

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**  
**NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**“CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO HIDRÁULICO PARA EL ESTUDIO DE  
PÉRDIDAS POR FRICCIÓN Y ACCESORIOS EN EL NUEVO  
LABORATORIO DE HIDRÁULICA DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
CIVIL DEL NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI DE LA UNIVERSIDAD DE  
ORIENTE”**

Realizado Por

MARIA V., LONGART F.

ÁNGEL H., MANZANO M.

Trabajo De Grado Presentado como Requisito  
Parcial Para Optar al Título de  
INGENIERO CIVIL

**Barcelona, Abril del 2010**

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**  
**NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**“CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO HIDRÁULICO PARA EL ESTUDIO DE  
PÉRDIDAS POR FRICCIÓN Y ACCESORIOS EN EL NUEVO  
LABORATORIO DE HIDRÁULICA DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
CIVIL DEL NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI DE LA UNIVERSIDAD DE  
ORIENTE”**

---

Prof. Mounir Bou Ghannam  
Asesor Académico

---

Prof. Blas Pinto  
Asesor Académico

---

Prof. Mariely Gómez  
Asesor Académico

**Barcelona, Abril del 2010**

## RESOLUCIÓN

De acuerdo al artículo 41 del reglamento de Trabajos de Grado:

“Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quién lo participará al Consejo Universitario”.

## DEDICATORIA

*A Dios, por ser mi protector, y ser mi luz en este largo camino.*

*A mi madre Maura, por darme su confianza y enseñarme a luchar por lo que se quiere, por ser mi apoyo, mi guía, mi amiga, mi todo. Una excelente mujer y una gran madre, te amo mamá.*

*A mis hermanos Yesenia, José Manuel y Tomás, por todo su cariño, y Patricia (Q.E.P.D) por siempre acompañarme.*

*A tía Zaida y Tío José (Q.E.P.D) quienes fueron y siempre serán mis segundos padres.*

*A mi compañero, Jhonny por su gran apoyo y ayuda, por sus palabras fuertes en momentos de debilidad, te amo cielo.*

*A mis sobrinos, que con su llegada llenaron de alegría estos años de estadía en la universidad*

*Maria Virginia Longart Fuentes*

## DEDICATORIA

*Mi Dios, por darme fuerzas y guiarme por buen camino.*

*Mis padres Ángel y Patricia por su apoyo y amor que siempre me han dado.*

*Mi hijo Ángel Javier, que desde su llegada ha llenado mi vida de alegrías y motivación.*

*Mi esposa Mayerly por estar en todo momento a mi lado.*

*Mis hermanos Alejandra, Rosangela y Javier por ser parte de mi vida.*

*Mi tía Maritza por sus valiosos consejos que me han ayudado mucho.*

*Mi abuela Rosa por cuidarme y guiarme durante mucho tiempo.*

*Ángel Humberto Manzano Malave*

## AGRADECIMIENTOS

*Dios por darme la sabiduría y fortaleza para ver realizada esta meta.*

*Mi madre por sus palabras de aliento que me impulsaron a seguir adelante.*

*Mis tías Zaida, Miriam, Magalys y tío Luis por su cariño.*

*Mis abuelos maternos Bertha y Papli, y abuela paterna Baldomera (Q.E.P.D), por mostrarme lo que es la dedicación y empeño de salir adelante.*

*Mi padre Enermi, porque supo recompensar el tiempo perdido y ha estado a mi lado en estos últimos años, apoyándome. Así lo haré papá, nunca cambiaré.*

*Mis primas y primos por su gran cariño, en especial a Mairim quién ha visto y vivido las dichas y desventuras de ser udistá.*

*Ing. Mounir Bou Ghannam, por sus sabios consejos y asesoría en la realización de este proyecto.*

*Jhonny, mi novio, quién ha estado a mi lado en estos cinco años dándome su amor y ayuda.*

*Ángel Manzano, un gran amigo, compañero de tesis y compadre, por su comprensión y apoyo en todo momento a lo largo de estos cinco años. Gracias!*

*Mi comadre Maye, por su amistad, cariño y por saber escucharme sin juzgarme.*

*Mis amigos Nomar, Gaby, Martha,, Ramón, Eduardo, Luis, Osmy y todos aquellos que estuvieron en mi día a día de la universidad, sumando alegrías y restando tristezas.*

*A mis amigas de siempre Ninoska, María S. y Zorahny por nunca olvidarme. Yo tampoco las olvido.*

*A Luis Daniel, por su ayuda en la construcción del equipo.*

**Maria Virginia Longart Fuentes**

## AGRADECIMIENTOS

*Dios, por haberme dado esta oportunidad.*

*A mi comadre, Maria Virginia por ser una gran amiga, excelente persona y haber compartido el mismo hogar durante muchos años.*

*A mis compadres y amigos Nomar y Zhagghert, por todo el apoyo que me han brindado.*

*A mis amigos Martha, Gabi, Ruben, Reinaldo y Carlos E., por haberme dado su amistad en todo momento.*

*A la empresa Servibalanzas, especialmente a su gerente Jhonny Babicnzuk por su valiosa colaboración en la construcción del equipo y su apoyo prestado durante mis estudios.*

*De manera muy especial al Prof. Mounir por su asesoría y colaboración durante la realización de este trabajo.*

*A Luis Daniel Rodríguez por su colaboración en la construcción del equipo.*

*A toda mi familia...gracias.*

*Ángel Humberto Manzano Malave*

## RESUMEN

En el siguiente trabajo se muestra la manera como se construyó un equipo hidráulico para el estudio de pérdidas por fricción y accesorios en el nuevo laboratorio de hidráulica del departamento de Ingeniería Civil del Núcleo de Anzoátegui de la Universidad de Oriente.

Para la construcción del sistema inicialmente se estudió el lugar donde se van a realizar los experimentos, y así verificar con cuanto espacio se disponía para la colocación del mismo. Para el diseño se manejaron distintas opciones en lo que respecta a tipos de materiales y herramientas a usar para la construcción, dentro de los factores más importantes tomados en cuenta para la elección se encuentran: el tipo de material y diámetro de la tubería, tipo de bomba para la impulsión del fluido al sistema y disponibilidad de los materiales en la zona.

El trabajo consistió en seis capítulos, los cuales son explicados en secuencia lógica y a continuación se describen: el capítulo uno muestra el planteamiento del problema y los objetivos de este proyecto, el capítulo dos denota antecedentes y el marco teórico referente a los diferentes temas tratados a lo largo del trabajo, en el capítulo tres se describen el nivel y diseño de la investigación además de los recursos necesarios (materiales y aparatos) usados para la elaboración del sistema, en el capítulo cuatro se identifica el lugar de ubicación, se hace el estudio de las alternativas de diseño y su ejecución, también se explica la construcción y calibración del mismo, en el capítulo cinco se exponen los resultados obtenidos durante los ensayos realizados, las conclusiones y recomendaciones se exponen en el capítulo seis.

<b>RESOLUCIÓN</b> .....	iii
<b>DEDICATORIA</b> .....	iv
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	vi
<b>RESUMEN</b> .....	viii
<b>ÍNDICE</b> .....	ix
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	xiv
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	xv
<b>CAPÍTULO I</b> .....	16
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	16
1.2. OBJETIVOS .....	17
1.2.1. Objetivo General .....	17
1.2.2. Objetivos Específicos .....	17
<b>CAPÍTULO II</b> .....	19
2.1. ANTECEDENTES .....	19
2.2. BASES TEÓRICAS .....	19
2.2.1. FLUIDOS .....	19
2.2.2. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS FLUIDOS .....	19
2.2.2.1. Viscosidad .....	19
2.2.2.2. Densidad y Peso Específico .....	20
2.2.2.3. Elasticidad .....	21
2.2.2.4. Compresibilidad ( $\beta$ ) .....	21
2.2.2.5. Fricción Externa .....	22
2.2.2.6. Presión de Vapor ( $P$ ) .....	22
2.2.2.7. Adhesión, Cohesión y Tensión Superficial .....	22
2.2.2.8. Masa Específica .....	23
2.2.3. MEDIDA DE LA PRESIÓN DE UN FLUIDO .....	23

2.2.4. MOVIMIENTO DE FLUIDOS .....	24
2.2.4.1. Movimiento de los Fluidos en Tuberías .....	24
2.2.4.2. Caudal .....	26
2.2.4.3. Número de Reynolds .....	27
2.2.4.4. Velocidad Crítica .....	28
2.2.4.5. Ecuación de Continuidad .....	28
2.2.4.6. Ecuación de la Energía. Teorema de Bernoulli .....	29
2.2.4.7. Pérdidas de Cargas.....	30
2.2.4.8. Hazen-William.....	32
2.2.4.9. Experimentos de Nikuradse.....	33
2.2.4.10. Factor de Fricción.....	34
2.2.4.11. Diagrama de Moody .....	35
2.3. SISTEMA DE TUBERIAS .....	36
2.3.1. Tuberías en Paralelo .....	36
2.3.2. Tuberías en Serie .....	37
2.3.3. Causantes de Irregularidades en el Interior de las Tuberías .....	37
<b>CAPÍTULO III</b> .....	39
3.1. NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	39
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA .....	39
3.3. TIPO DE MUESTREO .....	39
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	40
3.5. RECURSOS NECESARIOS .....	40
3.5.1. Tuberías .....	40
3.5.1.1. Tuberías de Cobre.....	40
3.5.1.2. Tuberías de Hierro Galvanizado .....	41
3.5.1.3. Tuberías de Plástico .....	42
3.5.2. Accesorios .....	44
3.5.2.1. Bridas .....	44
3.5.2.2. Disco Ciego.....	44

3.5.2.3. Codos .....	44
3.5.2.4. Tee .....	46
3.5.2.5. Reducción-Ampliación.....	47
3.5.2.6. Válvulas.....	49
3.5.3. Bombas .....	53
3.5.3.1. Tipos de Bombas.....	54
3.5.3.2. Eficiencia de una Bomba .....	55
3.5.3.3. Curvas Características.....	56
3.6. FACTORES A CONSIDERAR EN LA ELECCIÓN DE LOS MATERIALES .....	57
3.7. MANÓMETROS .....	57
3.7.1. Tipos de Manómetros.....	58
3.7.2. Algunos Manómetros en la Industria .....	59
3.7.2.1. Manómetros de Columna .....	59
3.7.2.2. Manómetros Standard .....	59
3.7.2.3. Manómetros de Baja Presión.....	60
3.7.2.4. Manómetros Digitales.....	61
3.8. TIPOS DE TABLEROS DE MADERA.....	62
3.8.1. Tableros de MDF .....	62
3.8.2. Tableros de Aglomerado sin Cubrir.....	62
3.8.3. Tableros Contrachapados.....	63
3.8.4. Tableros de Aglomerados Plastificado.....	64
3.9. MEDIDORES DE CAUDAL.....	65
3.9.1. Tipos de Medidores de Caudal .....	66
3.10. INSTRUMENTOS ADICIONALES .....	69
3.10.1. Cintas Métricas.....	69
3.10.2. Cronómetros .....	69
3.10.3. Sellador Para Madera .....	70
3.10.3.1 Características Básicas de un Sellador.....	70
3.10.4. Pinturas .....	70

3.10.5. Instrumentos y Equipos Eléctricos .....	72
3.10.5.1. Cables .....	72
3.10.5.2. Interruptores Eléctricos .....	73
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	78
4.1. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR DE UBICACIÓN .....	78
4.2. ALTERNATIVAS DE DISEÑO DEL SISTEMA .....	78
4.3. CRITERIO DE SELECCIÓN .....	76
4.4. PRESUPUESTO .....	77
4.5. IDENTIFICACIÓN DE LAS TUBERÍAS .....	77
4.6. SELECCIÓN DE LA BOMBA.....	77
4.7. CAUDAL DE DISEÑO .....	78
4.7.1. Longitud, Volúmen y Caudal .....	78
4.7.2. Pérdidas en el Sistema debido a la Fricción (hf) .....	80
4.7.3. Pérdidas Locales ( $h_L$ ) .....	80
4.7.4. Altura del Sistema ( $H_{m\acute{a}x}$ ) y Cálculo de la Potencia de la Bomba .....	82
4.7.5. El Tanque y la Bomba .....	84
4.8. CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TUBERÍAS .....	85
4.8.1. Base del Sistema.....	85
4.8.2. Sistema de Tuberías .....	85
4.8.3. Tanque .....	87
4.8.4. Soportes de la Bomba y del Tanque .....	87
4.9. MATERIALES Y HERRAMIENTAS USADOS EN LA CONSTRUCCIÓN .....	88
4.9.1. Materiales.....	88
4.9.2. Herramientas .....	89
4.10. CALIBRACIÓN DEL SISTEMA .....	90
<b>CAPÍTULO V - RESULTADOS</b> .....	97
5.1. TABLAS DE RESULTADOS.....	92
5.2. GRÁFICAS.....	107
<b>CAPITULO VI</b> .....	135

CONCLUSIONES .....	135
RECOMENDACIONES.....	131
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	133
<b>APENDICE</b> .....	135
APENDICE A – Tablas de Datos .....	135
APENDICE B – Ecuaciones y Nomenclatura.....	156
1. Ecuaciones .....	156
2. Nomenclatura .....	158
<b>ANEXOS</b> .....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO A – Tablas y Diagramas .....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO B – Esquemas del Sistema.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO C – Imágenes del Sistema y sus Partes .....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO D - Guía de Laboratorio .....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO E – Presupuesto .....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO F – Ejemplo de Cálculos .....	¡Error! Marcador no definido.
<b>METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO</b> .....	189

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Sistema de Tuberías en Paralelo.

Figura 2.2. Sistema de Tuberías en Serie.

Figura 3.1. Válvula de Globo.

Figura 3.2. Válvula de Compuerta.

Figura 3.3. Válvula Mariposa.

Figura 3.4. Válvula de Bola.

Figura 3.5. Manómetros de Columna.

Figura 3.6. Manómetros Estándar.

Figura 3.7. Manómetro de Baja Presión.

Figura 3.8. Manómetro Digital.

## INTRODUCCIÓN

Durante hace muchos años el abastecimiento de agua potable a una población se ha convertido en uno de los temas de mayor importancia para el desarrollo de la sociedad. El crecimiento poblacional, el desarrollo industrial y la disponibilidad del agua son algunos de los factores que cada día hacen que los proyectos de hidráulica sean mayores con el transcurrir del tiempo.

La pérdida de energía del agua durante el recorrido por un conducto, tubo o algún otro tipo de dispositivo se produce debido a la fricción que existe entre el fluido y las paredes del conducto trayendo como consecuencia la pérdida de presión en un punto de la tubería respecto a otro. También existen pérdidas menores que son ocasionadas por accesorios y otros dispositivos que se encuentran a lo largo del sistema, los laboratorios de hidráulica son lugares ideales para el estudio de estas pérdidas de manera experimental y con ello se pueden comprobar y comparar con los resultados teóricos.

La finalidad del siguiente proyecto de investigación se basa en la construcción de un equipo hidráulico para el estudio de pérdidas por fricción y accesorios en el laboratorio de hidráulica para así realizar ensayos que permitan el estudio de manera detallada de dichas pérdidas para así contribuir y ampliar los conocimientos relacionados con el tema.

## CAPÍTULO I

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad el departamento de Ingeniería Civil del Núcleo de Anzoátegui de la Universidad de Oriente, cuenta con un nuevo laboratorio de hidráulica donde se realizarán las prácticas exigidas en el contenido programático de la asignatura Laboratorio De Hidráulica.

Los equipos que eran usados por los estudiantes para realizar las prácticas no se encuentran en condiciones adecuadas, debido a que estos fueron construidos hace muchos años y se han ido deteriorando con el transcurrir del tiempo, trayendo como consecuencia al momento de realizar las prácticas resultados errados, además anteriormente no existía variedad de tuberías en cuanto a material y diámetro, es por ello que las opciones de construcción de los equipos eran pocas.

Actualmente en el mercado se pueden encontrar diferentes tipos de tuberías, lo cual nos permitirá estudiar distintas opciones para la construcción del equipo, se podrá variar el tipo de material y diámetro de la tubería, así como también se calcularán las presiones que soportará el sistema, de esta forma se elegirá la opción que mejore y cumpla con las condiciones experimentales. Se harán comparaciones con los experimentos anteriores y así sacar conclusiones de estas.

Hoy en día se realizan proyectos para diseñar, construir y calibrar los equipos hidráulicos que se encuentran en mal estado, y así proveer el nuevo Laboratorio de Hidráulica del Departamento de Ingeniería Civil del Núcleo de Anzoátegui de la Universidad de Oriente, con esto se busca mejorar el sistema enseñanza- aprendizaje para que así los estudiantes al momento de



utilizar los nuevos equipos y realizar las prácticas correspondientes, obtengan resultados con un mínimo de errores.

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. Objetivo General**

Construir un Equipo Hidráulico para el Estudio de Pérdidas por Fricción y Accesorios en el nuevo Laboratorio de Hidráulica del Departamento de Ingeniería Civil del Núcleo de Anzoátegui de la Universidad de Oriente.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

1. Determinar las características técnicas y físicas del equipo y del lugar de ubicación.
2. Diseñar el equipo basado en los diferentes tipos de materiales existentes en la zona teniendo en cuenta distintas alternativas para la construcción del mismo.
3. Elaborar el presupuesto del proyecto.
4. Construir el equipo.
5. Calibrar el equipo con base a los lineamientos requeridos.
6. Elaborar la guía correspondiente a la práctica de Pérdidas por Fricción y Pérdidas por Accesorios.



## CAPÍTULO II

### 2.1. ANTECEDENTES

En el departamento de Ingeniería Civil del Núcleo de Anzoátegui de la Universidad de Oriente se han presentado dos tesis relacionadas con este tema. A continuación se hará una mención breve sobre ellas:

Los bachilleres Díaz, Mery y Pérez, Omar, para el año de 1993 cumpliendo como requisito para optar por el título de ingeniero civil presentaron como trabajo de grado: “Diseño y Construcción de un Sistema de Tuberías”, lo cual en su momento satisfizo la carencia existente en el laboratorio.

Más reciente, en 1.999 los bachilleres Núñez, Miguel y Rondón, Yesenia, como trabajo de grado: “Evaluaron opciones de diseño para la construcción de un Equipo Hidráulico para el Estudio de Pérdidas por Accesorios”, mejorando con esto las condiciones experimentales y de aprendizaje relacionados con este tema de gran importancia.

Estos trabajos antes mencionados serán de mucha importancia en la realización de este trabajo debido a que con la construcción del nuevo equipo se mejorara las condiciones experimentales de esto, también se harán comparaciones de los resultados obtenidos y así sacar las conclusiones definitivas.



## 2.2. BASES TEÓRICAS

### 2.2.1. FLUIDOS

Son sustancias capaces de sufrir deformaciones bajo la acción de fuerzas tangenciales o cortantes muy pequeñas, en los fluidos la deformación aumenta constantemente bajo la acción del esfuerzo constante, por pequeño que este sea.

Los fluidos se clasifican en líquidos y gases. Las diferencias esenciales entre líquidos y gases son [1]:

- Los líquidos son prácticamente incompresibles, ocupan un volumen definido y tienen superficies libres.
- Los gases son compresibles por lo que hay que tratarlos como tales, además una masa dada de gas se expande hasta ocupar todas las partes del recipiente que los contenga.

### 2.2.2. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS FLUIDOS

#### 2.2.2.1. Viscosidad

Es la facilidad que tiene un fluido para fluir cuando se le aplica una fuerza externa, determina la cantidad de resistencia opuesta a las fuerzas cortantes.

El coeficiente de viscosidad absoluta o simplemente la viscosidad absoluta de un fluido, es una medida de su resistencia al deslizamiento o a sufrir deformaciones internas.



### 2.2.2.2. Densidad y Peso Específico

#### Densidad ( $\rho$ )

La densidad de una sustancia se define como su masa por unidad de volúmen. Para el agua la presión estándar  $\rho = 1000 \text{ Kg}/\text{m}^3$  ó

$101.2 \text{ Kg} \times \text{seg}^2 / \text{m}^4$  :

$$\rho = M/\text{Vol} \quad (\text{ec. 2.1})$$

donde:

$M = \text{masa (Kg)}$

$\text{Vol} = \text{volúmen (m}^3\text{)}$

#### Peso Específico ( $\gamma$ )

Es una medida relativa de la densidad, y se define como su peso por unidad de volúmen, es directamente proporcional a la aceleración de la gravedad. El peso específico del agua varía desde  $1044 \text{ Kg}/\text{m}^3$  a  $0^\circ\text{C}$  hasta

$1009,15 \text{ Kg}/\text{m}^3$  a  $26,67^\circ\text{C}$ , pero se suele tomar  $1000 \text{ kg}/\text{m}^3$  a  $5^\circ\text{C}$ . Se

calcula mediante la siguiente expresión:

$$\gamma = \rho \times g \quad (\text{ec. 2.2})$$

donde:

$g = \text{gravedad (m}/\text{seg}^2\text{)}$



$$\rho = \text{densidad} \left( \text{Kgf} \times \text{seg}^2 / \text{m}^3 \right)$$

### 2.2.2.3. Elasticidad

Se define como el cambio de la intensidad de la presión, dividido entre el cambio correspondiente en volúmen (o densidad) por unidad de volúmen unitario, siendo una medida directa de la compresibilidad del fluido.

Para el agua, su valor esta alrededor de  $300.000 \text{ lb/pulg}^2$  y varía ligeramente con la temperatura:

$$E = \frac{dp}{-dVol/Vol} \quad (\text{ec. 2.3})$$

donde:

$$dp = \text{variación de presión} \left( \text{kg/cm}^2 \right)$$

$$dVol/Vol = \text{variación de volúmen por volúmen} \left( \text{m}^3 / \text{m}^3 \right)$$

### 2.2.2.4. Compresibilidad ( $\beta$ )

Esta propiedad permite a los cuerpos reducir de tamaño al aplicar sobre este, presiones externas.

La compresibilidad de un fluido es una medida del cambio (y por tanto de su densidad), cuando se somete a diversas presiones [2]. Para el agua, la compresibilidad es aproximadamente  $1/20.000$  veces su volúmen bajo un



incremento de presión de  $1 \text{ Kg/cm}^2$ .

#### 2.2.2.5. Fricción Externa

Es la resistencia al deslizamiento de fluidos, a lo largo de superficies sólidas. Al fluir un líquido a lo largo de una superficie sólida, se forma una capa de líquido que no tiene movimiento, dicha capa queda adherida al material sólido. Por tal razón la velocidad del fluido es nula.

#### 2.2.2.6. Presión de Vapor ( $P$ )

Es la presión parcial que da lugar a las moléculas de vapor cuando se presenta el fenómeno de la evaporación del agua en un espacio cerrado. La presión de vapor de un fluido dado depende de la temperatura y es directamente proporcional a ella.

#### 2.2.2.7. Adhesión, Cohesión y Tensión Superficial

##### Adhesión

Es la propiedad que se presenta cuando un líquido se encuentra en contacto con un sólido, y la atracción entre las moléculas del cuerpo sólido y el líquido es mayor que la del propio líquido.

##### Cohesión

Es la atracción molecular que mantiene juntas las moléculas de todos los líquidos y que le permite resistir esfuerzos pequeños de tensión.

##### Tensión Superficial

La tensión superficial de un líquido es el trabajo que debe realizarse para



llevar moléculas en números suficientes desde el interior del líquido hasta la superficie para crear una nueva unidad de superficie. La tensión superficial disminuye con la temperatura. La reducción es casi lineal con la temperatura absoluta. La tensión superficial a temperatura crítica es igual a cero.

#### 2.2.2.8. Masa Específica

Conocida también como densidad absoluta de una sustancia, es expresada por la relación que hay entre la masa y la unidad de volumen de ese material.

### 2.2.3. MEDIDA DE LA PRESIÓN DE UN FLUIDO

Es la fuerza por unidad de área que actúa sobre cualquier superficie real o imaginaria dentro de un fluido.

$$P = \frac{F}{A} \quad (\text{ec. 2.4})$$

donde:

$$P = \text{intensidad de la presión} \left( \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \right)$$

$$F = \text{fuerza total que actúa sobre la superficie (kg)}$$

$$A = \text{área de la superficie (m}^2\text{)}$$

La presión de un fluido actúa normal a la superficie en todos los puntos, es por ello que en el mismo plano horizontal el valor de la presión en un líquido es igual en cualquier punto.

Los manómetros son usados para medir las presiones producidas por un



fluido, los más conocidos son: los manómetros Burdon, Piezométricos, Diferenciales, entre otros.

El flujo de los fluidos en tuberías esta siempre acompañado de rozamiento de las partículas del fluido entre sí, y consecuentemente, por la pérdida de energía.

Los datos usuales son cero absoluto y presión atmosférica local. Cuando se expresa el nivel de la presión atmosférica por encima del vacío perfecto se llama presión absoluta o barométrica. Mientras que la presión manométrica es la presión medida por encima de la atmosférica, expresada como una diferencia entre su valor y la presión atmosférica local.

#### **2.2.4. MOVIMIENTO DE FLUIDOS**

El flujo o movimiento de los fluidos, contrariamente a lo que sucede con los sólidos, las partículas de un fluido en movimiento pueden tener diferentes velocidades y estar sujetas a distintas aceleraciones. Son tres los principios fundamentales que se aplican al movimiento de los fluidos:

- Principio de conservación de la masa.
- Principio de la energía cinética.
- Principio de la cantidad de movimiento.

##### **2.2.4.1. Movimiento de los Fluidos en Tuberías**

El flujo de los fluidos puede ser permanente o no permanente, uniforme o no uniforme; laminar o turbulento; unidimensional, bidimensional o tridimensional, y rotacional o irrotacional.



### ❖ Flujo Permanente

Es aquel que en una sección determinada, no presenta variaciones en sus características hidráulicas con respecto al tiempo. Es decir, que en una sección dada el gasto, presión, velocidad, etc. permanecen constantes a lo largo del tiempo. [3] Podemos encontrar movimiento permanente en la descarga de una tubería que se alimenta de un estanque cuyo nivel permanece constante.

### ❖ Flujo no Permanente

Es aquel que, en una sección determinada presenta variaciones de sus características hidráulicas a lo largo del tiempo.

### ❖ Flujo Uniforme

Este tipo de flujo ocurre cuando el módulo, la dirección y el sentido de la velocidad no varían de un punto a otro del fluido. El fluido de líquidos bajo presión en una tubería de diámetro constante y gran longitud es uniforme tanto si el régimen es permanente o no.

### ❖ Flujo no Uniforme

El flujo es no uniforme cuando la velocidad, la profundidad y la presión, varían de un punto a otro en la región del flujo.

### ❖ Flujo Laminar

Es el flujo que existe a velocidades más bajas que la crítica, es donde el fluido se desplaza formando una especie de láminas. Este régimen se caracteriza por el deslizamiento de capas cilíndricas concéntricas una sobre otra de manera ordenada. [4]



### ❖ Flujo Turbulento

En este tipo de flujo existe un movimiento irregular e indeterminado de las partículas del fluido en direcciones transversales a la dirección principal del flujo, ocurre a velocidades mayores que la crítica.

### ❖ Flujo Unidimensional

Tiene lugar cuando el módulo, dirección y sentido de la velocidad son idénticos en todos los puntos.

### ❖ Flujo Bidimensional

Ocurre cuando las partículas fluidas se mueven en planos paralelos de forma que la configuración de las líneas de corriente es idéntica en cada plano.

#### 2.2.4.2. Caudal

Es la cantidad de fluido que pasa por el río en una unidad de tiempo, normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo. Menos frecuentemente, se identifica con el flujo másico o masa que pasa por un área dada en la unidad de tiempo. El cálculo de caudal viene expresado por la ecuación de continuidad:

$$Q = V \times A \quad (\text{ec. 2.5})$$

donde:

$$Q = \text{caudal } (m^3 / \text{seg})$$



$V = \text{velocidad (m/seg)}$

$A = \text{área (m}^2\text{)}$

### 2.2.4.3. Número de Reynolds

Las investigaciones de Osborne Reynolds [4], han demostrado que el régimen de flujo en tuberías, es decir si el laminar o turbulento, depende del diámetro de la tubería, de la densidad y la viscosidad del fluido y de la velocidad del flujo.

El valor numérico de una combinación adimensional de estas cuatro variables, conocido como el número de Reynolds, puede considerarse como la relación de las fuerzas dinámicas de la masa del fluido respecto a los esfuerzos de deformación ocasionados por la viscosidad.

El número de Reynolds es:

$$Re = \frac{V \times D}{\nu} \quad (\text{ec. 2.6})$$

donde:

$V = \text{velocidad del fluido (m/seg)}$

$D = \text{diámetro del tubo (m)}$

$\nu = \text{viscosidad cinemática (m}^2\text{/seg)}$

Esta expresión se usa en el caso de flujo en tubos de sección circular, donde se considera al diámetro como dimensión típica.



En el caso de secciones circulares se usa:

$$Re = \frac{4 \times V \times Rh}{D} \quad (\text{ec. 2.7})$$

siendo  $Rh$  el Radio Hidráulico. Esta expresión también se emplea en canales o conductos libres, considerándose el radio hidráulico como un término lineal.

#### 2.2.4.4. Velocidad Crítica

Es aquella velocidad por debajo de aquella turbulencia es amortiguada por la acción de la viscosidad del fluido. En la velocidad crítica las fuerzas de inercia y las viscosas estarán en equilibrio.

#### 2.2.4.5. Ecuación de Continuidad

Es una consecuencia del principio de conservación de la masa y se cumple para fluidos en movimiento; nos dice que: “la masa de un fluido por unidad de tiempo que atraviesa cualquier sección de un conducto permanece constante”. Esta puede calcularse como:

$$\rho_1 A_1 V_1 = \rho_2 A_2 V_2 = \text{constante} \quad (\text{ec. 2.8})$$

$$w_1 A_1 V_1 = w_2 A_2 V_2 \quad \text{en } (\text{Kg}/\text{seg}) \quad (\text{ec. 2.9})$$

Para fluidos incompresibles y para todos los casos prácticos en que  $w_1 = w_2$ ,

la ecuación se transforma en:

$$Q = A_1 V_1 = A_2 V_2 = \text{constante } (\text{m}^3/\text{seg}) \quad (\text{ec.})$$



2.10)

donde:

$$Q = \text{caudal} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} \right)$$

$$A = \text{área de la sección} \left( \text{m}^2 \right)$$

$$V = \text{velocidad media de la corriente en la sección} \left( \frac{\text{m}}{\text{seg}} \right)$$

#### 2.2.4.6. Ecuación de la Energía. Teorema de Bernoulli

La energía que posee un fluido en movimiento está integrada por la energía interna y las energías debidas a la presión, a la velocidad y a su posición en el espacio. En la dirección del flujo, el principio de la energía se traduce en la siguiente ecuación, al hacer el balance de la misma [1]:

Energía en la	+	Energía	+	Energía	+	Energía	+	Energía en la
Sección 1		Añadida		Perdida		Extraída		Sección 2

Esta ecuación, en los flujos permanentes de fluidos incompresibles con variaciones en su energía interna es despreciable, se reduce a:

$$\left( \frac{\rho z_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 \right) + H_A - H_L - H_E = \left( \frac{\rho z_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 \right) \quad (\text{ec. 2.11})$$



La ecuación anterior es la que se conoce como Teorema de Bernoulli.

