}$$

$$Re_{s3} = 16.44 \times 10^3$$

$$\frac{D}{\varepsilon} = 763,04 \quad (\text{Anexo 10})$$

$$f = \frac{0.25}{[\log(\frac{\varepsilon/D}{3.745} + \frac{5.41}{Re^{0.9}})]}$$

$$f = 0.026$$

Entonces:

$$H_{S3} = 0.0115 \text{ m}$$

EN LA TUBERÍA DE DESCARGA

TRAMO 1

Con una longitud de $L = 0.22 \text{ m}$

$$\text{Diámetro } = 2 \text{ C } 40 \implies D_{\text{int}} = 0.0525 \text{ mm} \quad (\text{Anexo 4})$$

$$H_{D1} = f_s \left(\frac{L}{D}\right) \left(\frac{v_s}{2g}\right)$$

$$v_{D1} = \frac{Q}{A_{s1}}$$

$$A_{D1} = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Reemplazando A_{s1} en v_{s1} tenemos que:

$$v_{D1} = 0.28 \text{ m/seg}$$

$$Re_{D1} = \frac{v_{s1} \cdot D}{\nu}$$

$$Re_{D1} = 16.44 \times 10^3$$

$$\frac{D}{\varepsilon} = 763,04 \quad (\text{Anexo 10})$$

$$f = \frac{0.25}{[\log(\frac{\epsilon/D}{3.745} + \frac{5.41}{Re^{0.9}})]}$$

$$f = 0.026$$

Entonces:

$$H_{D1} = 0.0017 \text{ m}$$

TRAMO 2

Con una longitud de $L = 0.76 \text{ m}$

$$\text{Diámetro} = 1\frac{1}{4} \text{ C } 40 \text{ =====> } D_{\text{int}} = 35.1 \text{ mm} \quad (\text{Anexo 4})$$

$$H_{D2} = f_s \left(\frac{L}{D}\right) \left(\frac{v_s}{2g}\right)$$

$$v_{D2} = \frac{Q}{A_{s1}}$$

$$A_{D2} = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Reemplazando A_{s1} en v_{s1} tenemos que:

$$v_{D2} = 0.76 \text{ m/seg}$$

$$Re_{D2} = \frac{v_{s1} \cdot D}{\nu}$$

$$Re_{D2} = 29.84 \times 10^3$$

$$\frac{D}{\epsilon} = 763,04 \quad (\text{Anexo 10})$$

$$f = \frac{0.25}{[\log(\frac{\epsilon/D}{3.745} + \frac{5.41}{Re^{0.9}})]}$$

$$f = 0.026$$

Entonces:

$$H_{D2} = 0.0058 \text{ m}$$

TRAMO 3

Con una longitud de $L = 0.76 \text{ m}$

Tubería PVC Diámetro = 1" $\implies D_{\text{int}} = 32 \text{ mm}$ (Anexo 9)

$$H_{D3} = f_s \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{v_s}{2g} \right)$$

$$v_{D3} = \frac{Q}{A_{s1}}$$

$$A_{D3} = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$A_{D3} = 0.0008 \text{ m}^2$$

Reemplazando A_{s1} en v_{s1} tenemos que:

$$v_{D3} = 0.93 \text{ m/seg}$$

$$Re_{D3} = \frac{v_{s1} \cdot D}{\nu}$$

$$Re_{D3} = 3328.86$$

$$\frac{D}{\varepsilon} = 1.066 \times 10^5 \quad (\text{Anexo 10})$$

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{\varepsilon/D}{3.745} + \frac{5.41}{Re^{0.9}} \right) \right]}$$

$$f = 0.042$$

Entonces:

$$H_{D3} = 0.0716 \text{ m}$$

TRAMO 4

Con una longitud de $L = 1.42$ m

Tubería PVC Diámetro = $1\frac{1}{4}$ =====> $D_{int} = 40$ mm (Anexo 9)

$$H_{D4} = f_s \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{v_s}{2g} \right)$$

$$v_{D4} = \frac{Q}{A_{s1}}$$

$$A_{D4} = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$A_{D4} = 1.26 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Reemplazando A_{s1} en v_{s1} tenemos que:

$$v_{D4} = 0.59 \text{ m/seg}$$

$$Re_D = \frac{v_{s1} \cdot D}{\nu}$$

$$Re_D = 26.4 \times 10^3$$

$$\frac{D}{\varepsilon} = 133.33 \times 10^3 \quad (\text{Anexo 10})$$

$$f = \frac{0.25}{[\log(\frac{\varepsilon/D}{3.745} + \frac{5.41}{Re^{0.9}})]}$$

$$f = 0.024$$

Entonces:

$$H_{D4} = 0.026 \text{ m}$$

PERDIDAS POR ACCESORIOS

$$h_L = \frac{v^2}{2g}$$

Accesorios	k	Perdidas	
Entrada	1	0.029	Anexo 17
Expansión gradual	0.39	0,0115	Anexo 14
Te Estándar	1.14	0.0115	Anexo 19
Válvula de compuerta	0.152	0.000608	Anexo 18
Contracción gradual	0.05	0.00147	Anexo 16
Codo roscado a 90° de 1"	2.1	0.00011	Anexo 18
Codo roscado a 90° de 1 1/4"	1.2	0.43	Anexo 18
Válvula de mariposa	1.08	0.018	Anexo 18

SISTEMA DE TUBERÍAS EN PARALELO

$$Q_1 = Q_a + Q_b + Q_c + Q_d$$

Caudal Q_a

Se suman todas las perdidas existentes, tanto en fricción como las de accesorios.

$$h_a = 60ft \left(\frac{v^2}{2g} \right) + 45ft \left(\frac{v^2}{2g} \right) + f \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{v^2}{2g} \right) + 45ft \left(\frac{v^2}{2g} \right) + f \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

Los valores de ft para las Te Estándar en el Anexo 19

Los valores de ft para las Codos roscado a 90° en el Anexo 18

Los valores de ft para válvula de mariposa en el Anexo 18

$$h_a = (4.32 + 800 ft + 4398.5ft) \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

$$v_a^2 = \frac{Q_a^2}{A_a^2}$$

Entonces:

$$h_a = (4.32 + 800 ft + 4398.5ft) 181.56 \times 10^3 Q_a$$

$$\frac{D}{\varepsilon} = 578.26 \quad (\text{Anexo 10})$$

$$N_R = \frac{v_a D_a}{v} = \frac{Q_a D_a}{A_a v}$$

$$N_R = 54.86 \times 10^6 Q_a$$

Caudal Q_b

Se suman todas las perdidas existentes, tanto en fricción como las de accesorios.

$$h_a = 2(60ft) \left(\frac{v^2}{2g} \right) + 45ft \left(\frac{v^2}{2g} \right) + f \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

Los valores de f para las Te Estándar en el Anexo 18

Los valores de f para válvula de mariposa en el Anexo 18

$$h_b = (3.36 + 5137.9 ft) \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

$$v_b^2 = \frac{Q_b^2}{A_b^2}$$

Entonces:

$$h_b = (3.36 + 5317.9ft) 0.432 \times 10^5 Q_a$$

$$\frac{D}{\varepsilon} = 454.38 \quad (\text{Anexo})$$

$$N_R = \frac{v_b D_b}{v} = \frac{Q_b D_b}{A_b v}$$

$$N_R = 68.02 \times 10^6 Q_b$$

Caudal Q_c

Se suman todas las perdidas existentes, tanto en fricción como las de accesorios.

$$h_a = 2(60ft) \left(\frac{v^2}{2g} \right) + 45ft \left(\frac{v^2}{2g} \right) + f \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

Los valores de f para las Te Estándar en el Anexo 18

Los valores de f para válvula de mariposa en el Anexo 18

$$h_c = (3.36 + 9430.38 \text{ ft}) \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

$$v_c^2 = \frac{Q_c^2}{A_c^2}$$

Entonces:

$$h_c = (3.36 + 9430.38 \text{ ft}) 1.33 \times 10^6 Q_c$$

$$\frac{D}{\varepsilon} = 343.48 \quad (\text{Anexo 10})$$

$$N_R = \frac{v_c D_c}{v} = \frac{Q_c D_c}{A_c v}$$

$$N_R = 90.17 \times 10^6 Q_c$$

Caudal Q_d

Se suman todas las perdidas existentes, tanto en fricción como las de accesorios.

$$h_d = 50 \text{ ft} \left(\frac{v^2}{2g} \right) + 60 \text{ ft} \left(\frac{v^2}{2g} \right) + f \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

Los valores de ft para las Te Estándar en el Anexo 18

Los valores de ft para codos roscados de 90° en el Anexo 18

Los valores de ft para válvula de mariposa en el Anexo 18

$$h_d = (2.34 + 4656.25 \text{ ft}) \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

$$v_d^2 = \frac{Q_d^2}{A_d^2}$$

Entonces:

$$h_d = (2.34 + 4656.25 \text{ ft}) 78.9 \times 10^3 Q_d$$

$$\frac{D}{\varepsilon} = 1.06 \times 10^5 \quad (\text{Anexo 10})$$

$$N_R = \frac{v_d D_d}{\nu} = \frac{Q_d D_d}{A_d \nu}$$

$$N_R = 44.51 \times 10^6 Q_d$$

Asumiendo los valores de los caudales para cada tramo.

