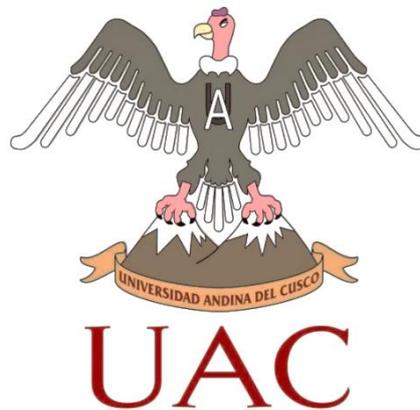




**UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

---

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS VALORES “K”, DE PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS DE 3/4”, 1/2” Y DE 1” DE DIÁMETRO DE FIERRO GALVANIZADO Y PVC, DADOS POR LAS BIBLIOGRAFÍAS CON RESPECTO A LOS HALLADOS EXPERIMENTALMENTE EN EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO”**

---

**Presentado por la Bachiller:**

Carolayn Patricia Pereira Quispeynga

**Para optar al Título Profesional de  
Ingeniero Civil**

**Asesor:** Mgt. Ing. Álvaro Flores Boza

CUSCO – PERÚ

2016



## **DEDICATORIA**

Especialmente a mi padres: Mario Pereira y Guadalupe Quispeynga y a todos los miembros de mi familia que siempre estuvieron alentándome para seguir adelante y nunca desfallecer.

A todos los que me apoyaron en los buenos y malos momentos vividos en la universidad, a mis queridos amigos y más allegados que de una u otra forma me ayudaron a progresar y madurar cada vez más.

Carolayn Patricia Pereira Quispeynga



## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a DIOS por haberme dado la oportunidad de culminar esta etapa de mi vida, y haberme dado la fuerza para enfrentar los retos de cada día.

A mis queridos Padres: Mario Pereira y Guadalupe Quispeynga, por darme todo su apoyo incondicional para terminar mis estudios y por haberme enseñado que el esfuerzo, el estudio y el trabajo son el firmamento de oportunidades.

A mis hermanos: Aydee, Elizabeth, Waldir, Consuelo y Mario, por estar siempre a mi lado, alimentándome y apoyándome en los momentos más duros de mi vida.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Andina del Cusco, por haberme acogido en sus aulas y llenarme de sabiduría.

Al Ing. Álvaro Horacio Flores Boza, por asesorarme con la tesis y demostrarme ese verdadero compromiso que tiene un maestro con su alumno al compartir sus conocimientos.

Al Ing. Víctor Chacón y de igual forma al Ing. Vladimir Laura, distinguidos maestros forjadores de ciencia y cultura, que siempre estuvieron dispuestos a compartir sus conocimientos con mi persona.

A mi compañero ideal de alegrías y sobre todo de lucha Adin Jhordan, por cooperar con su apoyo a terminar este tema de investigación.

A mis queridos amigos que con su amistad y compañía hicieron de esta etapa de estudiante una de las etapas más inolvidables y hermosas para mi existencia.

Carolayn Patricia Pereira Quispeynga



## RESUMEN

La presente investigación fue orientada a la evaluación y determinación del coeficiente de resistencia “K” mediante ensayos de pérdida de carga local en accesorios tanto de Fierro Galvanizado como de PVC, de diámetros 1/2", 3/4" y 1", que tienden a ser los diámetros más usados en las instalaciones de agua en edificaciones.

Para dicha evaluación se usó un BANCO HIDRÁULICO, KIT DE PIEZÓMETROS y REDES DE TUBERÍAS CON ACCESORIOS DE AGUA (estas redes fueron elaboradas de forma manual).

Los ensayos de pérdida de carga local en accesorios, se realizaron en el Laboratorio de Hidráulica de la Universidad Andina Del Cusco. En estos ensayos se consideraron distintos factores como son: el tipo de material, el diámetro y el tipo de empalme (presión o rosca), con respecto a los accesorios. Y con respecto a la zona, el usó de caudales reales que se den comúnmente en una edificación de la ciudad del Cusco.

Como resultado de la investigación, se obtuvieron tablas para cada tipo de accesorio de agua tanto de Fierro Galvanizado como de PVC de 1/2", 3/4" y 1" de diámetro, obteniéndose lo siguiente:

- Tablas de los valores de la Pérdida de Carga Local en Accesorios “hL”
- Tablas de los valores del Coeficiente de Resistencia “K”
- Tablas de los valores de la Longitud Equivalente en Diámetros de Tubería “Le/D”
- Ábacos de la relación (Caudal Vs Pérdida de Carga Local en Accesorios)



## ABSTRACT

This research was focused on the evaluation and determination of the resistance coefficient "K" by testing local load loss in both galvanized iron accessories as PVC, diameter 1/2 ", 3/4" and 1 "which diameters tend to be the most commonly used in water installations in buildings.

For this evaluation was used a bank HYDRAULIC KIT piezometers and ACCESSORIES NETS WITH WATER PIPES (these networks were prepared manually).

Assays local head loss in fittings, were conducted in the Hydraulics Laboratory of the Andean University of Cusco. the type of material, the diameter and the type of joint (pressure or threaded) with regard to accessories: In these tests various factors are considered as. And with regard to the area, using actual flows that are commonly den in a building in the city of Cusco.

As a result of the investigation, tables for each type of accessory water both galvanized iron and PVC were obtained 1/2 ", 3/4" and 1 "diameter, yielding the following:

- Tables of values of local head loss in Accessories "hL"
- Tables of values of the resistance coefficient "K"
- Tables of values of the equivalent length in pipe sizes "Le/D"
- Abacus ratio (Vs Loss Flow local charge on accessories)



## INTRODUCCIÓN

En una red de tuberías de agua, existen dos tipos de pérdidas: las pérdidas pueden ser por fricción (o pérdidas mayores), estas se producen a lo largo de los conductos debido a la fricción (roce) de las partículas del fluido entre sí y contra las paredes de la tubería que las contiene, también existen las pérdidas locales en accesorios (o pérdidas menores), debidas al paso de fluidos por puntos singulares en las tuberías, como un estrechamiento, un cambio de dirección, etc. El nombre de pérdida de carga "mayores" y "menores" no necesariamente reflejan la importancia relativa de cada tipo de pérdida. Aunque la práctica común puede llevar a pensar que las pérdidas de carga menores pueden ser despreciadas, pero para un sistema de tuberías que contiene muchos componentes y una longitud relativamente corta del tubo, las pérdidas por accesorios pueden ser mayores que las pérdidas por fricción.

Para la determinación de la pérdida de carga local en accesorios "hL" existen dos métodos: el primer método que es el más usado, requiere conocer con buena aproximación los valores del coeficiente de resistencia "k" y el segundo método requiere conocer la Longitud Equivalente en Diámetros de Tubería "Le/D".

En la actualidad se tienen tablas elaboradas a condiciones distintas de nuestra ciudad, por autores extranjeros que nos dan los valores de "k" y "Le/D", para algunos accesorios, no abarcando con ello todos los tipos de accesorios de agua que se usan en edificaciones. Por dicha problemática es que se creyó pertinente y valioso llevar a cabo esta investigación que permitiera subsanar dicha carencia de información, obteniéndose como resultado, tablas de los valores de: "K", "hL" y "Le/D", así como también Ábacos (Caudal Vs Pérdida de Carga Local en Accesorios), para los diferentes accesorios que comúnmente se usa en las instalaciones de agua de una edificación en los distintos materiales como Fierro Galvanizado y PVC, en los diámetros 1/2", 3/4" y 1".

Para lo cual se elaboraron manualmente redes usando los accesorios de PVC y FIERRO GALVANIZADO, los cuales fueron ensayados en un Banco Hidráulico con un Kit de Piezómetros con caudales de 500Lt/hr a 1000Lt/hr, que según el estudio realizado en la zona de Collasuyo de la ciudad del Cusco, son caudales con el cual el agua ingresa a una edificación.

Por último se realizó un análisis comparativo de los valores de "k" hallados con respecto a los que se tienen en las bibliografías.



## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTOS .....	III
RESUMEN.....	IV
ABSTRACT .....	V
INTRODUCCIÓN.....	VI
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.1.2 FORMULACIÓN INTERROGATIVA DEL PROBLEMA .....	2
1.1.2.1 FORMULACIÓN INTERROGATIVA DEL PROBLEMA GENERAL .....	2
1.1.2.2 FORMULACIÓN INTERROGATIVA DE LOS PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	2
1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROBLEMA .....	3
1.2.1 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA .....	3
1.2.2 JUSTIFICACIÓN SOCIAL.....	3
1.2.3 JUSTIFICACIÓN POR VIABILIDAD .....	3
1.2.4 JUSTIFICACIÓN POR RELEVANCIA .....	3
1.3 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.3.1 LIMITACIONES GEOGRÁFICAS .....	3
1.3.2 LIMITACIONES CON RESPECTO A LOS MATERIALES .....	4
1.3.3 LIMITACIÓN DE PRUEBAS .....	6
1.3.4 LIMITACIÓN DE TIEMPO.....	6
1.3.5 LIMITACIONES ECONÓMICAS .....	6
1.4 OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN .....	7
1.4.1 OBJETIVO GENERAL .....	7
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
1.5 HIPÓTESIS.....	7
1.5.1 HIPÓTESIS GENERAL.....	7
1.5.2 SUB HIPÓTESIS.....	8
1.6 DEFINICIÓN DE VARIABLES .....	8
1.6.1 VARIABLE INDEPENDIENTES.....	8
1.6.2 VARIABLES DEPENDIENTES .....	9
1.6.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	11
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	12
2.1 ANTECEDENTES DE LA TESIS O INVESTIGACIÓN ACTUAL .....	12
2.1.1 ANTECEDENTES A NIVEL NACIONAL.....	12
2.1.2 ANTECEDENTES A NIVEL INTERNACIONAL.....	12



2.2 ASPECTOS TEÓRICOS PERTINENTES ..... 14

2.2.1 INTRODUCCIÓN A LA MECÁNICA DE FLUIDOS..... 14

2.2.1.1 CONCEPTO DE HIDRÁULICA- SUBDIVISIONES ..... 14

2.2.1.1.1 CONCEPTO DE HIDRÁULICA- SUBDIVISIONES ..... 14

2.2.1.2 LA HIDRÁULICA Y LA MECÁNICA DE LOS FLUIDOS ..... 15

2.2.1.2.1 FLUIDOS..... 15

2.2.1.2.2 PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS FLUIDOS..... 16

2.2.1.2.2.1 DENSIDAD (P)..... 16

2.2.1.2.2.2 PESO ESPECÍFICO ( $\gamma$ ). ..... 16

2.2.1.2.2.3 DENSIDAD RELATIVA. .... 17

2.2.1.2.2.4 VOLUMEN ESPECÍFICO..... 17

2.2.1.2.3 VISCOSIDAD DE LOS FLUIDOS..... 18

2.2.1.2.3.1 VISCOSIDAD DINÁMICA..... 18

2.2.1.2.3.2 VISCOSIDAD CINEMÁTICA..... 19

2.2.1.2.4 PRESIÓN..... 20

2.2.1.2.4.1 MEDICIÓN DE LA PRESIÓN..... 20

2.2.1.2.5 HIDRODINÁMICA: GENERALIDADES, TEOREMA DE BERNOULLI..... 22

2.2.1.2.5.1 CAUDAL O DESCARGA..... 22

2.2.1.2.5.2 CLASIFICACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS..... 22

2.2.1.2.5.3 REGÍMENES DE FLUJO ..... 23

2.2.1.2.5.4 LÍNEAS Y TUBOS DE CORRIENTE ..... 24

2.2.1.2.5.5 ECUACIÓN DE CONTINUIDAD ..... 25

2.2.1.2.5.6 ECUACIÓN GENERAL DE ENERGÍA..... 26

2.2.1.2.5.6.1 ENERGÍA CINÉTICA. .... 26

2.2.1.2.5.6.2 ENERGÍA POTENCIAL..... 27

2.2.1.2.5.6.3 ENERGÍA DE PRESIÓN. .... 27

2.2.1.2.5.7 INTERPRETACIÓN DE LA ECUACIÓN DE BERNOULLI ..... 29

2.2.1.2.5.7.1 RESTRICCIONES DE LA ECUACIÓN DE BERNOULLI..... 30

2.2.1.2.6 PÉRDIDA DE ENERGÍA EN UN SISTEMA A PRESIÓN DE UN FLUJO INCOMPRESIBLE..... 32

2.2.1.2.7 NÚMERO DE REYNOLDS ..... 33

2.2.1.2.8 CLASIFICACIÓN DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA: PÉRDIDAS POR FRICCIÓN Y PÉRDIDAS POR ACCESORIOS..... 33