#### **2.2.4.7. Pérdidas de Cargas**

Es la pérdida de energía dinámica del fluido debido a la fricción de las partículas del fluido entre sí y contra las paredes de las tuberías que las contienen.

La pérdida de carga está relacionada con otras variables fluidodinámicas según sea el tipo de flujo, laminar o turbulento. En el caso de tuberías horizontales, la pérdida de carga se manifiesta como una disminución de presión en el sentido del flujo. Además de las pérdidas de cargas lineales o por fricción (a lo largo del conducto), también se producen pérdidas de cargas singulares o menores ( en puntos concretos como codos, válvulas, ramificaciones, etc).

##### **❖ Pérdidas Lineales**

A medida que un fluido fluye por un conducto, tubo o algún otro dispositivo, ocurren pérdidas de energía debido a la fricción que hay entre el líquido y la pared de la tubería; tales energía traen como resultado una disminución de la presión entre dos puntos del sistema de flujo. Estas pérdidas son debidas a las tensiones cortantes de origen viscoso que aparecen entre el fluido y las paredes de la tubería. Las características de los esfuerzos cortantes son muy distintas en función de que el flujo sea laminar o turbulento.

En el caso del flujo laminar, las diferentes capas del fluido se mueven ordenadamente, siempre en dirección paralela al eje de la tubería y sin mezclarse.



En el flujo turbulento, en cambio, existe una continua fluctuación tridimensional en la velocidad de las partículas que se superpone a las componentes de la velocidad.

El tipo de flujo, laminar o turbulento, depende del valor de la relación entre las fuerzas de inercia y las fuerzas viscosas, es decir, del Número de Reynolds.

- **Régimen Laminar**

Los esfuerzos cortantes se pueden calcular de forma analítica en función de la distribución de la velocidad en cada sección (ecuación de Navier-Stokes), y las pérdidas de cargas lineales  $h_{pl}$  se pueden obtener con la llamada ecuación de Hagen-Poiseuille, en donde se tiene una dependencia lineal entre la pérdida de carga y el caudal:

$$h_{pl \text{ laminar}} = \frac{32 \mu L v}{\rho g D^2} = \frac{128 \mu L}{\rho g \pi D^4} Q \quad (\text{ec. 2.12})$$

En el régimen laminar también es válida la ecuación de Darcy-Weisbach, en donde el coeficiente de fricción depende exclusivamente del número de Reynolds.

- **Régimen Turbulento**

En el régimen turbulento el coeficiente de fricción depende, además del número de Reynolds, de la rugosidad relativa:  $\epsilon_r = \epsilon/D$ ; donde  $\epsilon$  es la rugosidad de la tubería, que representa la altura promedio de las irregularidades de la superficie interior de la tubería.

- ❖ **Pérdidas Singulares**

Estas ocurren debido a cualquier disturbio del flujo provocado por curvaturas o cambios en la sección. Son llamadas también pérdidas menores porque pueden despreciarse con frecuencia, particularmente en tuberías largas, sin



embargo en tuberías cortas y con un considerable número de accesorios, el efecto de las pérdidas locales son grandes y deben tenerse en cuenta.

Las pérdidas menores son provocadas generalmente por cambios en la velocidad, sea magnitud o dirección, y es común expresarlas como función de la cabeza de velocidad en el tubo,  $V^2/2g$ :

$$h_i = K \frac{V^2}{2g} \quad (\text{ec. 2.13})$$

donde:

$h_i =$  pérdida menor (m)

$K =$  coeficiente de pérdida (adimensional)

La velocidad que debe usarse en la expresión, es la que se tiene antes del accesorio, a menos que se indique lo contrario.

#### ❖ Pérdidas Totales

Es la disminución de energía de un fluido entre dos puntos debida a rozamiento, forma, obstrucción, expansión o cualquier otra causa. Son las pérdidas por fricción más las pérdidas por accesorios.

#### 2.2.4.8. Hazen-William

Se utiliza particularmente para determinar la velocidad del agua en tuberías circulares llenas, o conductos cerrados, es decir, que trabajan a presión. Su formulación es: en función del radio hidráulico,



$$V = 0,8494 \times C \times \left(\frac{D_i}{4}\right)^{0,63} \times S^{0,54} \quad (\text{ec. 2.14})$$

en función del diámetro:

$$Q = 0,2785 \times C \times (D_i)^{0,63} \times S^{0,54} \quad (\text{ec. 2.15})$$

donde:

$$Rh = \text{radio hidráulico} = \frac{\text{área de flujo}}{\text{perímetro húmedo}} = \frac{D_i}{4} \text{ (m)}$$

$V = \text{velocidad media del agua en el tubo (m/seg)}$

$$Q = \text{caudal (m}^3/\text{seg)}$$

$C = \text{coeficiente que depende de la rugosidad del tubo (adím.)}$

$D_i = \text{diámetro interior de la tubería (m)}$

$S = \text{pendiente - pérdida de carga por unidad de longitud del conducto}$

$(\text{m/m})$

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

#### 2.2.4.9. Experimentos de Nikuradse



Consistieron en producir una rugosidad artificial pegando en el interior de un tubo de vidrio (liso) áridos de diferentes granulometrías tamizados, es decir, de rugosidad conocida, hasta conseguir una pérdida de carga igual que la producida en un tubo comercial de un material determinado.

Así obtuvo la siguiente fórmula:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log \frac{3,71D}{\epsilon} \quad (\text{ec. 2.16})$$

donde:

$f$  = *coeficiente de fricción (adimensional)*

$D$  = *diámetro de la tubería (m)*

$\epsilon$  = *rugosidad del tubo (m)*

Estos experimentos arrojaron resultados positivos de una serie de investigaciones, que marcaron un paso definitivo en la mecánica de los fluidos moderna.

#### 2.2.4.10. Factor de Fricción

En 1883, Osborne Reynolds propuso el criterio para determinar el régimen de flujo en tubos, a partir del número adimensional que lleva su nombre.

Encontró que en un tubo, el flujo laminar se vuelve inestable cuando el número de Reynolds (Re) pasa su valor crítico, para después transformarse en turbulento, estos valores pueden ir desde  $Re < 2000$  (flujo laminar) hasta



$Re > 4000$ , dependiendo de los disturbios iniciales. Para  $Re < 2000$ , el factor de fricción puede determinarse mediante la siguiente ecuación:

$$f = \frac{64}{Re} \quad (\text{ec. 2.17})$$

donde:

$f = \text{coeficiente de fricción (adimensional)}$

$Re = \text{número de Reynolds (adimensional)}$

Para  $Re > 4000$ , donde la fricción en tubos rugosos depende tanto de la viscosidad de los fluidos, como de la rugosidad relativa de las tuberías, por ello Blassius formuló la siguiente expresión:

$$f = \frac{0,3164}{Re^{1/4}} \quad (\text{ec. 2.18})$$

#### 2.2.4.11. Diagrama de Moody

El diagrama de Moody es la representación gráfica en escala doblemente logarítmica del factor de fricción en función del número de Reynolds y la rugosidad relativa de una tubería. Se pueden distinguir dos situaciones diferentes, el caso en que el flujo sea laminar y el caso en que el flujo sea turbulento.

Si el flujo es laminar se usa una de las expresiones de la ecuación de Poiseuille; y si es un flujo turbulento se usa la ecuación de Colebrook-White.



En el caso de flujo laminar el factor de fricción depende únicamente del número de Reynolds. Para flujo turbulento, el factor de fricción depende tanto del número de Reynolds como de la rugosidad relativa de la tubería, por eso en este caso se representa mediante una familia de curvas, una para cada valor del parámetro  $\varepsilon / D$ , donde  $\varepsilon$  es el valor de la rugosidad absoluta, es decir la longitud (habitualmente en milímetros) de la rugosidad directamente medible en la tubería.

El diagrama de Moody es universalmente válido para todos los flujos incompresibles, permanentes en tubos de cualquier forma de sección de flujo. En la imagen del anexo A figura 1, se puede observar el aspecto del diagrama de Moody.

### **2.3. SISTEMA DE TUBERIAS**

Un fluido al ser conducido a través de una tubería ejerce una fuerza de roce, generando así una pérdida de presión o una pérdida de carga. Las tuberías organizadas en sistemas perduran en el tiempo y sirven como medio de transporte para los fluidos.

#### **2.3.1. Tuberías en Paralelo**

Está constituido por dos o más tuberías q parten de un punto y llegan a encontrarse en otro punto aguas abajo. El caudal total que se quiera transportar se divide entre las tuberías existentes ya que la pérdida de carga en cada una de ellas es la misma.



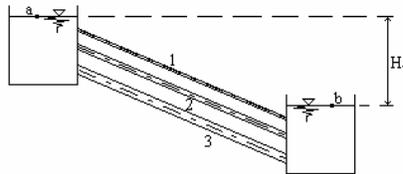


Figura 2.1. Sistema de Tuberías en Paralelo

Fuente: [www.monografias.com](http://www.monografias.com)

### 2.3.2. Tuberías en Serie

Son aquel conjunto de tuberías que forman parte de una misma conducción y que tienen diferente o igual diámetro.

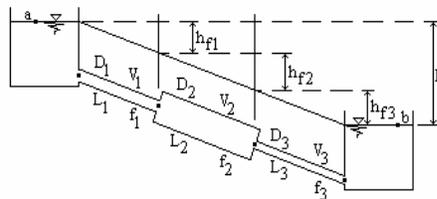


Figura 2.2. Sistema de Tubería en Serie

Fuente: [www.monografias.com](http://www.monografias.com)

### 2.3.3. Causantes de Irregularidades en el Interior de las Tuberías

- Corrosión

Es probablemente el problema más grande para el sistema de tuberías, y es causada generalmente por el oxígeno atmosférico disuelto en el agua, este deterioro de la tubería depende también de los años que estas estén en



funcionamiento (vida útil).

Entre los materiales más corrosivos se encuentran el hierro y el acero.

Este fenómeno de corrosión da origen a la rugosidad. Para tomar en cuenta el aumento de la rugosidad con el tiempo, Colebrook y White establecieron una relación lineal expresada como:

$$\epsilon = \epsilon_0 + \alpha t \quad (\text{ec. 2.19})$$

donde:

$\epsilon_0 =$  altura de las rugosidades en los tubos nuevos (m)

$\epsilon =$  altura de las rugosidades en los tubos después de t años (m)

$t =$  tiempo (años)

$\alpha =$  tasa de crecimiento ( $\text{m/años}$ )

#### ■ Rugosidad

Se ha demostrado que la rugosidad aumenta con el tiempo por tanto el coeficiente C es una función del tiempo, de modo que su valor debe ser fijado teniéndose en cuenta la vida útil que se espera para la tubería, (ver anexo A tabla 1).



## CAPÍTULO III

### 3.1. NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Debido a que con esta investigación se busca conocer las similitudes y diferencias entre distintos tipos de tuberías (material, diámetro, longitud, etc.) además de las relaciones existentes entre los valores teóricos y los que se obtendrán de forma experimental (prácticos), mediante la revisión de documentos, diversas fuentes bibliográficas y con ello darle solución a un problema de carácter práctico generando beneficios, la investigación se considera como un proyecto factible-documental de tipo explicativa y experimental.

### 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

De manera general se estiman como población todos los materiales, herramientas y accesorios existentes en la actualidad y disponibles en el mercado, siendo entonces los materiales elegidos para el diseño y la posterior construcción del equipo la muestra representativa de la misma.

### 3.3. TIPO DE MUESTREO

El procedimiento de selección de la muestra es intencionada o razonada (no probabilística) debido a que los integrantes de la misma se seleccionan de forma directa.



### **3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

La técnica de recolección de datos usada fue la observación participante, activa, los datos fueron recabados de forma directa y desde el lugar de los hechos.

### **3.5. RECURSOS NECESARIOS**

Es necesario tener en cuenta la diversa variedad de materiales existentes, características, usos, desventajas y ventajas. Los más comunes en el mercado y más usados en redes de tuberías son: de cobre, hierro galvanizado y plástico.

A continuación se enumeran los diferentes materiales y herramientas viables para la construcción del equipo.

#### **3.5.1. Tuberías**

##### **3.5.1.1. Tuberías de Cobre**

Las tuberías de cobre al ser fabricadas por extrusión y estiradas en frío tienen características y ventajas sobre otro tipo de materiales que las hacen altamente competitivas en el mercado.

Su fabricación por extrusión que permite tubos de una sola pieza, sin costura y de paredes lisas y tersas, asegura la resistencia a la presión de manera uniforme y un mínimo de pérdidas de presión por fricción en la conducción de fluidos. Sus dos temples en los tipos normales de fabricación, rígido y flexible, dan al usuario una mayor gama de usos que otras tuberías.



## Usos

Es empleado en instalaciones ocultas o internas, ya que resiste muy bien a la corrosión y sus paredes son lisas, por lo que reducen las pérdidas de carga.

## Ventajas

- Tiene la propiedad de recubrirse al contacto del aire, con una capa de oxido que no penetra en el metal; es superficial y lo protege indefinidamente.
- Por ser un metal puede fácilmente ser trabajado en frío adquiriendo así una dureza paulatina.
- Permiten una forma de unión muy resistente con la llamada soldadura capilar, eliminando la tradicional rosca usada en otros tipos de tuberías, reduciendo así el espesor de la pared del tubo.

## Desventajas

Es necesario tener en cuenta que si vamos a realizar una instalación de tuberías de cobre de tipo empotrada debemos recubrirlas primero con cinta aislante para evitar que el material se deteriore por el cemento o el yeso.

### 3.5.1.2. Tuberías de Hierro Galvanizado

El acero galvanizado (conocido a menudo simplemente como “galvanizado” o “hierro” en el mercado de la plomería) es relativamente costoso, difícil para trabajar debido al peso y sufre de una tendencia a la obstrucción debido a los depósitos minerales que se forman en el interior de la tubería. Sigue siendo común para la reparación de los sistemas existentes del “galvanizado”. Es también extremadamente duradero.



## Usos

La tubería de hierro galvanizado se utiliza cuando esta y piezas especiales se encuentran expuestas a la intemperie o al paso de las personas y maquinarias o equipos que puedan golpearlas de forma accidental.

## Ventajas

- Se recomienda su uso en instalaciones superficiales por su gran resistencia a los impactos.
- Gran ductibilidad.
- Con el proceso de galvanizado, se le da un recubrimiento de zinc tanto interior como exteriormente para darle protección contra la corrosión.

## Desventajas

No resulta conveniente su instalación enterrada en zanja debido a la acción agresiva de suelos ácidos y el establecimiento de corrientes iónicas por la presencia de dos metales, Fe y Zn.

### 3.5.1.3. Tuberías de Plástico

Se fabrican mediante la plastificación de polímeros, siendo el policloruro de vinilo en forma granular, la materia prima utilizada para la fabricación de la tubería conocida como P.V.C.

## Usos

La tubería plástica es ampliamente usada para el abastecimiento y drenaje doméstico de agua, basura, y tubería de respiradero.



## Ventajas

- Ligereza

El peso de un tubo de PVC es aproximadamente la quinta parte de un tubo de asbesto cemento o de uno de acero, de iguales dimensiones.

- Hermeticidad

Los diferentes tipos de unión que se usan en la tubería hidráulica garantizan una completa hermeticidad del sistema.

- Atoxicidad

El PVC no aporta ningún elemento extraño al agua.

- Facilidad de Instalación

Por su ligereza y facilidad de unión no se requiere maquinaria sofisticada para su instalación, además se tiene un avance de obra mayor por los tramos de 6 metros en que se fabrica el tubo.

- Menor Rugosidad

Para las mismas condiciones de diámetro, longitud y caudal, el PVC tiene menores pérdidas de carga ya que su coeficiente de Manning es de 0.009, de Hazen-Williams de 150 y su rugosidad absoluta de 0.0015 mm.

- Flexibilidad de la Tubería

La tubería de PVC presenta flexibilidad tanto longitudinalmente como de forma vertical (transversalmente).

## Desventajas

- Poca resistencia al impacto, esfuerzos externos y aplastamiento por lo cual su utilización se recomienda enterrada en zanjas.
- La resistencia al impacto del PVC se reduce sensiblemente a temperaturas inferiores a 0 °C



- Las propiedades mecánicas de las tuberías se afectan cuando se exponen por períodos prolongados de tiempo a los rayos del sol.
- Puede sufrir raspaduras durante su manipulación para el trabajo.

### **3.5.2. Accesorios**

Es el conjunto de piezas moldeadas o mecanizadas que unidas a los tubos mediante un proceso determinado forman las líneas estructurales de tuberías de un sistema dado.

#### **3.5.2.1. Bridas**

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

#### **3.5.2.2. Disco Ciego**

Son accesorios que se utilizan en las juntas de tuberías entre bridas para bloquear fluidos en las líneas o equipos con un fin determinado.

#### **3.5.2.3. Codos**

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



### ❖ Tipos

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

- Codos estándar de 45°
- Codos estándar de 90°
- Codos estándar de 180°

### ❖ Características

- Diámetro

Es el tamaño o medida del orificio del codo entre sus paredes los cuales existen desde ¼" hasta 120"Ø. También existen codos de reducción.

- Angulo

Es la existente entre ambos extremos del codo y sus grados dependen del giro o desplazamiento que requiera la línea.

- Radio

Es la dimensión que va desde el vértice hacia uno de sus arcos. Según sus radios los codos pueden ser: radio corto, largo, de retorno y extralargo.

- Espesores

Una normativa o codificación del fabricante determinada por el grosor de la pared del codo.



- Aleación

Es el tipo de material o mezcla de materiales con el cual se elabora el codo, entre los más importantes se encuentran: acero al carbono, acero a % de cromo, acero inoxidable, galvanizado, etc.

- Junta

Es el procedimiento que se emplea para pegar un codo con un tubo, u otro accesorio y esta puede ser: soldable a tope, roscable, embutible y soldable.

- Dimensión

Es la medida del centro al extremo o cara del codo y la misma puede calcularse mediante formulas existentes.

#### **3.5.2.4. Tee**

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

##### **❖ Tipos**

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

##### **❖ Características**

- Diámetro

Las tees existen en diámetros desde  $\frac{1}{4}'' \text{ } \varnothing$  hasta  $72'' \text{ } \varnothing$  en el tipo



fabricación.

- Espesor

Este factor depende del espesor del tubo o accesorio a la cual va instalada y ellos existen desde el espesor fabricación hasta el doble extrapesado.

- Aleación

Las más usadas en la fabricación son: acero al carbono, acero inoxidable, galvanizado, etc.

- Juntas

Para instalar las te en líneas de tubería se puede hacer, mediante procedimiento de rosca embutible-soldable o soldable a tope.

- Dimensión

Es la medida del centro a cualquiera de las bocas de la tee.

### 3.5.2.5. Reducción-Ampliación

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

#### ❖ Tipos

- Estándar Concéntrica

Es un accesorio reductor que se utiliza para disminuir el caudal del fluido



aumentando su velocidad, manteniendo su eje.

- Estándar Excéntrica

Es un accesorio reductor que se utiliza para disminuir el caudal del fluido en la línea aumentando su velocidad perdiendo su eje.

#### ❖ **Características**

- Diámetro

Es la medida del accesorio o diámetro nominal mediante el cual se identifica al mismo, y varía desde  $\frac{1}{4}'' \text{ } \varnothing \times \frac{3}{8}'' \text{ } \varnothing$  hasta diámetros mayores.

- Espesor

Representa el grosor de las paredes de la reducción va a depender de los tubos o accesorios a la cual va a ser instalada.

- Aleación

Es la mezcla utilizada en la fabricación de reducciones, siendo las más usuales: al carbono, acero al % de cromo, acero inoxidable, etc.

- Junta

Es el tipo de instalación a través de juntas roscables, embutibles soldables y soldables a tope.

- Dimensión

Es la medida de boca a boca de la reducción (Concéntrica y excéntrica).



### 3.5.2.6. Válvulas

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

#### ❖ Tipos y Características

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

##### - Válvula de Globo

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

En la válvula de doble asiento o de obturador equilibrado la fuerza de desequilibrio desarrollada por la presión diferencial a través del obturador es menor que en la válvula de simple asiento. Por este motivo se emplea en válvulas de gran tamaño o bien cuando deba trabajarse con una alta presión diferencial. En posición de cierre las fugas son mayores que en una válvula de simple asiento.





Figura 3.1. Válvula de Globo

Fuente: [www.monografias.com](http://www.monografias.com)

#### - Válvula de Compuerta

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



Figura 3.2. Válvula de Compuerta

Fuente: [www.mongrafiass.com](http://www.mongrafiass.com)



### - Válvula de Mariposa

El cuerpo está formado por un anillo cilíndrico dentro del cual gira transversalmente un disco circular. La válvula puede cerrar herméticamente mediante un anillo de goma encastrado en el cuerpo. Un servomotor exterior acciona el eje de giro del disco y ejerce su par máximo cuando la válvula está totalmente abierta (en control todo-nada se consideran 90 grados y en control continuo 60 grados, a partir de la posición de cierre ya que la última parte del giro es bastante inestable), siempre que la presión diferencial permanezca constante. En la sección de la válvula es importante considerar las presiones diferenciales correspondientes a las posiciones de completa apertura y de cierre; se necesita una fuerza grande del actuador para accionar la válvula en caso de una caída de presión elevada.

Las válvulas de mariposa se emplean para el control de grandes caudales de presión a baja presión.



Figura 3.3. Válvula Mariposa

Fuente: [www.monografias.com](http://www.monografias.com)

### - Válvula de Bola



El cuerpo de la válvula tiene una cavidad interna esférica que alberga un obturador en forma de bola o esfera. La bola tiene un corte adecuado (usualmente en V) que fija la curva característica de la válvula, y gira transversalmente accionada por un servomotor exterior. El cierre estanco se logra con un aro de teflón incorporado al cuerpo contra el cual asienta la bola cuando la válvula está cerrada.

En posición de apertura total, la válvula equivale aproximadamente en tamaño a 75% del tamaño de la tubería. La válvula de bola se emplea principalmente en el control de caudal de fluidos negros, o bien en fluidos con gran porcentaje de sólidos en suspensión.

Una válvula de bola típica es la válvula de macho que consiste en un macho de forma cilíndrica o troncocónica con un orificio transversal igual al diámetro interior de la tubería.

El macho ajusta en el cuerpo de la válvula y tiene un movimiento de giro de 90 grados. Se utiliza generalmente en el control manual todo-nada de líquidos o gases y en regulación de caudal.



Figura 3.4. Válvula de Bola

Fuente: [www.monografias.com](http://www.monografias.com)



### - Válvula de Retención

Son válvulas integrales que están destinadas a impedir la inversión del flujo en las tuberías. Principalmente, su funcionamiento es automático y se mantienen abiertas por la presión del flujo que circula. Sólo se cierra con el paso del mecanismo de retención o por la contrapresión cuando se invierte el flujo.



Figura 3.5. Válvula de Retención

Fuente: [www.monografias.com](http://www.monografias.com)

### 3.5.3. Bombas

Una bomba es una máquina hidráulica generadora que transforma la energía (generalmente energía mecánica) con la que es accionada en energía hidráulica del fluido incompresible que mueve. El fluido incompresible puede ser líquido o una mezcla de líquidos y sólidos como puede ser el hormigón antes de fraguar o la pasta de papel.

Al incrementar la energía del fluido, se aumenta su presión, su velocidad o su altura, todas ellas relacionadas según el principio de Bernoulli.



En general, una bomba se utiliza para incrementar la presión de un líquido añadiendo energía al sistema hidráulico, para mover el fluido de una zona de menor presión o altitud a otra de mayor presión o altitud.

### 3.5.3.1. Tipos de Bombas

- **Dinámicas**

En las cuales se añade energía continuamente, para incrementar las velocidades de los fluidos dentro de la máquina a valores mayores de los que existen en la descarga, de manera que la subsecuente reducción en velocidad dentro, o más allá de la bomba, produce un incremento en la presión. Las bombas dinámicas pueden, a su vez, subdividirse en otras variedades de bombas centrífugas y de otros efectos especiales.

- Bombas Centrífugas

Las bombas centrífugas prevén su nombre al hecho de que elevar el líquido por la acción de la fuerza centrífuga, que la imprime un rotor, colocado en su interior, el cual es accionado por un motor eléctrico. Las bombas centrífugas, debido a sus características, son las bombas que más se aplican en la industria. Las razones de estas preferencias son las siguientes:

- Bombas de Efecto Especial

- Para la alimentación de calderas

- Para grasa

- De pozo profundo

- **De Desplazamiento**



En las cuales se agrega energía periódicamente mediante la aplicación de fuerza a uno o más límites móviles de un número deseado de volúmenes que contienen un fluido, lo que resulta en un incremento directo en presión hasta el valor requerido para desplazar el fluido a través de válvulas o aberturas en la línea de descarga. Las bombas de desplazamiento se dividen esencialmente en los tipos reciprocantes y rotatorios, dependiendo de la naturaleza del movimiento de los miembros que producen la presión.

- Bomba Reciprocante

El funcionamiento de una Bomba Reciprocante depende del llenado y vaciado sucesivo de receptáculos de volumen fijo, para lo cual cierta cantidad de agua es obligada a entrar al cuerpo de la bomba en donde queda encerrada momentáneamente, para después ser forzada a salir por la tubería de descarga. De lo anterior se deduce, en términos generales, que el gasto de una Bomba Reciprocante es directamente proporcional a su velocidad de rotación y casi independiente de la presión de bombeo.

- Bombas Rotatorias

Este tipo de movimiento es el que traslada el fluido desde la aspiración hasta la salida de presión. Estas bombas, no tienen válvulas ni partes reciprocantes; el movimiento del líquido es efectuado por la acción combinada de dos elementos giratorios semejantes a las ruedas dentadas.

### **3.5.3.2. Eficiencia de una Bomba**

Cuando un líquido fluye a través de una bomba, sólo parte de la energía comunicada por el eje del impulsor es transferida al fluido. Existe fricción en los cojinetes y juntas, no todo el líquido que atraviesa la bomba recibe de forma efectiva la acción del impulsor, y existe una pérdida de energía importante debido a la fricción del fluido.



Ésta pérdida tiene varias componentes, incluyendo las pérdidas por choque a la entrada del impulsor, la fricción por el paso del fluido a través del espacio existente entre las palas o álabes y las pérdidas de alturas al salir el fluido del impulsor. El rendimiento de una bomba es bastante sensible a las condiciones bajo las cuales esté operando.

El rendimiento  $e$  de una bomba viene dado por:

$$e = \frac{\text{potencia a la salida de la bomba}}{\text{potencia a la entrada de la bomba}} = \frac{QW_h}{QW_s} \quad (\text{ec.1.21})$$

donde:

$QW_h = \text{potencia o energía por segundo entregada realmente por la bomba}$

$QW_s = \text{potencia a la entrada de la bomba}$

### 3.5.3.3. Curvas Características

Las curvas características de las bombas son relaciones gráficas entre la carga, el gasto, potencia y rendimiento. Excepto cuando se trata de bombas de muy pequeño tamaño, es indispensable conocer las curvas características antes de adquirir una bomba, ya que solo así podremos saber el comportamiento de ella una vez instalada en un determinado sistema hidráulico. Generalmente este tipo de curvas se obtienen para velocidad constante, un diámetro del impulsor específico y un tamaño determinado de carcasa, realizando la representación gráfica de la carga hidráulica (curva de estrangulamiento), potencia absorbida y eficiencia adiabática contra la capacidad de la bomba.

Estas curvas son suministradas por los proveedores de bombas, de tal manera que el usuario pueda trabajar según los requerimientos de la



instalación sin salir de los intervalos de funcionamiento óptimo, además de predecir qué ocurrirá al variar el caudal manejado, sirviendo como una gran herramienta de análisis y de comprensión en el funcionamiento del equipo.

### **3.6. FACTORES A CONSIDERAR EN LA ELECCIÓN DE LOS MATERIALES**

Algunos factores de importancia a tener en cuenta para elegir el material adecuado, son:

- Durabilidad.
- Disponibilidad.
- Mano de obra calificada para la instalación de la tubería.
- Costo del material.

### **3.7. MANÓMETROS**

El manómetro es un instrumento utilizado para la medición de la presión en los fluidos, generalmente determinando la diferencia de la presión entre el fluido y la presión local. Cuando los manómetros deben indicar fluctuaciones rápidas de presión se suelen utilizar sensores piezoeléctricos o electrostáticos que proporcionan una respuesta instantánea. Hay que tener en cuenta que la mayoría de los manómetros miden la diferencia entre la presión del fluido y la presión atmosférica local, entonces hay que sumar ésta última al valor indicado por el manómetro para hallar la presión absoluta. Cuando se obtiene una medida negativa en el manómetro es debida a un vacío parcial.



### 3.7.1. Tipos de Manómetros

- **Manómetro Burdon.**

Es un instrumento mecánico de medición de las presiones que utiliza, a modo de elemento sensible, un tubo de metal que se encuentra curvado o torcido, y que pertenece a una sección transversal aplanada. Uno de los extremos de dicho tubo permanecerá cerrado y, por esta razón, la presión que deberá ser medida se aplicará por el otro extremo.

A medida que la presión va en aumento, el tubo comenzará a adquirir una sección circular y, a su vez, empezará a enderezarse. El movimiento que se produzca del extremo cerrado va a efectuar la medición de la presión interior y a provocar otro movimiento, el de la aguja.

- **Manómetro de Columna Líquida**

Consta, como su nombre lo indica, de una columna líquida que es empleada en la medición de la diferencia entre las presiones de ambos fluidos. Este manómetro se constituye en el patrón base a la hora de realizar una medición de todas las ínfimas diferencias de presión que pueden llegar a suscitarse.

- **Manómetro de Tubo Inclinado**

Se emplea para la medición de todas las presiones manométricas que son inferiores a los 250mm de columna de agua. En cuanto a la operación, hay que mencionar que la rama más extensa debe ser inclinada con respecto a la vertical para que se produzca un alargamiento de la escala. Se pueden encontrar manómetros de tubo en U, que tienen las dos ramas ligeramente inclinadas, para la medición de las diferencias más pequeñas de presión.