TRAMO A

$$Q_a = 0.00022 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Con una longitud de $L = 0.32 \text{ m}$

Diámetro PVC = 1" $\implies D_{\text{int}} = 40 \text{ mm}$ (Anexo 9)

$$H_{A1} = f_s \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{v_s}{2g} \right)$$

$$v_{A1} = \frac{Q}{A_{s1}}$$

$$A_{A1} = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Reemplazando A_{s1} en v_{s1} tenemos que:

$$v_{A1} = 0.17 \text{ m}/\text{seg}$$

$$Re_A = \frac{v_{s1} \cdot D}{\nu}$$

$$Re_A = 7606.26$$

$$\frac{D}{\varepsilon} = 0.133 \times 10^6 \quad (\text{Anexo 10})$$

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{\varepsilon/D}{3.745} + \frac{5.41}{Re^{0.9}} \right) \right]}$$

$$f = 0.033$$

Entonces:

$$H_{A1} = 0.0023 \text{ m}$$

Con una longitud de $L = 1.17 \text{ m}$

$$\text{Diámetro} = 1\text{C40} \implies D_{\text{int}} = 26.6 \text{ mm}$$

(Anexo 4)

$$H_{A2} = f_s \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{v_s}{2g} \right)$$

$$v_{A2} = \frac{Q}{A_{s1}}$$

$$A_{A2} = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Reemplazando A_{s1} en v_{s1} tenemos que:

$$v_{A2} = 0.39 \text{ m/seg}$$

$$Re_{A2} = \frac{v_{s1} \cdot D}{\nu}$$

$$Re_{A2} = 11.34 \times 10^3$$

$$\frac{D}{\varepsilon} = 565.22$$

(Anexo 10)

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{\varepsilon/D}{3.745} + \frac{5.41}{Re^{0.9}} \right) \right]}$$

$$f = 0.032$$

Entonces:

$$H_{A2} = 0.029 \text{ m}$$

$$h_{lA} = K_{Te} \left(\frac{v^2}{2g} \right) + K_{Llave} \left(\frac{v^2}{2g} \right) + K_{codo} \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

$$h_{lA} = 0.020 \text{ m}$$

$$H_{TA} = h_l + h_{A1} + h_{A2}$$

$$H_{TA} = 0.0513 \text{ m}$$

TRAMO B

$$Q_B = 0.00018 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Con una longitud de $L = 0.43 \text{ m}$

$$\text{Diámetro PVC} = 3/4 \implies D_{\text{int}} = 25 \text{ mm} \quad (\text{Anexo 9})$$

$$H_{B1} = f_s \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{v_s}{2g} \right)$$

$$v_{B1} = \frac{Q}{A_{s1}}$$

$$A_{B1} = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Reemplazando A_{s1} en v_{s1} tenemos que:

$$v_{B1} = 0.37 \text{ m/seg}$$

$$Re_B = \frac{v_{s1} \cdot D}{\nu}$$

$$Re_B = 10.35 \times 10^3$$

$$\frac{D}{\varepsilon} = 8.33 \times 10^3 \quad (\text{Anexo 10})$$

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{\varepsilon/D}{3.745} + \frac{5.41}{Re^{0.9}} \right) \right]}$$

$$f = 0.03$$

Entonces:

$$H_{A1} = 0.0097 \text{ m}$$

Con una longitud de $L = 1.17 \text{ m}$

$$\text{Diámetro} = 3/4\text{C40} \implies D_{\text{int}} = 20.9 \text{ mm}$$

(Anexo 4)

$$H_{B2} = f_s \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{v_s}{2g} \right)$$

$$v_{B2} = \frac{Q}{A_{s1}}$$

$$A_{B2} = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Reemplazando A_{s1} en v_{s1} tenemos que:

$$v_{B2} = 0.053 \text{ m/seg}$$

$$Re_{B2} = \frac{v_{s1} \cdot D}{\nu}$$

$$Re_{B2} = 1.22 \times 10^3$$

$$\frac{D}{\varepsilon} = 454.35$$

(Anexo 10)

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{\varepsilon/D}{3.745} + \frac{5.41}{Re^{0.9}} \right) \right]}$$

$$f = 0.061$$

Entonces:

$$\mathbf{H_{A2} = 0.0091 \text{ m}}$$

$$h_{lB} = 2K_{Te} \left(\frac{v^2}{2g} \right) + K_{Llave} \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

$$h_{lB} = 0.024 \text{ m}$$

$$H_{TB} = h_l + h_{B1} + h_{B2}$$

$$H_{TB} = 0.0428 \text{ m}$$

TRAMO C

$$Q_a = 0.00013 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Con una longitud de $L = 0.32 \text{ m}$

$$\text{Diámetro PVC} = 1/2'' \implies D_{\text{int}} = 20 \text{ mm} \quad (\text{Anexo 9})$$

$$H_{C1} = f_s \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{v_s}{2g} \right)$$

$$v_{C1} = \frac{Q}{A_{S1}}$$

$$A_{C1} = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Reemplazando A_{S1} en v_{S1} tenemos que:

$$v_{C1} = 0.417 \text{ m}/\text{seg}$$

$$Re_C = \frac{v_{S1} \cdot D}{\nu}$$

$$Re_C = 79.33 \times 10^3$$

$$\frac{D}{\varepsilon} = 6.67 \times 10^3 \quad (\text{Anexo 10})$$

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{\varepsilon/D}{3.745} + \frac{5.41}{Re^{0.9}} \right) \right]}$$

$$f = 0.031$$

Entonces:

$$H_{C1} = 0.0141 \text{ m}$$

Con una longitud de $L = 1.17 \text{ m}$

$$\text{Diámetro} = 1/2'' \text{C40} \implies D_{\text{int}} = 15.8 \text{ mm} \quad (\text{Anexo 4})$$

$$H_{C2} = f_s \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{v_s}{2g} \right)$$

$$v_{C2} = \frac{Q}{A_{s1}}$$

$$A_{C2} = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Reemplazando A_{s1} en v_{s1} tenemos que:

$$v_{C2} = 0.66 \text{ m/seg}$$

$$Re_{C2} = \frac{v_{C2} \cdot D}{\nu}$$

$$Re_{C2} = 1.17 \times 10^4$$

$$\frac{D}{\varepsilon} = 343.48$$

(Anexo 10)

$$f = \frac{0.25}{[\log(\frac{\varepsilon/D}{3.745} + \frac{5.41}{Re^{0.9}})]}$$

$$f = 0.034$$

Entonces:

$$H_{C2} = 0.085 \text{ m}$$

$$h_{lC} = K_{Te} \left(\frac{v^2}{2g} \right) + K_{Llave} \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

$$h_{lC} = 0.10 \text{ m}$$

$$H_{TC} = h_l + h_{c1} + h_{c2}$$

$$H_{TC} = 0.199 \text{ m}$$

TRAMO D

$$Q_D = 0.0001 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Con una longitud de $L = 0.62 \text{ m}$

Diámetro PVC = 1" $\implies D_{\text{int}} = 40 \text{ mm}$ (Anexo 9)

$$H_{D1} = f_s \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{v_s}{2g} \right)$$

$$v_{D1} = \frac{Q}{A_{s1}}$$

$$A_{D1} = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Reemplazando A_{s1} en v_{s1} tenemos que:

$$v_{D1} = 0.12 \text{ m}/\text{seg}$$

$$Re_D = \frac{v_{s1} \cdot D}{\nu}$$

$$Re_D = 4.3 \times 10^3$$

$$\frac{D}{\varepsilon} = 0.11 \times 10^6 \quad (\text{Anexo 10})$$

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{\varepsilon/D}{3.745} + \frac{5.41}{Re^{0.9}} \right) \right]}$$

$$f = 0.0388$$

Entonces:

$$H_{D1} = 0.0047 \text{ m}$$

Con una longitud de $L = 0.82 \text{ m}$

Diámetro PVC = 3/4" $\implies D_{\text{int}} = 25 \text{ mm}$ (Anexo 9)

$$H_{D2} = f_s \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{v_s}{2g} \right)$$

$$v_{D2} = \frac{Q}{A_{s1}}$$

$$A_{D2} = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Reemplazando A_{s1} en v_{s1} tenemos que:

$$v_{D2} = 0.20 \text{ m/seg}$$

$$Re_{D2} = \frac{v_{D2} \cdot D}{\nu}$$

$$Re_{D2} = 5.59 \times 10^3$$

$$\frac{D}{\varepsilon} = 8.33 \times 10^4$$

(Anexo 10)

$$f = \frac{0.25}{[\log(\frac{\varepsilon/D}{3.745} + \frac{5.41}{Re^{0.9}})]}$$

$$f = 0.0359$$

Entonces:

$$H_{D2} = 0.012 \text{ m}$$

Con una longitud de $L = 0.7 \text{ m}$

$$\text{Diámetro PVC} = 1/2 \implies D_{\text{int}} = 20 \text{ mm}$$

(Anexo 9)

$$H_{D3} = f_s \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{v_s}{2g} \right)$$

$$v_{D3} = \frac{Q}{A_{D3}}$$

$$A_{D3} = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Reemplazando A_{s1} en v_{s1} tenemos que:

$$v_{D3} = 0.51 \text{ m/seg}$$

$$Re_{D3} = \frac{v_{D3} \cdot D}{\nu}$$

$$Re_{D3} = 1.14 \times 10^3$$

$$\frac{D}{\varepsilon} = 6.66 \times 10^4 \quad (\text{Anexo 10})$$

$$f = \frac{0.25}{[\log(\frac{\varepsilon/D}{3.745} + \frac{5.41}{Re^{0.9}})]}$$

$$f = 0.061$$

Entonces:

$$H_{D3} = 0.055 \text{ m}$$

$$h_{lD} = K_{Te} \left(\frac{v^2}{2g}\right) + 4K_{codo} \left(\frac{v^2}{2g}\right) + 4K_{codo} \left(\frac{v^2}{2g}\right) + 4K_{codo} \left(\frac{v^2}{2g}\right)$$

$$h_{lD} = 0.15 \text{ m}$$

$$H_{TD} = h_l + h_{D1} + h_{D2} + h_{D3}$$

$$H_{TD} = 0.22 \text{ m}$$

TRAMO E

$$Q_E = 0.00012 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Con una longitud de $L = 1.015\text{m}$

$$\text{Diámetro PVC} = 1'' \implies D_{\text{int}} = 32 \text{ mm} \quad (\text{Anexo 9})$$

$$H_{E1} = f_s \left(\frac{L}{D}\right) \left(\frac{v_s}{2g}\right)$$

$$v_{E1} = \frac{Q}{A_{E1}}$$

$$A_{E1} = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Reemplazando A_{s1} en v_{s1} tenemos que:

$$v_{E1} = 0.15 \text{ m/seg}$$

$$Re_E = \frac{v_{E1} \cdot D}{\nu}$$

$$Re_E = 5.97 \times 10^3$$

$$\frac{D}{\varepsilon} = 0.106 \times 10^6$$

(Anexo 10)

$$f = \frac{0.25}{[\log(\frac{\varepsilon/D}{3.745} + \frac{5.41}{Re^{0.9}})]}$$

$$f = 0.033$$

Entonces:

$$\mathbf{H_{E1} = 0.008 \text{ m}}$$

Con una longitud de $L = 0.23 \text{ m}$

$$\text{Diámetro PVC} = \frac{3}{4} \implies D_{\text{int}} = 25 \text{ mm}$$

(Anexo 9)

$$H_{E2} = f_s \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{v_s}{2g} \right)$$

$$v_{E2} = \frac{Q}{A_{s1}}$$

$$A_{E2} = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Reemplazando A_{s1} en v_{s1} tenemos que:

$$v_{E2} = 0.24 \text{ m/seg}$$

$$Re_{E2} = \frac{v_{D2} \cdot D}{\nu}$$

$$Re_{E2} = 8.3 \times 10^3$$

$$\frac{D}{\varepsilon} = 8.33 \times 10^4 \quad (\text{Anexo 10})$$

$$f = \frac{0.25}{[\log(\frac{\varepsilon/D}{3.745} + \frac{5.41}{Re^{0.9}})]}$$

$$f = 0.034$$

Entonces:

$$H_{E2} = 0.0038 \text{ m}$$

Con una longitud de $L = 0.5 \text{ m}$

$$\text{Diámetro PVC} = 1/2 \text{ =====> } D_{\text{int}} = 20 \text{ mm} \quad (\text{Anexo 9})$$

$$H_{E3} = f_s \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{v_s}{2g} \right)$$

$$v_{D3} = \frac{Q}{A_{E3}}$$

$$A_{E3} = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Reemplazando A_{s1} en v_{s1} tenemos que:

$$v_{E3} = 0.514 \text{ m/seg}$$

$$Re_{E3} = \frac{v_{E3} \cdot D}{\nu}$$

$$Re_{E3} = 1.14 \times 10^4$$

$$\frac{D}{\varepsilon} = 6.66 \times 10^3$$

(Anexo 10)

$$f = \frac{0.25}{[\log(\frac{\varepsilon/D}{3.745} + \frac{5.41}{Re^{0.9}})]}$$

$$f = 0.029$$

Entonces:

$$H_{E3} = 0.190 \text{ m}$$

$$h_{LD} = K_{Te} \left(\frac{v^2}{2g}\right) + K_{llave} \left(\frac{v^2}{2g}\right) + K_{codo} \left(\frac{v^2}{2g}\right)$$

$$h_{LD} = 6.66 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$H_{TD} = h_l + h_{E1} + h_{E2} + h_{E3}$$

$$H_{TD} = 0.208 \text{ m}$$

$$\Sigma H_T = 11.56 \text{ m}$$

6.7 METODOLOGÍA MODELO OPERATIVO

Como primer paso para modificar el tablero de fluidos del Laboratorio de Ingeniería Civil y Mecánica, fue elevar el tanque de llenado a una altura de 70cm sobre el nivel del piso. Lo que ayudar que el líquido regrese al tanque inicial únicamente por gravedad. Se utilizo Varilla de 14mm para la construcción de la base.



Figura 6.2. Tanque de llenado a 70cm del piso

Elaborado por; Edison Vargas

Luego se procedió a unir a los dos tanques para el retorno del líquido, con tubo PVC de $\frac{3}{4}$ de pulgada, aquí es instalada la electroválvula quien es la encargada de abrir y cerrar el paso del flujo de agua para su retorno.



Figura 6.3 Colocación de la electroválvula
Elaborado por: Edison Vargas

A continuación se procedió a colocar los dos sensores de nivel en el tanque de llenado, estos fueron colocados a las distancias requeridas, el uno ubicado en la parte inferior, es el encargado de indicar el nivel bajo del agua y enciende la bomba para el llenado, al mismo tiempo también el sensor apaga la electroválvula para cerrar el retorno. El segundo sensor se colocó en la parte superior a una distancia que indique los 55 litros del tanque, en ese instante el sensor apaga la bomba y es en donde debemos controlar el tiempo de llenado, de igual manera este sensor enciende la electroválvula para que el agua regrese al tanque inicial y así poder ejecutar otro ensayo.



Figura 6.4 Colocación de los sensores de nivel
Elaborado por: Edison Vargas

Para que se ejecute todo el procedimiento mencionado anteriormente, es controlado por un mando de control, en donde se encuentra un contactor de 110v y 9 A, el cuál es el encargado de abrir y cerrar el paso de energía para encender y apagar los equipos.



Figura 6.5 Mandos de control

Elaborado por: Edison Vargas

Una vez que ya todos los equipos están instalados en el tablero de fluidos la máquina debe funcionar únicamente presionando el botón de arranque la bomba comienza a succionar el agua del primer tanque, debemos regular por el manómetro la presión de del flujo de caudal que se requiera, el agua circula por todo el circuito como observamos en la figura 6.5, para retornar al otro tanque para verificar las pérdidas y el tiempo de llenado.

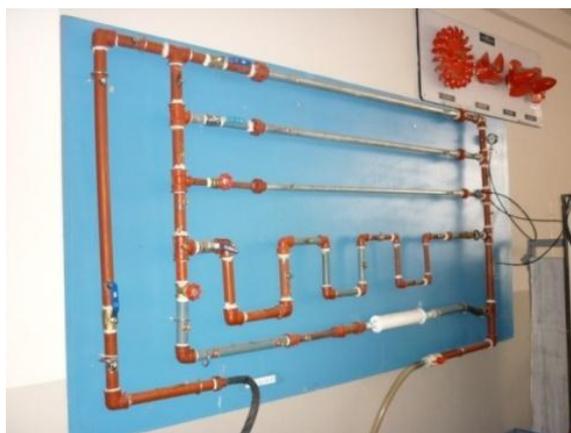


Figura 6.6 Tablero de fluidos

Elaborado por: Edison Vargas

6.8 Costos económicos del estudio

A continuación se detalla todos los gastos realizados para llevar a cabo el desarrollo de este proyecto.

En las siguientes tablas se presentan los costos involucrando directos e indirectos del proyecto.

6.8.1 Costos directos.

Dentro de los costos directos tenemos los precios en dólares de los materiales que se necesitó para realizar este trabajo de investigación.

Tabla 6.1 Costos de los materiales utilizados en la modificación.

MATERIALES UTILIZADOS			
Descripción	Unidad	V/ Unitario	Subtotal
Electroválvula 1/2" 110v	1	70	70
Sensor de nivel plástico	2	12	24
Tanque económico 55 galones	1	38	38
Varilla de 14 mm	1	17,66	17,66
Codo 3/4"	5	0,7	3,5
Válvula 3/4"	1	16	16
Neplo 3/4"	6	0,65	3,9
Nudo IM R/R 3/4"	20	2,5	50
Unión 3/4"	4	0,92	3,68
Neplo 1/2"	8	0,73	5,84
Codo 1/2"	8	0,58	4,64
Tubo plastigama 3/4"	3	12	36
Contactador 110v a 9 A	1	10,36	10,36
Manómetro	1	6	6
COSTO TOTAL			289,58

6.8.2 Costos indirectos

A continuación se detallará los costos como son el alquiler de Maquinaria, equipos Informáticos, etc.

Tabla 6.2 Costos indirectos

ALQUILER DE MAQUINARIA			
Maquinaria	Costos por Hora (USD)	Tiempo de utilización (h)	Costos (USD)
Taladro de mano	1	3	3
Tarraja	0,5	4	2
Entenalla	0,5	3	1,5
Mano de obra			100
COSTO TOTAL			106,5

Elaborado por: Edison Vargas

Tabla 6.3 Costo total del proyecto

COSTO TOTAL DEL PROYECTO	
Descripción	Valor
Costos Directos	289,58
Costos Indirectos	106,5
Imprevistos 10%	39.61
Costo total	435.69

Elaborado por: Edison Vargas

6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

MANUAL DE SEGURIDAD Y MANTENIMIENTO DEL TABLERO DE FLUIDOS

Sr. Usuario

El equipo que resulta del estudio, cumple con nuestras expectativas requeridas, pero para ser manipulada es necesario tener las debidas precauciones por la seguridad del operario es así que a continuación se le darán aspectos de seguridad.