2.2.1.2.8.1 PÉRDIDAS DE CARGA POR FRICCIÓN EN TUBERÍAS..... 34

2.2.1.2.8.1.1 ECUACIÓN DE DARCY WEISBACH ..... 34

2.2.1.2.8.2 PÉRDIDAS DE CARGA POR ACCESORIOS. .... 38

2.2.1.2.8.2.1 ECUACIÓN FUNDAMENTAL DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA POR ACCESORIOS..... 39

2.2.1.2.8.2.2 PÉRDIDAS DE CARGA EN ACCESORIOS ESPECIALES. .... 41



- 2.2.1.2.8.3 MATERIALES Y ACCESORIOS UTILIZADOS EN LAS  
INSTALACIONES SANITARIAS ..... 49
  - 2.2.1.2.8.3.1 HIERRO GALVANIZADO O FIERRO GALVANIZADO ..... 49
  - 2.2.1.2.8.3.2 PVC (CLORURO DE POLIVINILO) ..... 49
  - 2.2.1.2.8.3.3 TIPOS Y APLICACIONES DE LOS ACCESORIOS  
HIDRÁULICOS. .... 51
- CAPÍTULO III. METODOLOGÍA..... 55
  - 3.1 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN ..... 55
    - 3.1.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN..... 55
    - 3.1.2 NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN ..... 55
    - 3.1.3 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN ..... 55
  - 3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN ..... 55
    - 3.2.1 DISEÑO DE INGENIERÍA..... 56
  - 3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA ..... 57
    - 3.3.1 POBLACIÓN ..... 57
      - 3.3.1.1 DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN ..... 57
      - 3.3.1.2 CUANTIFICACIÓN DE LA POBLACIÓN ..... 57
    - 3.3.2 MUESTRA..... 57
      - 3.3.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA ..... 57
      - 3.3.2.2 CUANTIFICACIÓN DE LA MUESTRA ..... 58
      - 3.3.2.3 MÉTODO DE MUESTREO ..... 58
      - 3.3.2.4 CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE LA MUESTRA..... 58
    - 3.3.3 CRITERIOS DE INCLUSIÓN ..... 58
  - 3.4 INSTRUMENTOS ..... 58
    - 3.4.1 INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS ..... 58
      - 3.4.1.1 GUÍA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO ..... 58
    - 3.4.2 INSTRUMENTOS DE INGENIERÍA..... 66
      - 3.4.2.1 BANCO HIDRÁULICO..... 66
      - 3.4.2.2 SERIE DE TUBOS PIEZOMÉTRICOS - KIT PARA EXPERIENCIAS ..... 67
      - 3.4.2.3 MEDIDOR ELECTROMAGNÉTICO..... 67
  - 3.5 PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS ..... 68
    - 3.5.1 CONTROL DE CALIDAD EN ACCESORIOS Y TUBERÍAS DE AGUA ..... 68
      - 3.5.1.1 MATERIALES ..... 68
      - 3.5.1.2 PROCEDIMIENTO ..... 69
      - 3.5.1.3 TOMA DE DATOS..... 69
    - 3.5.2 LIMPIEZA DE LOS INSTRUMENTOS Y CONSTATACIÓN DE LA CURVA DE  
CAUDALES DEL BANCO HIDRÁULICO..... 71
      - 3.5.2.1 INSTRUMENTOS..... 71
      - 3.5.2.2 MATERIALES Y HERRAMIENTAS..... 72



- 3.5.2.3 PROCEDIMIENTO ..... 72
  - 3.5.2.3.1 LIMPIEZA DE LOS INSTRUMENTOS ..... 72
  - 3.5.2.3.2 CONSTATACIÓN DE LA CURVA DE CAUDALES DEL BANCO HIDRÁULICO ..... 73
- 3.5.2.4 DATOS OBTENIDOS ..... 76
- 3.5.3 ELABORACIÓN DE LAS REDES DE FORMA MANUAL ..... 77
  - 3.5.3.1 HERRAMIENTAS MANUALES ..... 77
  - 3.5.3.2 MATERIALES ..... 78
  - 3.5.3.3 PROCEDIMIENTO ..... 83
- 3.5.4 ENSAYO DE PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS DE AGUA (PVC) 87
  - 3.5.4.1 INSTRUMENTOS ..... 87
  - 3.5.4.2 MATERIALES ..... 87
  - 3.5.4.3 PROCEDIMIENTO ..... 88
  - 3.5.4.4 DATOS OBTENIDOS ..... 90
- 3.5.5 ENSAYO DE PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS DE AGUA (FIERRO GALVANIZADO)..... 96
  - 3.5.5.1 INSTRUMENTOS ..... 96
  - 3.5.5.2 MATERIALES ..... 96
  - 3.5.5.3 PROCEDIMIENTOS ..... 96
  - 3.5.5.4 DATOS OBTENIDOS ..... 99
- 3.5.6 ENSAYO DE PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS TEES DE AGUA (PVC Y FIERRO GALVANIZADO)..... 105
  - 3.5.6.1 INSTRUMENTOS ..... 105
  - 3.5.6.2 MATERIALES ..... 105
  - 3.5.6.3 PROCEDIMIENTOS ..... 105
  - 3.5.6.4 DATOS OBTENIDOS ..... 106
- CAPÍTULO IV. RESULTADOS..... 109
  - 4.1 RESULTADOS DEL ENSAYO DE PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS DE AGUA DE PVC Y FIERRO GALVANIZADO DE 1/2", 3/4" Y 1" DE DIÁMETRO 109
  - 4.2 RESULTADOS DEL ENSAYO DE PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS DE AGUA - TEES DE PVC Y FIERRO GALVANIZADO DE 1/2", 3/4" Y 1" DE DIÁMETRO ..... 113
  - 4.3 RESULTADOS DEL VALOR DEL COEFICIENTE DE RESISTENCIA "K" PARA ACCESORIOS DE AGUA DE PVC Y FIERRO GALVANIZADO DE 1/2", 3/4" Y 1" DE DIÁMETRO ..... 115
  - 4.4 RESULTADOS DEL VALOR DEL COEFICIENTE DE RESISTENCIA "K" PARA TEES DE PVC Y FIERRO GALVANIZADO DE 1/2", 3/4" Y 1" DE DIÁMETRO ..... 121
  - 4.5 RESULTADOS DEL VALOR DE "LE/D" PARA LOS ACCESORIOS DE AGUA EN PVC Y FIERRO GALVANIZADO DE 1/2", 3/4" Y 1" DE DIÁMETRO ..... 125
  - 4.6 ÁBACOS (Q VS HL) ..... 135



4.6.1 ÁBACOS PARA ACCESORIOS DE AGUA DE 1/2" (PVC)..... 135

4.6.2 ÁBACOS PARA ACCESORIOS DE AGUA DE 3/4" (PVC)..... 138

4.6.3 ÁBACOS PARA ACCESORIOS DE AGUA DE 1" (PVC)..... 141

4.6.4 ÁBACOS PARA ACCESORIOS DE AGUA DE 1/2" (FIERRO GALVANIZADO)  
144

4.6.5 ÁBACOS PARA ACCESORIOS DE AGUA DE 3/4" (FIERRO GALVANIZADO)  
146

4.6.6 ÁBACOS PARA ACCESORIOS DE AGUA DE 1" (FIERRO GALVANIZADO). 148

4.6.7 ÁBACOS GENERALES PARA ACCESORIOS DE AGUA DE 1/2", 3/4" Y 1" DE  
DIÁMETRO EN PVC ..... 150

4.6.8 ÁBACOS GENERALES PARA ACCESORIOS DE AGUA 1/2", 3/4" Y 1" DE  
DIÁMETRO EN PVC FIERRO GALVANIZADO ..... 153

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN ..... 156

5.1 ¿POR QUÉ SE REALIZÓ ESTE ESTUDIO? ..... 156

5.2 ¿CUÁL ES LA DIFERENCIA PORCENTUAL QUE EXISTE ENTRE LOS VALORES  
DE "K" HALLADOS CON RESPECTO A LOS OBTENIDOS EN LAS BIBLIOGRAFÍAS  
(MUNSON B. R., HÉCTOR ALFONSO Y AZEVEDO NETTO)? ..... 156

5.3 ¿LOS VALORES HALLADOS DE LA LONGITUD EQUIVALENTE EN DIÁMETROS  
DE TUBERÍA "Le/D", PARA LOS ACCESORIOS DE AGUA TRABAJADOS,  
DIFIEREN CON RESPECTO A LOS ENCONTRADOS EN LAS BIBLIOGRAFÍAS (L.  
MOTT Y FOX R. W.)? ..... 157

5.4 ¿POR QUÉ HAY DIFERENCIA ENTRE LOS VALORES HALLADOS  
EXPERIMENTALMENTE Y LOS HALLADOS EN BIBLIOGRAFÍAS? ..... 158

5.5 ¿CUAL LLEGA A SER EL APORTE DE LA INVESTIGACIÓN?..... 158

5.6 ¿CUÁL ES EL APORTE SOCIOECONÓMICO DE ESTA INVESTIGACIÓN? ..... 158

GLOSARIO..... 159

CONCLUSIONES..... 161

RECOMENDACIONES ..... 163

REFERENCIAS..... 165

REFERENCIAS DE INTERNET..... 166

ANEXOS..... 167

ANEXO 01:MATRIZ ..... 167

ANEXO 02: ESTUDIO REFERENCIAL ..... 168

ANEXO 03: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS–ACCESORIOS DE FIERRO GALVANIZADO 169

ANEXO 04: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS – ACCESORIOS DE PVC ..... 170

ANEXO FOTOGRÁFICO ..... 173



TABLAS

TABLA 1: CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES ..... 11

TABLA 2: DIVISIÓN DE LA HIDRÁULICA APLICADA ..... 15

TABLA 3: PROPIEDADES DEL AGUA..... 19

TABLA 4: RUGOSIDAD DE LOS MATERIALES ..... 37

TABLA 5: COEFICIENTES “A” DE LA FÓRMULA DE GENIJEV ..... 38

TABLA 6: COEFICIENTE DE PÉRDIDAS "K"- AUTOR (MUNSON B. R., 1990)..... 40

TABLA 7: COEFICIENTE DE PÉRDIDAS "K"- AUTOR (WHITE F. M., 1994) ..... 40

TABLA 8: FACTOR DE FRICCIÓN (f) EN LA ZONA DE TURBULENCIA PARA TUBERÍA DE ACERO COMERCIAL. .... 41

TABLA 9: COEFICIENTE DE RESISTENCIA - CONTRACCIÓN BRUSCA ..... 43

TABLA 10: COEFICIENTE DE RESISTENCIA-EXPANSIÓN GRADUAL ( $\theta$ ) ..... 44

TABLA 11: COEFICIENTE DE RESISTENCIA – CONTRACCIÓN  $\theta \geq 15^\circ$  ..... 45

TABLA 12: RESISTENCIA DE LONGITUD EQUIVALENTE EN NÚMERO DE DIÁMETROS DE TUBERÍA ( $Le/D$ ) ..... 48

TABLA 13: LONGITUDES EQUIVALENTES REPRESENTATIVAS " $Le/D$ "- AUTOR (FOX, R. W., 1992) ..... 48

TABLA 14: FORMATO PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LOS ACCESORIOS DE AGUA DE PVC Y FIERRO GALVANIZADO ..... 59

TABLA 15: FORMATO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS EN LA CONSTATACIÓN DE LA CURVA DE CAUDALES DEL BANCO HIDRÁULICO CON EL MEDIDOR ELECTROMAGNÉTICO ..... 59

TABLA 16: FORMATOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS DEL ENSAYO: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS DE AGUA (PVC) - CAUDAL 500 Lt/hr ..... 60

TABLA 17: FORMATOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS DEL ENSAYO: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS DE AGUA (PVC) - CAUDAL 600 Lt/hr ..... 60

TABLA 18: FORMATOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS DEL ENSAYO: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS DE AGUA (PVC) - CAUDAL 700 Lt/hr ..... 61

TABLA 19: FORMATOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS DEL ENSAYO: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS DE AGUA (PVC) - CAUDAL 800 Lt/hr ..... 61

TABLA 20: FORMATOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS DEL ENSAYO: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS DE AGUA (PVC) - CAUDAL 900 Lt/hr ..... 62

TABLA 21: FORMATOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS DEL ENSAYO: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS DE AGUA (PVC) - CAUDAL 1000 Lt/hr ..... 62

TABLA 22: FORMATOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS DEL ENSAYO: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS DE AGUA (FIERRO GALVANIZADO) - CAUDAL 500 Lt/hr. .... 63

TABLA 23: FORMATOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS DEL ENSAYO: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS DE AGUA (FIERRO GALVANIZADO) - CAUDAL 600 Lt/hr. .... 63

TABLA 24: FORMATOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS DEL ENSAYO: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS DE AGUA (FIERRO GALVANIZADO) - CAUDAL 700 Lt/hr. .... 64

TABLA 25: FORMATOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS DEL ENSAYO: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS DE AGUA (FIERRO GALVANIZADO) - CAUDAL 800 Lt/hr. .... 64

TABLA 26: FORMATOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS DEL ENSAYO: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS DE AGUA (FIERRO GALVANIZADO) - CAUDAL 900 Lt/hr. .... 65



TABLA 27: FORMATOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS DEL ENSAYO: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS DE AGUA (FIERRO GALVANIZADO) - CAUDAL 1000 Lt/hr. .... 65