### 3.7.2. Algunos Manómetros en la Industria

#### 3.7.2.1. Manómetros de Columna



Figura 3.5. Manómetros de Columna

Fuente: [www.monografias.com](http://www.monografias.com)

- Manómetros de columna para presión, vacío y presión diferencial.
- Columna inclinada con tres escalas de 10 – 25 y 50 mmca.
- Columna en "U", escalas de 50 – 0 – 50 mmca. hasta 1500 -- 0 – 1500 mmca.
- Columna directa, escalas 0 / +250 mmca hasta 0 – 1400 mmca.
- Líquido medidor: Silicona, tetrabromuro ó mercurio.

#### 3.7.2.2. Manómetros Standard



Figura 3.6. Manómetros Estándar

Fuente: [www.monografias.com](http://www.monografias.com)



- Manómetros de muelle tubular serie standard en diámetros 40,50,63,80,100 ó 160 mm.
- Montaje radial, posterior, borde dorsal, borde frontal o con brida, según modelos.
- Material de la caja: en plástico, acero pintado de negro ó acero inoxidable. Racord – tubo en latón (según modelos).
- Conexiones 1/8", 1/4",1/2 " GAS, según modelos (otras bajo demanda).
- Rangos de 0 – 0,6 bar a 0 – 1000 bar (según modelos) para vacío, vacío / presión o presión.
- Precisión clase 1 ó 1,6.
- Ejecuciones: Llenado de glicerina, contactos eléctricos, marcas personalizadas.

### 3.7.2.3. Manómetros de Baja Presión



Figura 3.7. Manómetro de Baja Presión

Fuente: [www.monografias.com](http://www.monografias.com)

- Manómetros a cápsula, serie BAJA PRESION.
- En diámetros 63, 100 ó 160.
- Montaje radial, posterior, borde dorsal o borde frontal (según modelos).



- Material: caja en acero pintado en negro o acero inoxidable. Racord – cápsula en latón o acero inoxidable.
- Conexiones 1/4", 1/2" GAS, según modelos. (Otras bajo demanda).
- Rangos de 0 – 2,5 mbar a 0 – 600 mbar (según modelos), para vacío, vacío / presión o presión.
- Precisión clase 1,6.

#### 3.7.2.4. Manómetros Digitales



Figura 3.8. Manómetro Digital

Fuente: [www.monografias.com](http://www.monografias.com)

- Manómetros digitales con sensor integrado o independiente.
- Rangos de 0 – 30 mbar a 0 – 2000 bar ó –1+2 bar a –1 +20 bar.
- Precisiones del  $\pm 0,2 \%$ ,  $\pm 0,1 \%$  ó  $0,05\%$  sobre el fondo de escala.
- Opciones con selección de unidades, valor máximo y mínimo, tiempo de funcionamiento, puesta a cero, salida vía RS232 para volcado de datos y software.



## 3.8. TIPOS DE TABLEROS DE MADERA

### 3.8.1. Tableros de MDF

También se le llama DM o tablero de fibra de densidad media. Está fabricado a partir de elementos fibrosos básicos de madera prensados en seco. Se utiliza como aglutinante un adhesivo de resina sintética.

Presenta una estructura uniforme y homogénea y una textura fina que permite que sus dos caras y sus cantos tengan un acabado perfecto, su peso es muy elevado. Es perfecto para lacar o pintar. También se puede barnizar. Se encola (con cola blanca) fácilmente y sin problemas. Es comercializado en grosores desde 2,5 mm a 4 cm o más. La medida del tablero es de 244 x 122 cm. Suele ser de color marrón medio-oscuro y es un tablero barato.

Recomendable para construir todo tipo de muebles (funcionales o artísticos) en los que el peso no suponga ningún problema. Son una base óptima para lacar. Excelente como tapas de mesas y bancos de trabajo.

Se puede utilizar como lienzo para pintar, como base para maquetas. No es apto para exterior ni condiciones húmedas.

### 3.8.2. Tableros de Aglomerado sin Cubrir

Es un tablero fabricado con pequeñas virutas de madera encoladas a presión y sin ningún acabado posterior. Existen principalmente tres tipos de aglomerado según su fabricación: de una capa, de densidad graduada y de tres capas.

Su superficie se puede pintar sin problema y admite perfectamente ser chapada o plastificada. Se comercializa en grosores de 10, 16 19 y 30mm.



La medida normal es de 244 x 122 cm, pero algunos grosores se fabrican también en 366 x 183 cm. Es el tablero más barato. Es recomendable para cualquier función en el que no quede visto (partes ocultas de mobiliario) o para mobiliario muy barato, provisional o de almacén.

En construcción se utiliza el aglomerado sin cubrir en división de interiores, como base de cubiertas, enfoscados, montaje de stands, bases para suelos, etc. No se puede utilizar en condiciones de humedad (exteriores, cuartos de baño, etc) pues tiende a hincharse y no se recupera con el secado. Para estas condiciones existe el aglomerado hidrófugo que es un tipo de aglomerado al que se le añaden productos químicos que repelen la humedad.

### **3.8.3. Tableros Contrachapados**

Existen diferentes tipos de contrachapados según los diferentes usos y en función de la especie de madera utilizada, el tipo de encolado y la calidad de las chapas, se fabrica en grosores desde 3mm a 2cm. La medida del tablero es de 244 x 122 cm. Existen las siguientes clases de contrachapado:

- **Contrachapado de Interior**

Sirve para aplicaciones de interior no estructurales y normalmente tiene una cara de mayor calidad que la otra. Es un tablero muy ligero y no es muy barato debido a su proceso de fabricación.

Sus principales usos son la carpintería de interior, traseras y fondos de cajones en muebles de calidad, marquetería, maquetas, manualidades, armazones y embalajes.



- **Contrachapado de Exterior**

Los hay para exposición total o parcial al exterior y sirve para aplicaciones no estructurales.

- **Contrachapado Náutico**

Es un contrachapado estructural de alta calidad con las dos caras de calidad fabricado principalmente para usos náuticos.

- **Contrachapado Estructural**

Está indicado para usos industriales en los que la resistencia y durabilidad son las características primordiales. Las caras suelen ser de peor calidad.

#### **3.8.4. Tableros de Aglomerados Plastificado**

Es un aglomerado de 3 capas que recibe en sus caras un recubrimiento de melamina (es un tipo de plástico) en colores lisos o de imitación de maderas, granitos, etc.

La melamina puede ser lisa, con acabado poro o catedral, o con acabado lluvia.

- Acabado poro o catedral: Es un grabado suave de la veta de la madera para que sea perceptible a la vista y al tacto.
- Acabado lluvia: es un grabado de pequeñas rayitas a modo de lluvia.

En el proceso de fabricación se produce la polimeración de la melamina, es decir, se introduce ésta en el tablero proporcionando un agarre perfecto.



Debido a esto, el tablero de melamina adquiere características propias, que lo hacen más resistente a la acción de agentes externos como el vapor de agua, los agentes químicos, la erosión, el rayado, las altas temperaturas, etc.

No admite ningún tipo de acabado y es necesario rematar los cantos vistos con cinta de cantear o moldura. Se limpia con un trapo húmedo y jabón neutro. Es un tablero barato y se comercializa en los mismos grosores que el aglomerado sin cubrir. La medida del tablero es de 244 x 122 cm. Se utiliza principalmente para la construcción de muebles funcionales, económicos y de muy fácil mantenimiento. Ideal para hacer interiores de armarios incluyendo el forrado. No soporta condiciones extremas de humedad y no es resistente al exterior

### **3.9. MEDIDORES DE CAUDAL**

Los fluidos están presentes en la mayoría de los procesos industriales, ya sea porque intervienen en forma directa en el proceso de producción o porque pertenecen a los circuitos secundarios necesarios.

Sea por la razón que sea, los fluidos están ahí y, por tanto, hay que controlarlos, para lo que es necesario saber en todo momento cuáles son las principales características de los fluidos, que pueden variar mucho de una aplicación a otra, por esto es muy importante saber la cantidad de fluido por unidad de tiempo que pasa por un conducto, con el trascurrir de los años se han diseñado aparatos para realizar esta mediciones recibiendo el nombre de medidores de caudal.

Los medidores disponibles en el mercado pueden medir flujos desde varios mililitros por segundo (ml/s) para experimentos precisos de laboratorio hasta varios miles de metros cúbicos por segundo (m<sup>3</sup>/s) para sistemas de



irrigación de agua o agua municipal o sistemas de drenaje. Para una instalación de medición en particular, debe conocerse el orden de magnitud general de la velocidad de flujo así como el rango de las variaciones esperadas. Cualquier dispositivo de medición de flujo instalado y operado adecuadamente puede proporcionar una exactitud dentro del 5 % del flujo real. La mayoría de los medidores en el mercado tienen una exactitud del 2% y algunos dicen tener una exactitud de más del 0.5%. El costo es con frecuencia uno de los factores importantes cuando se requiere de una gran exactitud.

### **3.9.1. Tipos de Medidores de Caudal**

- **Diafragma**

Consiste en una placa con un orificio que se interpone en la tubería. Como resultado de esta obstrucción existe una pérdida de carga, que es la que se mide por comparación con una sonda aguas arriba y otra aguas debajo de la instalación. Este tipo de medidor es utilizado en tuberías donde se permita una gran pérdida de energía.

El cambio de área que se genera al colocar el diafragma, provoca un estrangulamiento de la sección, lo que da lugar a un cambio de presiones antes y después del diafragma, cuyo valor determina el gasto en la sección.

Utilizados en tuberías donde se permita una gran pérdida de energía para efectuar el aforo.

- **Toberas**

En este medidor al igual que en el diafragma, se dispone de una toma de presión anterior y otra posterior, de manera que se puede medir la presión



diferencial. La tobera permite caudales muy superiores a los que permite el diafragma (del orden de 60% superiores). Se utilizan en el caso de tuberías con diámetros mayores de 30cm.

- **Tubo Venturi**

La función básica de este medidor consiste en producir un estrangulamiento en la sección transversal de la tubería, el cual modifica las presiones, con la medición de este cambio es posible conocer el gasto que circula por la sección, el estrangulamiento de esta es muy brusco, pero la ampliación hasta la sección original es gradual.

Generalmente es una pieza fundida que consta de una porción aguas arriba, la cual tiene el mismo tamaño de la tubería, tiene un revestimiento en bronce y contiene un anillo piezométrico para medir la presión estática; una región cónica convergente, una garganta cilíndrica con un revestimiento en bronce que contiene un anillo piezométrico y una región cónica gradualmente divergente que desemboca en una sección cilíndrica del tamaño de la tubería. Un manómetro diferencial conecta los dos anillos piezométricos.

El precio de este se dispara, pudiendo llegar a un costo 20 veces superior a un diafragma. Para obtener resultados acertados este medidor debe ser precedido de una tubería recta con una longitud de por lo menos 10 diámetros.

- **Aforador de codos**

Es uno de los medidores de caudal más simple, las aberturas piezométricas en el lado interno y externo del codo se conectan a un manómetro diferencial.



Debido a la fuerza centrífuga en la curva, la diferencia de presiones está relacionada con el caudal.

Una longitud recta de apaciguamiento debe preceder el codo, y para resultados más exactos el medidor debería calibrarse in situ. Debido a que la mayoría de las tuberías tienen un codo este puede utilizarse como medidor.

Después de la calibración los resultados son tan confiables como los obtenidos con los dispositivos anteriormente mencionados.

- **Pitot**

Mide la velocidad del flujo en un punto del fluido, consta de un hueco alineado con el flujo que se aproxima y está cerrado por uno de sus extremos con un tapón redondo que tiene un pequeño orificio en la línea central del tubo.

El fluido dentro del tubo Pitot es estacionario, en tanto que el que se aproxima fluye alrededor de este.

- **Annubar**

Es una mejora del tubo pitot, y se basa en medir la presión estática y la total. Con la diferencia que se obtiene la velocidad del fluido, y conociendo la sección se obtiene el caudal.

Los Diafragmas, Toberas, y los tubos venturi se basan en cambiar el perfil de la vena fluida y, por consiguiente, su velocidad y presión; en cambio tanto los tubos Pitot como los Annubar se basan en introducir un sensor dentro de la tubería, intentando que no afecten la vena fluida.



## 3.10. INSTRUMENTOS ADICIONALES

### 3.10.1. Cintas Métricas

Estas son utilizadas en medición de distancias se construye en una delgada lámina de acero al cromo, o de aluminio, o de un tramado de fibras de carbono unidas mediante un polímero de teflón (las más modernas).

Las cintas métricas más usadas son las de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 50 y 100 metros. Las dos últimas son llamadas de agrimensor y se construyen únicamente en acero, ya que la fuerza necesaria para tensarlas podría producir la extensión de las mismas si estuvieran construidas en un material menos resistente a la tracción.

Las más pequeñas están centimetradas e incluso algunas milimetradas, con las marcas y los números pintados o grabados sobre la superficie de la cinta, mientras que las de agrimensor están marcadas mediante remaches de cobre o bronce fijos a la cinta cada 2 dm, utilizando un remache algo mayor para los números impares y un pequeño óvalo numerado para los números pares.

### 3.10.2. Cronómetros

El cronómetro es un reloj, o una función del reloj que se utiliza para medir fracciones de tiempo, por lo general cortas y de manera muy precisa. Suelen encontrarse de dos tipos, los analógicos y los digitales.

Los primeros son aquellos que cuentan con manecillas para marcar la fracción temporal, los segundos son electrónicos y de mayor exactitud que los anteriores. Algunos de estos también cuentan con la función de cuenta regresiva.



Una de las ventajas de este tipo de aparatos es que permite comparar los resultados obtenidos a lo largo del tiempo, ya sea en relación con uno mismo, o con otra persona debido a la acuciosidad con que mide.

### **3.10.3. Sellador Para Madera**

Los selladores de maderas son productos Nitrocelulósicos, Acrílicos, Poliuretanos y Catalizados al Acido concentrados de apariencia pastosa con gran poder de relleno destinado a dar a la madera una superficie lisa y tersa, libre de poros e imperfecciones dando un acabado transparente resaltando las vetas naturales de la madera y de color blanco, cuando se requiera un acabado coloreado.

#### **3.10.3.1 Características Básicas de un Sellador**

- Gran capacidad de relleno (altos sólidos) lo que permite obtener una superficie lisa, tersa y libre de poros en pocas manos.
- Buena lijabilidad, siendo ésta una ventaja importantísima que conlleva a una madera bien terminada con mínimo esfuerzo y mayor rendimiento, tanto de la mano de obra como de los pliegos de lijas.

### **3.10.4. Pinturas**

Hoy en día, existen pinturas especiales para determinadas superficies, pinturas con diferentes propiedades protectoras, pinturas para producir texturas, pinturas de los más diversos colores, pinturas lavables, etc.

Algunas pinturas que se encuentran en el mercado son:



- **Pinturas minerales o vegetales:** en los últimos tiempos están surgiendo toda una serie de pinturas que no utilizan derivados del petróleo en su composición.

Recurren al uso de pigmentos tradicionales procedentes de animales o plantas. De hecho, para que una pintura pueda llamarse ecológica debería recurrir exclusivamente a materiales renovables en su composición. La calidad y durabilidad de este tipo de pinturas tampoco tiene demasiado que envidiar a la calidad de aquellas que podemos llamar convencionales.

- **Pinturas plásticas:** Se trata de pinturas diseñadas para ser resistentes al agua cuyo elemento aglutinante está formado por resinas plásticas o acrílicas. Son pinturas solubles en agua en su etapa líquida, de rápido secado, y poco olor. Una gran ventaja que ofrecen estas pinturas es que son pinturas lavables por lo que es fácil eliminar la suciedad acumulada en la superficie pintada. Son utilizadas sobre yesos o cementos, también sobre madera y metal aunque en este caso es necesario aplicar una imprimación previa.
- **Esmaltes:** Se trata de pinturas al aceite que ofrecen un acabado de gran brillo. Su secado es rápido. Se utilizan mucho como decoración sobre madera o sobre metal. Los esmaltes sintéticos pueden resistir la intemperie.
- **Pinturas al aceite:** Son pinturas usadas generalmente en sobre madera ya que al ser microporosas permiten que la madera respire.



- **Pinturas especiales:** Con diferentes efectos protectores como por ejemplo protección antibacteriana, antiácaros, antihongos, insecticida, contra radiación ultravioleta, etc. Muy interesantes para el tratamiento de maderas destinadas al exterior. Mención especial se debe hacer de las pinturas antioxidantes, con muy buena capacidad de cobertura y ofrecen gran protección anticorrosiva.

### 3.10.5. Instrumentos y Equipos Eléctricos

#### 3.10.5.1. Cables

Los cables más habituales son los conductores metálicos, ya sean macizos de una sola pieza o en forma de cuerpo constituido por un conjunto de hilos. Su diámetro, es decir la sección de los conductores, depende de la cantidad de corriente que deban transportar.

La mayoría de los productores de conductores de energía eléctrica atienden a las normas del sistema métrico decimal para especificar la sección de cada cable. Las secciones más corrientes son las de 1 y 1,5 mm<sup>2</sup>, empleadas para la iluminación y la de 2,5 mm<sup>2</sup> para aparatos de gran consumo. Algunos tipos de cables existentes son:

#### ➤ **De dos conductores y toma de tierra.**

- En sección de 10 mm<sup>2</sup> se utilizan para suministrar corriente a hornos y aparatos de gran competencia.
- En sección de 6 mm<sup>2</sup> suelen utilizarlos en circuitos destinados a alimentar hornos eléctricos superiores a 12 kw.
- En sección de 4 mm<sup>2</sup> estos conductores se usan en hornos, cocinas y pequeños calentadores.



- En sección de  $2,5 \text{ mm}^2$  los conductores más habituales en el circuito principal eléctrico de una casa.
  - En sección de  $1,5 \text{ mm}^2$  los cables que suelen componer los circuitos de iluminación.
- **De tres conductores y toma tierra.**
- En sección de  $1 \text{ mm}^2$  se usan en conmutadores para circuitos de iluminación.
- **Conductores Flexibles.**
- Cables sin doble aislamiento en sección de  $0,5$  y  $0,75 \text{ mm}^2$  se utilizan en aparatos de escasa potencia.
  - Cables de dos conductores en sección de  $0,5$  y  $0,75 \text{ mm}^2$  se emplean para apliques y herramientas eléctricas.
  - Cables de dos conductores y toma tierra en sección de  $1$  y  $1,5 \text{ mm}^2$  se utilizan para distintos aparatos.
  - Circulares trenzados en sección de  $1$  y  $1,25 \text{ mm}^2$  se usan para estufas y radiadores eléctricos.
  - Irretorcibles en sección de  $1,5$  y  $1,25 \text{ mm}^2$  se usan en planchas, cafeteras eléctricas y aparatos similares.
  - Termo-resistentes en sección de  $0,5$  y  $1,25 \text{ mm}^2$  se utilizan para bombillas entre  $100$  y  $200 \text{ w}$ .
  - Blancos para conexiones con poca intensidad de corriente se usan en lámparas de pie o sobremesa.

### 3.10.5.2. Interruptores Eléctricos

Es un dispositivo utilizado para desviar o interrumpir el curso de una corriente



eléctrica. En el mundo moderno las aplicaciones son innumerables, van desde un simple interruptor que apaga o enciende un bombillo, hasta un complicado selector de transferencia automático de múltiples capas controlado por computadora.

Su expresión más sencilla consiste en dos contactos de metal inoxidable y el actuante. Los contactos, normalmente separados, se unen para permitir que la corriente circule. El actuante es la parte móvil que en una de sus posiciones hace presión sobre los contactos para mantenerlos unidos.



## CAPÍTULO IV

### 4.1. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR DE UBICACIÓN

El espacio destinado para la colocación del sistema es el nuevo laboratorio de Hidráulica de la Universidad de Oriente Núcleo de Anzoátegui, el cual cuenta con espacio suficiente de aproximadamente 252 m<sup>2</sup>, amplias paredes de 5 m de altura para la fijación de éste con el propósito de evitar la ruptura de alguna tubería o accesorio. Además de ello, dispone de varas tomas de aguas blancas y un sistema de desagüe.

### 4.2. ALTERNATIVAS DE DISEÑO DEL SISTEMA

Para llevar a cabo el estudio de las pérdidas en tuberías de distintos materiales es necesaria la colocación de las mismas en serie, obteniendo así los datos de las pérdidas por fricción.

Estas tuberías estarán unidas mediante variados accesorios, como lo son: codos, ampliaciones, reducciones, válvulas y tees, las cuales nos permitirán obtener las pérdidas ocasionadas por estos. Además con la instalación de puntos piezométricos se obtendrán los diferentes valores de presión a lo largo de todo el sistema.

Es necesario el análisis de alternativas, para escoger el sistema adecuado y cumplir así con los objetivos planteados, teniendo en cuenta además factores como la disponibilidad y facilidad de instalación de cada uno de los materiales necesarios para la construcción del mismo.

A continuación se contemplan tres alternativas.



**ALTERNATIVA N° 1**

- ❖ Las tuberías a usar serán de plástico (PVC), hierro galvanizado y cobre, con diámetros de 1”.
- ❖ En cuanto a los accesorios serán usadas reducciones, ampliaciones, uniones de hierro galvanizado, tees, codos, esto para la unión de las tuberías, todos estos de tipo soldable. Para la regulación del fluido se usaran válvulas de bola y de compuerta. También se colocarán puntos piezométricos a lo largo de todo el sistema para que, con la ayuda de un manómetro se efectuará la correspondiente lectura de presión en cada punto.
- ❖ Tomando en consideración la geometría del sistema (ver anexo B, fig. 1), se calcularán las dimensiones del tanque y seleccionará el tipo de bomba adecuada.

**ALTERNATIVA N° 2**

- ❖ Las tuberías serán de cobre, plástico (PVC) y polietileno, con diámetros que oscilan entre  $\frac{3}{4}$ ” y 1”.
- ❖ Se usaran las conexiones (codos, tees, ampliaciones, etc.), de tipo roscable, necesarias para la unión de las tuberías así como también las válvulas que ayuden a controlar el flujo del agua a través del sistema.
- ❖ Tomando en consideración la geometría del sistema (ver anexo B, fig. 2), se calcularán las dimensiones del tanque y seleccionará el tipo de bomba adecuada.



### ALTERNATIVA N° 3

- ❖ En esta alternativa se emplearan las siguientes tuberías (ver anexo B, fig. 3)
  - Hierro Galvanizado (HG) de diámetro 1”.
  - Plástico (PVC) de diámetro 1”.
  - Cobre de diámetro de 1”.
  - Plástico (PVC) de 1”, con rugosidad artificial.
  - Hierro Galvanizado (HG) de diámetro de  $\frac{3}{4}$ ”.
- ❖ Para la unión de las tuberías en el sistema se usaran diferentes tipos de accesorios (de tipo soldable), necesarios para el estudio de perdidas menores en distintos tramos del mismo, dentro de los cuales tenemos tees, codos, uniones, ampliaciones, reducciones, etc. También se colocarán válvulas de globo y de bola, además de puntos piezométricos para el estudio de las distintas presiones.
- ❖ Tomando en consideración la geometría del sistema (ver anexo B, fig. 3), se calcularán las dimensiones del tanque y seleccionará el tipo de bomba adecuada.

### 4.3. CRITERIO DE SELECCIÓN

Se seleccionó la alternativa n° 3 y para esto se tomaron en cuenta distintos factores entre los cuales se tienen:

- Para la construcción se utilizarán 3 distintos tipos de tuberías lo cual permitirá tener diferente rugosidad y con ello se podrá comparar las pérdidas que genera cada una.



- Cada tubería posee características diferentes.
- La unión entre tuberías se harán a través de accesorios de tipo roscadas lo cual permitirá menos riesgo de fuga del líquido y presión.

#### **4.4. PRESUPUESTO**

Los cálculos métricos y el presupuesto base para la elaboración del equipo se encuentran reflejados en el anexo F.

#### **4.5. IDENTIFICACIÓN DE LAS TUBERÍAS**

Debemos tomar en cuenta las especificaciones descritas en las normas venezolanas COVENIN 253-82, donde se indica que el color verde se debe usar para la identificación de tuberías que contienen o transportan aguas blancas.

#### **4.6. SELECCIÓN DE LA BOMBA**

Se seleccionó la bomba de tipo centrifuga, de acuerdo a muchas razones entre las cuales tenemos:

- a. Son aparatos giratorios.
- b. No tienen órganos articulados y los mecanismos de acoplamiento son muy sencillos.
- c. La impulsión eléctrica del motor que la mueve es bastante sencilla.
- d. Para una operación definida, el gasto es constante y no se requiere dispositivo regulador.
- e. Se adaptan con facilidad a muchas circunstancias.

Aparte de las ventajas ya enumeradas, se unen las siguientes ventajas



económicas:

- a. El precio de una bomba centrífuga es accesible (aprox. 500,00 Bs.F).
- b. No requiere mucho espacio para su colocación.
- c. El peso es muy pequeño (más o menos 2Kg) y por lo tanto las cimentaciones también lo son.
- d. El mantenimiento de una bomba centrífuga sólo se reduce a renovar el aceite de las chumaceras, los empaques de la presa-estopa y el número de elementos a cambiar es muy pequeño.

## 4.7. CAUDAL DE DISEÑO

### 4.7.1. Longitud, Volúmen y Caudal

- Longitud de las Tubería

Tubería de HG Ø 1"= 22,725 m	}	Total Tuberías de Ø 1"= <b>33,165 m</b>
Tubería de Cu Ø 1"= 2,900 m		
Tubería de PVC Ø 1"= 7,540 m		
Tubería de HG Ø ¾"= 3,880 m	}	Total Tuberías de Ø ¾"= <b>3,880 m</b>

- Cálculo de Volúmen

$$Vol = A \times Longitud, \quad A = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

Para una tubería de 1"= 0,0254 m



$$Vol = \frac{3,14 \times 0,0254^2}{4} \times 33,165 \rightarrow Vol = 0,0168 \text{ m}^3$$

Para una tubería de  $\frac{3}{4}$ " = 0,01905 m

$$Vol = \frac{3,14 \times 0,01905^2}{4} \times 3,880 \rightarrow Vol = 1,11 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$Vol \text{ Total} = Vol \text{ } \varnothing 1 + Vol \frac{3}{4} \text{ } \varnothing = 0,0168 + 1,11 \times 10^{-3}$$

$$Vol \text{ Total} = 0,01791 \text{ m}^3$$

Para el cálculo del caudal de diseño, es necesario hacer uso de la Ecuación de Bernoulli, fijando dos puntos de referencia, uno en la superficie del agua y el otro en el orificio de descarga, como se muestra en el anexo B, fig 3.

Aplicando la ecuación:

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + Hb = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + hft_{(1-2)}$$

Siendo;  $Z_1 = P_1 = V_1 = 0$ , tenemos que:  $Hb = \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + hft_{(1-2)}$ ,

donde  $hft_{(1-2)} = hf + he$ . Si  $Z_2 = 0,30 \text{ m}$ :

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi \times D^2}{4}} \rightarrow V = \frac{4Q}{\pi \times D^2}$$

$$\frac{V_2^2}{2g} = \frac{\left(\frac{4Q}{\pi \times D^2}\right)^2}{2g} = \frac{8Q^2}{\pi^2 \times (0,0254)^4 \times 9,81} \rightarrow \frac{V_2^2}{2g} = 198.511,82Q^2$$



#### 4.7.2. Pérdidas en el Sistema debido a la Fricción (hf)

$$hf = \frac{f \times L \times V^2}{D \times 2g} ; \text{ donde } V^2 = \left( \frac{4Q}{\pi \times D^2} \right)^2$$

$$\text{Entonces } hf = \frac{8 \times f \times L \times Q^2}{\pi^2 \times D^5 \times g}, \text{ siendo } f = \frac{0,3164}{Re^{1/4}} \text{ y } Re = \frac{D \times V}{\nu}$$

$$L_t = \sum L_{\text{Tramo más desfavorable}}$$

El recorrido N° 5, el más desfavorable  $L_{t(01r)} = 5,96 \text{ m}$ ,  $\nu = 0,894 \times 10^{-6}$  (ver anexo A, tabla 2)

$$f_{1r} = \frac{0,3164 \times \pi^{1/4} \times (0,0254)^{1/4} \times (0,894 \times 10^{-6})^{1/4}}{4^{1/4} \times Q^{1/4}} \rightarrow f_{1r} = \frac{0,003656}{Q^{1/4}}$$

$$\therefore hf_{1r} = 170.296,25Q^{7/4}$$

$$f_{3/4}'' = \frac{0,3164 \times \pi^{1/4} \times (0,01905)^{1/4} \times (0,894 \times 10^{-6})^{1/4}}{4^{1/4} \times Q^{1/4}} \rightarrow f_{1r} = \frac{0,003403}{Q^{1/4}}$$

$$\therefore hf_{3/4}'' = 434.850,53Q^{7/4}$$

#### 4.7.3. Pérdidas Locales (hL)

En el cálculo de las pérdidas locales o por accesorios, tomamos en cuenta los que están en el recorrido más desfavorable, sabiendo que:



$$h_L = K \times \frac{V^2}{2g} \quad \text{y} \quad V^2 = \left( \frac{4Q}{\pi \times D^2} \right)^2 \quad \rightarrow \quad h_L = \frac{8 \times K \times Q^2}{g \times \pi^2 \times D^4}$$

ACCESORIOS	K*	CANT.	K <sub>TOTAL</sub>
Codo de 90°	0,69	4	2,76
Tee (Flujo Directo)	0,46	2	0,92
Tee (Flujo Desviado a 90°)	1,38	2	2,76
Reducción Gradual	0,15	1	0,15
Ampliación Gradual	0,30	1	0,30
Válvula de Globo Ø ¾ "	8,5	1	8,5
Válvula de Globo Ø 1"	7,82	2	15,64
Válvula de Compuerta Ø 1"	0,184	1	0,184

\* [4] Págs.: A-46 a la A-49

$\square K_{TOTAL} = 31,21$

$$h_{L(1'')} = \frac{8 \times 31,21 \times Q^2}{9,81 \times \pi^2 \times (0,0254)^4} \quad \rightarrow \quad h_{L(1'')} = 6.195.553,85Q^2$$

En conclusión, tenemos que:

$$Hb = 198.511,82Q^2 + 0,3 + 167.724,30Q^{7/4} + 434.850,53Q^{7/4} + 6.195.553,85Q^2$$

$$Hb = 6.394.065,67Q^2 + 596.574,83Q^{7/4} + 0,3$$

Dándole valores a Q, se obtienen los valores prácticos de Hb para graficar los mismos y relacionar dicha gráfica con la curva característica de la bomba, obteniendo así el caudal de diseño:  $Q = 0,0006667 \text{ m}^3/\text{seg}$  (ver anexo A,

fig. 2)

Una vez obtenido el caudal de diseño, calculamos las velocidades para cada diámetro de tubería  $V = \frac{Q}{A}$ , así:



$$V_{1'} = \frac{0,0006667}{\frac{\pi \times (0,0254)^2}{4}} \rightarrow V_{1'} = 1,32 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$V_{3/4} = \frac{0,0006667}{\frac{\pi \times (0,01905)^2}{4}} \rightarrow V_{3/4} = 2,34 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Usando la  $V_{3/4} = 2,34 \text{ m}^3/\text{seg}$ , se calcula el número de Reynolds y la rugosidad relativa, para luego obtener el factor de fricción  $f$  a través del diagrama de Moody (ver anexo A fig. 1) que después se usará para el cálculo de las pérdidas del sistema.

$$Re = \frac{2,34 \times 0,0195}{0,0894 \times 10^{-6}} \rightarrow Re = 49.862,42$$

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{1,15 \times 10^{-4}}{0,01905} \rightarrow \frac{\varepsilon}{D} = 7,87 \times 10^{-3}$$

$$f = 0,0458$$

#### 4.7.4. Altura del Sistema ( $H_{\text{máx}}$ ) y Cálculo de la Potencia de la Bomba

Es necesaria para la verificar que la potencia de la bomba que se está usando sea la correcta.

$$H_{\text{máx}} = h + H_{\text{mín}} + H$$

$h = 1,02 \text{ m}$ , es la altura del recorrido más desfavorable (ver anexo B fig. 3).