Figura 6.7 Símbolo de alerta

Fuente: www.zazzle.com/alerta_tarjeta_postal-239553776477656347?lang=es

6.9.1 Manual de Seguridad

6.9.1.1 Antes del funcionamiento de la máquina se debe.

- Examinar que todos los cables de las conexiones estén normalmente asegurados.
- Revisar que los niveles de líquidos estén correctamente.
- Verifique que no exista basura, mucho menos desperdicios demasiado grandes en el tanque porque pueden quemar la bomba.
- Controlar que la bomba este bien cebada para evitar que se queme la misma.
- Observar alrededor de la máquina antes de ponerla en funcionamiento.

6.9.1.2 Momento de operación del tablero de fluidos

- Controlar que no salpique agua a los cableados para evitar un corto circuito.
- Observar que no existan fugas de agua o que algún conducto este roto.
- Estar pendiente de la temperatura de la bomba para que no se recaliente.
- Revisar constantemente que el valor de presión de flujo se mantenga en el mismo rango

6.9.1.3 Mantenimiento

- Para realizar el mantenimiento de la máquina desconectar primero todo el sistema eléctrico.
- Lavar los taques periódicamente para evitar daños y averías.

- Verificar que las instalaciones eléctricas para el funcionamiento de la bomba, y de los contactores están hechas a 110 V.
- Evitar el contacto con el agua de los sistemas eléctricos.

BIBLIOGRAFIA.

- MOTT. Robert, Mecánica de Fluidos aplicada. Cuarta Edición.
- MATAIX, Claudio, Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas. Segunda Edición. octubre 2004.
- SOTELO, Antonio, Hidráulica General, Primera Edición
- CRESPO, Antonio, Mecánica de Fluidos, Copiring 2006
- NARANJO, Galo, Tutoría de la investigación científica. Empredane Cia Ltda. Quito, Ambato Ecuador
- AALBORG, GFC Mass Flow Controller, 2004
- DYNASONICS, Installation and Operating Instructions
- www.coleparmer.com/catalog/product_view.asp?sku=3290763
- www.dynasonic.com/products/doppler2.php
- <http://sitio niche.nichese.com/hidraulica.html>
- <http://es.scribd.com/doc/8977567/mecanica-de-fluidos>
- <http://mcatronica.blogcindario.com/2009/07/00015-automatizacion-de-procesos.html>
- <http://www.implementosenla web.com.ar/images/stories/Electrovalvula%20para%20agua%20Catalogo.JPG>
- <http://www.tehsa.com/producto10b.htm>
- www.elec serrano.com.ar/schneider/contactor/telemecanique.php

ANEXO 1

Tabla de presión, tensión mecánica (esfuerzo)

PRESION, TENSION MECÁNICA (ESFUERZO)	
$1 \text{ pascal (Pa)} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1 \frac{\text{J}}{\text{m}^3} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2}$	
$1 \text{ psi} = \frac{\text{lb}}{\text{plg}^2}$	$1 \text{ Torr} = 1 \text{ milímetro de mercurio (mm - Hg)}$
$1 \text{ milímetro de mercurio (mm - Hg)} = 133,328 \text{ pascales (Pa)}$	
$1 \text{ pulgada de agua (in - H}_2\text{O)} = 249,089 \text{ pascales (Pa)}$	
$1 \text{ ksi} = 6,894 \cdot 10^6 \text{ pascales (Pa)}$	
$1 \text{ psi} = 6\,894,76 \text{ pascales (Pa)}$	
$1 \text{ atmósfera (atm)} = 101325 \text{ pascales (Pa)}$	
$1 \text{ b} \bar{\text{a}}\text{r} = 1 \cdot 10^5 \text{ pascales (Pa)}$	
$1 \text{ kilogramo fuerza/metro cuadrado (kgf /m}^2\text{)} = 9,81 \text{ pascales (Pa)}$	
$1 \text{ kilogramo fuerza/centímetro cuadrado (kgf /cm}^2\text{)} = 9,81 \cdot 10^4 \text{ pascales (Pa)}$	

Fuente: Agenda de la Ingeniería Mecánica CIMEPI, pag. 7

ANEXO 2

Propiedades del agua

Temperatura (°C)	Peso específico γ (kN/m ³)	Densidad ρ (kg/m ³)	Viscosidad dinámica μ (Pa · s) o (N · s/m ²)	Viscosidad cinemática ν (m ² /s)
0	9.81	1000	1.75×10^{-3}	1.75×10^{-6}
5	9.81	1000	1.52×10^{-3}	1.52×10^{-6}
10	9.81	1000	1.30×10^{-3}	1.30×10^{-6}
15	9.81	1000	1.15×10^{-3}	1.15×10^{-6}
20	9.79	998	1.02×10^{-3}	1.02×10^{-6}
25	9.78	997	8.91×10^{-4}	8.94×10^{-7}
30	9.77	996	8.00×10^{-4}	8.03×10^{-7}
35	9.75	994	7.18×10^{-4}	7.22×10^{-7}
40	9.73	992	6.51×10^{-4}	6.56×10^{-7}
45	9.71	990	5.94×10^{-4}	6.00×10^{-7}
50	9.69	988	5.41×10^{-4}	5.48×10^{-7}
55	9.67	986	4.98×10^{-4}	5.05×10^{-7}
60	9.65	984	4.60×10^{-4}	4.67×10^{-7}
65	9.62	981	4.31×10^{-4}	4.39×10^{-7}
70	9.59	978	4.02×10^{-4}	4.11×10^{-7}
75	9.56	975	3.73×10^{-4}	3.83×10^{-7}
80	9.53	971	3.50×10^{-4}	3.60×10^{-7}
85	9.50	968	3.30×10^{-4}	3.41×10^{-7}
90	9.47	965	3.11×10^{-4}	3.22×10^{-7}
95	9.44	962	2.92×10^{-4}	3.04×10^{-7}
100	9.40	958	2.82×10^{-4}	2.94×10^{-7}

Fuente: Mott, Robert. Mecánica de Fluidos Aplicada. Pag.535

ANEXO 3

Otros valores de conversión Utilizados

Longitud

1 pie = 0.3048 m
1 pulg = 25.4 mm
1 mi = 5280 pie
1 mi = 1.609 km

1 km = 1000 m
1 cm = 10 mm
1 m = 1000 mm

Área

1 pie² = 0.0929 m²
1 pulg² = 645.2 mm²

1 m² = 10.76 pies²
1 m² = 10⁶ mm²

Volumen

1 pie³ = 7.48 gal
1 pie³ = 1728 pulg³
1 pie³ = 0.0283 m³

1 gal = 0.003 79 m³
1 gal = 3.785 L
1 m³ = 1000 L
1 galón imperial = 1.201 gal (EUA)

Velocidad de flujo de volumen

1 pie³/s = 449 gal/min
1 pie³/s = 0.0283 m³/s
1 gal/min = 6.309 × 10⁻⁵ m³/s

1 gal/min = 3.785 L/min
1 L/min = 16.67 × 10⁻⁶ m³/s
1 m³/s = 60 000 L/min

Temperatura

$T(^{\circ}\text{C}) = [T(^{\circ}\text{F}) - 32] \frac{5}{9}$
 $T(^{\circ}\text{F}) = \frac{9}{5} [T(^{\circ}\text{C})] + 32$

Presión

1 bar = 100 kPa
1 bar = 14.50 lb/pulg²

Densidad

1 slug/pie³ = 515.4 kg/m³

Energía

1 lb-pie = 1.356 J
1 Btu = 1.055 kJ
1 W-h = 3.600 kJ

Peso específico

1 lb/pie³ = 157.1 N/m³

Potencia

1 hp = 550 lb-pie/s
1 hp = 745.7 W

1 lb-pie/s = 1.356 W
1 Btu/h = 0.293 W

Fuente: Mott, Robert. Mecánica de Fluidos Aplicada. Pag.550

ANEXO 4

Dimensiones de tubos de acero

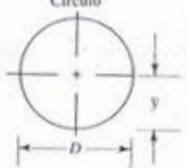
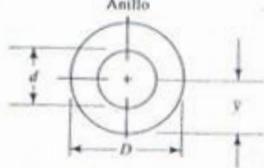
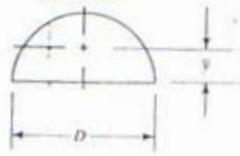
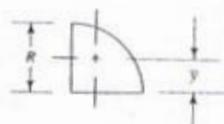
Calibre 40