TABLA 28: CONTROL DE CALIDAD DE ACCESORIOS Y TUBERÍAS DE AGUA DE 1/2", 3/4" Y 1" DE DIÁMETRO (PVC Y FIERRO GALVANIZADO) ..... 70

TABLA 29: DATOS OBTENIDOS EN EL AFORO PARA LA CONSTATAción DE CAUDALES DEL BANCO HIDRÁULICO ..... 76

TABLA 30: RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS EN ACCESORIOS DE AGUA DE PVC ..... 92

TABLA 31: RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS EN ACCESORIOS DE AGUA DE PVC ..... 93

TABLA 32: PROCESAMIENTO DE PÉRDIDAS DE CARGA EN ACCESORIOS DE AGUA DE PVC ..... 94

TABLA 33: PROCESAMIENTO DE PÉRDIDAS DE CARGA EN ACCESORIOS DE AGUA DE PVC ..... 95

TABLA 34: RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS EN ACCESORIOS DE AGUA DE FIERRO GALVANIZADO ..... 101

TABLA 35: RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS EN ACCESORIOS DE AGUA DE FIERRO GALVANIZADO ..... 102

TABLA 36: PROCESAMIENTO DE PÉRDIDAS DE CARGA EN ACCESORIOS DE AGUA DE FIERRO GALVANIZADO ..... 103

TABLA 37: PROCESAMIENTO DE PÉRDIDAS DE CARGA EN ACCESORIOS DE AGUA DE FIERRO GALVANIZADO ..... 104

TABLA 38: RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS EN ACCESORIOS TEES DE AGUA DE FIERRO GALVANIZADO Y PVC ..... 107

TABLA 39: PROCESAMIENTO DE PÉRDIDAS DE CARGAS EN ACCESORIOS TEES DE AGUA DE FIERRO GALVANIZADO Y PVC ..... 108

TABLA 40: PÉRDIDA DE CARGA POR FRICCIÓN PARA UN CODO DE 90° MIXTO DE 1/2" EN PVC ..... 109

TABLA 41: PÉRDIDA DE CARGA POR FRICCIÓN PARA UN CODO DE 90° DE 1/2" EN FIERRO GALVANIZADO ..... 109

TABLA 42: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS-CODOS DE 1/2" (PVC) ..... 110

TABLA 43: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS-CODOS DE 1/2" (FIERRO GALVANIZADO) ..... 110

TABLA 44: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS-UNIONES DE 1/2" (PVC) ..... 110

TABLA 45: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS-UNIONES DE 1/2" (FIERRO GALVANIZADO) ..... 110

TABLA 46: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS-CODOS DE 3/4" (PVC) ..... 111

TABLA 47: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS-CODOS DE 3/4" (FIERRO GALVANIZADO) ..... 111

TABLA 48: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS-UNIONES DE 3/4" (PVC) ..... 111

TABLA 49: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS-UNIONES DE 3/4" (FIERRO GALVANIZADO) ..... 111

TABLA 50: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS-CODOS DE 1" (PVC) ..... 111

TABLA 51: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS-CODOS DE 1" (FIERRO GALVANIZADO) ..... 111

TABLA 52: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS-UNIONES DE 1" (PVC) ..... 112

TABLA 53: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS-UNIONES DE 1" (FIERRO GALVANIZADO) ..... 112

TABLA 54: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS-REDUCCIONES (FIERRO GALVANIZADO) ..... 112

TABLA 55: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS DE AGUA - TEES (FIERRO GALVANIZADO Y PVC) ..... 114



TABLA 56: COEFICIENTE DE RESISTENCIA “K” EN CODOS DE 1/2" (PVC) ..... 117

TABLA 57: COEFICIENTE DE RESISTENCIA “K” EN CODOS DE 1/2" (FIERRO GALVANIZADO)..... 117

TABLA 58: COEFICIENTE DE RESISTENCIA “K” EN UNIONES DE 1/2" (PVC)..... 117

TABLA 59: COEFICIENTE DE RESISTENCIA “K” EN UNIONES DE 1/2" (FIERRO GALVANIZADO)..... 118

TABLA 60: COEFICIENTE DE RESISTENCIA “K” EN CODOS DE 3/4" (PVC) ..... 118

TABLA 61: COEFICIENTE DE RESISTENCIA “K” EN CODOS DE 3/4" (FIERRO GALVANIZADO)..... 118

TABLA 62: COEFICIENTE DE RESISTENCIA “K” EN UNIONES DE 3/4" (PVC)..... 119

TABLA 63: COEFICIENTE DE RESISTENCIA “K” EN UNIONES DE 3/4" (FIERRO GALVANIZADO)..... 119

TABLA 64: COEFICIENTE DE RESISTENCIA “K” EN CODOS DE 1" (PVC) ..... 119

TABLA 65: COEFICIENTE DE RESISTENCIA “K” EN CODOS DE 1" (FIERRO GALVANIZADO)..... 119

TABLA 66: COEFICIENTE DE RESISTENCIA “K” EN UNIONES DE 1" (PVC) ..... 120

TABLA 67: COEFICIENTE DE RESISTENCIA “K” EN UNIONES DE 1" (FIERRO GALVANIZADO)..... 120

TABLA 68: COEFICIENTE DE RESISTENCIA “K” EN REDUCCIONES (FIERRO GALVANIZADO)..... 121

TABLA 69: COEFICIENTE DE RESISTENCIA “K” EN TEES DE 1/2", 3/4" Y 1" DE DIÁMETRO (PVC Y FIERRO GALVANIZADO) ..... 124

TABLA 70: DIÁMETROS DE LAS TUBERÍAS DE AGUA (PVC) ..... 126

TABLA 71: VALORES DEL FACTOR DE FRICCIÓN, PARA ACCESORIOS A PRESIÓN (PVC) ..... 126

TABLA 72: VALORES DEL FACTOR DE FRICCIÓN, PARA ACCESORIOS A ROSCA (PVC) ..... 127

TABLA 73: VALORES DEL FACTOR DE FRICCIÓN, PARA ACCESORIOS A ROSCA (FIERRO GALVANIZADO)..... 127

TABLA 74: FACTOR DE FRICCIÓN “f”, LONGITUD EQUIVALENTE EN DIÁMETROS DE TUBERÍA “Le/D” PARA ACCESORIOS DE PVC ..... 128

TABLA 75: FACTOR DE FRICCIÓN “f”, LONGITUD EQUIVALENTE EN DIÁMETROS DE TUBERÍA “Le/D” PARA ACCESORIOS DE FIERRO GALVANIZADO ..... 129

TABLA 76: FACTOR DE FRICCIÓN “f”, LONGITUD EQUIVALENTE “Le” PARA ACCESORIOS TEES DE PVC Y FIERRO GALVANIZADO ..... 130

TABLA 77: LONGITUD EQUIVALENTE EN DIÁMETRO DE TUBERÍA “Le/D” PARA TEES DE PVC Y FIERRO GALVANIZADO ..... 131

TABLA 78: VALORES RECOMENDADOS DE LA LONGITUD EQUIVALENTE EN DIÁMETROS DE TUBERÍA “Le/D” PARA ACCESORIOS DE PVC ..... 132

TABLA 79: VALORES RECOMENDADOS DE LA LONGITUD EQUIVALENTE EN DIÁMETROS DE TUBERÍA “Le/D” PARA ACCESORIOS DE FIERRO GALVANIZADO ..... 133

TABLA 80: VALORES RECOMENDADOS DE LA LONGITUD EQUIVALENTE EN DIÁMETROS DE TUBERÍA “Le/D” PARA ACCESORIOS TEES DE PVC Y FIERRO GALVANIZADO ..... 134