$H_{\text{mín}} = 7 \text{ m}$ , es la presión mínima en el punto más desfavorable (ver anexo A tabla 3).



$H = \sum J \times L_e$ , son las pérdidas menores en el sistema. Siendo:

$$J = \frac{1,21957 \times 10^{10} \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,87}} \quad \text{y} \quad L_e = \frac{K \times D}{f}$$

$Q$  en  $L/seg$ ,  $D$  en  $cm$  y  $C$  (ver anexo A tabla 1)

Longitud Equivalente para una Tubería de Ø 1"	
ACCESORIOS	Le* (m)
4 Codos de 90°	1,53
2 Tee (Flujo Directo)	0,51
2 Tee (Flujo Desviado a 90°)	1,53
1 Reducción Gradual	0,08
2 Válvulas de Globo	4,34
1 Válvula de Compuerta	0,10
Long. Tubería Ø1"- Recorrido N° 5	5,96
	<b>□ Le = 14,05</b>

\* Ver ejemplos de cálculo (anexo F)

$$J = \frac{1,21957 \times 10^{10} \times 0,667^{1,85}}{120^{1,85} \times 19,05^{4,87}} \rightarrow J = 0,118 \text{ m/m}$$

$$J_1 \times L_{e_1} = 1,65 \text{ m}$$

Longitud Equivalente para una Tubería de Ø ¾"	
ACCESORIOS	Le* (m)
1 Ampliación Gradual	0,13



1 Válvula de Globo	3,54
Long. Tubería Ø ¾" - Recorrido N° 5	3,88
	□ <b>Le = 7,55</b>

\* Ver ejemplos de cálculo (anexo F)

$$J = \frac{1,21957 \times 10^{10} \times 0,667^{1,85}}{120^{1,85} \times 19,05^{4,87}} \rightarrow J = 0,48 \text{ m/m}$$

$$J_{3/4} \times Le_{3/4} = 3,62 \text{ m}$$

$$\text{Así, } H_{m\acute{a}x} = 1,02 + 7 + (1,65 + 3,62) \rightarrow H_{m\acute{a}x} = 13,29 \text{ m}$$

$$\text{Por último, } Hp = \frac{Q \times H_{m\acute{a}x}}{45} = \frac{0,667 \times 13,29}{45} \rightarrow Hp = 0.2$$

Como 0,2 no es un valor comercial para una bomba, se recomienda el uso de una bomba de ½ Hp.

#### 4.7.5. El Tanque y la Bomba

El tanque a usar tiene una capacidad máxima de 0,189 m<sup>3</sup>, el cual es suficiente para todo el sistema (ver anexo B fig. 4).

Es necesario, tener en cuenta que el nivel del agua en el tanque debe estar constantemente por encima de la tubería de succión de la bomba (aprox. 40cm desde el fondo del tanque), para así evitar problemas de cavitación.

Tanto el tanque como la bomba estarán colocados sobre bases firmes, para que estas no estén en contacto directo con el suelo (ver anexo B fig. 5).



## 4.8. CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TUBERÍAS

### 4.8.1. Base del Sistema

Luego de haber determinado las longitudes del sistema, se procedió a:

- Cortar los perfiles 1" x 1/8", con una tronzadora de banco con discos abrasivos, haciendo cortes de 45° lo más preciso posible.
- Armar en el piso el marco con la ayuda de un nivel para que quedase parejo, se procedió a soldar usando electrodos 30/16 y una máquina para tal fin.
- Quitarle con un esmeril de mano de 7" las imperfecciones causadas por la soldadura (escoria), se le colocó un fondo anticorrosivo y pintura negra para darle el acabado final.
- Encajar las láminas de MDF de 15mm, las cuales fueron cortadas a la medida requerida por una sierra industrial para que acoplara en el marco, puesto que la medida total de le tablero no es comercial.
- Ajustar las láminas de MDF al marco usando tornillos tirafondo y colocar pletinas de 1" x 1/8" en la parte trasera de marco y paralelas a la altura del marco para evitar que el MDF se doblara u ondeara.

### 4.8.2. Sistema de Tuberías

De acuerdo a las dimensiones establecidas para la red de tuberías, se:

- Realizaron los cortes necesarios para que cada tubería (HG 1", HG 3/4", PVC 1", Cu 1") encajase según el esquema establecido, luego se le hicieron las rocas en los extremos, todo esto con una máquina y un lugar adecuado para estos trabajos. La rugosidad artificial hecha a la



tubería de PVC ubicada en el recorrido N° 3, se hizo colocando un objeto filoso de 1" de tamaño en la punta de una cabilla delgada y con la ayuda de un taladro se introdujo en la tubería, logrando hacer estrías dentro de la misma..

- Elaboraron los soportes del sistema usando pletinas de 1" x 1/8" dándoles la forma deseada de manera que la tubería quedará dentro de un anillo hecho con la pletina y dejando una separación entre el MDF y la tubería aproximadamente de 10 cm.
- Soldaron las uniones de 1/2" las cuales serían las bases para la colocación de los puntos piezométricos y se le perforaron orificios perpendiculares a la tubería y dentro del espacio dejado por dichas uniones.
- Ajustaron los distintos accesorios al tubo correspondiente según el esquema, armándose totalmente de la siguiente manera: en los tubos de HG y PVC se unieron con conexiones y accesorios roscados, y para la tubería de cobre se soldaron acoples roscados en ambos extremos del tubo (usando un equipo de oxígeno acetileno y electrodos de plata) puesto que el mismo no se podía roscar.  
A todas las conexiones se colocó teflón líquido con el fin de evitar filtraciones.
- Procedió a fijar el sistema ya armado en el cuadro de MDF usando tornillos con tuercas, para luego se fijara el tablero completo a la pared utilizando tornillos con ramplús de hierro, a una altura adecuada para facilitar el manejo de las válvulas, los puntos piezométricos y las



mediciones de presión. Las tuberías fueron pintadas de color verde, según lo establecido por las Normas Venezolana COVENIN 253-82.

#### 4.8.3. Tanque

De acuerdo al volúmen requerido según el diseño para circular por el sistema, se:

- Cortaron las láminas de hierro galvanizado, de acuerdo con las medidas establecidas en el diseño, para posteriormente ser soldadas, eliminando las escorias con un esmeril de mano de 7".
- Le realizó al tanque ya construido, un orificio en la base de ½" de diámetro para que sirva como punto de descarga del agua. Luego para la tubería de succión de la bomba, a lo largo (0,70 m) se le realizó un orificio de diámetro de 1 ¼" y se le soldó un tubo del mismo diámetro de aproximadamente 12 cm (ver anexo B fig. 7).
- Aplicó a toda la superficie del tanque (externa e interna) un fondo anticorrosivo y pintura verde, según lo señalado en las normas Venezolanas COVENIN 253-82.

#### 4.8.4. Soportes de la Bomba y del Tanque

Teniendo en cuenta las dimensiones de la bomba y del tanque, para la construcción de ambos soportes, se:

- Usaron tubos rectangulares de 2x2 cm (para que soportaran el peso del tanque cuando esté lleno), siendo cortados según las dimensiones requeridas.



- Construyeron los soportes para luego fijar en ellos la bomba y el tanque respectivamente.
- Conectó la bomba al tanque a través de un tubo de HG de 1 ¼" y al sistema por medio de un tubo de HG de 1".
- Conectó la corriente de 110v a la bomba, a través de un cable N°12 y un breaker para el encendido y apagado del equipo.

## 4.9. MATERIALES Y HERRAMIENTAS USADOS EN LA CONSTRUCCIÓN

### 4.9.1. Materiales

- Tuberías
  - Tubo de HG de diámetro 1"
  - Tubo de PVC de diámetro de 1"
  - Tubo de Cobre de diámetro de 1"
  - Tubo de HG de diámetro de ¾"
  - 12 niples de HG de diámetro de 1"
- Accesorios
  - 6 codos de 90° de HG, de diámetro 1"
  - 10 tees de HG de diámetro 1"
  - 6 uniones universales de diámetro 1"
  - 1 unión universal de diámetro ¾"
  - 7 válvulas de globo de cobre, diámetro de 1"
  - 1 válvula de globo de cobre, diámetro de ¾"
  - 1 válvula de compuerta de cobre, diámetro de ¾"
  - 1 reducción de 1" a ¾", de HG



- 1 ampliación de  $\frac{3}{4}$ " a 1", de HG
- 19 puntos piezométricos
- Lámina de HG N° 16
- 2 perfiles de 1"x1/8"
- 1 pletina de 1"x1/8"

➤ Otros Materiales

- Fondo anticorrosivo
- Pintura de esmalte color verde
- Ramplús
- Tornillos tirafondo
- Tornillos con ramplús de hierro
- Cable N° 12
- Tornillos con tuercas y arandelas
- Teflón líquido
- Breaker
- Electrodo
- Lijas
- Discos abrasivos
- Mangueras de presión
- Pega marina

**4.9.2. Herramientas**

- Llave de tubo
- Arco de cegueta
- Taladro Bosch
- Esmeril Bosch de 7"
- Tronzadora Toolmax
- Máquina de soldar Lincoln



- Equipo oxicorte
- Martillo
- Nivel Stanley
- Prensa
- Mechas para taladros
- Alicates de presión
- Llave inglesa
- Brochas

#### 4.10. CALIBRACIÓN DEL SISTEMA

Después de construir el equipo se procedió a realizar los ensayos para así calibrar el equipo de la siguiente manera:

- Se llenó el tanque de alimentación a una altura adecuada.
- Se verificó que las válvulas de los puntos piezométricos estuvieran cerradas y las válvulas de bola abiertas.
- Se encendió la bomba por un espacio de tiempo de tal manera que el aire atrapado en las tuberías fuera expulsado.
- Se midieron volúmenes para un determinado tiempo utilizando un cilindro graduado y un cronometro. Este procedimiento se realizo dos veces para cada recorrido y cada abertura.
- Con un manómetro de 60 PSI de capacidad y una apreciación de 0,5 PSI se midieron las presiones de cada punto piezométrico ubicados en el recorrido en estudio, esto se realizo abriendo la válvula de globo del recorrido y cerrando todas las demás de los restantes recorridos.
- Se varía la abertura de la válvula de control (descarga del sistema) y se toman las presiones como se indico en el paso anterior. Esto se



realizo tres veces para cada abertura (4/4,3/4, 2/4, 1/4) y recorrido del sistema.

- Con los valores obtenidos se procedió a realizar los cálculos correspondientes.

Los resultados obtenidos están plasmados en el CAPÍTULO V, los cuales se obtuvieron luego de realizar los ensayos necesarios y los cálculos respectivos.



## **CAPÍTULO V - RESULTADOS**

Según los datos obtenidos de los ensayos realizados, se efectuaron los cálculos correspondientes y se obtuvieron los siguientes resultados

## 5.1. TABLAS DE RESULTADOS

Tabla N°1-1

Recorrido N°1 (Tubería de Cobre)

Diámetro 1" (0,0254 m)

ABERTURA	Q (m <sup>3</sup> /seg)	V (m/seg)	V <sup>2</sup>	Re (10 <sup>5</sup> )	hfT (m)	f	ΔP (psi)	hfP (m)
4/4	0,000740	1,46	2,1316	0,414810	0,296759	0,028434	0,467	0,328355
3/4	0,000730	1,44	2,0736	0,409128	0,289374	0,028502	0,534	0,375464
2/4	0,000664	1,31	1,7161	0,372192	0,242796	0,028896	0,500	0,351558
1/4	0,000287	0,57	0,3249	0,161946	0,050513	0,031754	0,100	0,070317

Tabla N°1-2

Recorrido N°2 (Tubería de Plástico Lisa)

Diámetro 1" (0,0254 m)

ABERTURA	Q (m <sup>3</sup> /seg)	V (m/seg)	V <sup>2</sup>	Re (10 <sup>5</sup> )	hfT (m)	f	ΔP (psi)	hfP (m)
4/4	0,000740	1,46	2,1316	0,414810	0,258701	0,024788	0,367	0,258043
3/4	0,000730	1,44	2,0736	0,409128	0,252263	0,024847	0,067	0,047109
2/4	0,000664	1,31	1,7161	0,372192	0,211658	0,025190	0,133	0,093514
1/4	0,000287	0,57	0,3249	0,161946	0,044769	0,028143	0,033	0,023202

Tabla N°1-3

Recorrido N°3 (Tubería de Plástico con Rugosidad Artificial)

Diámetro 1" (0,0254 m)

ABERTURA	Q (m <sup>3</sup> /seg)	V (m/seg)	V <sup>2</sup>	Re (10 <sup>5</sup> )	hfT (m)	f	ΔP (psi)	hfP (m)
4/4	0,000740	1,46	2,1316	0,414810	0,404359	0,036609	0,667	0,468979
3/4	0,000730	1,44	2,0736	0,409128	0,394297	0,038837	1,100	0,773411
2/4	0,000664	1,31	1,7161	0,372192	0,330830	0,039374	1,300	0,914051
1/4	0,000287	0,57	0,3249	0,161946	0,069976	0,043989	0,234	0,164529

Tabla N°1-4

Recorrido N°4 (Tubería de Hierro Galvanizado)

Diámetro 1" (0,0254 m)

ABERTURA	Q (m <sup>3</sup> /seg)	V (m/seg)	V <sup>2</sup>	Re (10 <sup>5</sup> )	hfT (m)	f	ΔP (psi)	hfP (m)
4/4	0,000740	1,46	2,1316	0,414810	0,344178	0,032978	0,200	0,140600
3/4	0,000730	1,44	2,0736	0,409128	0,335614	0,033057	0,100	0,073117
2/4	0,000664	1,31	1,7161	0,372192	0,281592	0,033513	0,233	0,163826
1/4	0,000287	0,57	0,3249	0,161946	0,059561	0,037442	0,134	0,094222

Tabla N°1-5

Recorrido N°5 (Tubería de Hierro Galvanizado)

Diámetro ¾" (0,01905 m)

ABERTURA	Q (m <sup>3</sup> /seg)	V (m/seg)	V <sup>2</sup>	Re (10 <sup>5</sup> )	hfT (m)	f	ΔP (psi)	hfP (m)
4/4	0,000740	2,60	6,7600	0,554027	1,397524	0,031668	0,600	0,421870
3/4	0,000730	2,56	6,5536	0,545503	1,362750	0,031852	0,734	0,516088
2/4	0,000664	2,33	5,4289	0,496493	1,143398	0,032262	0,700	0,492182
1/4	0,000287	1,01	1,0201	0,215218	0,241846	0,036316	0,230	0,161917

Tabla N°2-1

Recorrido N°1 (Tubería de Cobre)

Diámetro 1" (0,0254 m)

Tramo 17-18

ABERTURA	4/4	3/4	2/4	1/4
$Q_{prom}$ (m <sup>3</sup> /seg)	0,00074	0,00073	0,000664	0,000287
V (m/seg)	1,46	1,44	1,31	0,57
$V^2$	2,1316	2,0736	1,7161	0,3249
Re (x10 <sup>5</sup> )	0,414810	0,409128	0,372192	0,161946
f	0,022170	0,022247	0,022779	0,028047
$h_{eT}$ (m)	0,019991	0,019447	0,016094	0,003047
$h_{fT}$ (m)	0,049370	0,048141	0,040392	0,008544
$h_{fT}$ (m)	0,069361	0,067588	0,056486	0,011591
$\Delta P$ (PSI)	0,133	0,2	0,234	0,1
$h_{fTP}$ (m)	0,093515	0,140623	0,164529	0,070317
$h_{eP}$ (m)	0,044145	0,092482	0,124137	0,061773
$K_{teórico}$	0,184	0,184	0,184	0,184
$K_{práctico}$	0,406326	0,875047	1,419246	3,730336

Tabla N°2-2

Recorrido N°2 (Tubería de PVC Lisa)

Diámetro 1" (0,0254 m)

Tramo 17-18

ABERTURA	4/4	3/4	2/4	1/4
$Q_{prom}$ (m <sup>3</sup> /seg)	0,00074	0,00073	0,000664	0,000287
V (m/seg)	1,46	1,44	1,31	0,57
$V^2$	2,1316	2,0736	1,7161	0,3249
Re (x10 <sup>5</sup> )	0,414810	0,409128	0,372192	0,161946
f	0,022170	0,022247	0,022779	0,028047
$h_{eT}$ (m)	0,019991	0,019447	0,016094	0,003047
$h_{fT}$ (m)	0,049370	0,048141	0,040392	0,008544
$h_{fT}$ (m)	0,069361	0,067588	0,056486	0,011591
$\Delta P$ (PSI)	0,134	0,134	0,2	0,1
$h_{fTP}$ (m)	0,094218	0,094218	0,140623	0,070312
$h_{eP}$ (m)	0,044848	0,046077	0,100231	0,061768
$K_{teórico}$	0,184	0,184	0,184	0,184
$K_{práctico}$	0,412794	0,435972	1,145931	3,730034

Tabla N°2-3

Recorrido N°3 (Tubería de PVC con Rugosidad Artificial)

Diámetro 1" (0,0254 m)

Tramo 17-18

ABERTURA	4/4	3/4	2/4	1/4
$Q_{prom}$ (m <sup>3</sup> /seg)	0,00074	0,00073	0,000664	0,000287
V (m/seg)	1,46	1,44	1,31	0,57
$V^2$	2,1316	2,0736	1,7161	0,3249
Re (x10 <sup>5</sup> )	0,414810	0,409128	0,372192	0,161946
f	0,022170	0,022247	0,022779	0,028047
$h_{eT}$ (m)	0,019991	0,019447	0,016094	0,003047
$h_{fT}$ (m)	0,049370	0,048141	0,040392	0,008544
$h_{fT}$ (m)	0,069361	0,067588	0,056486	0,011591
$\Delta P$ (PSI)	0,034	0,133	0,2	0,1
$h_{fTP}$ (m)	0,023906	0,093515	0,140623	0,070312
$h_{eP}$ (m)	-0,025464	0,045374	0,084134	0,061768
$K_{teórico}$	0,184	0,184	0,184	0,184
$K_{práctico}$	0,234380	0,429320	0,961896	3,730034

Tabla N°2-4

Recorrido N°4 (Tubería de Hierro Galvanizado)

Diámetro 1" (0,0254 m)

Tramo 17-18

ABERTURA	4/4	3/4	2/4	1/4
$Q_{prom}$ (m <sup>3</sup> /seg)	0,00074	0,00073	0,000664	0,000287
V (m/seg)	1,46	1,44	1,31	0,57
$V^2$	2,1316	2,0736	1,7161	0,3249
Re (x10 <sup>5</sup> )	0,414810	0,409128	0,372192	0,161946
f	0,022170	0,022247	0,022779	0,028047
$h_{eT}$ (m)	0,019991	0,019447	0,016094	0,003047
$h_{fT}$ (m)	0,049370	0,048141	0,040392	0,008544
$h_{fT}$ (m)	0,069361	0,067588	0,056486	0,011591
$\Delta P$ (PSI)	0,133	0,1	0,2	0,033
$h_{fTP}$ (m)	0,093515	0,070317	0,140623	0,023203
$h_{eP}$ (m)	0,044145	0,022176	0,100231	0,014659
$K_{teórico}$	0,184	0,184	0,184	0,184
$K_{práctico}$	0,406323	0,204116	1,14593	0,88525

Tabla N°2-5

Recorrido N°5 (Tubería de Hierro Galvanizado)

Diámetro 3/4 " (0,01905 m)

Tramo 17-18

ABERTURA	4/4	3/4	2/4	1/4
$Q_{prom}$ (m <sup>3</sup> /seg)	0,00074	0,00073	0,000664	0,000287
V (m/seg)	1,46	1,44	1,31	0,57
V <sup>2</sup>	2,1316	2,0736	1,7161	0,3249
Re (x10 <sup>5</sup> )	0,414810	0,409128	0,372192	0,161946
f	0,022170	0,022247	0,022779	0,028047
h <sub>eT</sub> (m)	0,019991	0,019447	0,016094	0,003047
h <sub>fT</sub> (m)	0,049370	0,048141	0,040392	0,008544
h <sub>ftT</sub> (m)	0,069361	0,067588	0,056486	0,011591
ΔP (PSI)	0,134	0,133	0,297	0,067
h <sub>ftP</sub> (m)	0,094218	0,093515	0,208826	0,047109
h <sub>eP</sub> (m)	0,044848	0,045374	0,168434	0,038565
K <sub>teórico</sub>	0,184	0,184	0,184	0,184
K <sub>práctico</sub>	0,412797	0,429320	1,925689	2,328856

Tabla N°2-6

Recorrido N°1 (Tubería de Cobre)

Diámetro 1" (0,0254 m)

Tramo 18-19

ABERTURA	4/4	3/4	2/4	1/4
$Q_{prom}$ (m <sup>3</sup> /seg)	0,00074	0,00073	0,000664	0,000287
V (m/seg)	1,46	1,44	1,31	0,57
$V^2$	2,1316	2,0736	1,7161	0,3249
Re (x10 <sup>5</sup> )	0,414810	0,409128	0,372192	0,161946
f	0,022170	0,022247	0,022779	0,028047
$h_{eT}$ (m)	0,849598	0,826481	0,683991	0,129496
$h_{fT}$ (m)	0,049370	0,048141	0,040392	0,008544
$h_{fT}$ (m)	0,898968	0,874622	0,724383	0,0138040
$\Delta P$ (PSI)	0,1	0	0,166	0,033
$h_{fTP}$ (m)	0,070312	0	0,116717	0,023203
$h_{eP}$ (m)	0,020942	-0,048141	0,076325	0,014659
$K_{teórico}$	7,82	7,82	7,82	7,82
$K_{práctico}$	0,192758	0,455501	0,872616	0,885225

Tabla N°2-7

Recorrido N°2 (Tubería de PVC Lisa)

Diámetro 1" (0,0254 m)

Tramo 18-19

ABERTURA	4/4	$\frac{3}{4}$	2/4	1/4
$Q_{prom}$ (m <sup>3</sup> /seg)	0,00074	0,00073	0,000664	0,000287
V (m/seg)	1,46	1,44	1,31	0,57
$V^2$	2,1316	2,0736	1,7161	0,3249
Re (x10 <sup>5</sup> )	0,414810	0,409128	0,372192	0,161946
f	0,022170	0,022247	0,022779	0,028047
$h_{eT}$ (m)	0,849598	0,826481	0,683991	0,129496
$h_{fT}$ (m)	0,049370	0,048141	0,040392	0,008544
$h_{fT}$ (m)	0,898968	0,874622	0,724383	0,0138040
$\Delta P$ (PSI)	0,166	0,066	0,067	0
$h_{fTP}$ (m)	0,116717	0,046406	0,047109	0
$h_{eP}$ (m)	0,067347	0,001735	0,006717	-0,008544
$K_{teórico}$	7,82	7,82	7,82	7,82
$K_{práctico}$	0,619836	0,016416	0,076780	0,051595

Tabla N°2-8

Recorrido N°3 (Tubería de PVC con Rugosidad Artificial)

Diámetro 1" (0,0254 m)

Tramo 18-19

ABERTURA	4/4	3/4	2/4	1/4
$Q_{prom}$ (m <sup>3</sup> /seg)	0,00074	0,00073	0,000664	0,000287
V (m/seg)	1,46	1,44	1,31	0,57
$V^2$	2,1316	2,0736	1,7161	0,3249
Re (x10 <sup>5</sup> )	0,414810	0,409128	0,372192	0,161946
f	0,022170	0,022247	0,022779	0,028047
$h_{eT}$ (m)	0,849598	0,826481	0,683991	0,129496
$h_{fT}$ (m)	0,049370	0,048141	0,040392	0,008544
$h_{fT}$ (m)	0,898968	0,874622	0,724383	0,0138040
$\Delta P$ (PSI)	0,133	0,167	0,167	0,267
$h_{fTP}$ (m)	0,093515	0,117421	0,117421	0,187732
$h_{eP}$ (m)	0,044145	0,069280	0,077029	0,179188
$K_{teórico}$	7,82	7,82	7,82	7,82
$K_{práctico}$	0,406326	0,655514	0,880665	10,822077

Tabla N°2-9

Recorrido N°4 (Tubería de Hierro Galvanizado)

Diámetro 1" (0,0254 m)

Tramo 18-19

ABERTURA	4/4	3/4	2/4	1/4
$Q_{prom}$ (m <sup>3</sup> /seg)	0,00074	0,00073	0,000664	0,000287
V (m/seg)	1,46	1,44	1,31	0,57
$V^2$	2,1316	2,0736	1,7161	0,3249
Re (x10 <sup>5</sup> )	0,414810	0,409128	0,372192	0,161946
f	0,022170	0,022247	0,022779	0,028047
$h_{eT}$ (m)	0,849598	0,826481	0,683991	0,129496
$h_{fT}$ (m)	0,049370	0,048141	0,040392	0,008544
$h_{fT}$ (m)	0,898968	0,874622	0,724383	0,0138040
$\Delta P$ (PSI)	0,167	0,2	0,134	0,034
$h_{fTP}$ (m)	0,117421	0,140623	0,094218	0,023906
$h_{eP}$ (m)	0,068040	0,092482	0,053888	0,015362
$K_{teórico}$	7,82	7,82	7,82	7,82
$K_{práctico}$	0,626264	0,8775047	0,616096	0,927678

Tabla N°2-10

Recorrido N°5 (Tubería de Hierro Galvanizado)

Diámetro 3/4" (0,01905 m)

Tramo 18-19

ABERTURA	4/4	3/4	2/4	1/4
$Q_{prom}$ (m <sup>3</sup> /seg)	0,00074	0,00073	0,000664	0,000287
V (m/seg)	1,46	1,44	1,31	0,57
V <sup>2</sup>	2,1316	2,0736	1,7161	0,3249
Re (x10 <sup>5</sup> )	0,414810	0,409128	0,372192	0,161946
F	0,022170	0,022247	0,022779	0,028047
h <sub>eT</sub> (m)	0,849598	0,826481	0,683991	0,129496
h <sub>fT</sub> (m)	0,049370	0,048141	0,040392	0,008544
h <sub>ftT</sub> (m)	0,898968	0,874622	0,724383	0,0138040
ΔP (PSI)	0,1	0,133	0,1	0,033
h <sub>ftP</sub> (m)	0,070312	0,093515	0,070312	0,023203
h <sub>eP</sub> (m)	0,020942	0,045374	0,02992	0,014659
K <sub>teórico</sub>	7,82	7,82	7,82	7,82
K <sub>práctico</sub>	0,192758	0,429320	0,342072	0,885225

Tabla N°2-11

Recorrido N°5 (Tubería de Hierro Galvanizado)

Diámetro 3/4" (0,01905 m)

Tramo 12-13 (Ampliación)

ABERTURA	4/4	3/4	2/4	1/4
$Q_{prom}$ (m <sup>3</sup> /seg)	0,00074	0,00073	0,000664	0,000287
$V_{12}$ (m/seg)	2,60	2,56	2,33	1,01
$V_{13}$ (m/seg)	1,46	1,44	1,31	0,57
$(V_{12})^2$	6,76	6,5536	5,4289	1,0201
$(V_{13})^2$	2,1316	2,0736	1,7161	0,3249
$Re_{12}$ (x10 <sup>5</sup> )	0,554027	0,545503	0,496493	0,215218
$Re_{13}$ (x10 <sup>5</sup> )	0,414810	0,0409128	0,372192	0,161946
$f_{12}$	0,020623	0,020703	0,021196	0,026123
$f_{13}$	0,022170	0,022247	0,022278	0,028048
$h_{eT}$ (m)	0,066238	0,063935	0,053028	0,009867
$h_{fT}$ (m)	0,216965	0,216965	0,177512	0,037547
$h_{fT}$ (m)	0,283203	0,280900	0,23054	0,047414
$\Delta P$ (PSI)	0,167	0,133	0,134	0,034
$h_{fP}$ (m)	0,117421	0,093515	0,094218	0,023906
$h_{eP}$ (m)	-0,165782	-0,123450	-0,083294	-0,01364
$K_{teórico}$	0,30	0,30	0,3	0,3
$K_{práctico}$	-0,481160	-0,369582	-0,301024	-0,262363