Tamaño nominal de la tubería (pulgadas)	Diámetro exterior		Grosor de la pared		Diámetro interior			Área de flujo	
	(pulg)	(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)	(pic)	(mm)	(pic ²)	(m ²)
1/8	0.405	10.3	0.068	1.73	0.269	0.0224	6.8	0.000 394	3.660 × 10 ⁻⁵
1/4	0.540	13.7	0.088	2.24	0.364	0.0303	9.2	0.000 723	6.717 × 10 ⁻⁵
3/8	0.675	17.1	0.091	2.31	0.493	0.0411	12.5	0.001 33	1.236 × 10 ⁻⁴
1/2	0.840	21.3	0.109	2.77	0.622	0.0518	15.8	0.002 11	1.960 × 10 ⁻⁴
5/8	1.050	26.7	0.113	2.87	0.824	0.0687	20.9	0.003 70	3.437 × 10 ⁻⁴
1	1.315	33.4	0.133	3.38	1.049	0.0874	26.6	0.006 00	5.574 × 10 ⁻⁴
1 1/4	1.660	42.2	0.140	3.56	1.380	0.1150	35.1	0.010 39	9.653 × 10 ⁻⁴
1 1/2	1.900	48.3	0.145	3.68	1.610	0.1342	40.9	0.014 14	1.314 × 10 ⁻³
2	2.375	60.3	0.154	3.91	2.067	0.1723	52.5	0.023 39	2.168 × 10 ⁻³
2 1/2	2.875	73.0	0.203	5.16	2.469	0.2058	62.7	0.033 26	3.090 × 10 ⁻³
3	3.500	88.9	0.216	5.49	3.068	0.2557	77.9	0.051 32	4.768 × 10 ⁻³
3 1/2	4.000	101.6	0.226	5.74	3.548	0.2957	90.1	0.068 68	6.381 × 10 ⁻³
4	4.500	114.3	0.237	6.02	4.026	0.3355	102.3	0.088 40	8.213 × 10 ⁻³
5	5.563	141.3	0.258	6.55	5.047	0.4206	128.2	0.139 0	1.291 × 10 ⁻²
6	6.625	168.3	0.280	7.11	6.065	0.5054	154.1	0.200 6	1.864 × 10 ⁻²
8	8.625	219.1	0.322	8.18	7.981	0.6651	202.7	0.347 2	3.226 × 10 ⁻²
10	10.750	273.1	0.365	9.27	10.020	0.8350	254.5	0.547 9	5.090 × 10 ⁻²
12	12.750	323.9	0.406	10.31	11.938	0.9948	303.2	0.777 1	7.219 × 10 ⁻²
14	14.000	355.6	0.437	11.10	13.126	1.094	333.4	0.939 6	8.729 × 10 ⁻²
16	16.000	406.4	0.500	12.70	15.000	1.250	381.0	1.227	0.1140
18	18.000	457.2	0.562	14.27	16.876	1.406	428.7	1.553	0.1443
20	20.000	508.0	0.593	15.06	18.814	1.568	477.9	1.931	0.1794
24	24.000	609.6	0.687	17.45	22.626	1.886	574.7	2.792	0.2594

Fuente: Mott, Robert. Mecánica de Fluidos Aplicada. Pag.549

ANEXO 5

Propiedades de áreas

Sección	Área de la sección, A	Distancia al eje centroidal, \bar{y}	Momento de inercia con respecto al eje centroidal, I_c
<p>Círculo</p> 	$\pi D^2/4$	$D/2$	$\pi D^4/64$
<p>Anillo</p> 	$\frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}$	$D/2$	$\frac{\pi(D^4 - d^4)}{64}$
<p>Semicírculo</p> 	$\pi D^2/8$	$0.212D$	$(6.86 \times 10^{-3})D^4$
<p>Cuadrante</p> 	$\frac{\pi D^2}{16}$ $\frac{\pi R^2}{4}$	$0.212D$ $0.424R$	$(3.43 \times 10^{-3})D^4$ $(5.49 \times 10^{-2})R^4$
<p>Trapezoide</p> 	$\frac{H(G + B)}{2}$	$\frac{H(G + 2B)}{3(G + B)}$	$\frac{H^3(G^2 + 4GB + B^2)}{36(G + B)}$

Fuente: Mott, Robert. Mecánica de Fluidos Aplicada. Pag.564

ANEXO 6

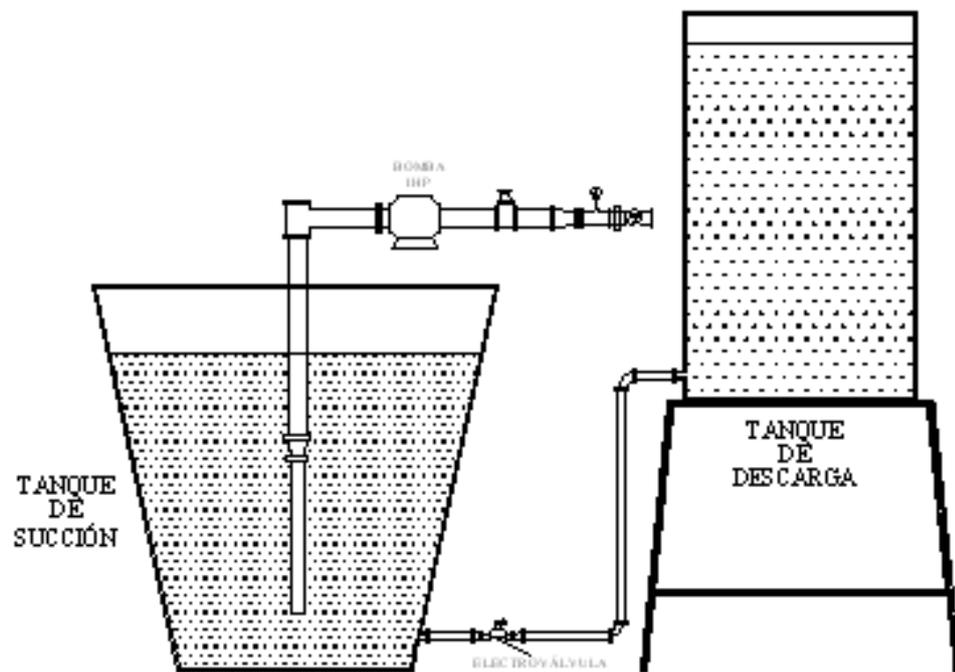
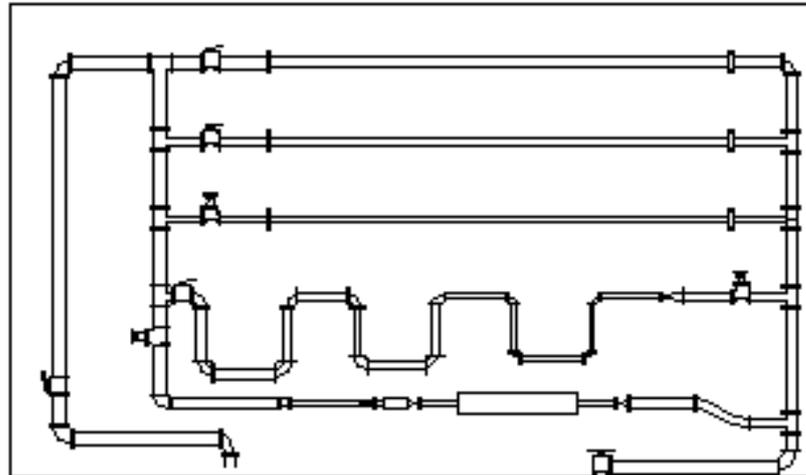
Rapidez de flujo de volumen típico

Rapidez de flujo (L/min)		Rapidez de flujo (gal/min)
10-100	Sistemas hidráulicos de aceite industrial	3-30
100-600	Sistemas hidráulicos para equipo móvil	30-150
40-4 500	Bombas centrífugas en procesos químicos	10-1 200
15-125	Bombas alternativas para el manejo de fluidos y lechadas pesadas	4-33
200-4 000	Bombas de control de flujo y de drenaje	50-1 000
40-15 000	Bombas centrífugas para manejo de desperdicios mineros	10-4 000
1 800-9 500	Bombas centrífugas para combate de fuego	500-2 500