TABLA 81: ÁBACO (Q vs hL) DEL CODO DE 90° DE 1/2”-ROSCA (PVC) ..... 135

TABLA 82: ÁBACO (Q vs hL) DEL CODO DE 90° DE 1/2”-PRESIÓN (PVC)..... 135

TABLA 83: ÁBACO (Q vs hL) DEL CODO DE 90° DE 1/2”-MIXTO (PVC) ..... 135

TABLA 84: ÁBACO (Q vs hL) DEL CODO DE 45° DE 1/2”-PRESIÓN (PVC)..... 136

TABLA 85: ÁBACO (Q vs hL) DE LA UNIÓN SIMPLE DE 1/2”-PRESIÓN (PVC)..... 136

TABLA 86: ÁBACO (Q vs hL) DE LA TEE DE 1/2”-PRESIÓN (PVC)..... 136

TABLA 87: ÁBACO (Q vs hL) DE LA TEE DE 1/2”-ROSCA (PVC) ..... 137

TABLA 88: ÁBACO (Q vs hL) DE LA UNIÓN SIMPLE DE 1/2”-ROSCA (PVC) ..... 137

TABLA 89: ÁBACO (Q vs hL) DE LA UNIÓN DE 1/2”-MIXTO (PVC)..... 137



TABLA 90: ÁBACO (Q vs hL) DE LA UNIÓN UNIVERSAL DE 1/2" (PVC)..... 138

TABLA 91: ÁBACO (Q vs hL) DEL CODO DE 90° DE 3/4"-ROSCA (PVC)..... 138

TABLA 92: ÁBACO (Q vs hL) DEL CODO DE 90° DE 3/4"-PRESIÓN (PVC) ..... 138

TABLA 93: ÁBACO (Q vs hL) DEL CODO DE 90° DE 3/4"-MIXTO (PVC) ..... 139

TABLA 94: ÁBACO (Q vs hL) DEL CODO DE 45° DE 3/4"-PRESIÓN (PVC) ..... 139

TABLA 95: ÁBACO (Q vs hL) DE LA UNIÓN SIMPLE DE 3/4"-PRESIÓN (PVC) ..... 139

TABLA 96: ÁBACO (Q vs hL) DE LA UNIÓN SIMPLE DE 3/4"-ROSCA (PVC)..... 140

TABLA 97: ÁBACO (Q vs hL) DE LA UNIÓN DE 3/4"-MIXTO (PVC)..... 140

TABLA 98: ÁBACO (Q vs hL) DE LA UNIÓN UNIVERSAL DE 3/4"- (PVC)..... 140

TABLA 99: ÁBACO (Q vs hL) DE LA TEE DE 3/4"- PRESIÓN (PVC) ..... 141

TABLA 100: ÁBACO (Q vs hL) DE LA TEE DE 3/4"- ROSCA (PVC)..... 141

TABLA 101: ÁBACO (Q vs hL) DEL CODO DE 90° DE 1"- ROSCA (PVC)..... 141

TABLA 102: ÁBACO (Q vs hL) DEL CODO DE 90° DE 1"- PRESIÓN (PVC) ..... 142

TABLA 103: ÁBACO (Q vs hL) DEL CODO DE 45° DE 1"- PRESIÓN (PVC) ..... 142

TABLA 104: ÁBACO (Q vs hL) DE LA UNIÓN SIMPLE DE 1"- PRESIÓN (PVC) ..... 142

TABLA 105: ÁBACO (Q vs hL) DE LA UNIÓN SIMPLE DE 1"- ROSCA (PVC)..... 143

TABLA 106: ÁBACO (Q vs hL) DE LA UNIÓN DE 1"-MIXTO (PVC)..... 143

TABLA 107: ÁBACO (Q vs hL) DE LA UNIÓN UNIVERSAL DE 1"- (PVC)..... 143

TABLA 108: ÁBACO (Q vs hL) DE LA UNIÓN UNIVERSAL DE 1"- (PVC)..... 144

TABLA 109: ÁBACO (Q vs hL) DE LA TEE DE 1"-PRESIÓN (PVC) ..... 144

TABLA 110: ÁBACO (Q vs hL) DEL CODO DE 90° DE 1/2"-ROSCA (FG.) ..... 144

TABLA 111: ÁBACO (Q vs hL) DEL CODO DE 45° DE 1/2"-ROSCA (FG.) ..... 145

TABLA 112: ÁBACO (Q vs hL) DE LA UNIÓN SIMPLE DE 1/2"-ROSCA (FG.) ..... 145

TABLA 113: ÁBACO (Q vs hL) DE LA UNIÓN UNIVERSAL DE 1/2"- (FG.) ..... 145

TABLA 114: ÁBACO (Q vs hL) DE LA TEE DE 1/2"-ROSCA (FG.) ..... 146

TABLA 115: ÁBACO (Q vs hL) DEL CODO DE 90° DE 3/4"-ROSCA (FG.) ..... 146

TABLA 116: ÁBACO (Q vs hL) DEL CODO DE 45° DE 3/4"-ROSCA (FG.) ..... 146

TABLA 117: ÁBACO (Q vs hL) DE LA UNIÓN UNIVERSAL DE 3/4"- (FG.)..... 147

TABLA 118: ÁBACO (Q vs hL) DE LA UNIÓN SIMPLE DE 3/4"- ROSCA (FG.) ..... 147

TABLA 119: ÁBACO (Q vs hL) DE LA TEE DE 3/4"- ROSCA (FG.) ..... 147

TABLA 120: ÁBACO (Q vs hL) DEL CODO DE 90° DE 1"- ROSCA (FG.) ..... 148

TABLA 121: ÁBACO (Q vs hL) DEL CODO DE 45° DE 1"- ROSCA (FG.) ..... 148

TABLA 122: ÁBACO (Q vs hL) DE LA UNIÓN SIMPLE DE 1"- ROSCA (FG.) ..... 148

TABLA 123: ÁBACO (Q vs hL) DE LA UNIÓN UNIVERSAL DE 1"- ROSCA (FG.) ..... 149

TABLA 124: ÁBACO (Q vs hL) DE LA TEE DE 1"- ROSCA (FG.) ..... 149

TABLA 125: ÁBACO (Q,hL) PARA CODOS DE 1/2" EN PVC ..... 150

TABLA 126: ÁBACO (Q,hL) PARA CODOS DE 3/4" EN PVC ..... 150

TABLA 127: ÁBACO (Q,hL) PARA CODOS DE 1" EN PVC ..... 151

TABLA 128: ÁBACO (Q,hL) PARA UNIONES DE 1/2" EN PVC ..... 151

TABLA 129: ÁBACO (Q,hL) PARA UNIONES DE 3/4" EN PVC ..... 152

TABLA 130: ÁBACO (Q,hL) PARA UNIONES DE 1" EN PVC ..... 152

TABLA 131: ÁBACO (Q,hL) PARA CODOS DE 1/2" EN FIERRO GALVANIZADO ..... 153

TABLA 132: ÁBACO (Q,hL) PARA CODOS DE 3/4" EN FIERRO GALVANIZADO ..... 153

TABLA 133: ÁBACO (Q,hL) PARA CODOS DE 1" EN FIERRO GALVANIZADO ..... 154

TABLA 134: ÁBACO (Q,hL) PARA UNIONES DE 1/2" EN FIERRO GALVANIZADO ..... 154

TABLA 135: ÁBACO (Q,hL) PARA UNIONES DE 3/4" EN FIERRO GALVANIZADO ..... 155

TABLA 136: ÁBACO (Q,hL) PARA UNIONES DE 1" EN FIERRO GALVANIZADO ..... 155

TABLA 137: CUADRO COMPARATIVO DEL COEFICIENTE DE RESISTENCIA "K" ..... 156

TABLA 138: COMPARACIÓN DE LOS VALORES DE "Le/D" ..... 157

TABLA 139: MATRIZ..... 167



## FIGURAS

FIGURA 1: MAPA DE LA CIUDAD DEL CUSCO .....	1
FIGURA 2: GRADIENTE DE VELOCIDAD DE UN FLUIDO EN MOVIMIENTO .....	18
FIGURA 3: COMPARACIÓN ENTRE LA PRESIÓN ABSOLUTA Y MANOMÉTRICA.....	21
FIGURA 4: CLASIFICACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS .....	23
FIGURA 5: RÉGIMENES DE FLUJO.....	23
FIGURA 6: LÍNEA DE CORRIENTE .....	24
FIGURA 7: ECUACIÓN DE CONTINUIDAD.....	25
FIGURA 8: ELEMENTO DE FLUIDO EN UNA TUBERÍA .....	27
FIGURA 9: ELEMENTOS DE FLUIDO UTILIZADOS EN LA ECUACIÓN DE BERNOULLI.....	28
FIGURA 10: CARGA DE PRESIÓN, CARGA DE ELEVACIÓN, CARGA DE VELOCIDAD Y CARGA TOTAL .....	30
FIGURA 11: PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN UN SISTEMA A PRESIÓN .....	31
FIGURA 12: RUGOSIDAD EXAGERADA DE LA PARED DE UN TUBO .....	37
FIGURA 11: ESQUEMA DE UNA AMPLIACIÓN BRUSCA.....	42
FIGURA 12: ESQUEMA DE UNA CONTRACCIÓN BRUSCA .....	43
FIGURA 13: ESQUEMA DE UNA EXPANSIÓN GRADUAL .....	44
FIGURA 14: ESQUEMA DE UNA EXPANSIÓN GRADUAL .....	45
FIGURA 15: COEFICIENTES DE PÉRDIDAS DE CARGA POR ENTRADA .....	46
FIGURA 16: ESQUEMA UNA SALIDA DE TUBERÍA.....	47
FIGURA 17: TRANSICIÓN DE TUBERÍAS DE PVC A TUBERÍAS DE OTROS MATERIALES	51
FIGURA 18: CODOS DE 90° .....	52
FIGURA 19: TEES .....	52
FIGURA 20: REDUCCIÓN CONCÉNTRICA .....	53
FIGURA 21: REDUCCIÓN EXCÉNTRICA.....	53
FIGURA 22: UNIÓN UNIVERSAL.....	54
FIGURA 23: BANCO HIDRÁULICO.....	67
FIGURA 24: KIT DE PIEZÓMETROS.....	67
FIGURA 25: MEDIDOR ELECTROMAGNÉTICO.....	68
FIGURA 26: LIMPIEZA DEL BANCO HIDRÁULICO .....	72
FIGURA 27: LIMPIEZA DEL KIT DE PIEZÓMETROS .....	73
FIGURA 28: RED MANUAL PARA EL AFORO DEL BANCO HIDRÁULICO.....	73
FIGURA 29: MEDIDOR ELECTROMAGNÉTICO.....	74
FIGURA 30: ARMADO DEL EQUIPO PARA LA CONSTATACIÓN DE CAUDALES .....	74
FIGURA 31: TOMA DE DATOS DEL AFORO CON EL MEDIDOR ELECTROMAGNÉTICO ...	75
FIGURA 32: HOJA DE SIERRA.....	77
FIGURA 33: ALICATE.....	77
FIGURA 34: LLAVE STILLSON .....	77
FIGURA 35: DESTORNILLADOR PUNTA ESTRELLA.....	78
FIGURA 36: CLAVOS DE 5 Ó 6 PULG. ....	78
FIGURA 37: TARRAJA MANUAL .....	78
FIGURA 38: ACCESORIOS DE AGUA DE PVC 1/2", 3/4" Y 1" DE DIÁMETRO.....	79
FIGURA 39: ACCESORIOS DE FIERRO GALVANIZADO 1/2", 3/4" Y 1" DE DIÁMETRO .....	79
FIGURA 40: PEGA TUBO.....	79
FIGURA 41: LIJA DE AGUA Nro 200.....	80
FIGURA 42: UNIONES UNIVERSALES (PVC) .....	80
FIGURA 43: TUBERÍAS DE PVC DE 1/2", 3/4" Y 1" DE DIÁMETRO .....	81
FIGURA 44: ADAPTADORES UPR (PVC) .....	81
FIGURA 45: JERINGA DE 1G .....	81
FIGURA 46: SILICONA EN BARRA (PVC).....	82
FIGURA 47: VELA Y FOSFORO .....	82



FIGURA 48: CINTA TEFLÓN..... 82

FIGURA 49: SELLA ROSCA..... 83

FIGURA 50: TUBERÍAS DE PVC DE 1/2", 3/4" Y 1" DE DIÁMETRO ..... 83

FIGURA 51: NIPLES DE PVC DE 1/2", 3/4" Y 1" DE DIÁMETRO ..... 83

FIGURA 52: ELABORACIÓN DE PISTONES ..... 84

FIGURA 53: ELABORACIÓN DE PARCHES ..... 84

FIGURA 54: PEGADO DE LOS PARCHES CON LOS NIPLES ..... 85

FIGURA 55: NIPLES CON ORIFICIOS ..... 85

FIGURA 56: NIPLES CON PISTONES..... 86

FIGURA 57: RED ARMADA CON ACCESORIOS DE FIERRO GALVANIZADO ..... 86

FIGURA 58: RED ARMADA CON ACCESORIOS A PRESIÓN DE PVC ..... 86

FIGURA 59: RED ARMADA CON ACCESORIOS A ROSCA (PVC) ..... 87

FIGURA 60: PUESTA DE UNIONES UNIVERSALES A LOS EXTREMOS DE LA RED ..... 88

FIGURA 61: EXPULSIÓN DE BURBUJAS DEL KIT DE PIEZÓMETROS..... 88

FIGURA 62: RED Nro 5 (PVC) ENSAYADA EN EL BANCO HIDRÁULICO ..... 89

FIGURA 63: RED DE FIERRO GALVANIZADO ..... 96

FIGURA 64: RED DE FIERRO GALVANIZADO EMPALMADO CON UNIONES UNIVERSALES A AMBOS EXTREMOS..... 97

FIGURA 65: VERIFICACIÓN DE POSIBLES FUGAS EN LA RED A PRUEBA ..... 97

FIGURA 66: RED NRO. 14 DE PVC SIENDO ENSAYADA ..... 98

FIGURA 67: ENSAYO DE PÉRDIDAS DE CARGAS LOCALES CON UNA RED DE PVC ..... 98

FIGURA 68: TOMA DE DATOS EN EL ENSAYO DE PÉRDIDAS DE CARGAS LOCALES CON UNA RED DE PVC ..... 99

FIGURA 69: DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓN DE FLUJOS EN UNA TEE ..... 105

FIGURA 70: DETERMINACIÓN DE LOS ENSAYOS A REALIZARSE CON LA GUÍA Y ASESORAMIENTO DEL ING. ÁLVARO FLORES BOZA ..... 173

FIGURA 71: RED NRO. 1 ..... 173

FIGURA 72: RED NRO. 2 ..... 174

FIGURA 73: RED NRO. 3 ..... 174

FIGURA 74: RED NRO. 4 ..... 174

FIGURA 75: RED NRO. 5 ..... 175

FIGURA 76: RED NRO. 6 ..... 175

FIGURA 77: RED NRO. 7 ..... 175

FIGURA 78: RED NRO. 8 ..... 176

FIGURA 79: RED NRO. 9 ..... 176

FIGURA 80: RED NRO. 10 ..... 176

## CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

#### 1.1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente no existen tablas para la ciudad del Cusco de los valores del coeficiente de resistencia "K" para los distintos accesorios de 1/2", 3/4" y 1" de diámetro de Fierro Galvanizado y PVC, que se usan comúnmente en las instalaciones de agua de una edificación.

Por lo tanto la tarea del ingeniero a la hora de hacer los cálculos de pérdida de carga local en accesorios, para el diseño de redes de sistemas de agua en edificaciones, se verá limitado debido a que los valores de "K" que requiera para dicho cálculo, tendrá que ser tomado de bibliografías ajenas a las condiciones que se dan en la ciudad del Cusco. Debido a la carencia de dichos datos, es que se ve conveniente realizar un trabajo de investigación ya que debemos de tener en cuenta que el uso de valores reales, según las condiciones de la zona, es un factor muy importante que influye a la hora de hacer un diseño de redes de sistemas de agua en edificaciones, ya que puede incidir de forma positiva y ahorrativa.

FIGURA 1: MAPA DE LA CIUDAD DEL CUSCO



FUENTE: (EARTH)



La provincia del Cusco se encuentra a 3360 m.s.n.m., en el departamento del Cusco, parte de la sierra sur del territorio Peruano. Tiene como coordenadas geográficas 13° 32' 15.75" S - 71° 54' 14.34" O

## 1.1.2 FORMULACIÓN INTERROGATIVA DEL PROBLEMA

### 1.1.2.1 FORMULACIÓN INTERROGATIVA DEL PROBLEMA GENERAL

¿Qué diferencia porcentual existe al analizar comparativamente los valores “k” de pérdida de carga local en accesorios de agua de 1/2", 3/4" y 1" de diámetro de FIERRO GALVANIZADO y PVC, dados por las bibliografías (Munson.B.R, Héctor Alfonso y Azevedo Netto) con respecto a los hallados experimentalmente?

### 1.1.2.2 FORMULACIÓN INTERROGATIVA DE LOS PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- **Problema específico número 1**

¿Qué valor toma “k” para los accesorios de agua de 1/2", 3/4" y 1" de diámetro en FIERRO GALVANIZADO y PVC?

- **Problema específico número 2**

¿Qué accesorio de PVC entre uno roscado y uno a presión, presenta mayor pérdida de carga local?

- **Problema específico número 3**

¿Qué factores inciden de mayor manera en el valor de las pérdidas de carga local en accesorios de agua de FIERRO GALVANIZADO y PVC?

- **Problema específico número 4**

¿Cuáles son los valores de “Le/D” para los distintos accesorios de agua de 1/2", 3/4" y 1" de diámetro de FIERRO GALVANIZADO y PVC?

- **Problema específico número 5**

¿Existen ábacos de la relación Caudal vs Pérdida de Carga Local en accesorios de agua de FIERRO GALVANIZADO y PVC, de 1/2", 3/4" y 1" de diámetro?

## 1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROBLEMA

### 1.2.1 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

El presente proyecto de investigación proporciona una alternativa técnica para el diseño de redes de sistemas de agua en edificaciones, debido a que proporcionara datos que podrán ser aplicados a la ciudad del Cusco.

### 1.2.2 JUSTIFICACIÓN SOCIAL

Los resultados de esta investigación podrán beneficiar a la ciudad del Cusco, debido a que el uso de los valores hallados, ayudaran a que los proyectos de edificaciones cuenten con cálculos más exactos a la hora de hacer el diseño de redes de sistemas de agua.