Tabla N°2-12

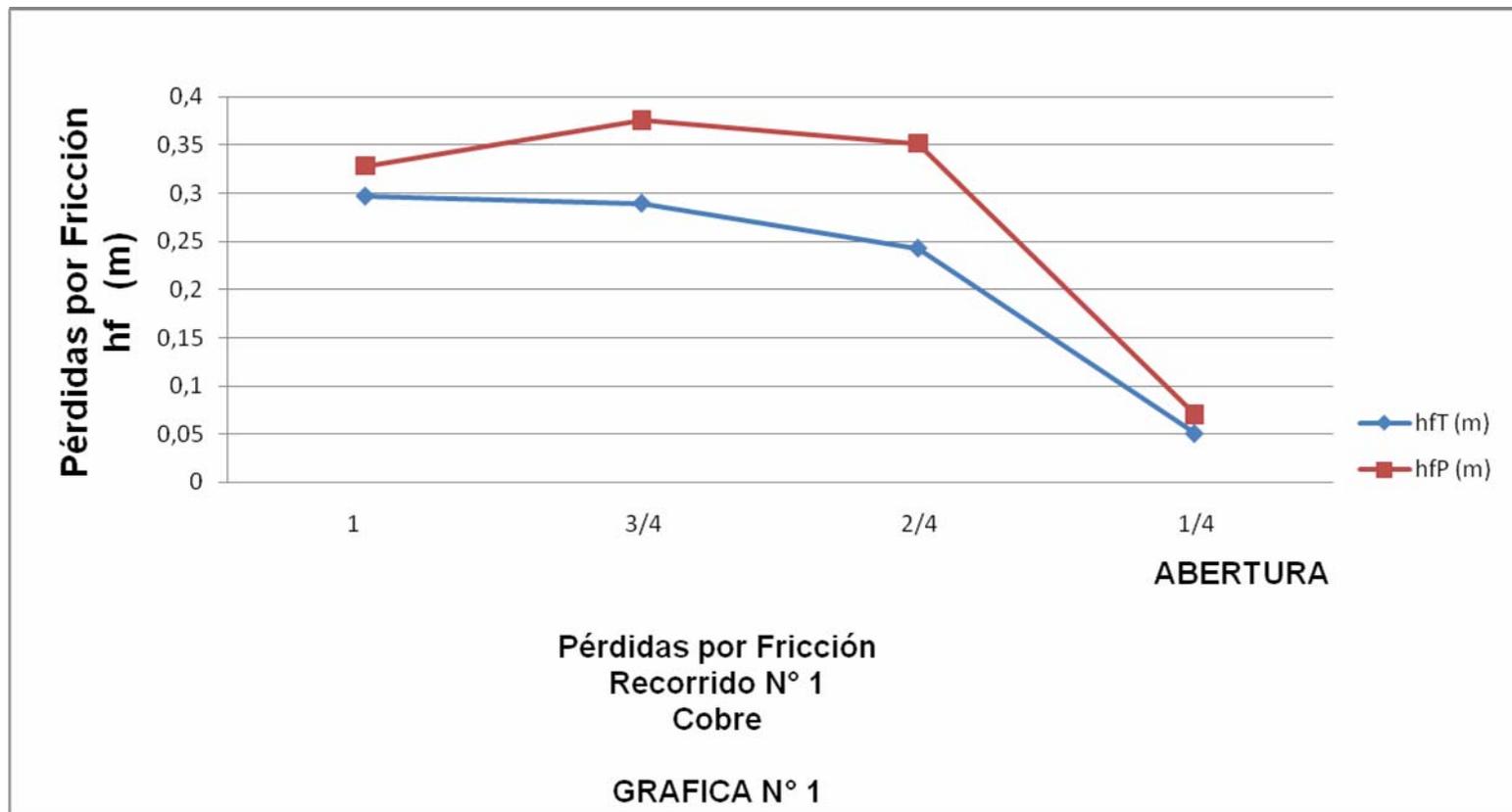
Recorrido N°5 (Tubería de Hierro Galvanizado)

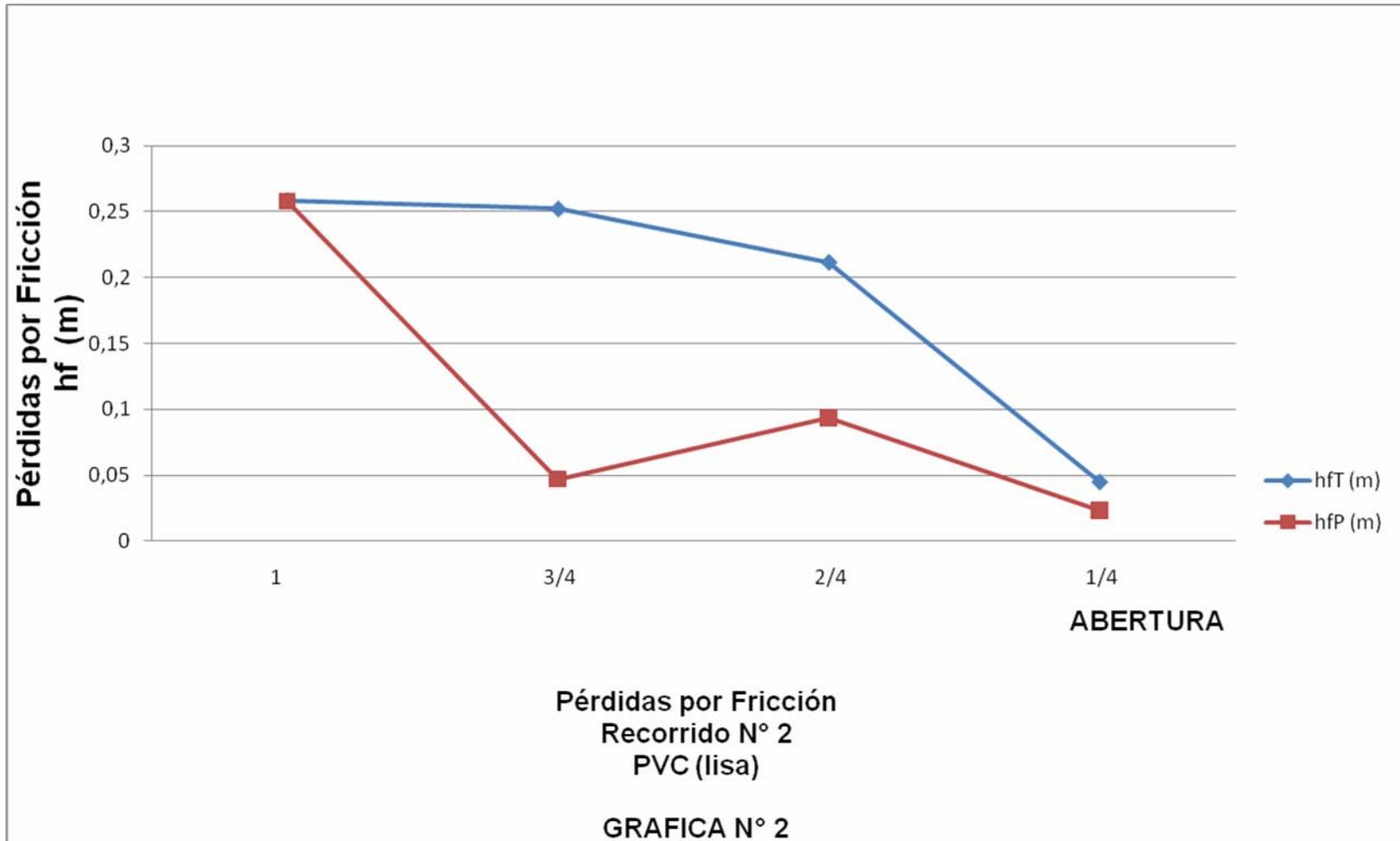
Diámetro 3/4" (0,01905 m)

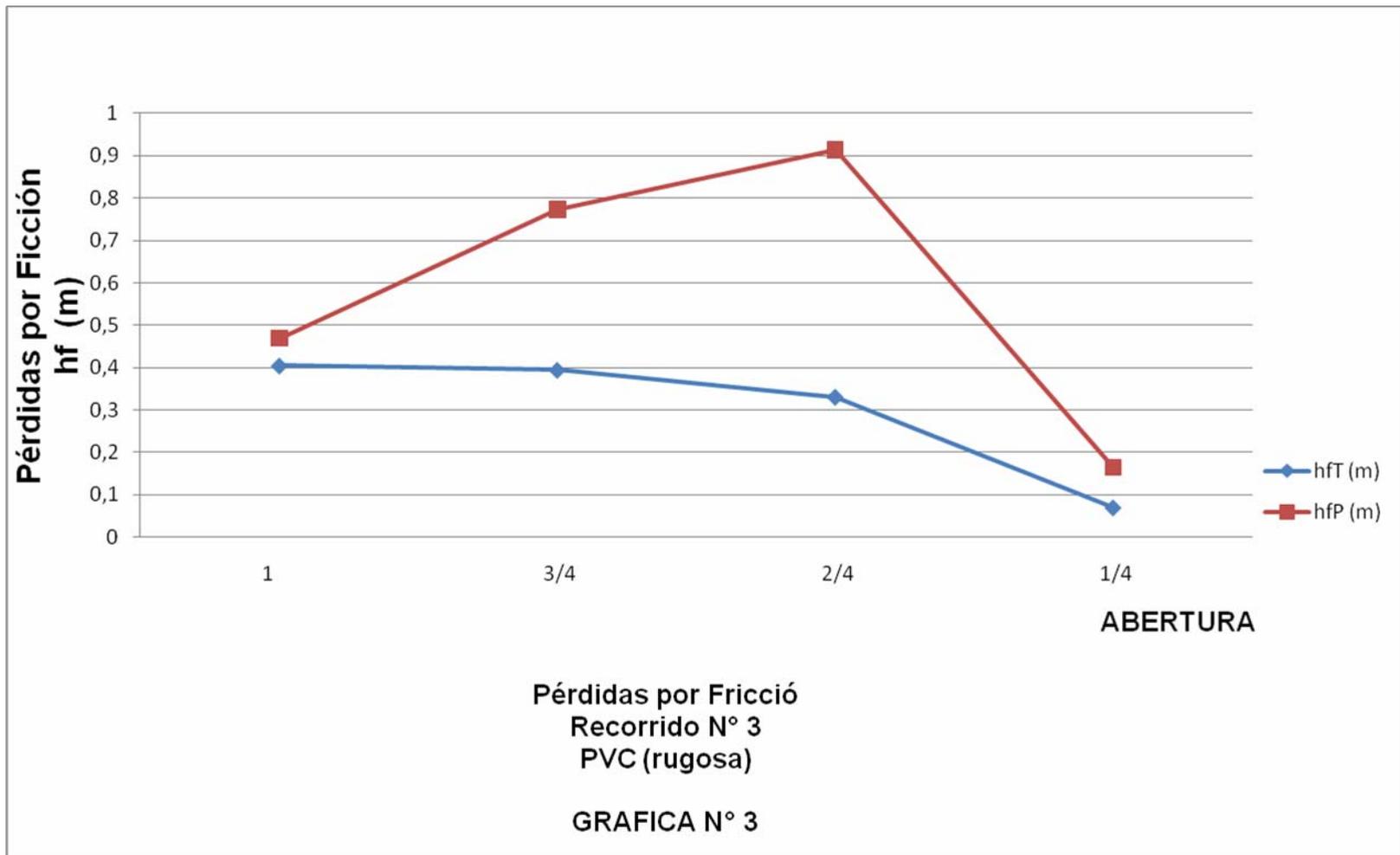
Tramo 9-10 (Reducción)

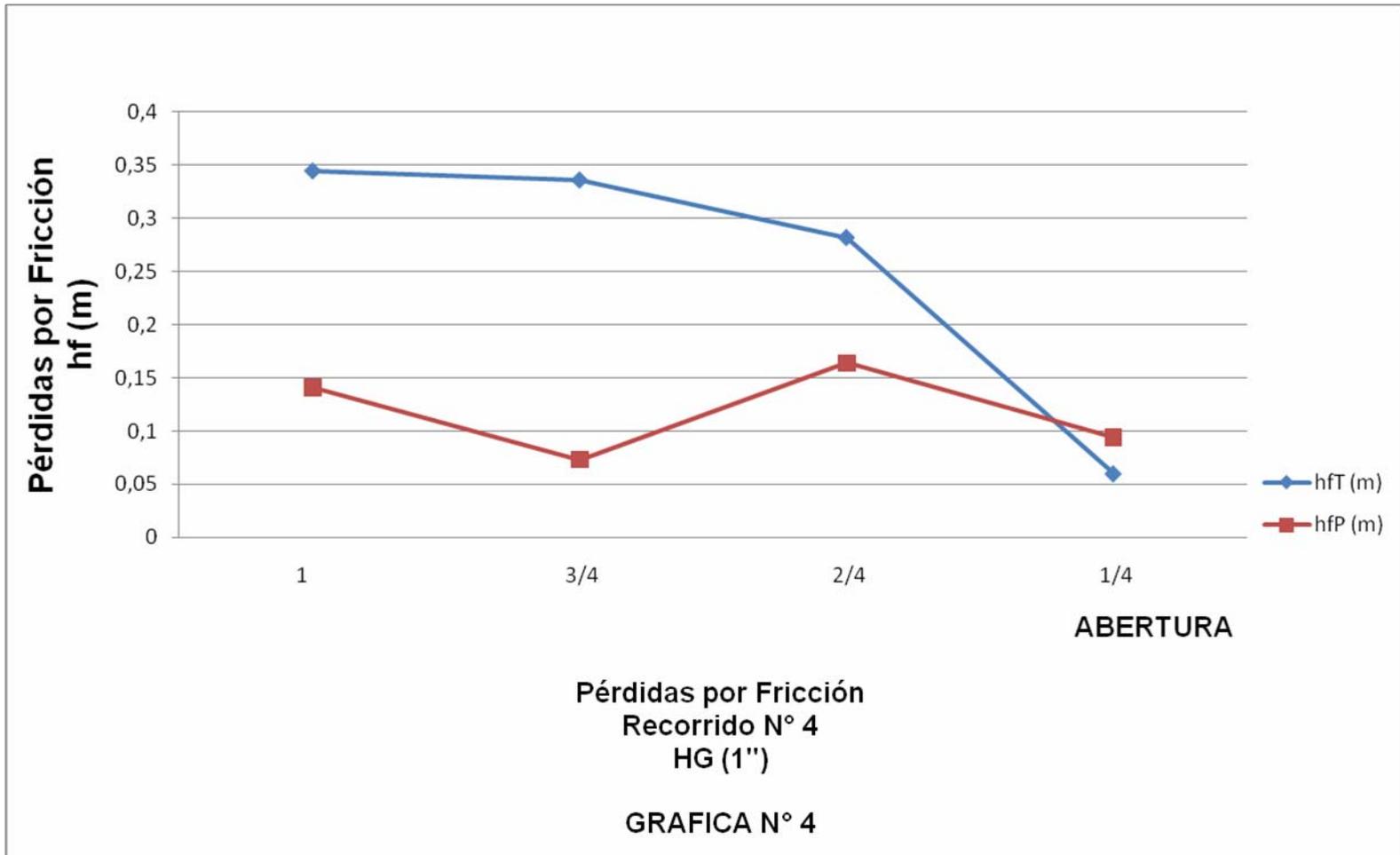
ABERTURA	4/4	3/4	2/4	1/4
$Q_{prom}$ (m <sup>3</sup> /seg)	0,00074	0,00073	0,000664	0,000287
$V_9$ (m/seg)	1,46	1,44	1,31	0,57
$V_{10}$ (m/seg)	2,60	2,56	2,33	1,01
$(V_9)^2$	2,1316	2,0736	1,7161	0,3249
$(V_{10})^2$	6,76	6,5536	5,4289	1,0201
$Re_9$ (x10 <sup>5</sup> )	0,414810	0,0409128	0,372192	0,161946
$Re_{10}$ (x10 <sup>5</sup> )	0,554027	0,545503	0,496493	0,215218
$F_9$	0,022170	0,022247	0,022278	0,028048
$f_{10}$	0,020623	0,020703	0,021196	0,026123
$h_{eT}$ (m)	0,051682	0,050104	0,041505	0,007799
$h_{fT}$ (m)	0,161015	0,161015	0,131736	0,027864
$h_{ftT}$ (m)	0,212697	0,211119	0,173241	0,035663
$\Delta P$ (PSI)	0,8	0,466	0,367	0,17
$h_{ftP}$ (m)	0,562493	0,327653	0,258044	0,119530
$h_{eP}$ (m)	0,401448	0,116534	0,126308	0,091666
$K_{teórico}$	0,15	0,15	0,15	0,15
$K_{práctico}$	1,165236	0,348877	0,456476	1,763050