Fuente: Mott, Robert. Mecánica de Fluidos Aplicada. Pag.148

ANEXO 7

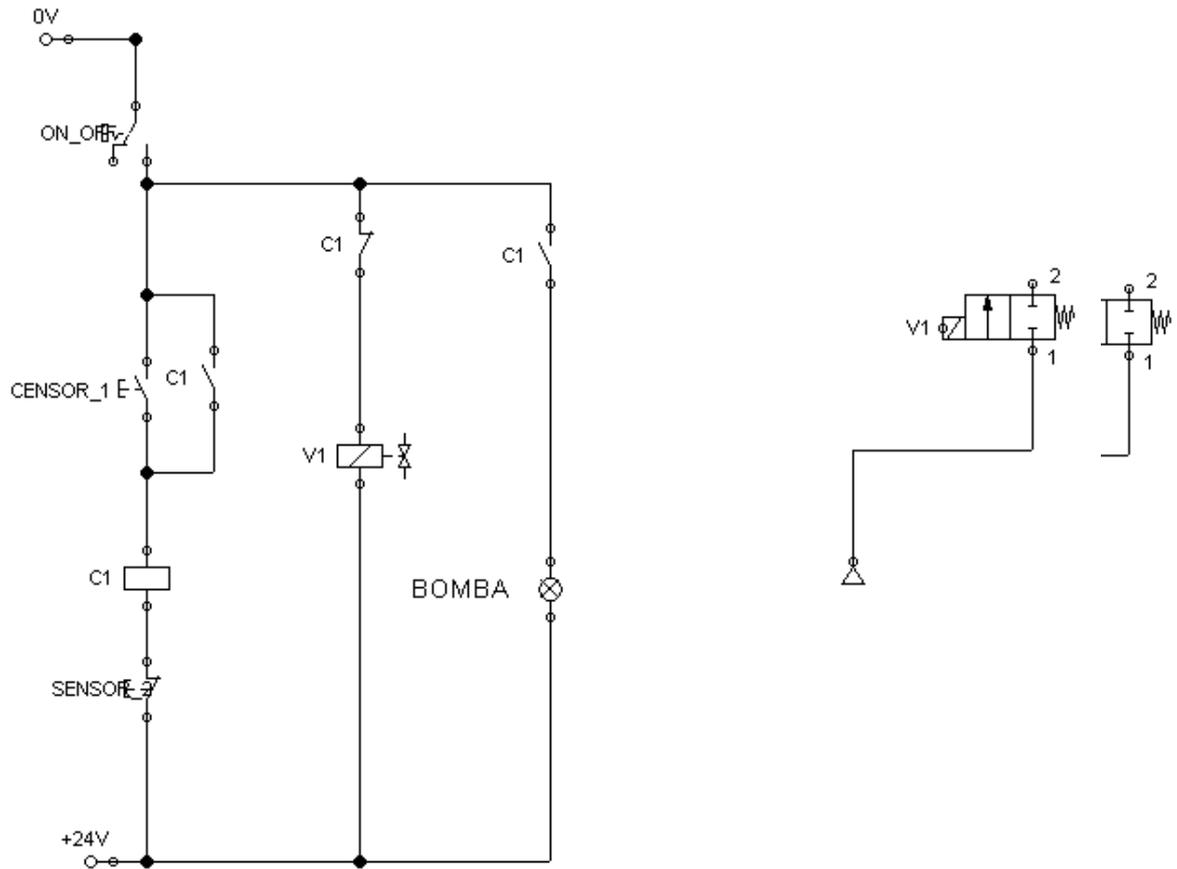
Esquema del Tablero de Fluidos



Fuente: Edison Vargas

ANEXO 8

Diagrama del circuito de control



Fuente: Edison Vargas

ANEXO 9

Dimensiones de tuberías de PVC.

Diámetro	Exterior	Clase 4 (RD=50)		Clase 6 (RD=34)		Clase 10 (RD=21)		Clase 16 (RD=13)	
		Real (mm)	Nominal (pulg)	Espesor (mm)	Peso kg/tira	Espesor (mm)	Peso kg/tira	Espesor (mm)	Peso kg/tira
20	½							1,5	0,83
25	¾					1,5	1,05		
32	1					1,8	1,59		
40	1 1/4			1,8	2,02	2,0	2,21		
50	1 1/2			1,8	2,55	2,4	3,34		
63	2			1,9	3,43	3,0	5,22	4,7	7,88
75	2 1/2	1,8	3,93	2,2	4,78	3,6	7,47	5,6	11,14
90	3	1,8	4,74	2,7	6,93	4,3	10,73	6,7	16,00
110	4	2,2	7,12	3,2	10,07	5,3	16,03	8,2	23,95
125	4 ½	2,5	9,10	3,7	13,10	6,0	20,54	9,3	30,69
140	5	2,8	11,33	4,1	16,39	6,7	25,75	10,4	38,58
160	6	3,2	14,87	4,7	21,33	7,7	33,75	11,9	50,32
180*	7	3,6	18,66	5,3	27,01				
200	8	4,0	22,94	5,9	33,29	9,6	52,76	14,9	79,26
250	10	5,0	35,31	7,3	51,94	12,0	82,50	18,6	123,24
315	12	6,2	56,38	9,2	82,50	15,2	130,63		
355	14	7,0	71,82	10,5	105,21	17,1	169,47		
400	16	8,0	91,35	11,7	132,93	19,2	212,30		

Fuente: http://www.plasticosrival.com/manuales/Manual_Presion_en_Tuberias.pdf

ANEXO 10

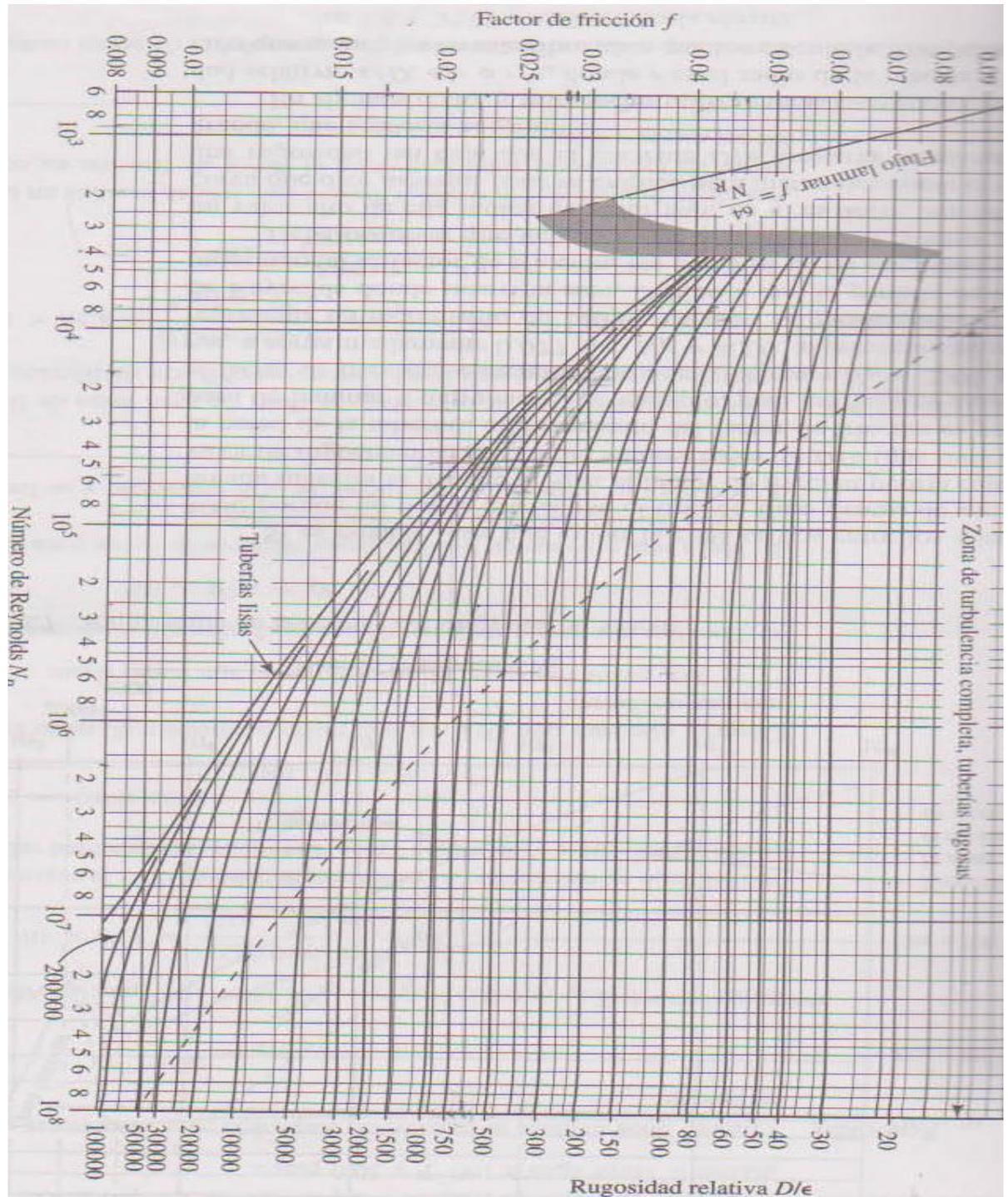
Valores de diseño de la rugosidad de tubos

Material	Rugosidad ϵ (m)	Rugosidad ϵ (pie)
Vidrio	Liso	Liso
Plástico	3.0×10^{-7}	1.0×10^{-6}
Tubo extruido; cobre, latón y acero	1.5×10^{-6}	5.0×10^{-6}
Acero, comercial o soldado	4.6×10^{-5}	1.5×10^{-4}
Hierro galvanizado	1.5×10^{-4}	5.0×10^{-4}
Hierro dúctil, recubierto	1.2×10^{-4}	4.0×10^{-4}
Hierro dúctil, no recubierto	2.4×10^{-4}	8.0×10^{-4}
Concreto, bien fabricado	1.2×10^{-4}	4.0×10^{-4}
Acero remachado	1.8×10^{-3}	6.0×10^{-3}