### 1.2.3 JUSTIFICACIÓN POR VIABILIDAD

La investigación propuesta es viable porque el investigador cuenta con los recursos que impliquen los costos de la investigación, además en el medio se dispone de los equipos y materiales requeridos para el proceso.

### 1.2.4 JUSTIFICACIÓN POR RELEVANCIA

El estudio permite profundizar y aplicar conocimientos de ingeniería que se requieren en la práctica profesional y que no se proporcionan regularmente en el proceso de formación de la carrera. Adicionalmente el estudio nos ayudará a determinar con más exactitud las pérdidas de carga local en accesorios que viene a estar influenciado y afectado por los valores de “k” y “Le/D”, en un sistema de redes de agua.

## 1.3 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.3.1 LIMITACIONES GEOGRÁFICAS

- El tema de investigación se limita a la ciudad del Cusco debido a que en los ensayos se usaron caudales de: 500 Lt/hr, 600 Lt/hr, 700 Lt/hr, 800 Lt/hr, 900 Lt/hr y 1000 Lt/hr. Datos que mediante un estudio se verificó que estos son los caudales comunes con el cual, el agua



ingresa a una edificación en la ciudad del Cusco.(FUENTE CONFIABLE)

### 1.3.2 LIMITACIONES CON RESPECTO A LOS MATERIALES

- Se limita a trabajar con los accesorios nuevos de agua, en los materiales de PVC y FIERRO GALVANIZADO tales como son:
  - Codo de 90° de 1/2" con rosca de FIERRO GALVANIZADO
  - Codo de 45° de 1/2" con rosca de FIERRO GALVANIZADO
  - Unión simple de 1/2" con rosca de FIERRO GALVANIZADO
  - Unión Universal de 1/2" con rosca de FIERRO GALVANIZADO
  - Codo de 90° de 3/4" con rosca de FIERRO GALVANIZADO
  - Codo de 45° de 3/4" con rosca de FIERRO GALVANIZADO
  - Unión Universal de 3/4" con rosca de FIERRO GALVANIZADO
  - Unión Simple de 3/4" con rosca de FIERRO GALVANIZADO
  - Codo de 90° de 1" con rosca de FIERRO GALVANIZADO
  - Codo de 45° de 1" con rosca de FIERRO GALVANIZADO
  - Unión Simple de 1" con rosca de FIERRO GALVANIZADO
  - Unión Universal de 1" con rosca de FIERRO GALVANIZADO
  - Reducción Campana de 1"-3/4" con rosca de FIERRO GALVANIZADO
  - Reducción Campana de 3/4"-1/2" con rosca de FIERRO GALVANIZADO
  - Reducción Campana de 1"-1/2" con rosca de FIERRO GALVANIZADO
  - Ampliación Campana de 1/2"-1" con rosca de FIERRO GALVANIZADO
  - Ampliación Campana de 1/2"-3/4" con rosca de FIERRO GALVANIZADO
  - Ampliación Campana de 3/4"-1" con rosca de FIERRO GALVANIZADO
  - Codo de 90° de 1/2" con rosca de PVC
  - Codo de 90° de 1/2" a presión de PVC
  - Codo de 90° de 1/2" mixto de PVC



- Codo de 45° de 1/2" a presión de PVC
- Unión Simple de 1/2" a presión de PVC
- Unión Simple de 1/2" con rosca de PVC
- Unión de 1/2" mixto de PVC
- Unión Universal de 1/2" con rosca de PVC
- Codo de 90° de 3/4" con rosca de PVC
- Codo de 90° de 3/4" a presión de PVC
- Codo de 90° de 3/4" mixto de PVC
- Codo de 45° de 3/4" a presión de PVC
- Unión Simple de 3/4" a presión de PVC
- Unión Simple de 3/4" con rosca de PVC
- Unión de 3/4" mixto de PVC
- Unión Universal de 3/4" con rosca de PVC
- Codo de 90° de 1" a presión de PVC
- Codo de 90° de 1" con rosca de PVC
- Codo de 45° de 1" a presión de PVC
- Unión de 1" mixto de PVC
- Unión Simple de 1" con rosca de PVC
- Unión Universal de 1" con rosca de PVC
- Unión Simple de 1" a presión de PVC
- Tee de 1/2" a presión de PVC
- Tee de 1/2" con rosca de FIERRO GALVANIZADO
- Tee de 1/2" con rosca de PVC
- Tee de 3/4" con rosca de FIERRO GALVANIZADO
- Tee de 3/4" a presión de PVC
- Tee de 3/4" con rosca de PVC
- Tee de 1" con rosca de PVC
- Tee de 1" a presión de PVC
- Tee de 1" con rosca de FIERRO GALVANIZADO
- Se limita a trabajar con accesorios de agua con tipo de empalme rosca, presión y mixto.
- Se limita a trabajar con accesorios de agua de 1/2", 3/4" y 1" de diámetro.



- Se limita a trabajar con accesorios de PVC de la marca PAVCO VINDUIT.
- Se limita a trabajar con accesorios de FIERRO GALVANIZADO de la marca MAGNUM.

### 1.3.3 LIMITACIÓN DE PRUEBAS

- Se limita la evaluación por medio de ensayos de pérdida de carga local en accesorios de agua de 1/2", 3/4" y 1" de diámetro, mediante el uso de un banco hidráulico, kit de piezómetros y accesorios a ser analizados.
- Se limita la evaluación para un tipo de movimiento variado
- Se limita la evaluación para un tipo de régimen TURBULENTO.
- Se limita la evaluación al uso de los caudales de: 500 Lt/hr, 600 Lt/hr, 700 Lt/hr, 800 Lt/hr, 900 Lt/hr y 1000 Lt/hr.
- Se limita al hallazgo de la "hL", "K", "Le/D" y de ábacos (Q Vs hL).
- Se limita a trabajar con 17 redes elaborados manualmente con los accesorios de agua en ambos materiales.

### 1.3.4 LIMITACIÓN DE TIEMPO

- El tiempo de aplicación de cada prueba del ensayo en función a un caudal fue de 2 horas.
- El investigador se verá limitado al uso de los instrumentos de laboratorio, debido a que estos mismos instrumentos son usados por docentes de los cursos de Hidráulica.

### 1.3.5 LIMITACIONES ECONÓMICAS

- El ámbito de la tesis se restringe al financiamiento propio del investigador con respecto a la elaboración manual de las redes, con los accesorios de agua.
- Se limita al uso del Banco hidráulico y kit de piezómetros del laboratorio de hidráulica de la Universidad Andina del Cusco



## 1.4 OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar comparativamente los valores “k” de pérdida de carga local en accesorios de agua de 1/2", 3/4" y 1" de diámetro de FIERRO GALVANIZADO y PVC, dados por las bibliografías (Munson.B.R, Héctor Alfonso y Azevedo Netto), con respecto a los hallados experimentalmente.

### 1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- **Objetivo específico número 1**  
Determinar experimentalmente el valor de “K” para los accesorios de agua de 1/2", 3/4" y 1" de diámetro de FIERRO GALVANIZADO y PVC.
- **Objetivo específico número 2**  
Determinar la pérdida de carga local en accesorios de agua roscados y a presión, tanto en PVC como en FIERRO GALVANIZADO.
- **Objetivo específico número 3**  
Determinar los factores de los cuales dependen las pérdidas de carga local en accesorios de agua de FIERRO GALVANIZADO y PVC.
- **Objetivo específico número 4**  
Calcular el valor de “Le/D” para los distintos accesorios de agua de 1/2", 3/4" y 1" de diámetro de FIERRO GALVANIZADO y PVC
- **Objetivo específico número 5**  
Graficar los ábacos de la relación Caudal vs Pérdida de Carga Local en Accesorios de agua de FIERRO GALVANIZADO y PVC de 1/2", 3/4" y 1" de diámetro.

## 1.5 HIPÓTESIS

### 1.5.1 HIPÓTESIS GENERAL

La diferencia porcentual que existe al analizar comparativamente los valores “k” de pérdida de carga local en accesorios de agua de 1/2", 3/4" y 1" de diámetro



de FIERRO GALVANIZADO y PVC, dados por las bibliografías (Munson B. R., Héctor Alfonso y Azevedo Netto), con respecto a los hallados experimentalmente, es de un 20 % por encima.

### 1.5.2 SUB HIPÓTESIS

- **Sub hipótesis número 1**

El valor de “K”, para los accesorios de agua de 1/2", 3/4" y 1" de diámetro en FIERRO GALVANIZADO, viene a ser mayor que aquellos accesorios que son de PVC.

- **Sub hipótesis número 2**

Los accesorios de agua roscados de PVC presentan menor pérdida de carga local a comparación de aquellos accesorios que funcionan a presión.

- **Sub hipótesis número 3**

Los factores más incidentes en las pérdida de carga en accesorios de agua son el tipo de material y el diámetro.

- **Sub hipótesis número 4**

El valor de “Le/D” para los accesorios de agua de FIERRO GALVANIZADO resulta ser mayor a comparación del “Le/D” para los accesorios de PVC.

- **Sub hipótesis número 5**

Los ábacos de la relación Caudal vs Pérdida de Carga Local en Accesorios de agua, para los accesorios con tipo de empalme rosca, serán iguales al de los accesorios con empalme a presión.

## 1.6 DEFINICIÓN DE VARIABLES

### 1.6.1 VARIABLE INDEPENDIENTES

**X1:** Diámetro

**X2:** Accesorios

**X3:** Caudal

### 1.6.2 VARIABLES DEPENDIENTES

**X1:** Velocidad

**X2:** Coeficiente de fricción “f”

**X3:** Coeficiente de resistencia “K”

**X4:** Pérdida de carga local en accesorios” $h_L$ ”

**X5:** Longitud equivalente en diámetros de tubería “Le/D”

**X6:** Ábacos (Caudal vs Perdida de Carga Local en Accesorios)

#### DEFINICIONES:

- **Diámetro:** Ancho de un objeto con forma circular, cilíndrica o esférica  
**Indicador:** (m)
- **Accesorio:** Los accesorios para tuberías son esenciales para el mejor instalado de distintos sistemas en el que es usado. Debido a su funcionalidad, estos accesorios pueden servir para distintas circunstancias en el que el fluido necesita estar: redireccionado, abierto, regulado, cerrado, aislado, controlado, dividido, manipulado, etc. **Indicador:** Tipo de accesorio, Diámetro Nominal, Material
- **Coeficiente de fricción “f”:** Depende de la rugosidad de las tuberías y de las características del flujo a presión. **Indicador:** Adimensional
- **Caudal:** Es el volumen de fluido por unidad de tiempo que atraviesa una sección transversal de un conducto. **Indicador:** Lt/s
- **Velocidad:** La velocidad de circulación del agua a presión, es una magnitud física que se representa a partir de la presión que ejerce el fluido. **Indicador:** m/s
- **Coeficiente de resistencia “K”:** Corresponde a uno de los factores del cual depende la pérdida local en accesorios. “k” es un coeficiente propio de cada accesorio, cabe destacar que es adimensional y depende de la velocidad en el interior de la tubería. **Indicador:** Adimensional



- **Pérdida de carga local en accesorios “ $h_L$ ”:** Es uno de los tipos de pérdida que sufre una red de agua, por la presencia de accesorios en ella. **Indicador:** m
- **Longitud equivalente en diámetros de tubería “ $L_e/D$ ”:** Corresponde a la longitud que equivale un tipo de accesorio en metros de tubería. **Indicador:** (m)
- **Ábacos (Caudal vs Pérdida de Carga Local en Accesorios):** Son curvas que muestran la relación del Caudal vs Pérdida de Carga Local en Accesorios, en los diferentes materiales. **Indicador:** Ábacos ( $Q, h_L$ )



1.6.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

TABLA 1: CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

TIPO DE VARIABLE	DEFINICIÓN	NIVEL	INDICADOR	INSTRUMENTO	FUENTE
<b>VARIABLES INDEPENDIENTES</b>					
• <b>Diámetro</b>	Ancho de un objeto con forma circular, cilíndrica o esférica	• Diámetro Nominal	• (m)		
• <b>Accesorios</b>	Los accesorios son esenciales para el armado de redes de tuberías de agua, según su funcionalidad, estos accesorios pueden servir para: aislar, redirreccionar, dividir o controlar los flujos de agua.	• Accesorios de agua.	• Tipo de accesorio • Diámetro Interno • Material		
• <b>Caudal</b>	Es el volumen de fluido por unidad de tiempo que atraviesa una sección transversal de un conducto	• Accesorios de agua.	• (t/s)		
<b>VARIABLES DEPENDIENTES</b>					
• <b>Coefficiente de Fricción “f”</b>	Depende de la rugosidad de las tuberías y de las características del flujo a presión.	• Accesorios de agua.	• Adimensional	• Fichas de laboratorio • Campo	• Pruebas de laboratorio • Ensayos
• <b>Velocidad</b>	La velocidad de circulación del agua a presión, es una magnitud física que se representa a partir de la presión que ejerce el fluido.	• Velocidad De Flujo	• (m/s)		
• <b>Coefficientes De Resistencia “K”</b>	“k” es un coeficiente propio de cada accesorio, cabe destacar que es adimensional y depende del tipo de material y tipo de accesorio	• Accesorios de agua.	• Adimensional		
• <b>Pérdida De Carga Local en accesorios “hL”</b>	Las pérdidas de carga local, se da por la presencia de accesorios en la red.	• Perdida De Carga Local en Accesorios	• (m)		
• <b>Longitud equivalente en diámetros de tubería “Le/D”</b>	Corresponde a la longitud que equivale un tipo de accesorio en metros de tubería.	• Accesorios de agua	• Adimensional		
• <b>Ábacos (Caudal vs Pérdida de Carga Local en Accesorios)</b>	Son curvas que se graficaron con los datos obtenidos experimentalmente para formar Ábacos del Caudal vs Pérdida de Carga Local en accesorios.	• Accesorios de agua	• Ábacos(Q,h <sub>L</sub> )		

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 ANTECEDENTES DE LA TESIS O INVESTIGACIÓN ACTUAL

#### 2.1.1 ANTECEDENTES A NIVEL NACIONAL

#### 2.1.2 ANTECEDENTES A NIVEL INTERNACIONAL

- **ANTECEDENTE NÚMERO 1:**

- TESIS DE GRADO: “MANUAL PARA ENSAYO DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN ACCESORIOS DE TUBERÍA DEL LABORATORIO DE HIDRÁULICA”. Presentado por el Ing. Fernando Ponce Victoria - Universidad de San Carlos- Guatemala, 2006

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

Para la realización de dichos ensayos se utilizó un tablero que contenía diferentes accesorios hidráulicos, los cuales sirvieron para obtener la información necesaria de las pérdidas de energía en cada uno de éstos comparándolos tanto con las ecuaciones teóricas, como con los valores prácticos encontrados en manuales de Hidráulica

El estudio de este trabajo de graduación tiene como fin primordial la elaboración de un manual para el laboratorio de Hidráulica.