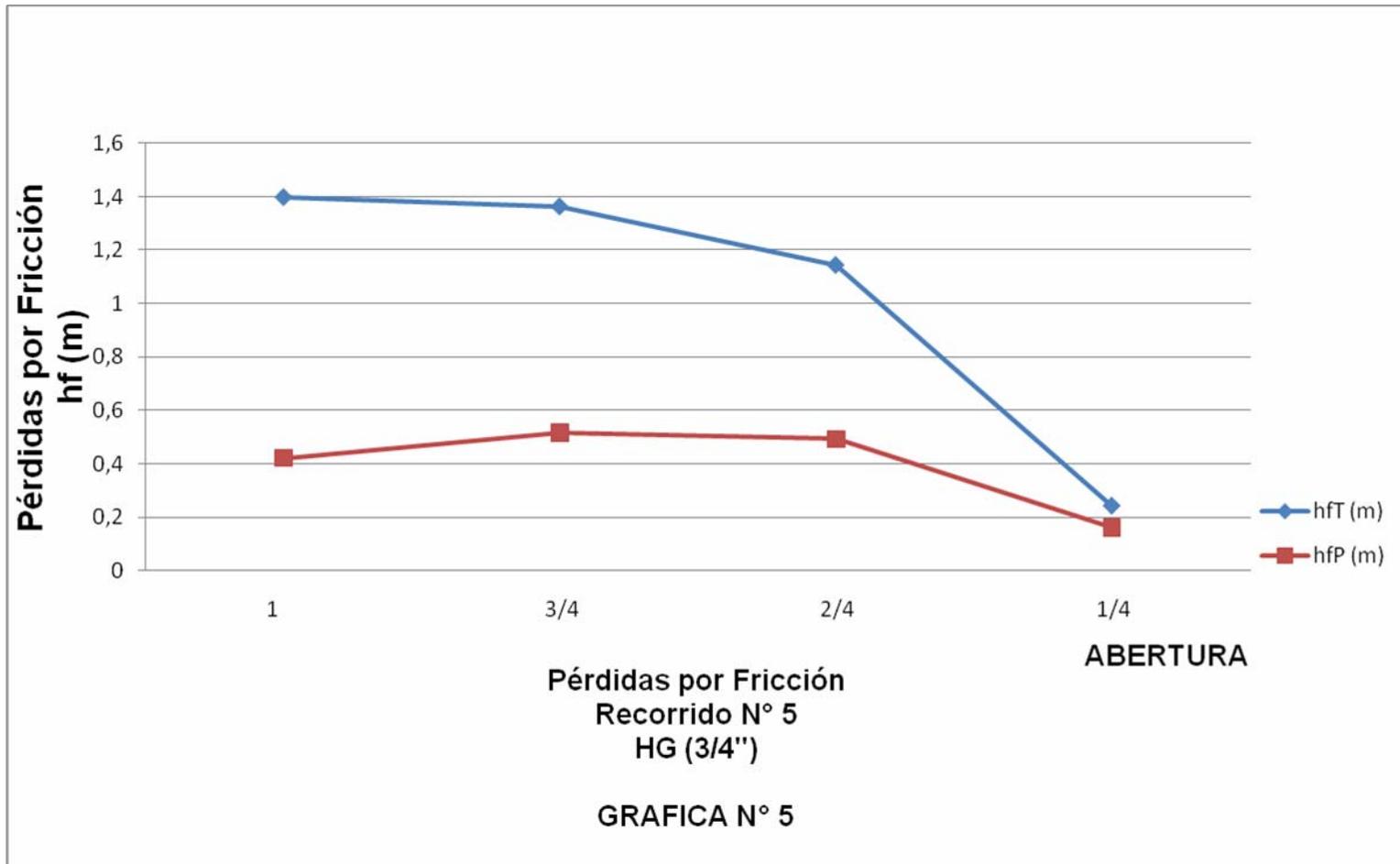
## 5.2. GRÁFICAS

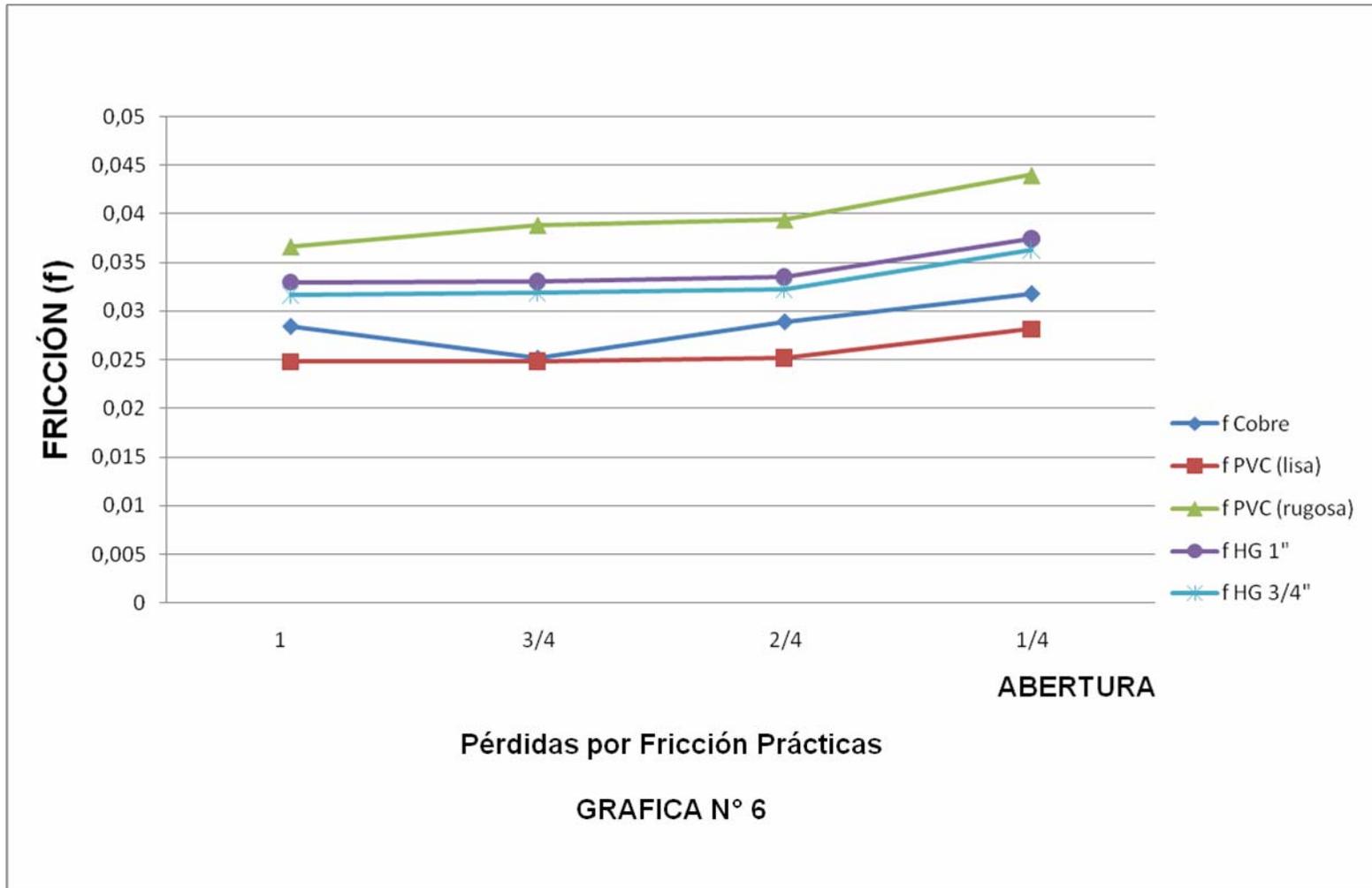


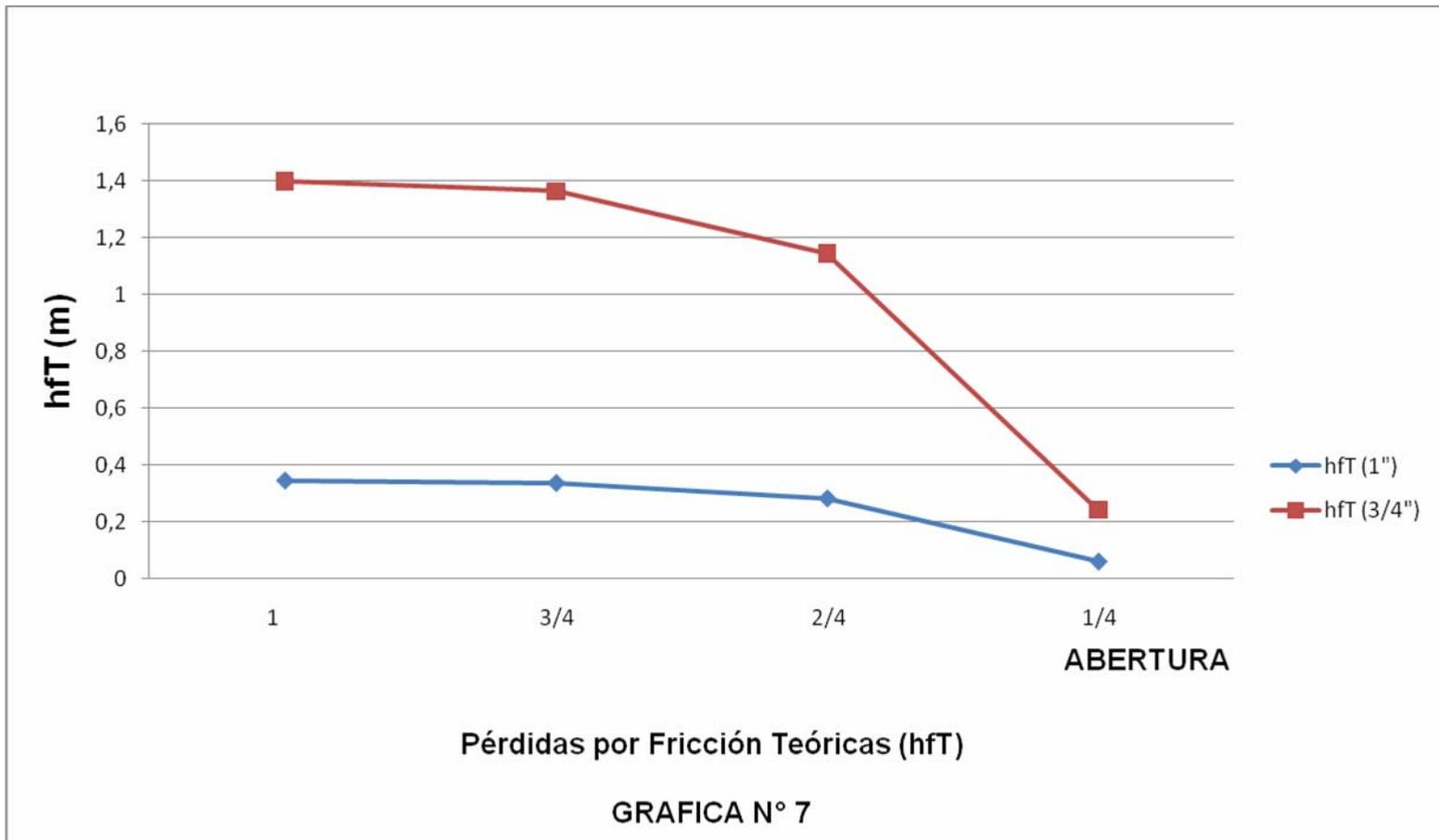


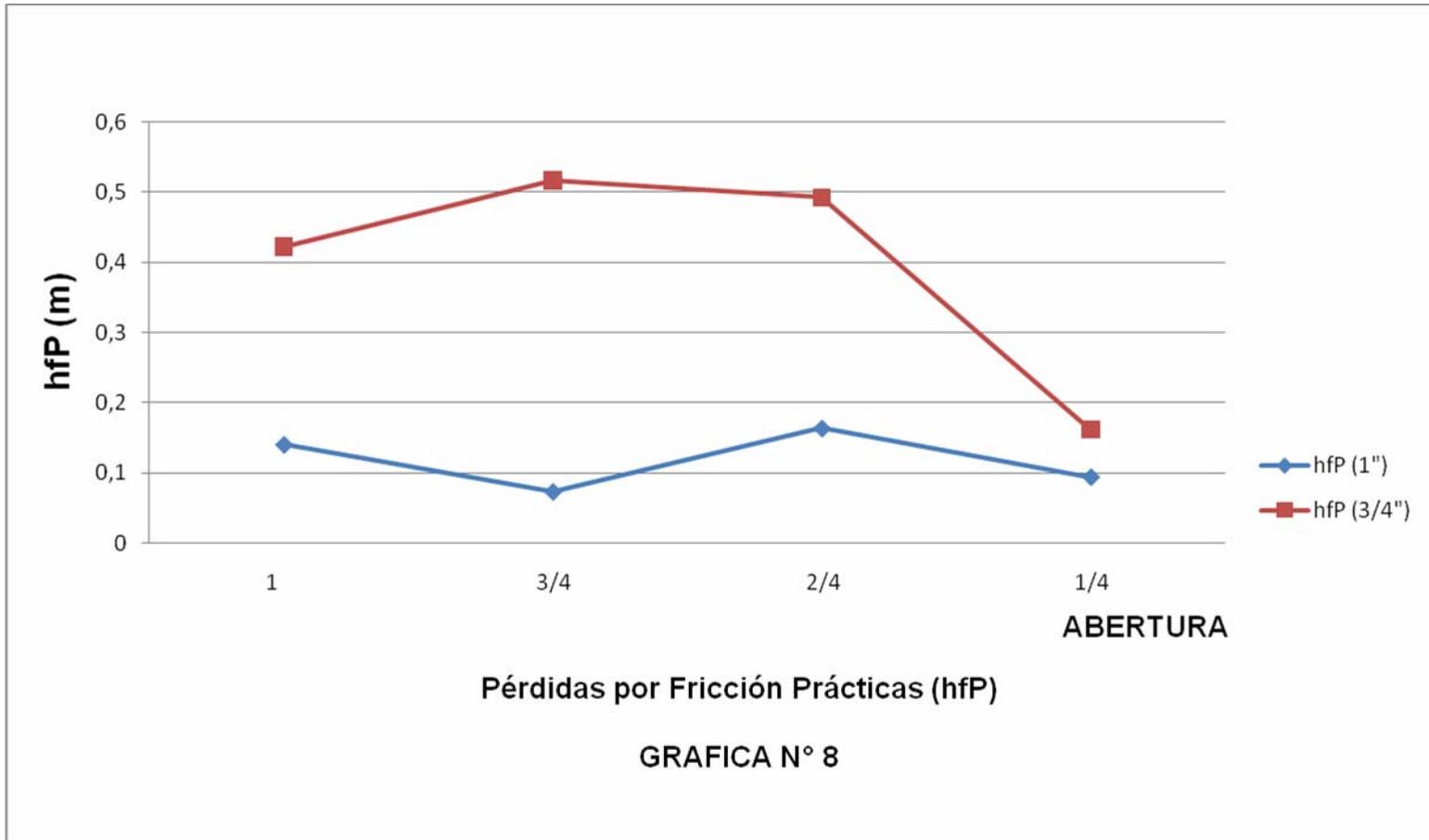


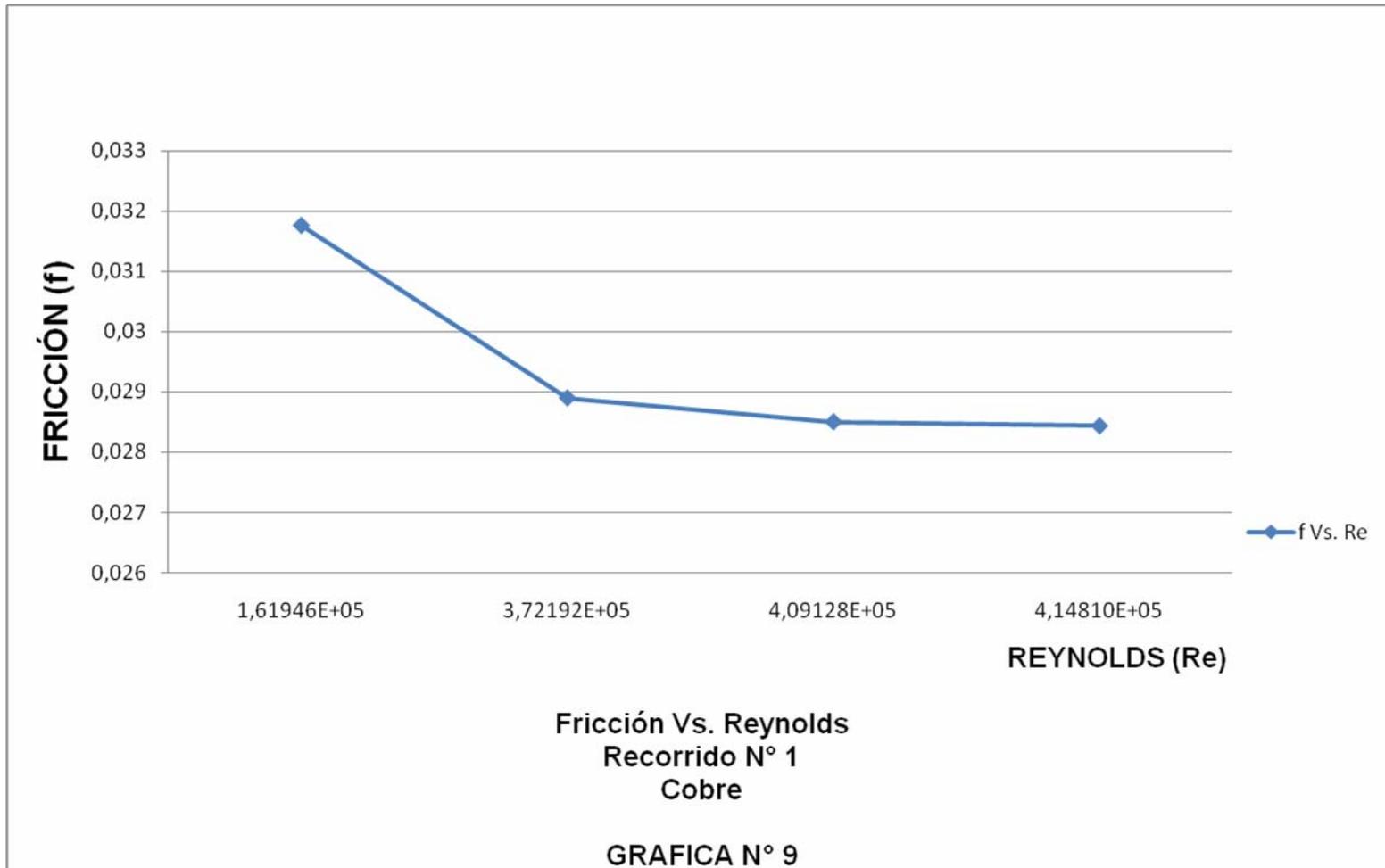


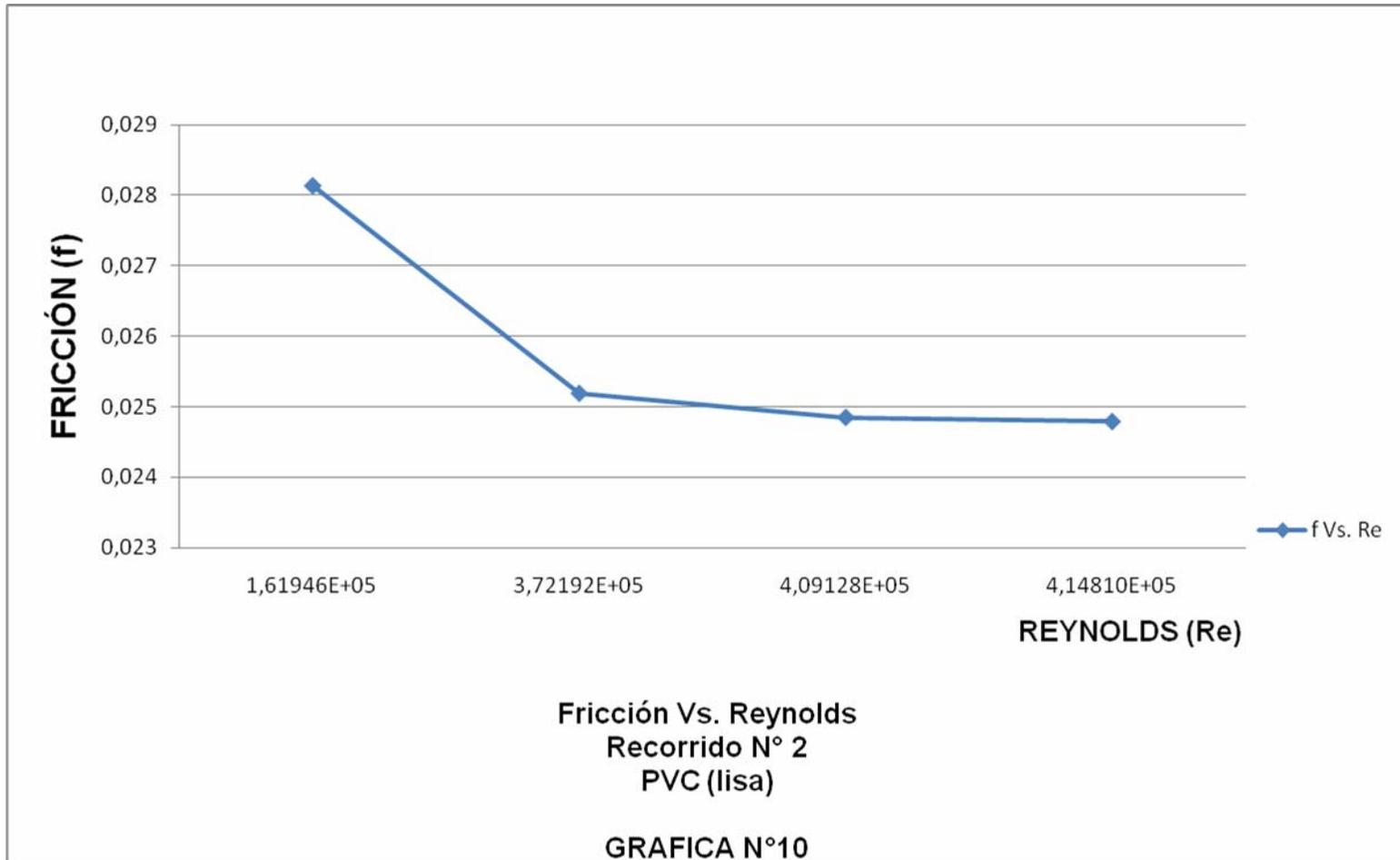


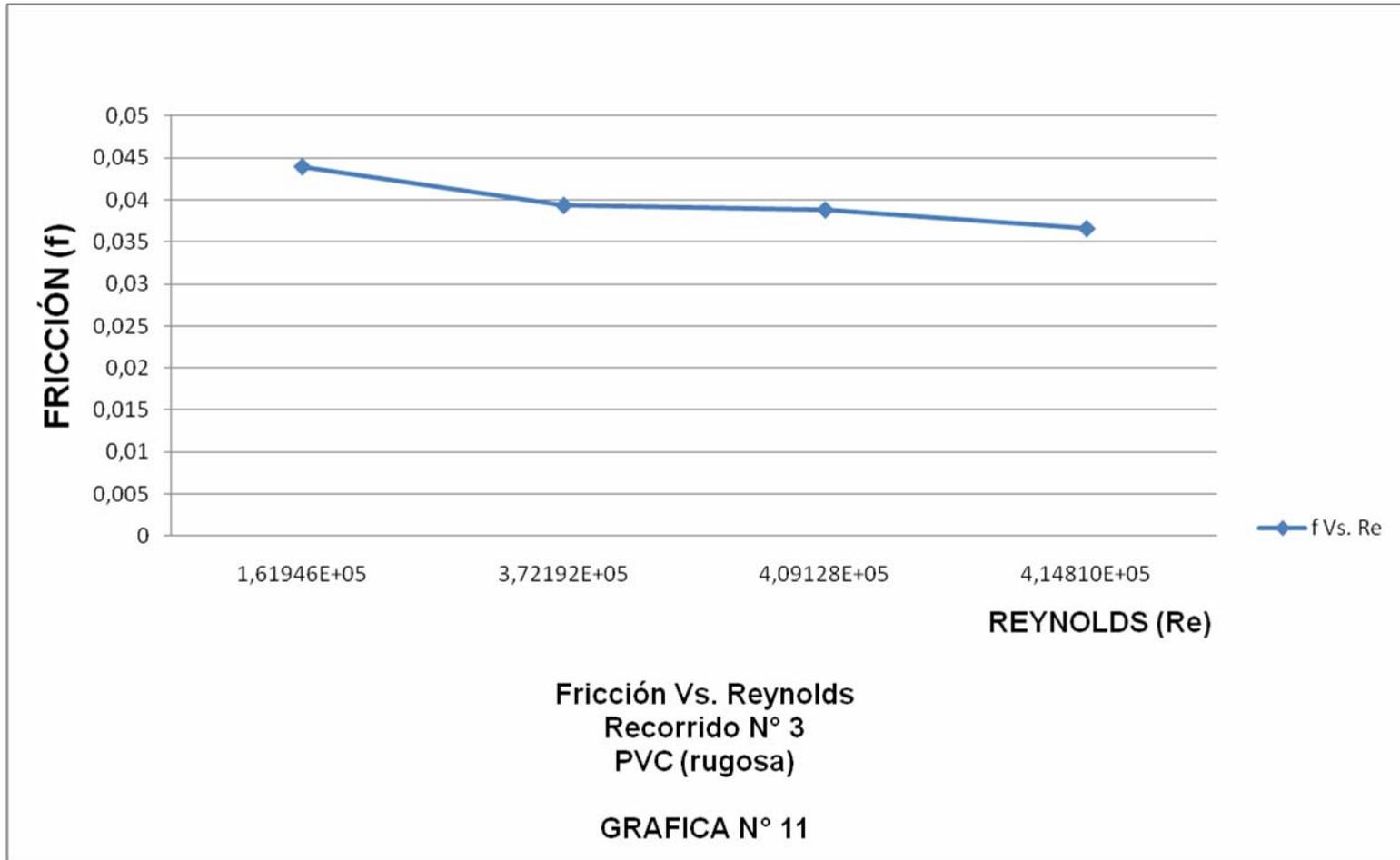


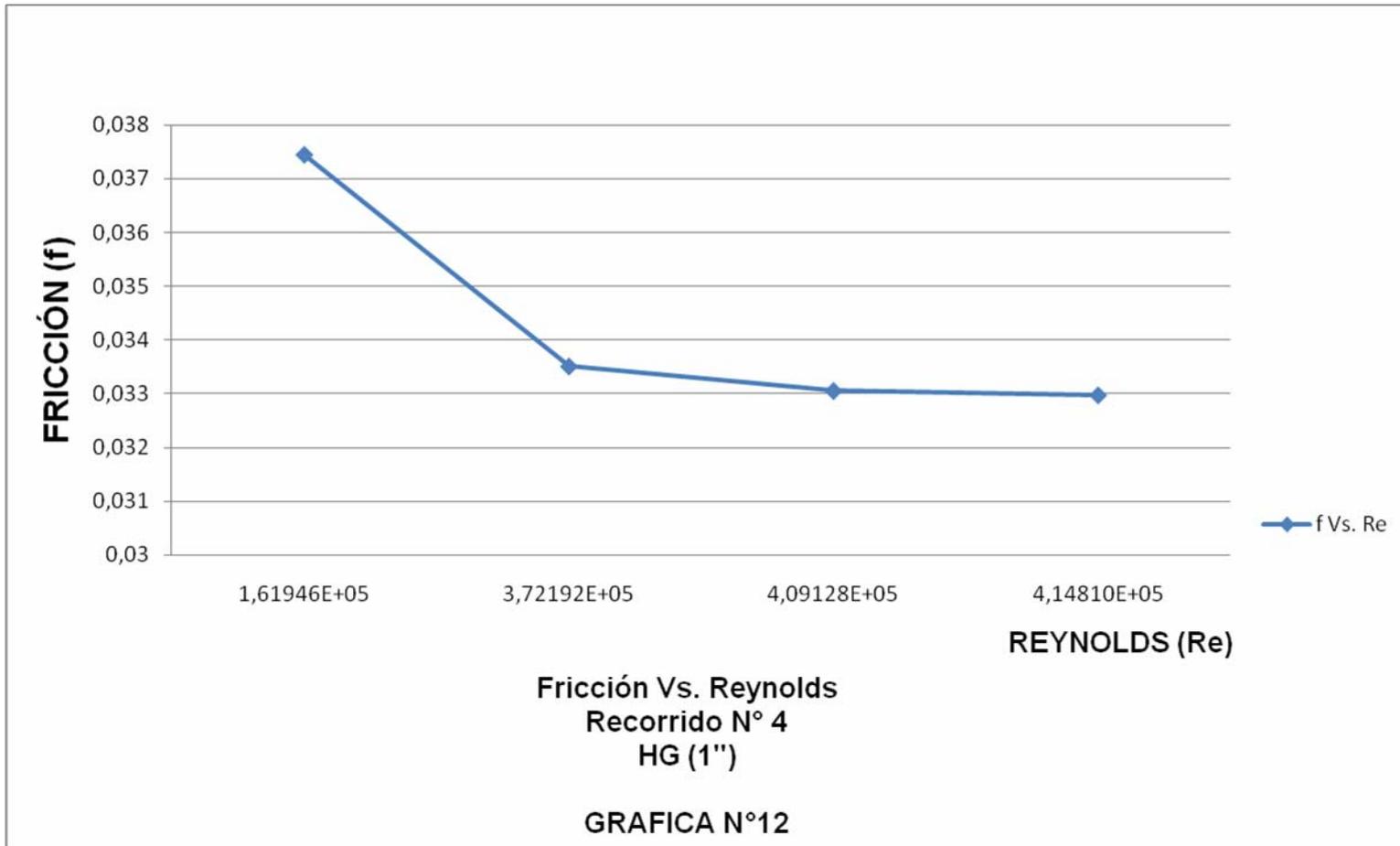


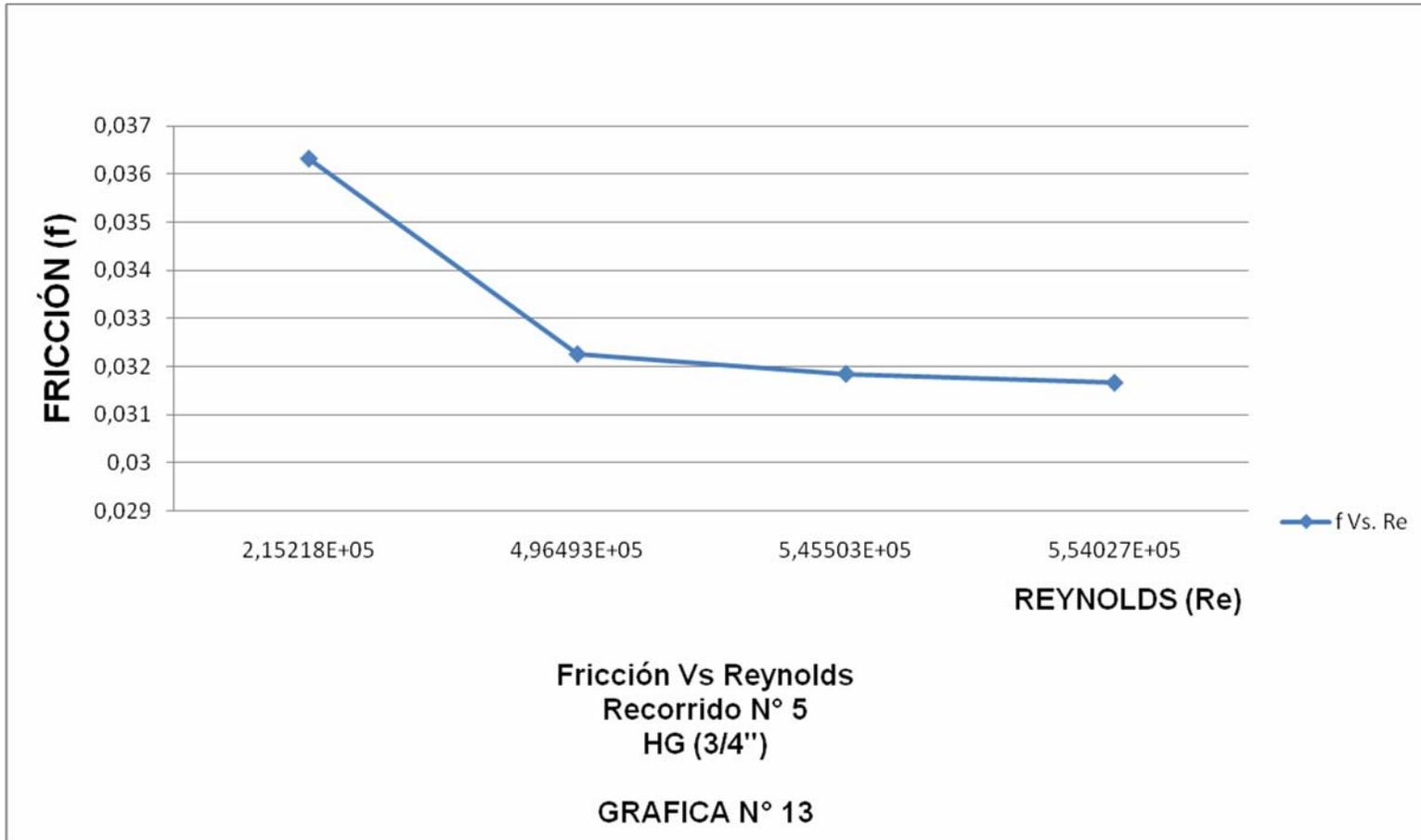


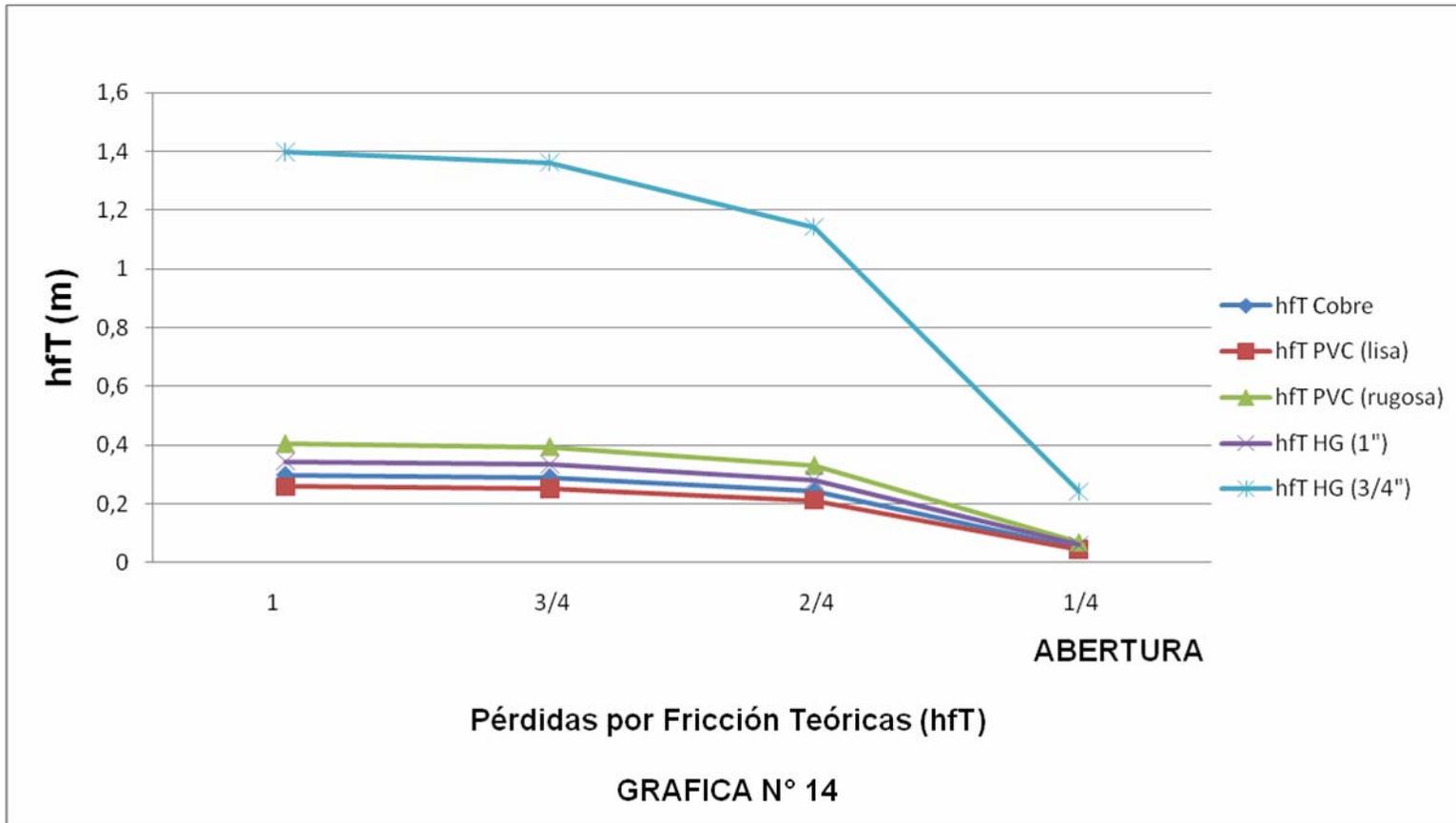


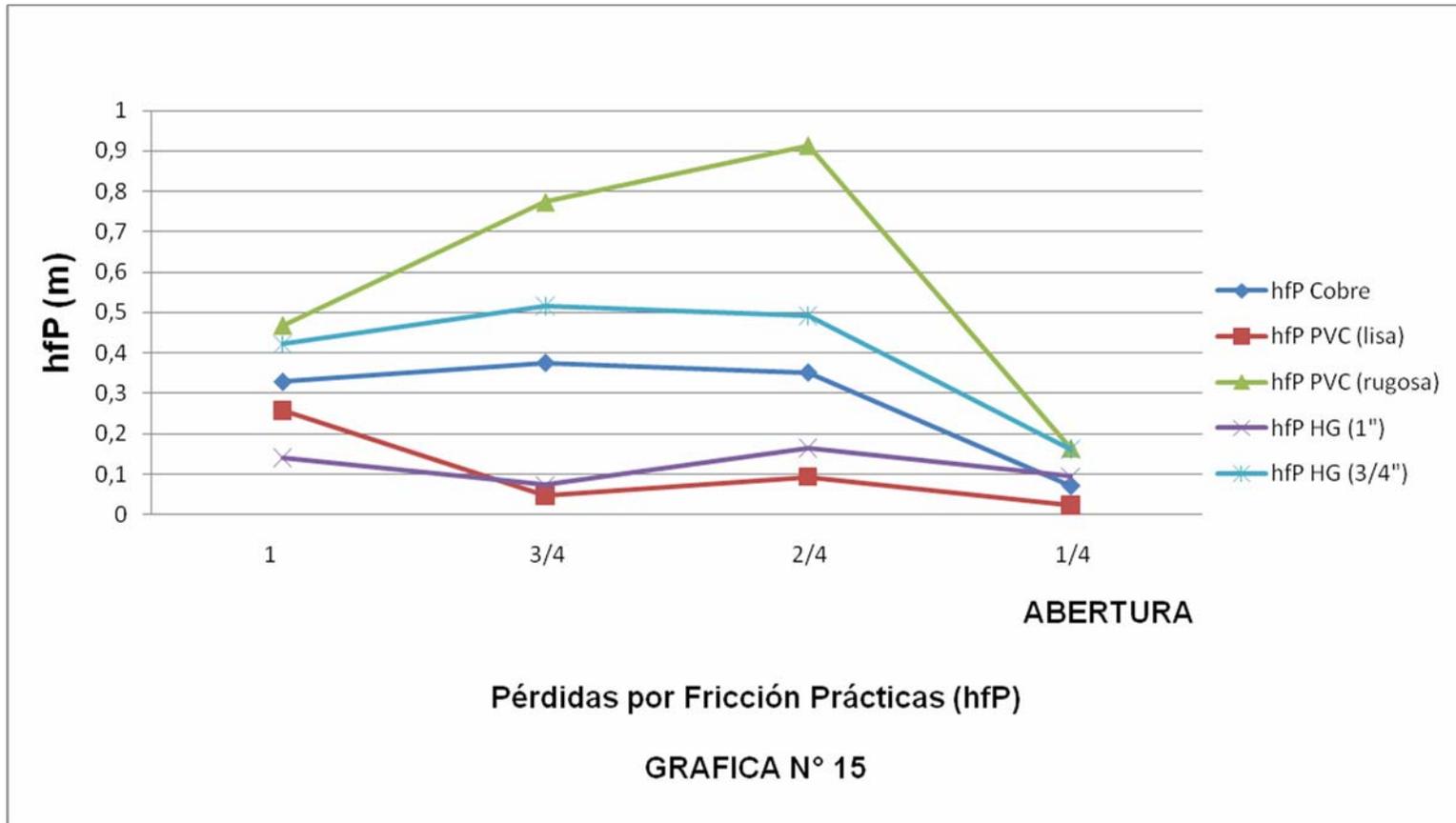


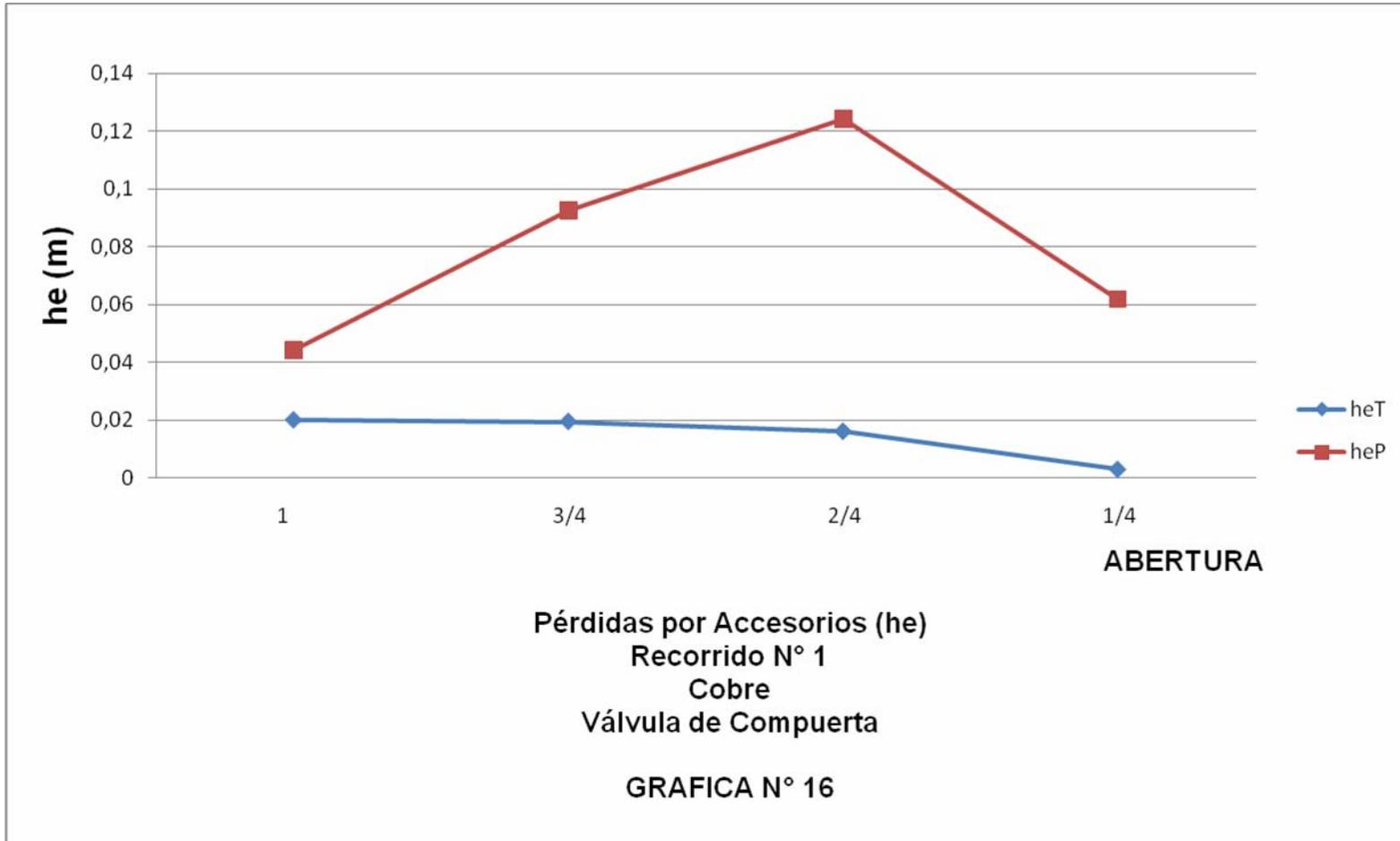


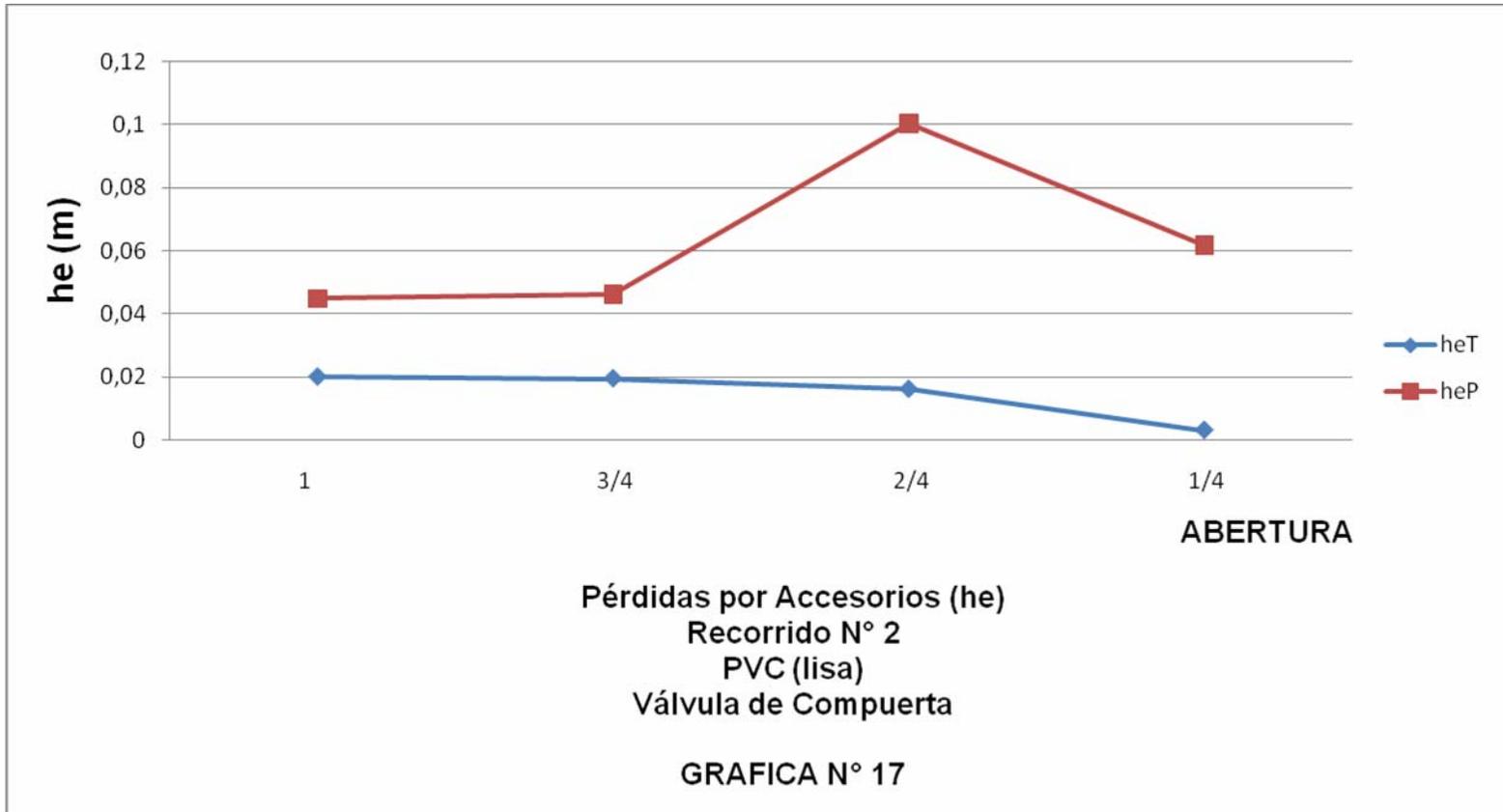


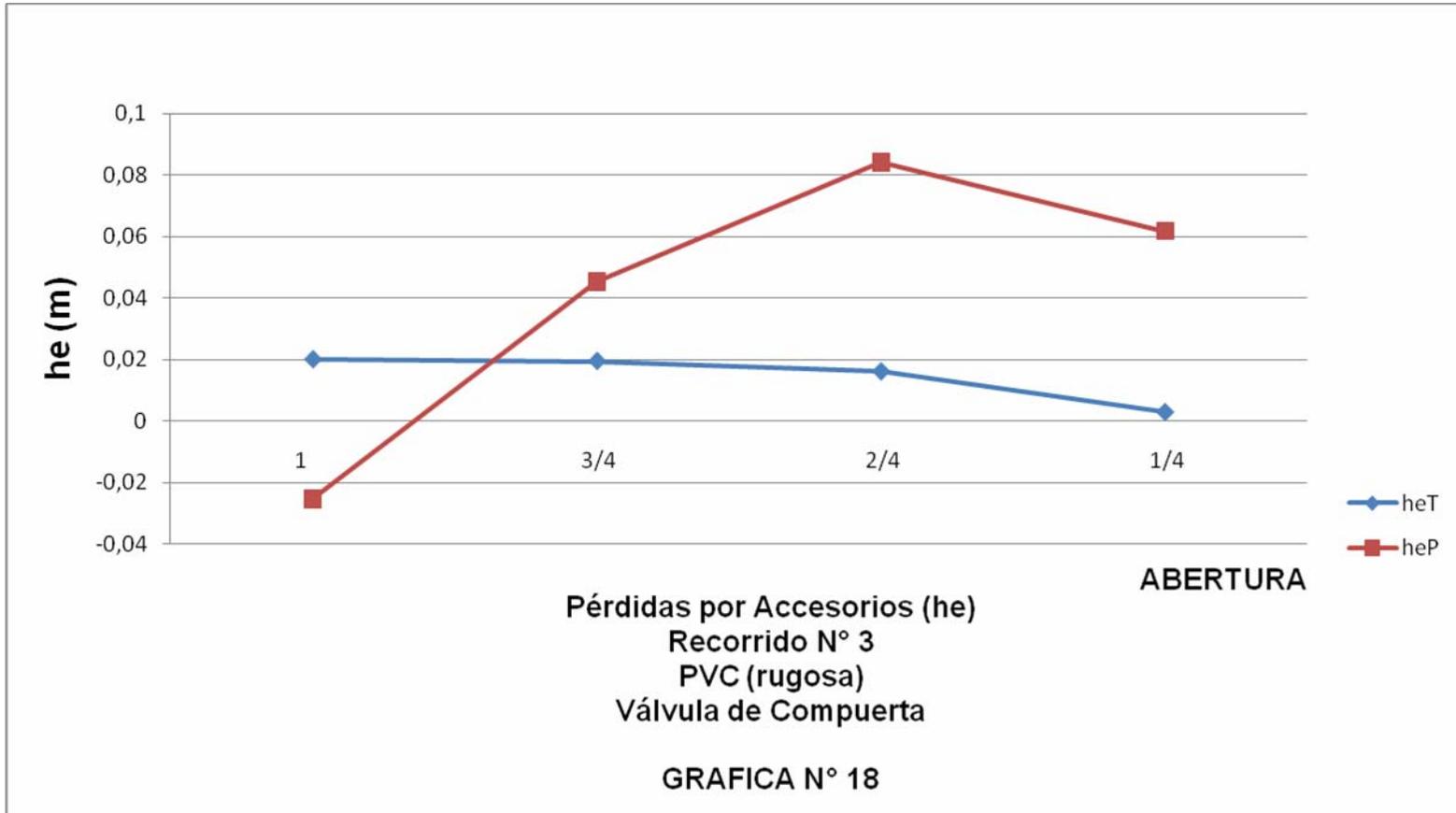


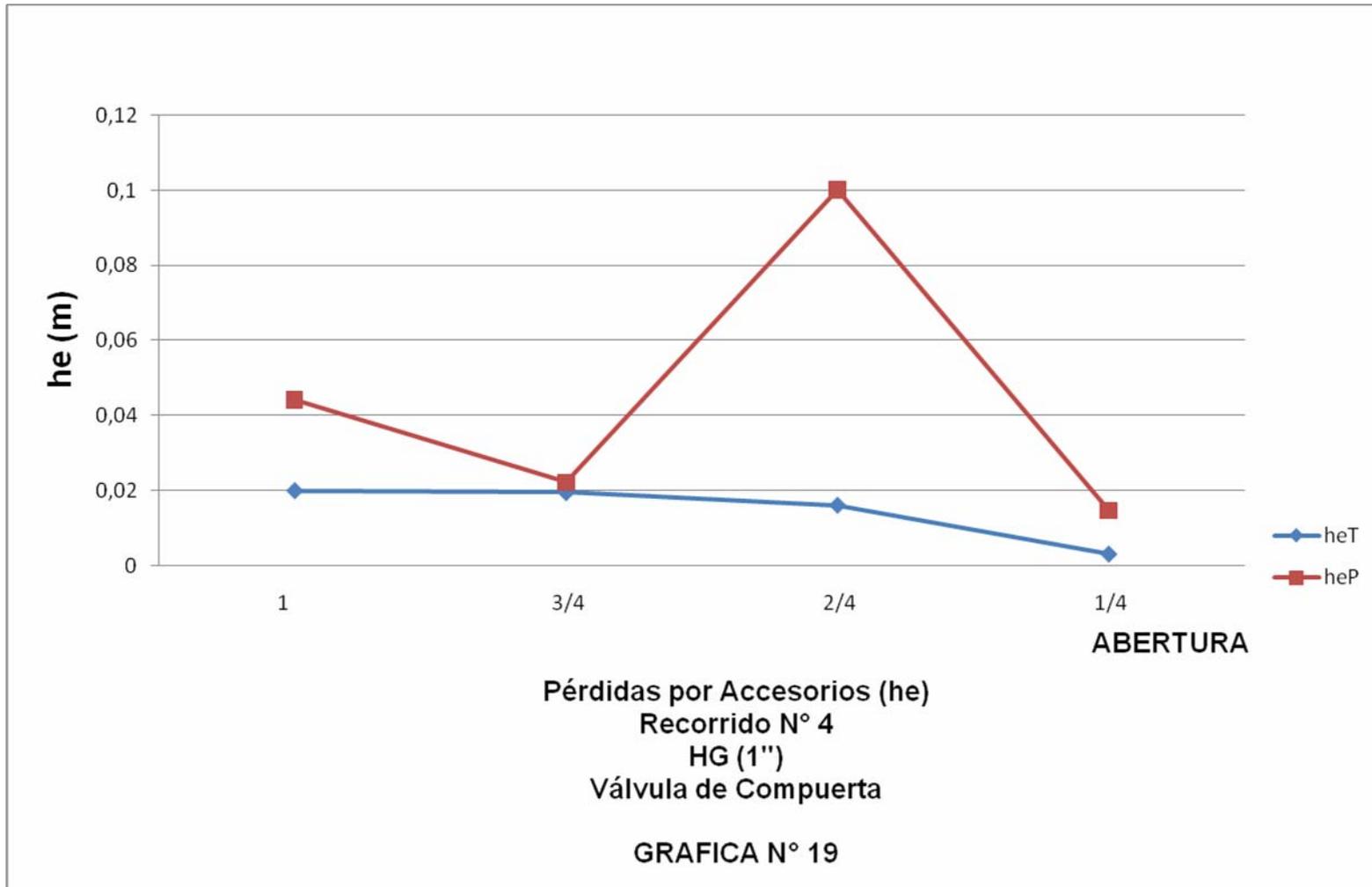


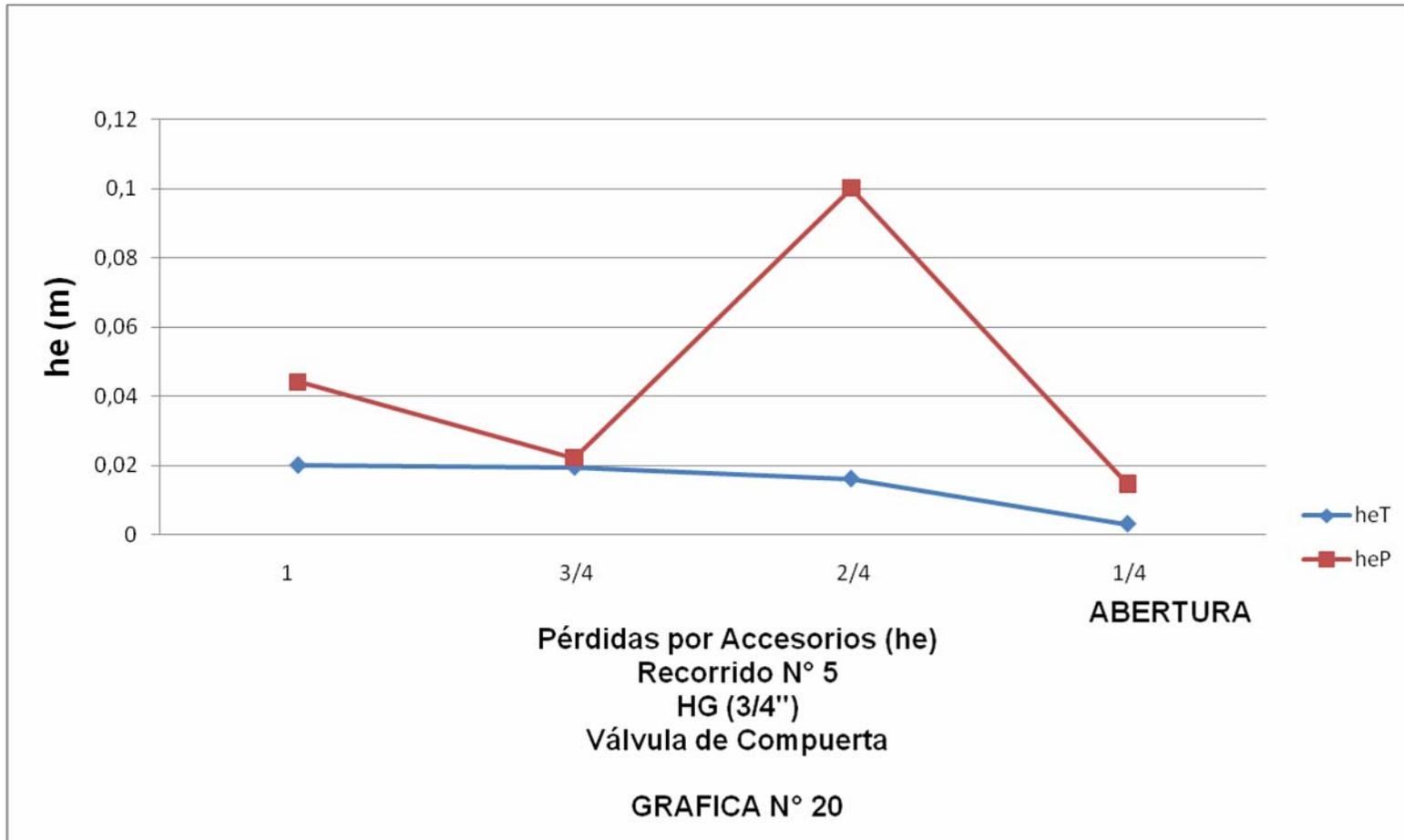


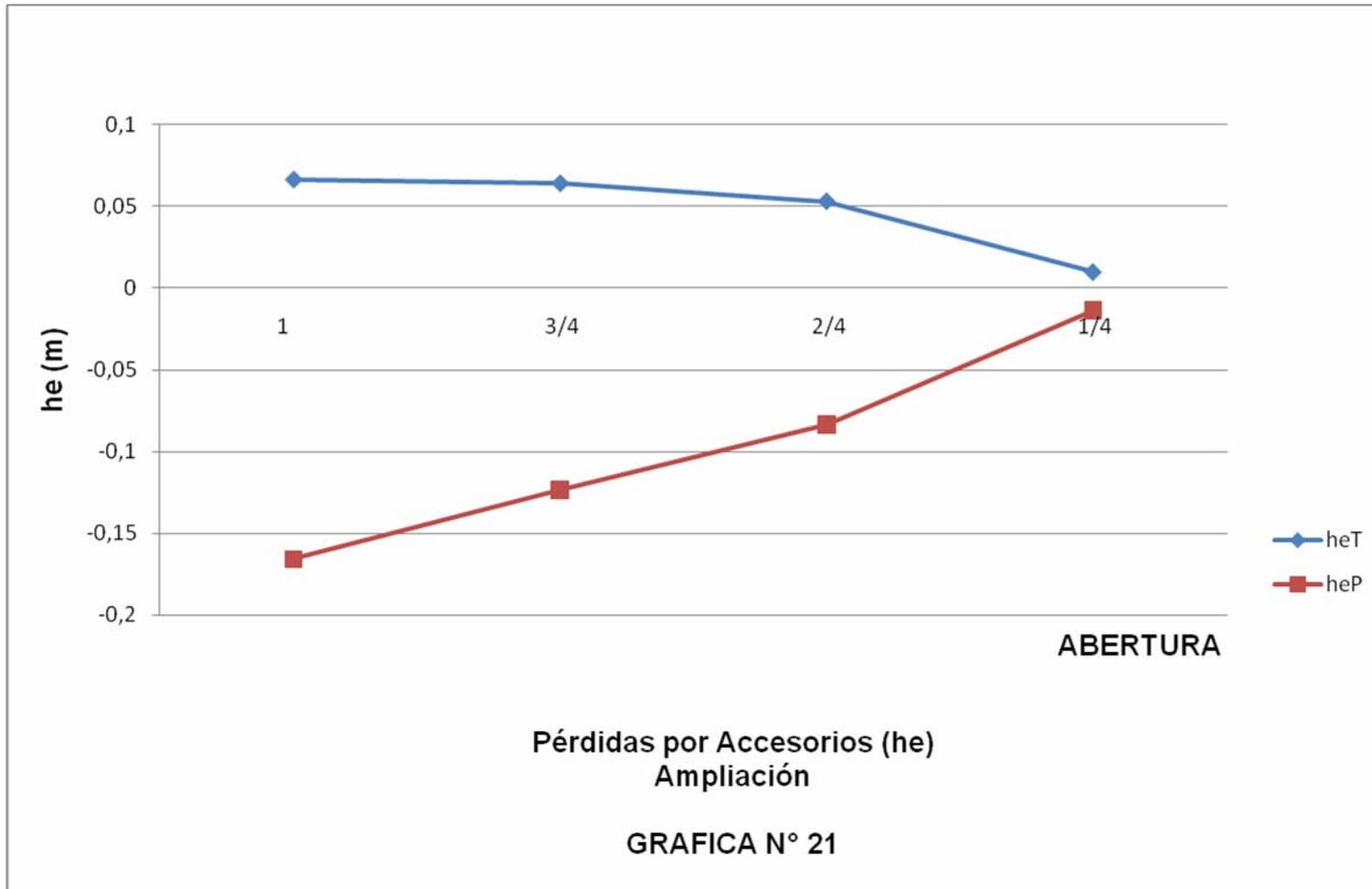


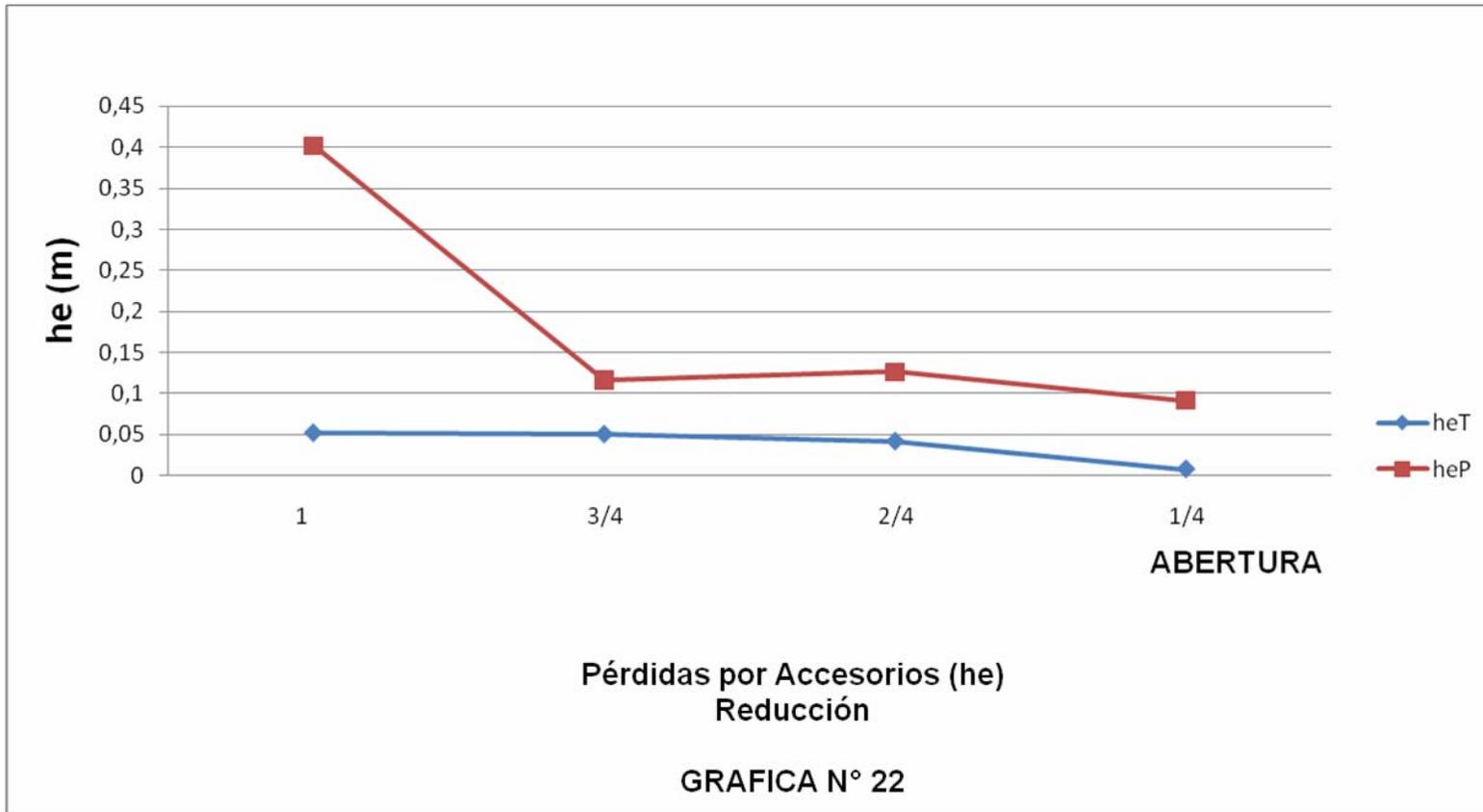












## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES

- A medida que disminuye la abertura de la válvula reguladora también disminuye el caudal que circula por el sistema.
- El Número de Reynolds y la velocidad son directamente proporcionales, mientras que por el contrario el coeficiente de fricción disminuye a razón que estas dos variables aumentan.
- Se obtuvo un régimen turbulento, puesto que todos los valores del Número de Reynolds fueron superiores a 4000.
- En tuberías con diferente rugosidad pero de igual diámetro se pudo observar que mientras más rugosa es la tubería mayor será el coeficiente de fricción y como consecuencia las pérdidas ocasionadas por éstas también son mayores, es decir son directamente proporcionales.
- En los recorridos N°1 y N°3, las diferencias de presiones entre un punto y otro fueron mayores que en los otros tres recorridos, es por ello que las pérdidas por fricción prácticas son mayores que las teóricas.
- La diferencia entre los valores obtenidos de forma teórica y práctica se debe a la falta de exactitud y agilidad que tenga la persona que maneja el equipo durante los ensayos.



- En tuberías del mismo material pero diferentes diámetros las pérdidas teóricas y prácticas, son mayores en la de menor diámetro aunque tenga el mismo coeficiente de rugosidad.
- Se pudo observar experimentalmente que la tubería con mayor coeficiente de rugosidad es el tramo de PVC (rugosidad artificial) 5-6 de 1" y la de menor es el tramo de PVC (lisa) 3-4.
- Las mayores pérdidas por fricción teóricas se obtuvieron en el tramo 10-11, tubería de HG  $\frac{3}{4}$ ", por consiguiente los valores del coeficiente de fricción también resultaron mayores en este tramo.
- Los mayores valores de  $\Delta P$  se obtuvieron en el recorrido N°3 tramo 5-6, para las aberturas intermedias  $\frac{3}{4}$  y  $\frac{2}{4}$ , con esto se generaron mayores pérdidas.
- Las pérdidas locales prácticas fueron mayores en la reducción que la ampliación.
- Por medio de las lecturas tomadas con el manómetro en el equipo se puede notar una variación de presión de un punto a otro, comprobando existencia de perdidas y el buen funcionamiento del sistema.



## RECOMENDACIONES

- ✓ Verificar que por lo menos un recorrido completo del sistema tenga abierta todas sus válvulas para evitar una sobre presión del mismo y de la bomba.