Fuente: Mott, Robert. Mecánica de Fluidos Aplicada pág. 235

ANEXO 11

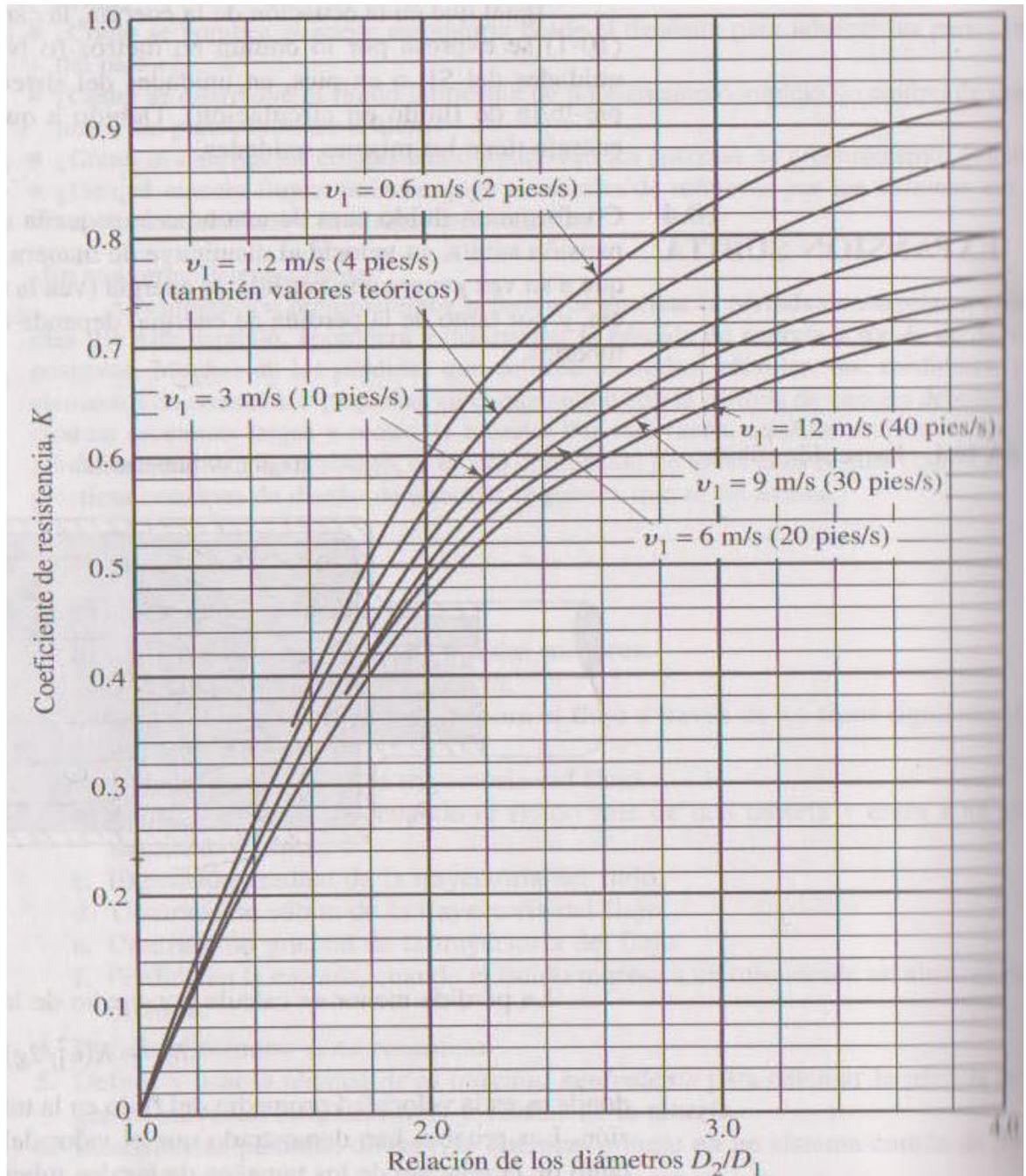
Diagrama de Moody



Fuente: Mott, Robert. Mecánica de Fluidos Aplicada Pág.: 237

ANEXO 12

Coefficiente de resistencia – expansión súbita



Fuente: Mott, Robert. Mecánica de Fluidos Aplicada Pág.: 282

ANEXO 13

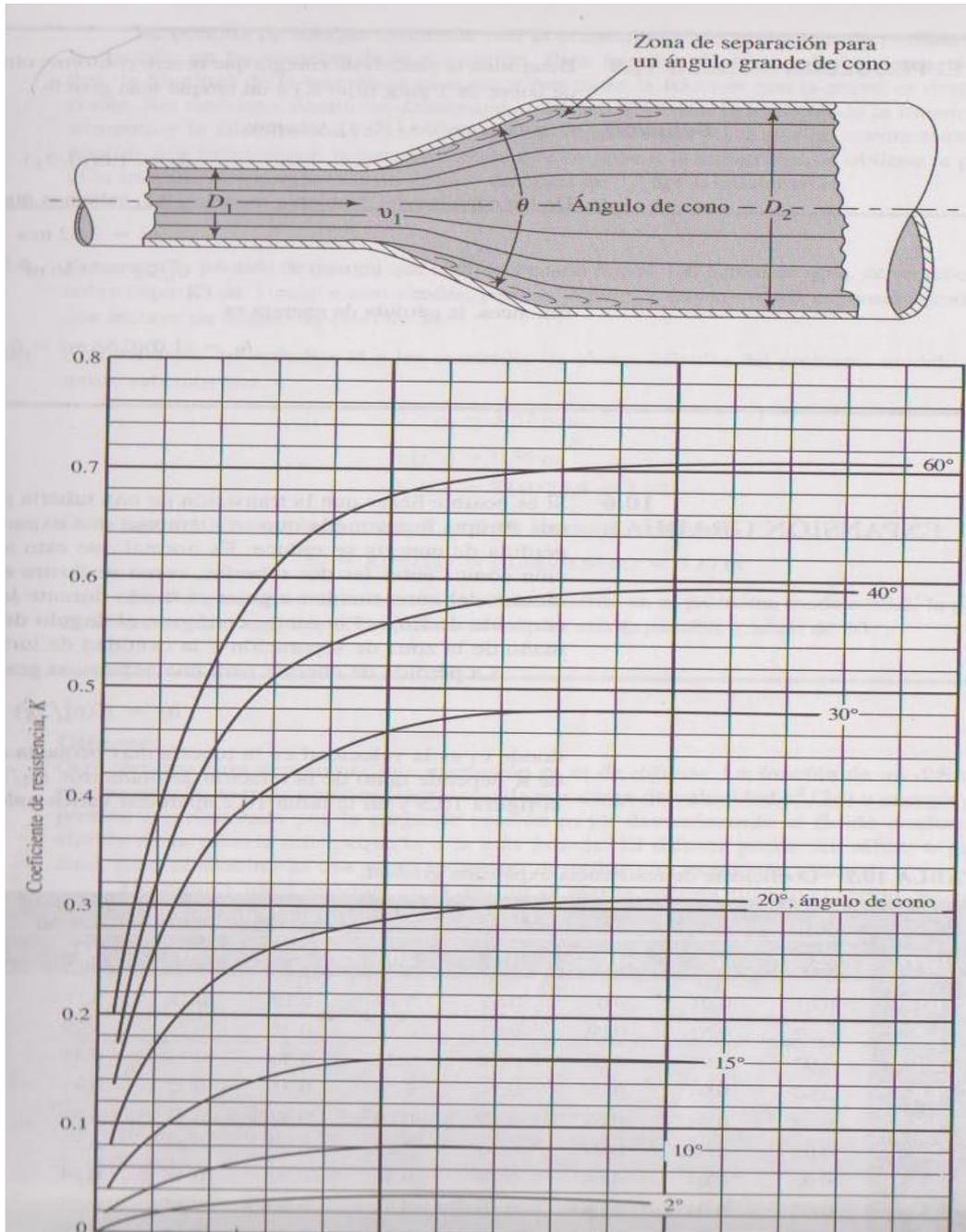
Coefficiente de resistencia – expansión súbita

Velocidad v_1						
0.6 m/s 2 pies/s	1.2 m/s 4 pies/s	3 m/s 10 pies/s	4.5 m/s 15 pies/s	6 m/s 20 pies/s	9 m/s 30 pies/s	12 m/s 40 pies/s
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.11	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08
0.26	0.25	0.23	0.22	0.22	0.21	0.20
0.40	0.38	0.35	0.34	0.33	0.32	0.32
0.51	0.48	0.45	0.43	0.42	0.41	0.40
0.60	0.56	0.52	0.51	0.50	0.48	0.47
0.74	0.70	0.65	0.63	0.62	0.60	0.58
0.83	0.78	0.73	0.70	0.69	0.67	0.65
0.92	0.87	0.80	0.78	0.76	0.74	0.72
0.96	0.91	0.84	0.82	0.80	0.77	0.75
1.00	0.96	0.89	0.86	0.84	0.82	0.80
1.00	0.98	0.91	0.88	0.86	0.83	0.81