#### CONCLUSIONES:

- Al estudiar la pérdida por fricción experimentalmente “ $h_f$ ” depende del material con que está construida la tubería, el estado en que está la



misma (nueva, usada o muy usada), la longitud, el diámetro y la velocidad de circulación del flujo.

- Con lo que respecta a los resultados de los factores de pérdida K de los distintos accesorios ensayados en el equipo, se observa que están en rangos aceptables, puesto que no existe un valor de K constante para cierto tipo de accesorio, pues éste depende del material y de las especificaciones del fabricante, aunque se estén refiriendo a un mismo modelo de accesorio. (válvula, codo o conexión).
  
- **ANTECEDENTE NÚMERO 2:**
  - TESIS DE GRADO: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA ENSAYOS DE PÉRDIDAS DE CARGA EN TUBERÍAS Y ACCESORIOS”. Presentado por el Ing. Javier Gustavo Yambombo Guanutaxi - Universidad Central del Ecuador, 2012

RESUMEN: “Se construyó y se instaló el banco de pruebas, en el laboratorio de hidráulica de la escuela de Ingeniería Civil. Este equipo consta de dos partes:

El primero, un tablero de pruebas que cuenta con 4 ramales horizontales de tuberías de diferente material (PVC, Fierro Galvanizado, cobre) más un ramal compuesta por diferentes accesorios acopladas en serie, el agua es impulsada a con la ayuda de una bomba centrífuga. La medición de presión se realiza por medio de un manómetro de agua colocando a la entrada y salida de cualquier tramo de tubería o accesorio.

El segundo, un banco hidráulico compuesto de un tanque de almacenamiento y un sistema de dos tanques provisionales que previa la alineación de las palancas permite realizar aforos para determinar el caudal que circula por cualquiera de los ramales del tablero de pruebas.”

CONCLUSIONES:

- Una vez realizado las prácticas se concluye que las mayores pérdidas por fricción se obtienen en la tubería de Fierro Galvanizado, en

comparación con las tuberías de PVC y Cobre, ratificando con ello que las pérdidas por fricción de tubería ( $h_f$ ) depende del material con que está construida la tubería, el estado en que está la misma (nueva, usada o muy usada).

- El coeficiente de resistencia “K” para los accesorios no es constante, ya que va a depender mucho del caudal que se esté manejando y de la geometría utilizada por el fabricante.
- El codo de 90° presenta mayores pérdidas de carga, que los codos de 45°, debido a que el cambio de dirección es más brusco.

## 2.2 ASPECTOS TEÓRICOS PERTINENTES

### 2.2.1 INTRODUCCIÓN A LA MECÁNICA DE FLUIDOS

#### 2.2.1.1 CONCEPTO DE HIDRÁULICA- SUBDIVISIONES

##### 2.2.1.1.1 CONCEPTO DE HIDRÁULICA- SUBDIVISIONES

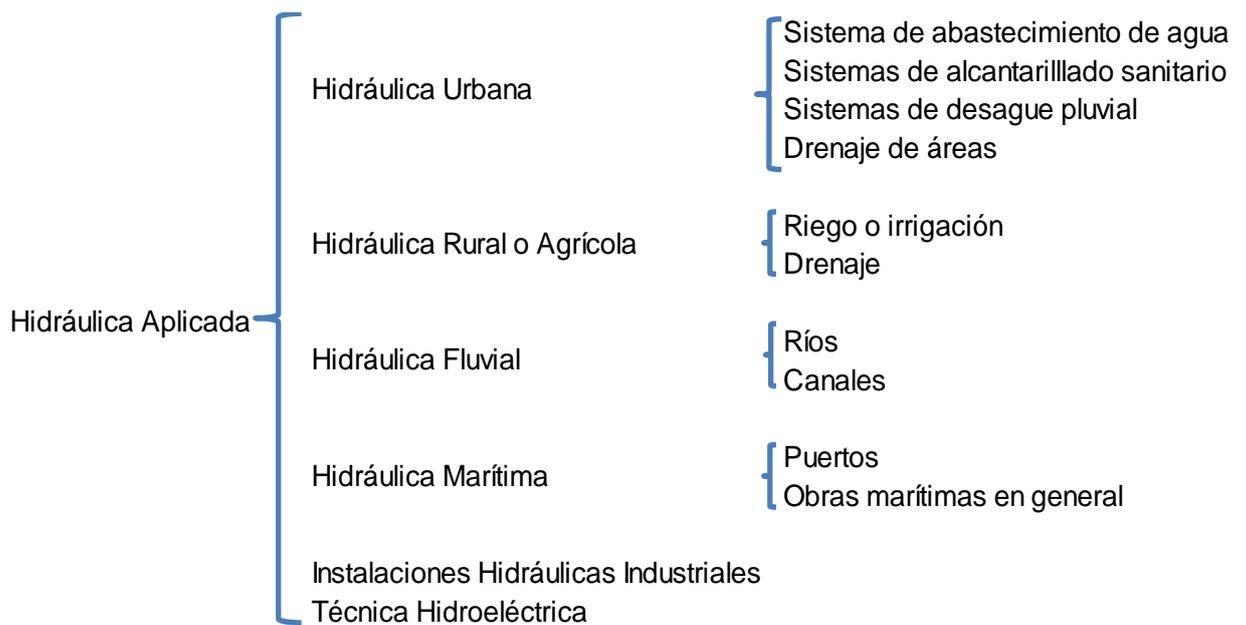
El significado etimológico de la palabra hidráulica es “conducción de agua”, del griego: hydor, agua; y aulos, tubo, conducción.

Sin embargo, actualmente se le atribuye a la palabra hidráulica u significado mucho más amplio: De aquí resulta una importante división para la hidráulica teórica, o sea:

$$\text{Hidráulica} \left\{ \begin{array}{l} \text{General o Teórica} \\ \text{Aplicada o Hidrotécnica} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \text{Hidrostática} \\ \text{Hidrodinámica} \end{array} \right.$$

La Hidrostática estudia las propiedades de los líquidos en reposo, mientras que la Hidrodinámica tiene por objeto el estudio de los líquidos en movimiento. (AZEVEDO NETTO, 1975)

TABLA 2: DIVISIÓN DE LA HIDRÁULICA APLICADA



FUENTE: (AZEVEDO NETTO, 1975)

### 2.2.1.2 LA HIDRÁULICA Y LA MECÁNICA DE LOS FLUIDOS

Aunque hoy la Hidráulica incluye el estudio de otros líquidos, hasta hace muy poco tiempo el trabajo experimental se limita al agua.

La mecánica de los fluidos es más general, comprende los problemas relativos a los líquidos y a los gases.

Los fluidos son los cuerpos cuyas moléculas tienen la propiedad de moverse, las unas con relación a las otras, bajo la acción de fuerzas de mínima magnitud.

Los fluidos se subdividen en líquidos y gases (vapores). Los líquidos tienen las moléculas más cercanas y toman la forma del recipiente que los contienen, cambiando su forma con la del recipiente, pero conservando su volumen prácticamente constante.

Los gases ocupan todo el volumen del recipiente que los contiene, aunque sean colocados en recipientes de diferente volumen, su pequeña densidad y alta compresibilidad son características importantes. (AZEVEDO NETTO, 1975)

#### 2.2.1.2.1 FLUIDOS

Se define fluido como toda sustancia capaz de fluir (líquidos y gaseosos), y su principal característica es no tener forma propia, pues adquiere la forma del

recipiente que lo contiene; este se deforma continuamente al aplicar un esfuerzo cortante, obviando su magnitud. El esfuerzo cortante es el componente de una fuerza tangencial a una superficie aplicada sobre un área. (RODRÍGUEZ DÍAZ, 2009)

#### 2.2.1.2.2 PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS FLUIDOS.

Según (L. MOTT, 2006), las propiedades de los fluidos más relevantes para el estudio de pérdidas de carga en sistemas de tuberías son:

##### 2.2.1.2.2.1 DENSIDAD ( $\rho$ )

Es la cantidad de masa por unidad de volumen de una sustancia

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Dónde:

$m$  = Masa (kg).

$\rho$  = Densidad del fluido ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ).

$V$  = Volumen de la sustancia ( $\text{m}^3$ ).

##### 2.2.1.2.2.2 PESO ESPECÍFICO ( $\gamma$ ).

Es la cantidad de peso por unidad de volumen de una sustancia.

$$\gamma = \frac{w}{V}$$

Si se multiplica el numerador y el denominador por  $g$ , se obtiene.

Pero  $m = \frac{w}{g}$ . Por tanto

$$\gamma = \frac{m \cdot g}{V}$$

Como  $\rho = \frac{m}{V}$ , resulta

$$\gamma = \rho \cdot g$$

Dónde:

$\gamma$  = Peso específico del fluido ( $\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ ).

$\rho$  = Densidad del fluido ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ).



$g$  = Aceleración de la gravedad ( $m/s^2$ ).

$w$  =Peso del fluido ( $kg\ m /s^2$ )

$v$  =Volumen del fluido ( $m^3$ )

$m$  =Masa del fluido (kg)

### 2.2.1.2.2.3 DENSIDAD RELATIVA.

Según (V. GILES, 2003) la densidad relativa de un cuerpo es un número adimensional que viene dado por la relación del peso del cuerpo al peso de un volumen igual de una sustancia que se toma como referencia. Los sólidos y líquidos se refieren al agua (a  $20^\circ\text{C}$ ), mientras que los gases se refieren al aire, libre de  $\text{CO}_2$  e hidrogeno (a  $0^\circ\text{C}$  y 1 Atm de presión  $1.033\text{ kp/cm}^3 = 101,3\text{ kPa}$ ), como condiciones normales:

$$Dr = \frac{\textit{peso de la sustancia}}{\textit{peso de igual volumen de agua}} = \frac{\gamma \textit{sustancia}}{\gamma \textit{agua}} = \frac{\rho \textit{sustancia}}{\rho \textit{agua}}$$

El agua en condiciones normales tiene las siguientes características: temperatura ( $20^\circ\text{C}$ ), la densidad  $1000\text{ (kg/m}^3\text{)}$  y una presión absoluta ( $760\text{ mm de Hg}$ ).

### 2.2.1.2.2.4 VOLUMEN ESPECÍFICO

Según (MATAIX, 1986) en nuestro Sistema Internacional el volumen específico es el recíproco de la densidad absoluta:

$$v = \frac{1}{\rho}$$

Dónde:

$v$  = Volumen específico ( $m^3/kg$ ).

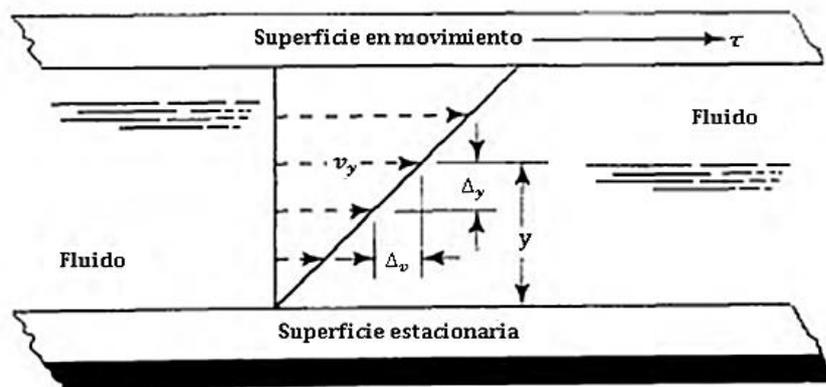
$\rho$  = Densidad del fluido ( $kg/m^3$ ).