- ✓ Revisar que el nivel del agua dentro del tanque sea lo suficientemente superior a la tubería de succión de la bomba a fin de impedir la entrada de aire a la bomba y al sistema.
- ✓ Realizar los ensayos de forma precisa, tomando para cada abertura los valores de todos los puntos necesarios, pues al variar la abertura se producen variaciones en los resultados.
- ✓ Efectuar los ensayos por lo menos dos veces para cada abertura, así obtendrá mayor exactitud en los resultados.
- ✓ Trabajar con precaución la abertura mínima  $1/4$  para evitar algún accidente físico o de alguno de los equipos (manómetro, bomba, tuberías).
- ✓ No golpear ni dejar caer el manómetro, pues dañaría su sensibilidad y expulsaría el aceite (glicerina).
- ✓ En los puntos piezométricos donde las presiones sean elevada abrir con precaución las válvulas, con el propósito de evitar que el manómetro no se descalibre, puesto que los resultados se verían alterados.
- ✓ Trabajar con las aberturas intermedias  $3/4$  y  $2/4$ , para obtener resultados más precisos y con diferencias notables.



- ✓ Comprobar que no hayan partículas sólidas dentro del tanque que puedan causar obstrucción en la bomba y/o tuberías, para evitar el posible daño de la bomba u obstrucción del sistema, lo cual afectaría los resultados.
- ✓ Procurar que todas las lecturas del ensayo sean verificadas por una sola persona a fin de evitar las discrepancias de apreciación entre una persona y otra.
- ✓ Este trabajo que sirva como motivación a los demás estudiantes, para la elaboración de estos proyectos, para así ayudar a la universidad y a estudiantes futuros a contar con equipos en condiciones aptas para la realización de las prácticas.



## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Sotelo A., G., (2005), "**Hidráulica General**", editorial LIMUSA, México.
  
- [2] De Azevedo J. M. y Acosta G., (1976), "**Manual de Hidráulica**", editorial HARLA S.A., México.
  
- [3] Giles R. V., Evett J. B. y Liu Ch., (1994), "**Mecánica de los fluidos e Hidráulica**", Editorial Mc Graw-Hill, España.
  
- [4] Crane, (1981), "**Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías**", Editorial Mc Graw-Hill, México.
  
- [5] Chow V. T., (1994), "**Hidráulica de Canales Abiertos**", Editorial Mc Graw-Hill, Colombia.
  
- [6] White F. M., (1983), "**Mecánica de los Fluidos**", Editorial Mc Graw-Hill, México.
  
- [7] Viejo M. y Álvarez J., (2009), "**Bombas**", Editorial LIMUSA, México.
  
- [8] Méndez M. V., (1995), "**Tuberías a Presión en los Sistemas de Abastecimiento de Agua**", Facultad de Ingeniería-UCAB, Caracas.
  
- [9] [www.monografias.com](http://www.monografias.com)



- [10] Rondon Y. y Nuñez M., “**Diseño, Construcción y Calibración de un Equipo Hidráulico a Presión para el Estudio de Pérdidas en Accesorios**”. Tesis de Grado. Departamento De Ingeniería Civil. UDO, Puerto La Cruz-Venezuela (1.999).
- [11] Díaz M. y Pérez O., “**Diseño, Construcción y Calibración de un Sistema de Tuberías**”, Tesis de Grado. Departamento De Ingeniería Civil. UDO. Puerto La Cruz-Venezuela (1993).