Fuente: Mott, Robert. Mecánica de Fluidos Aplicada Pág. 283

ANEXO 14

Coeficiente de resistencia – expansión gradual



Fuente: Mott, Robert. Mecánica de Fluidos Aplicada Pág. 285

ANEXO 15

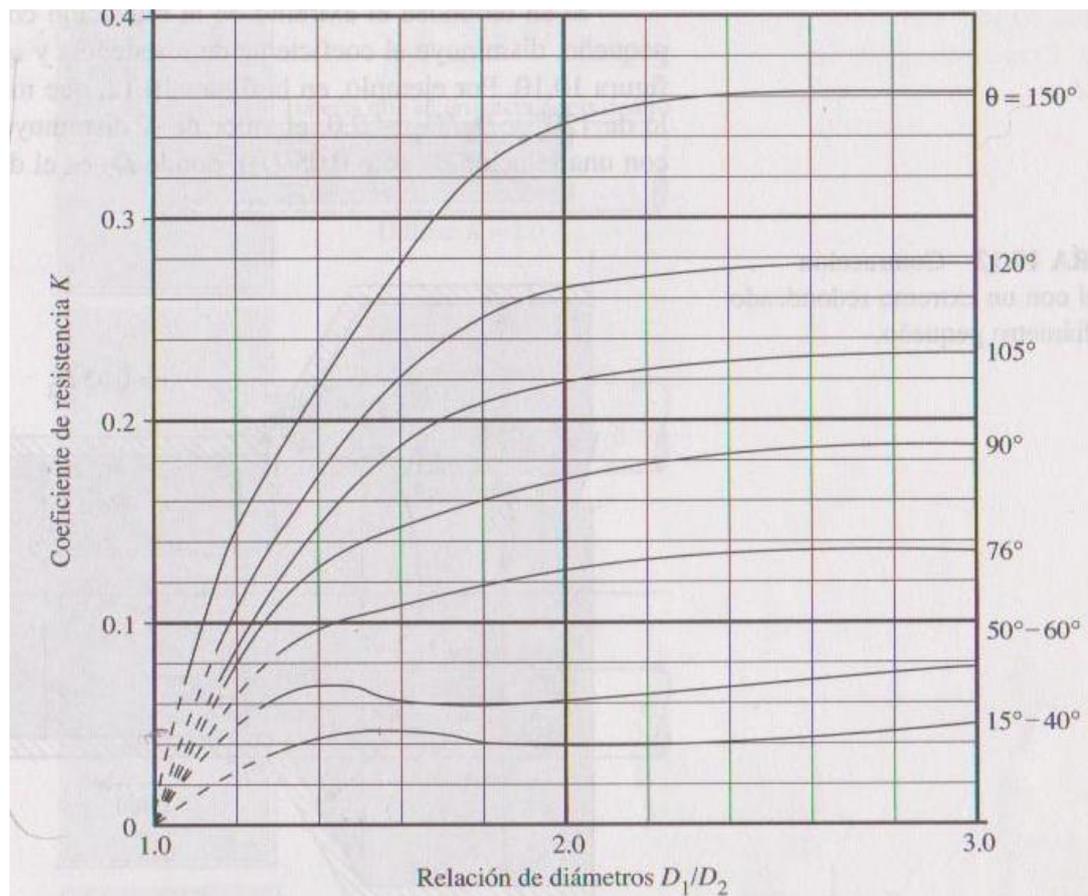
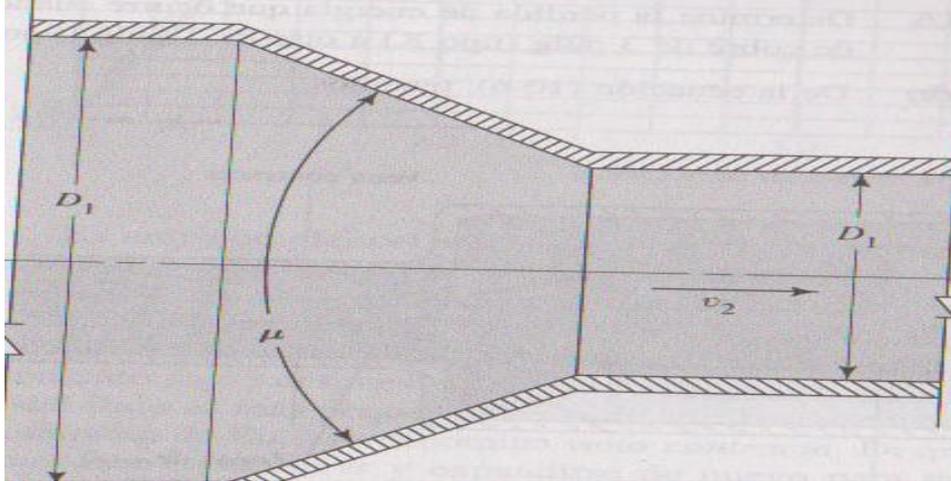
Coefficiente de resistencia – expansión gradual.

D_2/D_1	Ángulo del cono θ										
	2°	6°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°
1.1	0.01	0.01	0.03	0.05	0.10	0.13	0.16	0.18	0.19	0.20	0.21
1.2	0.02	0.02	0.04	0.09	0.16	0.21	0.25	0.29	0.31	0.33	0.35
1.4	0.02	0.03	0.06	0.12	0.23	0.30	0.36	0.41	0.44	0.47	0.50
1.6	0.03	0.04	0.07	0.14	0.26	0.35	0.42	0.47	0.51	0.54	0.57
1.8	0.03	0.04	0.07	0.15	0.28	0.37	0.44	0.50	0.54	0.58	0.61
2.0	0.03	0.04	0.07	0.16	0.29	0.38	0.46	0.52	0.56	0.60	0.63
2.5	0.03	0.04	0.08	0.16	0.30	0.39	0.48	0.54	0.58	0.62	0.65
3.0	0.03	0.04	0.08	0.16	0.31	0.40	0.48	0.55	0.59	0.63	0.66
∞	0.03	0.05	0.08	0.16	0.31	0.40	0.49	0.56	0.60	0.64	0.67

Fuente: Mott, Robert. Mecánica de Fluidos Aplicada Pág. 286

ANEXO 16

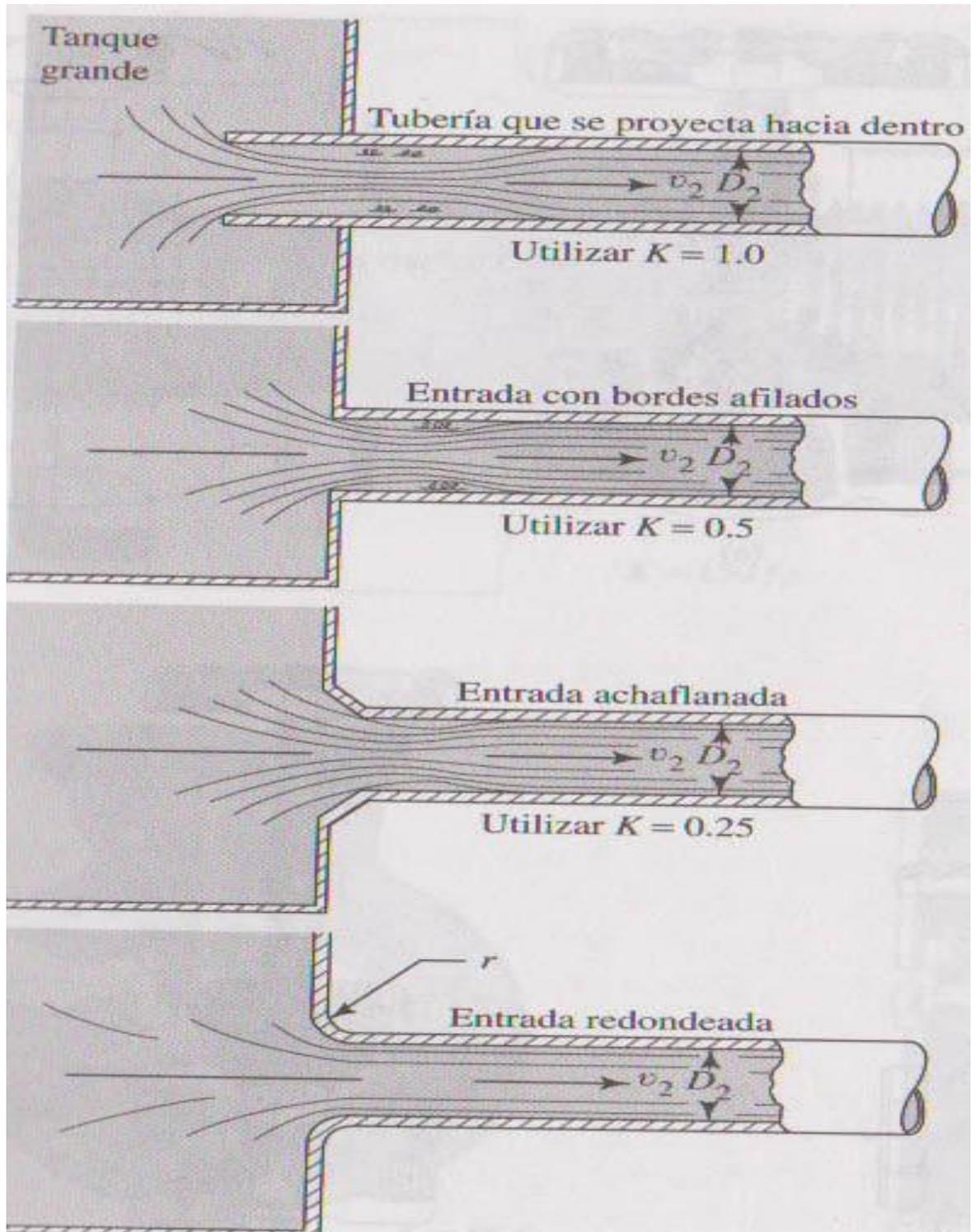
Coefficiente de resistencia – contracción gradual con $\theta \geq 15^\circ$



Fuente: Mott, Robert. Mecánica de Fluidos Aplicada Pág. 290- 291

ANEXO 17

Coefficiente de resistencia de entradas



Fuente: Mott, Robert. Mecánica de Fluidos Aplicada Pág. 293

ANEXO 18

Resistencia de válvulas y acoplamientos, expresada como longitud equivalente en diámetros de tubería L_e/D

Fuente: Mott, Robert. Mecánica de Fluidos Aplicada Pág. 297

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

Fuente: Mott, Robert. Mecánica de Fluidos Aplicada Pág. 297

ANEXO 19

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

Fuente: Mott, Robert. Mecánica de Fluidos Aplicada Pág. 297

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

Fuente: Mott, Robert. Mecánica de Fluidos Aplicada Pág. 297