### 2.2.1.2.3 VISCOSIDAD DE LOS FLUIDOS

#### 2.2.1.2.3.1 VISCOSIDAD DINÁMICA

Según (L. MOTT, 2006) conforme un fluido se mueve, dentro de él se desarrolla un esfuerzo cortante, cuya magnitud depende de la viscosidad del fluido. Se define al esfuerzo cortante, denotado con la letra griega  $\tau$  (tau), como la fuerza que se requiere para que una unidad de área de una sustancia se deslice sobre otra. Entonces,  $\tau$  es una fuerza dividida entre un área, y se mide en las unidades de  $\text{kg}/\text{m}\cdot\text{s}^2$ . En fluidos como el agua, el alcohol u otros líquidos comunes, la magnitud del esfuerzo cortante es directamente proporcional al cambio de velocidad entre las posiciones diferentes del fluido.

FIGURA 2: GRADIENTE DE VELOCIDAD DE UN FLUIDO EN MOVIMIENTO



FUENTE: (L. MOTT, 2006)

$$\eta = \tau \frac{\Delta y}{\Delta v}$$

Dónde:

$\eta$  = Viscosidad dinámica del fluido  $\left(\frac{\text{kg}}{\text{m}\cdot\text{s}}\right)$

$\tau$  = Esfuerzo cortante  $\left(\frac{\text{kg}}{\text{m}\cdot\text{s}^2}\right)$

$\frac{\Delta y}{\Delta v}$  = Gradiente de la velocidad o tasa cortante  $\left(\frac{\text{m}}{\text{m/s}}\right)$

### 2.2.1.2.3.2 VISCOSIDAD CINEMÁTICA

Según (MATAIX, 1986) en hidrodinámica, intervienen junto con las fuerzas debidas a la viscosidad las fuerzas de inercia, que dependen de la densidad. Por eso tiene un significado importante la viscosidad dinámica referida a la densidad, o sea la relación de la viscosidad dinámica  $\eta$  a la densidad  $\rho$ , que se denomina viscosidad cinemática.

$$v = \frac{\eta}{\rho}$$

Dónde:

$v$  = Viscosidad cinemática del fluido ( $m^2/s$ ).

$\eta$  = Viscosidad dinámica o absoluta del fluido ( $kg \cdot s/m^2$ ).

$\rho$  = Densidad del fluido ( $kg/m^3$ ).

En los líquidos cuando la temperatura aumenta la viscosidad disminuye, en los gases, si la temperatura aumenta la viscosidad también aumenta. El efecto de la presión sobre la viscosidad de los líquidos y la de los gases perfectos es tan pequeño que no tiene interés práctico en la mayor parte de problemas para flujo de fluidos.

TABLA 3: PROPIEDADES DEL AGUA

TEMPERATURA (°C)	PESO ESPECÍFICO $\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	DENSIDAD $\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	VISCOSIDAD DINÁMICA $\eta$ (Pa * s)	VISCOSIDAD CINEMÁTICA $\nu$ (m <sup>2</sup> /s)
0	9.81	1000	$1.75 \times 10^{-3}$	$1.75 \times 10^{-6}$
5	9.81	1000	$1.52 \times 10^{-3}$	$1.52 \times 10^{-6}$
10	9.81	1000	$1.30 \times 10^{-3}$	$1.30 \times 10^{-6}$
15	9.81	1000	$1.15 \times 10^{-3}$	$1.15 \times 10^{-6}$
20	9.79	998	$1.02 \times 10^{-3}$	$1.02 \times 10^{-6}$
25	9.78	997	$8.91 \times 10^{-4}$	$8.94 \times 10^{-7}$
30	9.77	996	$8.0 \times 10^{-4}$	$8.03 \times 10^{-7}$
35	9.75	994	$8.91 \times 10^{-4}$	$7.22 \times 10^{-7}$
40	9.73	992	$7.18 \times 10^{-4}$	$6.56 \times 10^{-7}$
45	9.71	990	$6.51 \times 10^{-4}$	$6.0 \times 10^{-7}$
50	9.69	988	$5.94 \times 10^{-4}$	$5.48 \times 10^{-7}$
55	9.67	986	$4.98 \times 10^{-4}$	$5.05 \times 10^{-7}$
60	9.65	984	$4.60 \times 10^{-4}$	$4.67 \times 10^{-7}$
65	9.62	981	$4.31 \times 10^{-4}$	$4.39 \times 10^{-7}$
70	9.59	978	$4.02 \times 10^{-4}$	$4.11 \times 10^{-7}$
75	9.56	975	$3.73 \times 10^{-4}$	$3.83 \times 10^{-7}$
80	9.53	971	$3.50 \times 10^{-4}$	$3.6 \times 10^{-7}$
85	9.5	968	$3.30 \times 10^{-4}$	$3.41 \times 10^{-7}$
90	9.47	965	$3.11 \times 10^{-4}$	$3.22 \times 10^{-7}$
95	9.44	962	$2.92 \times 10^{-4}$	$3.04 \times 10^{-7}$
100	9.4	958	$2.82 \times 10^{-4}$	$2.4 \times 10^{-7}$

FUENTE: (L. MOTT, 2006)

#### 2.2.1.2.4 PRESIÓN.

Según (L. MOTT, 2006) la presión se define como la cantidad de fuerza que se ejerce sobre una unidad de área de una sustancia, o sobre una superficie. Se enuncia por medio de la ecuación:

$$p = \frac{F}{A}$$

Dónde:

$F$  = Fuerza ( $\text{kg} \cdot \text{m/s}^2$ )

$A$  = Área ( $\text{m}^2$ )

$p$  = Presión ( $\text{kg/m} \cdot \text{s}^2$ )

##### 2.2.1.2.4.1 MEDICIÓN DE LA PRESIÓN

Al hacer cálculos que involucren la presión de un fluido se deben efectuar en relación con alguna presión de referencia. Es normal que la atmosfera sea la presión de referencia. Así, la presión que arroja la medición del fluido se llama presión manométrica. La presión que se mide en relación con un vacío perfecto se denomina presión absoluta.

Tiene importancia extrema que se conozca la diferencia entre dos maneras de medir la presión, para poder convertir una en la otra.

Una ecuación que reacciona los dos sistemas de medición de la presión es:

$$p_{abs} = p_{man} + p_{atm}$$

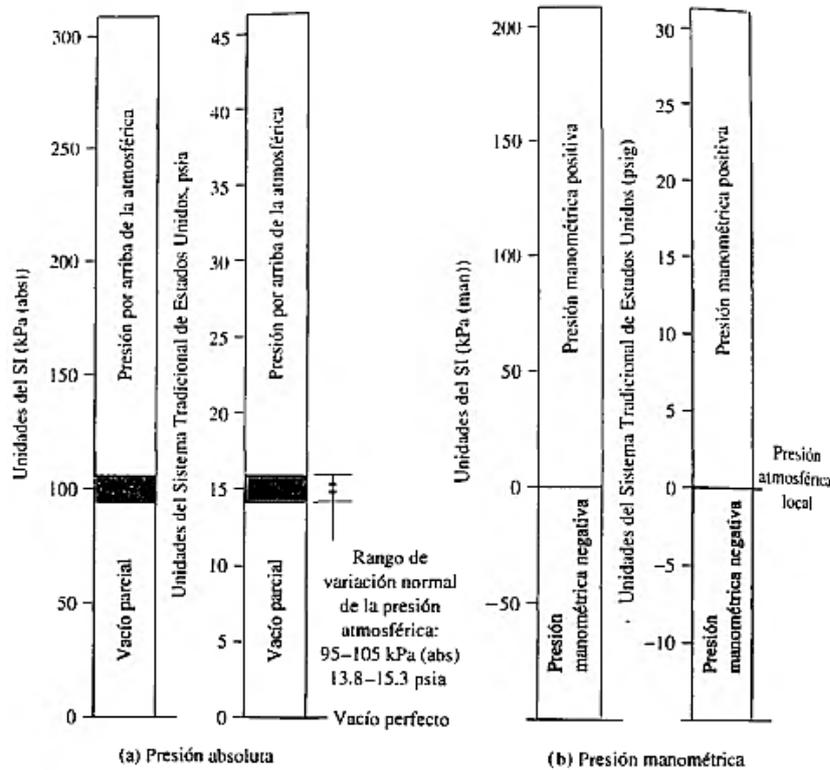
Dónde:

$p_{abs}$  : Presión absoluta (Pa)

$p_{man}$  : Presión manométrica (Pa)

$p_{atm}$  : Presión atmosférica (Pa)

FIGURA 3: COMPARACIÓN ENTRE LA PRESIÓN ABSOLUTA Y MANOMÉTRICA



FUENTE: (L. MOTT, 2006)

La fig. 3 muestra una interpretación grafica de esta ecuación. Los conceptos básicos siguientes ayudaran a entender la ecuación:

- Un vacío perfecto es la presión más baja posible. Por tanto, una presión absoluta siempre será positiva
- Una presión manométrica superior a la presión atmosférica siempre es positiva
- Una presión manométrica inferior a la presión atmosférica es negativa y en ocasiones se le llama vacío.
- Una presión manométrica se expresara en las unidades de Pa (man) o psig
- La presión absoluta a de expresarse en las unidades de Pa (abs) o psia.
- La magnitud de la presión atmosférica varía con la ubicación y condiciones climáticas. La presión barométrica, como la que se emite en los reportes del clima, es un indicador de la variación continua de la presión atmosférica.

- El rango de variación normal de la presión atmosférica cerca de la superficie de la tierra es de 95 kPa (abs) a 105 kPa (abs).

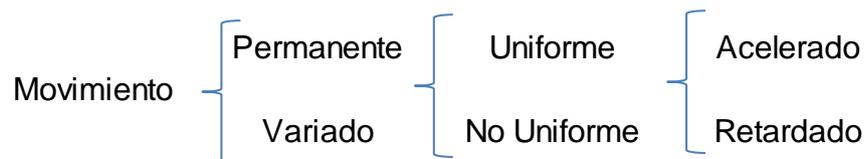
### 2.2.1.2.5 HIDRODINÁMICA: GENERALIDADES, TEOREMA DE BERNOULLI

#### 2.2.1.2.5.1 CAUDAL O DESCARGA

Según (AZEVEDO NETTO, 1975) se llama caudal o descarga, al volumen de líquido que atraviesa una determinada sección en una unidad de tiempo.

En el sistema práctico de unidades, el caudal se da en (Lt/s). En el caso de los perforadores de pozos y fabricantes de bombas comúnmente sus unidades son litros por hora.

#### 2.2.1.2.5.2 CLASIFICACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS



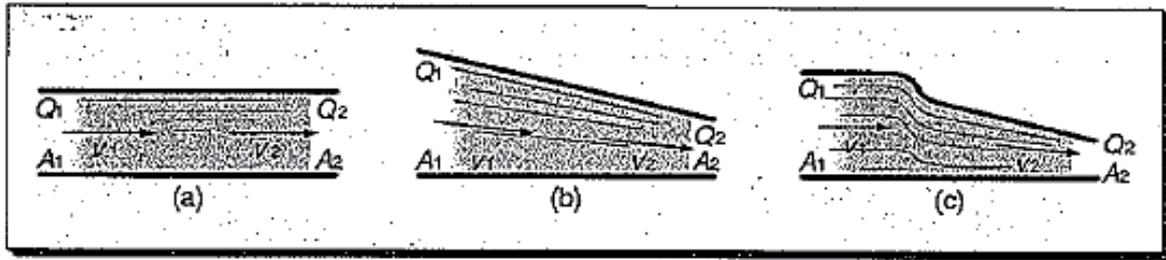
Movimiento Permanente es aquel cuyas características (Fuerzas-Velocidad- Presión) son función exclusiva del punto y no depende del tiempo. Con el movimiento permanente el caudal es constante.

Las características de movimiento variado, además de cambiar de punto a punto, varían de instante a instante, o sea, son funciones del tiempo.

El movimiento permanente es uniforme, cuando la velocidad media permanece constante a lo largo de la corriente. En este caso, las secciones transversales de la corriente son iguales. En caso contrario, el movimiento permanente puede ser acelerado o retardado.