## APENDICE

### APENDICE A – Tablas de Datos

#### Pérdidas por Fricción

Recorrido N° 1 – Abertura Total 4/4

Tubería de Cobre Ø 1" - Válvula de Compuerta  $(Vol = 0,0168 \text{ m}^3 / \text{seg})$

	P.P <sub>1</sub>	P.P <sub>2</sub>	P.P <sub>17</sub>	P.P <sub>18</sub>	P.P <sub>19</sub>
Presión <sub>1</sub>	0,5	0	0,5	0,4	0,3
Presión <sub>2</sub>	0,5	0	0,5	0,4	0,3
Presión <sub>3</sub>	0,4	0	0,5	0,3	0,2
Presión <sub>Prom</sub>	0,467	0	0,5	0,367	0,267

Recorrido N° 1 – Abertura Parcial 3/4

Tubería de Cobre Ø 1" - Válvula de Compuerta  $(Vol = 0,0168 \text{ m}^3 / \text{seg})$

	P.P <sub>1</sub>	P.P <sub>2</sub>	P.P <sub>17</sub>	P.P <sub>18</sub>	P.P <sub>19</sub>
Presión <sub>1</sub>	1,0	0,6	1,0	0,9	0,9
Presión <sub>2</sub>	1,1	0,4	1,1	0,8	0,8
Presión <sub>3</sub>	1,1	0,6	1,1	0,9	0,9
Presión <sub>Prom</sub>	1,067	0,533	1,067	0,867	0,867

Recorrido N° 1 – Abertura Media 2/4

Tubería de Cobre Ø 1" - Válvula de Compuerta  $(Vol = 0,0168 \text{ m}^3 / \text{seg})$

	P.P <sub>1</sub>	P.P <sub>2</sub>	P.P <sub>17</sub>	P.P <sub>18</sub>	P.P <sub>19</sub>
Presión <sub>1</sub>	6,4	6,0	6,9	6,6	6,4
Presión <sub>2</sub>	6,4	5,8	6,9	6,7	6,5
Presión <sub>3</sub>	6,4	5,9	6,8	6,6	6,5
Presión <sub>Prom</sub>	6,4	5,9	6,867	6,633	6,467

Recorrido N° 1 – Abertura Mínima 1/4

Tubería de Cobre Ø 1" - Válvula de Compuerta ( $Vol = 0,0168 \text{ m}^3 / \text{seg}$ )

	P.P <sub>1</sub>	P.P <sub>2</sub>	P.P <sub>17</sub>	P.P <sub>18</sub>	P.P <sub>19</sub>
Presión <sub>1</sub>	36,6	36,5	38,0	38,0	38,0
Presión <sub>2</sub>	36,6	36,5	38,0	37,8	37,8
Presión <sub>3</sub>	36,5	36,4	38,0	37,9	37,8
Presión <sub>Prom</sub>	36,576	36,467	38,0	37,9	37,867

Recorrido N° 2 – Abertura Total 4/4

Tubería de Plástico (lisa) Ø 1" - Válvula de Compuerta ( $Vol = 0,0168 \text{ m}^3 / \text{seg}$ )

	P.P <sub>3</sub>	P.P <sub>4</sub>	P.P <sub>17</sub>	P.P <sub>18</sub>	P.P <sub>19</sub>
Presión <sub>1</sub>	0,5	0,1	0,5	0,4	0,2
Presión <sub>2</sub>	0,3	0	0,5	0,3	0,2
Presión <sub>3</sub>	0,4	0	0,4	0,3	0,1
Presión <sub>Prom</sub>	0,4	0,033	0,467	0,333	0,167

Recorrido N° 2 – Abertura Parcial 3/4

Tubería de Plástico (lisa) Ø 1" - Válvula de Compuerta ( $Vol = 0,0168 \text{ m}^3 / \text{seg}$ )

	P.P <sub>3</sub>	P.P <sub>4</sub>	P.P <sub>17</sub>	P.P <sub>18</sub>	P.P <sub>19</sub>
Presión <sub>1</sub>	0,6	0,6	0,9	0,8	0,6
Presión <sub>2</sub>	0,6	0,5	0,9	0,7	0,7
Presión <sub>3</sub>	0,6	0,5	0,8	0,7	0,7
Presión <sub>Prom</sub>	0,6	0,533	0,867	0,733	0,667

Recorrido N° 2 – Abertura Media 2/4

Tubería de Plástico (lisa) Ø 1" - Válvula de Compuerta ( $Vol = 0,0168 \text{ m}^3 / \text{seg}$ )

	P.P <sub>3</sub>	P.P <sub>4</sub>	P.P <sub>17</sub>	P.P <sub>18</sub>	P.P <sub>19</sub>
Presión <sub>1</sub>	5,5	5,4	6,0	5,6	5,6
Presión <sub>2</sub>	5,5	5,4	6,0	5,9	5,8
Presión <sub>3</sub>	5,6	5,4	6,0	5,9	5,8
Presión <sub>Prom</sub>	5,533	5,4	6,0	5,8	5,733

Recorrido N° 2 – Abertura Mínima 1/4

Tubería de Plástico (lisa) Ø 1" - Válvula de Compuerta ( $Vol = 0,0168 \text{ m}^3/\text{seg}$ )

	P.P <sub>3</sub>	P.P <sub>4</sub>	P.P <sub>17</sub>	P.P <sub>18</sub>	P.P <sub>19</sub>
Presión <sub>1</sub>	37,0	37,0	38,2	38,0	38,0
Presión <sub>2</sub>	37,0	36,9	38,0	38,0	38,0
Presión <sub>3</sub>	37,0	37,0	38,1	38,0	38,0
Presión <sub>Prom</sub>	37,0	36,967	38,1	38,0	38,0

Recorrido N° 3 – Abertura Total 4/4

Tubería de Plástico (rugosa) Ø 1" - Válvula de Compuerta ( $Vol = 0,0168 \text{ m}^3/\text{seg}$ )

	P.P <sub>5</sub>	P.P <sub>6</sub>	P.P <sub>17</sub>	P.P <sub>18</sub>	P.P <sub>19</sub>
Presión <sub>1</sub>	1,0	0,5	0,3	0,4	0,2
Presión <sub>2</sub>	1,0	0,3	0,4	0,3	0,2
Presión <sub>3</sub>	1,0	0,2	0,4	0,3	0,2
Presión <sub>Prom</sub>	1,0	0,333	0,367	0,333	0,2

Recorrido N° 3 – Abertura Parcial 3/4

Tubería de Plástico (rugosa) Ø 1" - Válvula de Compuerta ( $Vol = 0,0168 \text{ m}^3 / \text{seg}$ )

	P.P <sub>5</sub>	P.P <sub>6</sub>	P.P <sub>17</sub>	P.P <sub>18</sub>	P.P <sub>19</sub>
Presión <sub>1</sub>	2,0	0,9	0,8	0,7	0,5
Presión <sub>2</sub>	1,9	0,8	0,8	0,6	0,5
Presión <sub>3</sub>	1,9	0,8	0,8	0,7	0,5
Presión <sub>Prom</sub>	1,933	0,833	0,8	0,677	0,5

Recorrido N° 3 – Abertura Media 2/4

Tubería de Plástico (rugosa) Ø 1" - Válvula de Compuerta ( $Vol = 0,0168 \text{ m}^3 / \text{seg}$ )

	P.P <sub>5</sub>	P.P <sub>6</sub>	P.P <sub>17</sub>	P.P <sub>18</sub>	P.P <sub>19</sub>
Presión <sub>1</sub>	7,0	5,5	6,0	5,6	5,5
Presión <sub>2</sub>	6,5	5,5	5,9	5,8	5,7
Presión <sub>3</sub>	6,9	5,5	6,0	5,9	5,6
Presión <sub>Prom</sub>	6,8	5,5	5,967	5,767	5,6

Recorrido N° 3 – Abertura Mínima 1/4

Tubería de Plástico (rugosa) Ø 1" - Válvula de Compuerta ( $Vol = 0,0168 m^3 / seg$ )

	P.P <sub>5</sub>	P.P <sub>6</sub>	P.P <sub>17</sub>	P.P <sub>18</sub>	P.P <sub>19</sub>
Presión <sub>1</sub>	41,5	41,3	41,9	41,9	41,6
Presión <sub>2</sub>	41,5	41,2	41,9	41,6	41,5
Presión <sub>3</sub>	41,1	40,9	41,8	41,7	41,4
Presión <sub>Prom</sub>	41,367	41,133	41,867	41,767	41,5

Recorrido N° 4 – Abertura Total 4/4

Tubería de HG Ø 1" - Válvula de Compuerta ( $Vol = 0,0168 m^3 / seg$ )

	P.P <sub>7</sub>	P.P <sub>8</sub>	P.P <sub>17</sub>	P.P <sub>18</sub>	P.P <sub>19</sub>
Presión <sub>1</sub>	0,6	0,4	0,5	0,3	0,2
Presión <sub>2</sub>	0,6	0,5	0,5	0,4	0,2
Presión <sub>3</sub>	0,7	0,4	0,5	0,4	0,2
Presión <sub>Prom</sub>	0,633	0,433	0,5	0,367	0,2

Recorrido N° 4 – Abertura Parcial 3/4

Tubería de HG Ø 1" - Válvula de Compuerta ( $Vol = 0,0168 \text{ m}^3 / \text{seg}$ )

	P.P <sub>7</sub>	P.P <sub>8</sub>	P.P <sub>17</sub>	P.P <sub>18</sub>	P.P <sub>19</sub>
Presión <sub>1</sub>	1,1	1,0	1,0	0,9	0,7
Presión <sub>2</sub>	1,1	1,0	1,0	0,9	0,7
Presión <sub>3</sub>	1,1	1,0	1,0	0,9	0,7
Presión <sub>Prom</sub>	1,1	1,0	1,0	0,9	0,7

Recorrido N° 4 – Abertura Media 2/4

Tubería de HG Ø 1" - Válvula de Compuerta ( $Vol = 0,0168 \text{ m}^3 / \text{seg}$ )

	P.P <sub>7</sub>	P.P <sub>8</sub>	P.P <sub>17</sub>	P.P <sub>18</sub>	P.P <sub>19</sub>
Presión <sub>1</sub>	8,0	7,7	7,9	7,7	7,6
Presión <sub>2</sub>	7,9	7,7	8,0	7,8	7,6
Presión <sub>3</sub>	7,9	7,7	8,0	7,8	7,7
Presión <sub>Prom</sub>	7,933	7,7	7,967	7,767	7,633

Recorrido N° 4 – Abertura Mínima 1/4

Tubería de HG Ø 1" - Válvula de Compuerta ( $Vol = 0,0168 \text{ m}^3 / \text{seg}$ )

	P.P <sub>7</sub>	P.P <sub>8</sub>	P.P <sub>17</sub>	P.P <sub>18</sub>	P.P <sub>19</sub>
Presión <sub>1</sub>	39,2	39,0	39,7	39,7	39,6
Presión <sub>2</sub>	39,0	38,9	39,6	39,5	39,5
Presión <sub>3</sub>	39,0	38,9	39,5	39,5	39,5
Presión <sub>Prom</sub>	39,067	38,933	39,6	39,567	39,533

Recorrido N° 5 – Abertura Total 4/4

Tubería de HG Ø 3/4" - Válvula de Compuerta ( $Vol = 1,11 \times 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{seg}$ )

	P.P <sub>9</sub>	P.P <sub>10</sub>	P.P <sub>11</sub>	P.P <sub>12</sub>	P.P <sub>13</sub>	P.P <sub>17</sub>	P.P <sub>18</sub>	P.P <sub>19</sub>
Presión <sub>1</sub>	2,3	1,8	0,9	0,5	0,3	0,4	0,3	0,2
Presión <sub>2</sub>	2,5	1,5	1,1	0,5	0,3	0,4	0,2	0,2
Presión <sub>3</sub>	2,3	1,4	0,9	0,4	0,3	0,3	0,2	0
Presión <sub>Prom</sub>	2,367	1,567	0,967	0,467	0,3	0,367	0,233	0,133

Recorrido N° 5 – Abertura Parcial 3/4

Tubería de HG Ø 3/4" - Válvula de Compuerta  $(Vol = 1,11 \times 10^{-3} m^3 / seg)$

	P.P <sub>9</sub>	P.P <sub>10</sub>	P.P <sub>11</sub>	P.P <sub>12</sub>	P.P <sub>13</sub>	P.P <sub>17</sub>	P.P <sub>18</sub>	P.P <sub>19</sub>
<b>Presión<sub>1</sub></b>	2,7	2,3	1,7	1,0	0,9	0,9	0,8	0,6
<b>Presión<sub>2</sub></b>	2,8	2,1	1,5	0,9	0,8	0,8	0,7	0,6
<b>Presión<sub>3</sub></b>	2,7	2,4	1,4	0,9	0,7	0,8	0,6	0,5
<b>Presión<sub>Prom</sub></b>	2,733	2,267	1,533	0,933	0,8	0,833	0,7	0,567

Recorrido N° 5 – Abertura Media 2/4

Tubería de HG Ø 3/4" - Válvula de Compuerta  $(Vol = 1,11 \times 10^{-3} m^3 / seg)$

	P.P <sub>9</sub>	P.P <sub>10</sub>	P.P <sub>11</sub>	P.P <sub>12</sub>	P.P <sub>13</sub>	P.P <sub>17</sub>	P.P <sub>18</sub>	P.P <sub>19</sub>
<b>Presión<sub>1</sub></b>	8,0	7,7	6,9	6,1	6,0	6,0	6,0	5,9
<b>Presión<sub>2</sub></b>	8,1	7,6	6,9	6,0	5,9	6,4	6,1	6,0
<b>Presión<sub>3</sub></b>	7,9	7,6	7,0	6,1	5,9	6,6	6,0	5,9
<b>Presión<sub>Prom</sub></b>	8,0	7,633	6,933	6,067	5,933	6,333	6,033	5,933

Recorrido N° 5 – Abertura Mínima 1/4

Tubería de HG Ø 3/4" - Válvula de Compuerta  $\left( Vol = 1,11 \times 10^{-3} m^3 / seg \right)$

	P.P <sub>9</sub>	P.P <sub>10</sub>	P.P <sub>11</sub>	P.P <sub>12</sub>	P.P <sub>13</sub>	P.P <sub>17</sub>	P.P <sub>18</sub>	P.P <sub>19</sub>
<b>Presión<sub>1</sub></b>	32,4	32,4	32,3	32,0	32,0	32,4	32,3	32,3
<b>Presión<sub>2</sub></b>	32,7	32,4	32,0	31,9	31,8	32,3	32,3	32,2
<b>Presión<sub>3</sub></b>	32,4	32,2	32,0	31,7	31,7	32,1	32,0	32,0
<b>Presión<sub>Prom</sub></b>	32,5	32,333	32,1	31,867	31,833	32,267	32,2	32,167

### Pérdidas por Accesorios

Recorrido N° 1 – Abertura Total 4/4

Tubería de Cobre Ø 1" - Válvula de Compuerta  $\left( Vol = 0,0168 m^3 / seg \right)$

	P.P <sub>14</sub>	P.P <sub>15</sub>	P.P <sub>16</sub>
<b>Presión<sub>1</sub></b>	0,1	0	0
<b>Presión<sub>2</sub></b>	0	0,1	0
<b>Presión<sub>3</sub></b>	0,2	0,1	0
<b>Presión<sub>Prom</sub></b>	0,1	0,067	0

Recorrido N° 1 – Abertura Parcial 3/4

Tubería de Cobre Ø 1" - Válvula de Compuerta  $(Vol = 0,0168 \text{ m}^3 / \text{seg})$

	P.P <sub>14</sub>	P.P <sub>15</sub>	P.P <sub>16</sub>
<b>Presión<sub>1</sub></b>	0,9	0,6	0,5
<b>Presión<sub>2</sub></b>	0,8	0,7	0,6
<b>Presión<sub>3</sub></b>	0,9	0,8	0,6
<b>Presión<sub>Prom</sub></b>	0,867	0,7	0,567

Recorrido N° 1 – Abertura Media 2/4

Tubería de Cobre Ø 1" - Válvula de Compuerta  $(Vol = 0,0168 \text{ m}^3 / \text{seg})$

	P.P <sub>14</sub>	P.P <sub>15</sub>	P.P <sub>16</sub>
<b>Presión<sub>1</sub></b>	6,9	6,8	6,6
<b>Presión<sub>2</sub></b>	6,9	6,8	6,7
<b>Presión<sub>3</sub></b>	6,8	6,7	6,5
<b>Presión<sub>Prom</sub></b>	6,867	6,767	6,6

Recorrido N° 1 – Abertura Mínima 1/4

Tubería de Cobre Ø 1" - Válvula de Compuerta  $(Vol = 0,0168 \text{ m}^3 / \text{seg})$

	P.P <sub>14</sub>	P.P <sub>15</sub>	P.P <sub>16</sub>
<b>Presión<sub>1</sub></b>	36,6	36,5	36,4
<b>Presión<sub>2</sub></b>	36,6	36,5	36,5
<b>Presión<sub>3</sub></b>	36,5	36,4	36,4
<b>Presión<sub>Prom</sub></b>	36,567	36,467	36,433

Recorrido N° 2 – Abertura Total 4/4

Tubería de Plástico (lisa) Ø 1" - Válvula de Compuerta  $(Vol = 0,0168 \text{ m}^3 / \text{seg})$

	P.P <sub>14</sub>	P.P <sub>15</sub>	P.P <sub>16</sub>
<b>Presión<sub>1</sub></b>	0,5	0,3	0,2
<b>Presión<sub>2</sub></b>	0,4	0,3	0,2
<b>Presión<sub>3</sub></b>	0,3	0,3	0,1
<b>Presión<sub>Prom</sub></b>	0,4	0,3	0,167

Recorrido N° 2 – Abertura Parcial 3/4

Tubería de Plástico (lisa) Ø 1" - Válvula de Compuerta  $(Vol = 0,0168 \text{ m}^3/\text{seg})$

	P.P <sub>14</sub>	P.P <sub>15</sub>	P.P <sub>16</sub>
<b>Presión<sub>1</sub></b>	1,0	0,9	0,8
<b>Presión<sub>2</sub></b>	1,1	0,8	0,8
<b>Presión<sub>3</sub></b>	0,9	0,7	0,6
<b>Presión<sub>Prom</sub></b>	1,0	0,8	0,733

Recorrido N° 2 – Abertura Media 2/4

Tubería de Plástico (lisa) Ø 1" - Válvula de Compuerta  $(Vol = 0,0168 \text{ m}^3/\text{seg})$

	P.P <sub>14</sub>	P.P <sub>15</sub>	P.P <sub>16</sub>
<b>Presión<sub>1</sub></b>	6,0	5,8	5,6
<b>Presión<sub>2</sub></b>	5,9	5,7	5,6
<b>Presión<sub>3</sub></b>	5,9	5,8	5,6
<b>Presión<sub>Prom</sub></b>	5,933	5,767	5,6

Recorrido N° 2 – Abertura Mínima 1/4

Tubería de Plástico (lisa) Ø 1" - Válvula de Compuerta  $(Vol = 0,0168 \text{ m}^3/\text{seg})$

	P.P <sub>14</sub>	P.P <sub>15</sub>	P.P <sub>16</sub>
<b>Presión<sub>1</sub></b>	37,0	37,0	36,9
<b>Presión<sub>2</sub></b>	37,0	37,0	36,9
<b>Presión<sub>3</sub></b>	37,1	37,0	36,9
<b>Presión<sub>Prom</sub></b>	37,033	37,0	36,9

Recorrido N° 3 – Abertura Total 4/4

Tubería de Plástico (rugosa) Ø 1" - Válvula de Compuerta  $(Vol = 0,0168 \text{ m}^3/\text{seg})$

	P.P <sub>14</sub>	P.P <sub>15</sub>	P.P <sub>16</sub>
<b>Presión<sub>1</sub></b>	0,4	0,3	0,2
<b>Presión<sub>2</sub></b>	0,4	0,3	0,1
<b>Presión<sub>3</sub></b>	0,4	0,3	0,1
<b>Presión<sub>Prom</sub></b>	0,4	0,3	0,133

Recorrido N° 3 – Abertura Parcial 3/4

Tubería de Plástico (rugosa) Ø 1" - Válvula de Compuerta  $(Vol = 0,0168 m^3 / seg)$

	P.P <sub>14</sub>	P.P <sub>15</sub>	P.P <sub>16</sub>
<b>Presión<sub>1</sub></b>	0,7	0,6	0,5
<b>Presión<sub>2</sub></b>	0,7	0,6	0,5
<b>Presión<sub>3</sub></b>	0,7	0,6	0,5
<b>Presión<sub>Prom</sub></b>	0,7	0,6	0,5

Recorrido N° 3 – Abertura Media 2/4

Tubería de Plástico (rugosa) Ø 1" - Válvula de Compuerta  $(Vol = 0,0168 m^3 / seg)$

	P.P <sub>14</sub>	P.P <sub>15</sub>	P.P <sub>16</sub>
<b>Presión<sub>1</sub></b>	5,6	5,6	5,5
<b>Presión<sub>2</sub></b>	5,7	5,6	5,5
<b>Presión<sub>3</sub></b>	5,6	5,6	5,5
<b>Presión<sub>Prom</sub></b>	5,633	5,6	5,5

Recorrido N° 3 – Abertura Mínima 1/4

Tubería de Plástico (rugosa) Ø 1" - Válvula de Compuerta ( $Vol = 0,0168 m^3 / seg$ )

	P.P <sub>14</sub>	P.P <sub>15</sub>	P.P <sub>16</sub>
<b>Presión<sub>1</sub></b>	36,3	36,3	36,2
<b>Presión<sub>2</sub></b>	36,2	36,2	36,2
<b>Presión<sub>3</sub></b>	36,3	36,3	36,2
<b>Presión<sub>Prom</sub></b>	36,267	36,627	36,2

Recorrido N° 4 – Abertura Total 4/4

Tubería de HG Ø 1" - Válvula de Compuerta ( $Vol = 0,0168 m^3 / seg$ )

	P.P <sub>14</sub>	P.P <sub>15</sub>	P.P <sub>16</sub>
<b>Presión<sub>1</sub></b>	0,4	0,4	0,3
<b>Presión<sub>2</sub></b>	0,4	0,3	0,1
<b>Presión<sub>3</sub></b>	0,4	0,3	0,1
<b>Presión<sub>Prom</sub></b>	0,4	0,333	0,167

Recorrido N° 4 – Abertura Parcial 3/4

Tubería de HG Ø 1" - Válvula de Compuerta ( $Vol = 0,0168 m^3 / seg$ )

	P.P <sub>14</sub>	P.P <sub>15</sub>	P.P <sub>16</sub>
<b>Presión<sub>1</sub></b>	0,6	0,6	0,5
<b>Presión<sub>2</sub></b>	0,7	0,6	0,5
<b>Presión<sub>3</sub></b>	0,6	0,6	0,4
<b>Presión<sub>Prom</sub></b>	0,633	0,6	0,467

Recorrido N° 4 – Abertura Media 2/4

Tubería de HG Ø 1" - Válvula de Compuerta ( $Vol = 0,0168 m^3 / seg$ )

	P.P <sub>14</sub>	P.P <sub>15</sub>	P.P <sub>16</sub>
<b>Presión<sub>1</sub></b>	5,5	5,4	5,3
<b>Presión<sub>2</sub></b>	5,5	5,4	5,2
<b>Presión<sub>3</sub></b>	5,4	5,3	5,3
<b>Presión<sub>Prom</sub></b>	5,467	5,367	5,267

Recorrido N° 4 – Abertura Mínima 1/4

Tubería de HG Ø 1" - Válvula de Compuerta ( $Vol = 0,0168 \text{ m}^3 / \text{seg}$ )

	P.P <sub>14</sub>	P.P <sub>15</sub>	P.P <sub>16</sub>
<b>Presión<sub>1</sub></b>	34,5	34,5	34,6
<b>Presión<sub>2</sub></b>	34,3	34,5	34,7
<b>Presión<sub>3</sub></b>	34,7	34,8	34,7
<b>Presión<sub>Prom</sub></b>	34,5	34,6	34,667

Recorrido N° 5 – Abertura Total 4/4

Tubería de HG Ø 3/4" - Válvula de Compuerta ( $Vol = 1,11 \times 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{seg}$ )

	P.P <sub>14</sub>	P.P <sub>15</sub>	P.P <sub>16</sub>
<b>Presión<sub>1</sub></b>	0,5	0,4	0,1
<b>Presión<sub>2</sub></b>	0,3	0,2	0,1
<b>Presión<sub>3</sub></b>	0,4	0,3	0,1
<b>Presión<sub>Prom</sub></b>	0,4	0,3	0,1

Recorrido N° 5 – Abertura Parcial 3/4

Tubería de HG Ø 3/4" - Válvula de Compuerta  $\left( Vol = 1,11 \times 10^{-3} m^3 / seg \right)$

	P.P <sub>14</sub>	P.P <sub>15</sub>	P.P <sub>16</sub>
Presión <sub>1</sub>	1,1	0,7	0,7
Presión <sub>2</sub>	0,9	0,7	0,5
Presión <sub>3</sub>	1,0	0,9	0,8
Presión <sub>Prom</sub>	1,0	0,767	0,667

Recorrido N° 5 – Abertura Media 2/4

Tubería de HG Ø 3/4" - Válvula de Compuerta  $\left( Vol = 1,11 \times 10^{-3} m^3 / seg \right)$

	P.P <sub>14</sub>	P.P <sub>15</sub>	P.P <sub>16</sub>
Presión <sub>1</sub>	6,4	6,0	6,1
Presión <sub>2</sub>	6,4	6,2	6,1
Presión <sub>3</sub>	6,4	6,3	6,2
Presión <sub>Prom</sub>	6,4	6,167	6,133

Recorrido N° 5 – Abertura Mínima 1/4

Tubería de HG Ø 3/4" - Válvula de Compuerta  $\left( Vol = 1,11 \times 10^{-3} m^3 / seg \right)$

	P.P <sub>14</sub>	P.P <sub>15</sub>	P.P <sub>16</sub>
Presión <sub>1</sub>	38,8	38,6	38,4
Presión <sub>2</sub>	38,6	38,5	38,4
Presión <sub>3</sub>	38,5	38,4	38,6
Presión <sub>Prom</sub>	38,633	38,5	38,467

## APENDICE B – Ecuaciones y Nomenclatura

### 1. Ecuaciones

$$\blacksquare T_{Prom} = \frac{T_1 + T_2 + T_3}{3}$$

$$\blacksquare \frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + Hb = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + hft_{(1-2)}$$

$$\blacksquare hf = \frac{f \times L \times V^2}{D \times 2g}$$

$$\blacksquare J = \frac{1,21957 \times 10^{10} \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,87}}$$

$$\blacksquare A = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$\blacksquare Re = \frac{V \times D}{\nu}$$

$$\blacksquare V = \frac{Q}{A}$$

$$\blacksquare Vol = A \times Longitud$$



$$\blacksquare f = \frac{0,3164}{Re^{1/4}}$$

$$\blacksquare h_L = K \times \frac{v^2}{2g}$$

$$\blacksquare L_e = \frac{K \times D}{f}$$

$$\blacksquare Hp = \frac{Q \times H_{\max}}{45}$$

$$\blacksquare h_{fT} = 10,67 \times \frac{Q}{C^{1,852}} \times \frac{L}{D^{4,871}}$$



## 2. Nomenclatura

$T_i$  = Tiempo en un momento dado (seg).

$T_{prom}$  = Promedio de Tiempo (seg).

$V$  = Velocidad (m/seg).

$P$  = Presión (PSI).

$g$  = Gravedad (m/seg<sup>2</sup>).

$Z_i$  = Altura piezométrica en un punto (m).

$h_{TF}$  = Pérdidas por fricción teóricas (m).

$h_f$  = Pérdidas por fricción (m).

$f$  = Coeficiente de fricción (adim).

$L$  = Longitud (m).

$D$  = Diámetro (m).

$J$  = Pérdidas (m).

$Q$  = Caudal (m<sup>3</sup>/seg).

$C$  = Coeficiente de rugosidad del material (adim)

$A$  = Área (m<sup>2</sup>).

$Re$  = Número de Reynolds (adim).

$\nu$  = Viscosidad Cinemática (m<sup>2</sup>/seg).

$Vol$  = Volúmen (m<sup>3</sup>).



$h_L$  = Pérdidas Locales (m)

$K$  = Coeficiente de Pérdidas (adim).

$L_e$  = Longitud Equivalente (m).

$\gamma$  = Peso específico ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ )

$\rho$  = Densidad relativa ( $\text{Kgf} \times \text{seg}^2/\text{m}^4$ )

$\varepsilon$  = Rugosidad del material (m).

$h_{fP}$  = Pérdidas por fricción prácticas (m).

$h_{eT}$  = Pérdidas en accesorios teóricas (m).

$h_{eP}$  = Pérdidas en accesorios prácticas (m).



## METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

<b>TÍTULO</b>	<b>“Construcción de un Equipo Hidráulico para el Estudio de Pérdidas por Fricción y Accesorios en el Nuevo Laboratorio de Hidráulica del Departamento de Ingeniería Civil del Núcleo de Anzoátegui de la Universidad de Oriente”</b>
<b>SUBTÍTULO</b>	

## AUTOR (ES):

<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	<b>CÓDIGO CULAC / E MAIL</b>
<b>Longart F., Maria V.</b>	<b>CVLAC: 16.313.536</b> <b>E MAIL: mlongart18hotmail.com</b>
<b>Manzano M., Ángel H.</b>	<b>CVLAC: 15.062.070</b> <b>E MAIL: ahmmalave@hotmail.com</b>
	<b>CVLAC:</b> <b>E MAIL:</b>
	<b>CVLAC:</b> <b>E MAIL:</b>



**PALÁBRAS O FRASES CLAVES:**

Diseño y Construcción de un Equipo Hidráulico, Pérdidas por Fricción y Accesorios.

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

ÁREA	SUBÁREA
Ingeniería y ciencias aplicadas	Ingeniería Civil

**RESUMEN (ABSTRACT):**

Para la construcción del sistema inicialmente se estudió el lugar donde se van a realizar los experimentos, y así verificar con cuanto espacio se disponía para la colocación del mismo. Posteriormente en el diseño se manejaron distintas opciones en lo que respecta a tipos de materiales y herramientas a usar para la construcción, dentro de las factores más importantes tomados en cuenta para la elección se encuentran: el tipo de material y diámetro de la tubería, tipo de bomba para la impulsión del fluido al sistema y disponibilidad de los materiales en la zona.



**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:****CONTRIBUIDORES:**

<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	<b>ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL</b>				
Bou Ghannam, Mounir	<b>ROL</b>	<b>CA</b>	<b>AS X</b>	<b>TU</b>	<b>JU</b>
	<b>CVLAC:</b>	<b>11.420.592</b>			
	<b>E_MAIL</b>	<b>mo.bou@hotmail.com</b>			
	<b>E_MAIL</b>				
Gómez, Mariely	<b>ROL</b>	<b>CA</b>	<b>AS</b>	<b>TU</b>	<b>JU X</b>
	<b>CVLAC:</b>	<b>15.155.952</b>			
	<b>E_MAIL</b>	<b>mariely2002@hotmail.com</b>			
	<b>E_MAIL</b>				
Pinto, Blas O.	<b>ROL</b>	<b>CA</b>	<b>AS</b>	<b>TU</b>	<b>JU X</b>
	<b>CVLAC:</b>	<b>5.487.446</b>			
	<b>E_MAIL</b>	<b>blaspinto@hotmail.com</b>			
	<b>E_MAIL</b>				
	<b>ROL</b>	<b>CA</b>	<b>AS</b>	<b>TU</b>	<b>JU</b>
	<b>CVLAC:</b>				
	<b>E_MAIL</b>				
	<b>E_MAIL</b>				

**FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:**

<b>2010</b>	<b>05</b>	<b>27</b>
<b>AÑO</b>	<b>MES</b>	<b>DÍA</b>

**LENGUAJE. SPA**

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:****ARCHIVO (S):**

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
TESIS.Equipo Hidráulico.doc	Application/msword

**CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS:** A B C D E  
 F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z . a b c d e f g h i j k l m n o p q r s  
 t u v w x y z . 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 .

**ALCANCE**

**ESPACIAL:** \_\_\_\_\_ (OPCIONAL)

**TEMPORAL:** \_\_\_\_\_ (OPCIONAL)

**TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:**

Ingeniero Civil

**NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:**

Pregrado

**ÁREA DE ESTUDIO:**

Departamento de Ingeniería Civil

**INSTITUCIÓN:**

Universidad De Oriente. Núcleo Anzoátegui



**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:****DERECHOS**

De acuerdo al artículo 41 del reglamento de Trabajos de Grado:

“Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien lo participará al Consejo Universitario”.

**AUTOR**

Longart F., Maria V.

**AUTOR**

Mnazano M., Ángel H.

**TUTOR**

Bou Ghanam, Mounir

**JURADO**

Gómez, Mariely

**JURADO**

Pinto, Blas O.

**POR LA SUBCOMISION DE TESIS**

Saab, Yasser