Un río puede servir como ilustración. Hay tramos regulares en que el movimiento puede ser considerado permanente y uniforme. En otros tramos (estrechos, rápidos, etc.), el movimiento si bien es permanente (caudal constante), pasa a ser acelerado. Durante las crecientes ocurre el movimiento variado: el caudal se altera. (AZEVEDO NETTO, 1975)

FIGURA 4: CLASIFICACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS



FUENTE: (AZEVEDO NETTO, 1975)

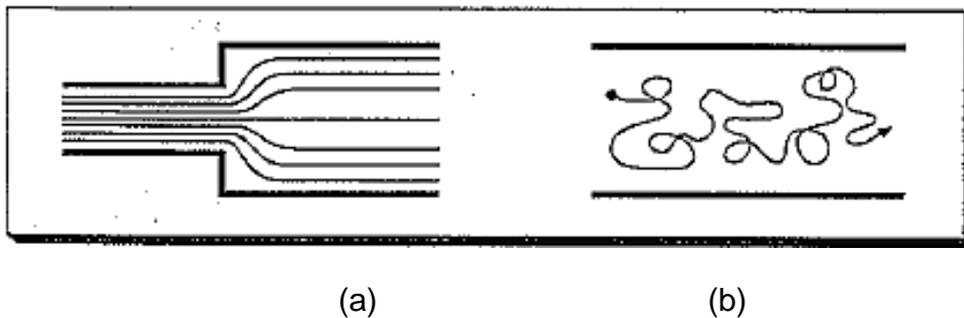
- (a) Uniforme  $Q_1 = Q_2$  ;  $A_1 = A_2$  ;  $V_1 = V_2$
- (b) Acelerado  $Q_1 = Q_2$  ;  $A_1 \neq A_2$  ;  $V_1 \neq V_2$
- (c) Movimiento Variado  $Q_1 \neq Q_2$  ;  $A_1 \neq A_2$  ;  $V_1 \neq V_2$

### 2.2.1.2.5.3 REGÍMENES DE FLUJO

La observación de los líquidos en movimiento nos lleva distinguir dos tipos de movimiento de gran importancia:

- a) Régimen Laminar
- b) Régimen Turbulento

FIGURA 5: REGÍMENES DE FLUJO



FUENTE: (AZEVEDO NETTO, 1975)

Con el régimen laminar, las trayectorias de las partículas en movimiento son bien definidas y no se entrecruzan.

El régimen turbulento se caracteriza por el movimiento desordenado de partículas. (AZEVEDO NETTO, 1975)

#### 2.2.1.2.5.4 LÍNEAS Y TUBOS DE CORRIENTE

Según (AZEVEDO NETTO, 1975) en un líquido en movimiento se considera líneas de corriente las líneas orientadas según la velocidad del líquido y que gozan de la propiedad de no ser atravesadas por partículas del fluido.

En cada punto de una corriente, pasa, en cada instante  $t$ , una partícula de fluido animada de una velocidad  $V$ . las líneas de corriente son, pues, las curvas que en el mismo instante  $t$  considerado, se mantienen tangentes, en todos los puntos, a las velocidades  $V$ .

Por definición, estas curvas no pueden entrecortarse.

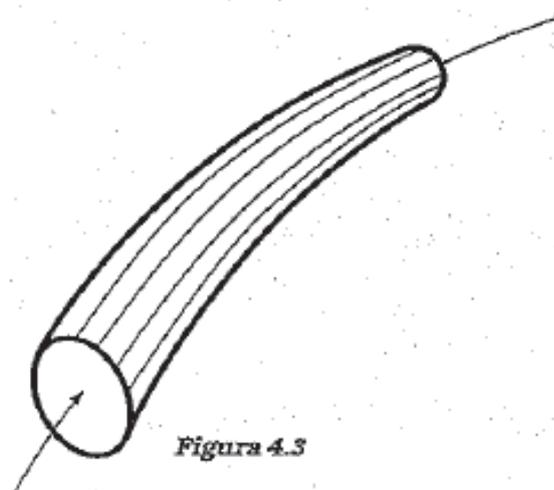
Admitiendo que el campo de velocidad  $V$  sea continuo, se puede considerar un tubo de corriente como una figura imaginaria, limitada por líneas de corriente.

Los tubos de corriente, siendo formados por líneas de corriente, gozan de la propiedad de no poder ser atravesados por partículas de fluido: sus paredes pueden ser consideradas impermeables.

Un tubo de corriente, cuyas dimensiones transversales sean infinitesimales, constituya lo que se llama filete de corriente.

Estos conceptos son de gran utilidad en el estudio del flujo de los líquidos.

FIGURA 6: LÍNEA DE CORRIENTE



FUENTE: (AZEVEDO NETTO, 1975)

### 2.2.1.2.5.5 ECUACIÓN DE CONTINUIDAD

Según (AZEVEDO NETTO, 1975) considerándose el tramo de un tubo de corriente, indicado en la fig. 7, con secciones  $dA_1$  y  $dA_2$  y velocidades respectivas  $V_1$  y  $V_2$ , la cantidad de líquido de peso específico  $\gamma_1$  que pasa por la primera sección, en unidad de tiempo será:

FIGURA 7: ECUACIÓN DE CONTINUIDAD



FUENTE: (AZEVEDO NETTO, 1975)

$$dW_1 = \gamma_1 \cdot V_1 \cdot dA_1$$

Una corriente de dimensiones finitas sería integrada por un gran número de tubos de corriente, de modo que:

$$W_1 = \gamma_1 \int \bar{V}_1 \cdot dA_1 = \gamma_1 \cdot A_1 \cdot \bar{V}_1$$

Donde  $\bar{V}_1$  es la velocidad media en la sección

Para la otra sección tendríamos:

$$W_2 = \gamma_2 \cdot A_2 \cdot \bar{V}_2$$

Tratándose de movimiento permanente, la cantidad de líquido que entra en la sección  $A_1$  iguala a a que sale por  $A_2$ .

$$\gamma_1 \cdot A_1 \cdot \bar{V}_1 = \gamma_2 \cdot A_2 \cdot \bar{V}_2$$

Y todavía, prácticamente, si el líquido fuera considerado incompresible:

$$\gamma_1 = \gamma_2$$

$$A_1 \cdot \bar{V}_1 = A_2 \cdot \bar{V}_2$$

De un modo general:

$$Q = A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2 = A \cdot V = \text{constante}$$

$$Q = A \cdot V$$

Dónde:

$Q$  = Caudal ( $m^3/s$ )

$V$  = Velocidad en la sección ( $m/s$ )

$A$  = Área de la sección de flujo ( $m^2$ )

Las unidades frecuentes del caudal:  $m^3/s$ ,  $lt/s$

#### 2.2.1.2.5.6 ECUACIÓN GENERAL DE ENERGÍA.

En hidráulica, la energía total de un fluido incompresible en movimiento puede representarse por la suma de las energías cinética, potencial y de posición, y se puede expresar de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$E_{total} = E_{presión} + E_{potencial} + E_{cinética}$$

Esta ecuación está expresada en unidades de longitud (m). (RODRÍGUEZ DÍAZ, 2009)

##### 2.2.1.2.5.6.1 ENERGÍA CINÉTICA.

Según (V. GILES, 2003) se refiere a la energía que posee el elemento fluido debido a su velocidad.

La energía cinética ( $E_c$ ) viene determinada cuantitativamente por el producto de la masa ( $m$ ) del elemento por el cuadrado de su velocidad ( $v$ ) dividido por dos. Así:

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

La masa puede ser sustituida por  $W/g$  (donde  $W$  es el peso y  $g$  la aceleración de la gravedad con lo que queda:

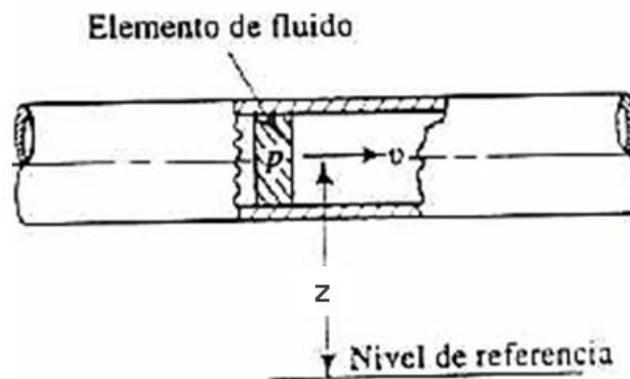
$$E_c = \frac{1}{2} \left( \frac{W \cdot v^2}{g} \right)$$

### 2.2.1.2.5.6.2 ENERGÍA POTENCIAL.

Según (V. GILES, 2003) se refiere a la energía que posee el elemento de fluido debido a su elevación respecto a la cota de referencia. La energía potencial ( $E_p$ ) viene determinada cuantitativamente por el producto del peso ( $W$ ) del elemento por la distancia vertical de este a la cota de referencia ( $z$ ). Por tanto,

$$E_p = W \cdot z$$

FIGURA 8: ELEMENTO DE FLUIDO EN UNA TUBERÍA



FUENTE: (L. MOTT, 2006)

### 2.2.1.2.5.6.3 ENERGÍA DE PRESIÓN.

Según (V. GILES, 2003) llamada algunas veces energía de flujo, es la cantidad de trabajo que se requiere para forzar al fluido a moverse a través de cierta distancia contra la presión. La energía de presión ( $E_p$ ) se puede calcular determinando el trabajo necesario para mover el elemento de fluido a una distancia igual a la longitud del segmento recorrido ( $d$ ). La fuerza que realiza el trabajo es igual al producto de la presión ( $p$ ) por el área de la sección recta ( $A$ ) del elemento. De aquí,

$$E_f = p A d$$

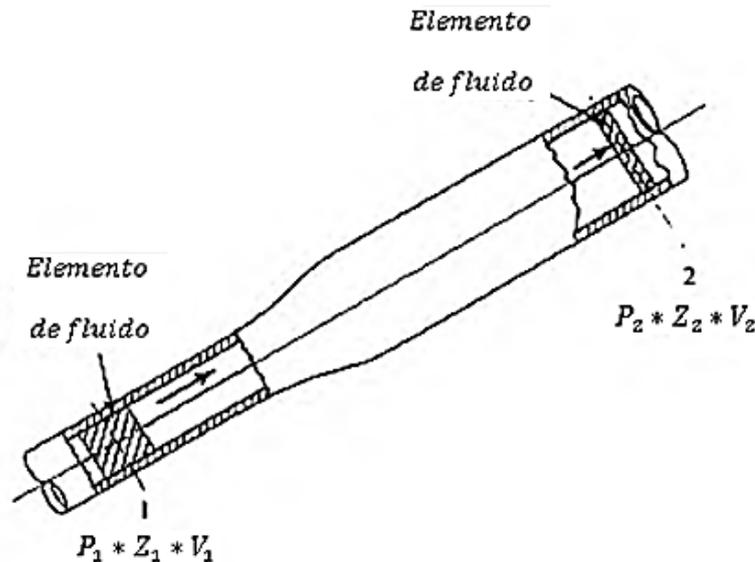
El término  $Ad$  es de hecho, el volumen del elemento, que puede reemplazarse por  $W/\gamma$ , donde  $\gamma$  es el peso específico del fluido. Por tanto,

$$E_f = p W/\gamma$$

La energía total ( $E$ ) es la suma de  $E$  potencial,  $E$  de presión y la  $E$  cinética, es decir,

$$E = \frac{Wp}{\gamma} + Wz + \left(\frac{1}{2}\right) \left(\frac{Wv^2}{g}\right)$$

FIGURA 9: ELEMENTOS DE FLUIDO UTILIZADOS EN LA ECUACIÓN DE BERNOULLI



FUENTE: (L. MOTT, 2006)

Según (L. MOTT, 2006) ahora considere el elemento de fluido en la fig. 9, que se mueve de la sección 1 a la 2. Los valores de  $p$ ,  $z$  y  $v$  son diferentes en las dos secciones. En la sección 1 la energía total es:

$$E_1 = \frac{Wp_1}{\gamma} + Wz_1 + \left(\frac{Wv_1^2}{2g}\right)$$

En la sección 2 la energía total es

$$E_2 = \frac{Wp_2}{\gamma} + Wz_2 + \left(\frac{Wv_2^2}{2g}\right)$$

Si no hay energía que se le agregue o pierda en el fluido entre las secciones 1 y 2, entonces el principio de conservación de la energía requiere que:

$$E_1 = E_2$$

$$\frac{Wp_1}{\gamma} + Wz_1 + \left(\frac{Wv_1^2}{2g}\right) = \frac{Wp_2}{\gamma} + Wz_2 + \left(\frac{Wv_2^2}{2g}\right)$$

El peso del elemento  $W$  es común a todos los términos y se elimina al dividir entre el.

Así la ecuación se convierte en:

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \left(\frac{v_1^2}{2g}\right) = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \left(\frac{v_2^2}{2g}\right)$$

Conocida como la ecuación de Bernoulli

#### 2.2.1.2.5.7 INTERPRETACIÓN DE LA ECUACIÓN DE BERNOULLI

Según (L. MOTT, 2006), cada término de la ecuación de Bernoulli es una forma de la energía que posee el fluido por unidad de peso del fluido que se mueve en el sistema

La unidad de cada término es el (m) y se interpreta como una altura.

Debido a que cada término de la ecuación de Bernoulli representa una altura un diagrama similar al que se muestra en la fig. 10 ayuda a visualizar la relación entre los tres tipos de energía. Conforme el fluido se mueve del punto 1 al 2, la magnitud de cada término puede cambiar su valor. Sin embargo, si el fluido no pierde o gana energía la carga total permanece a un nivel constante.

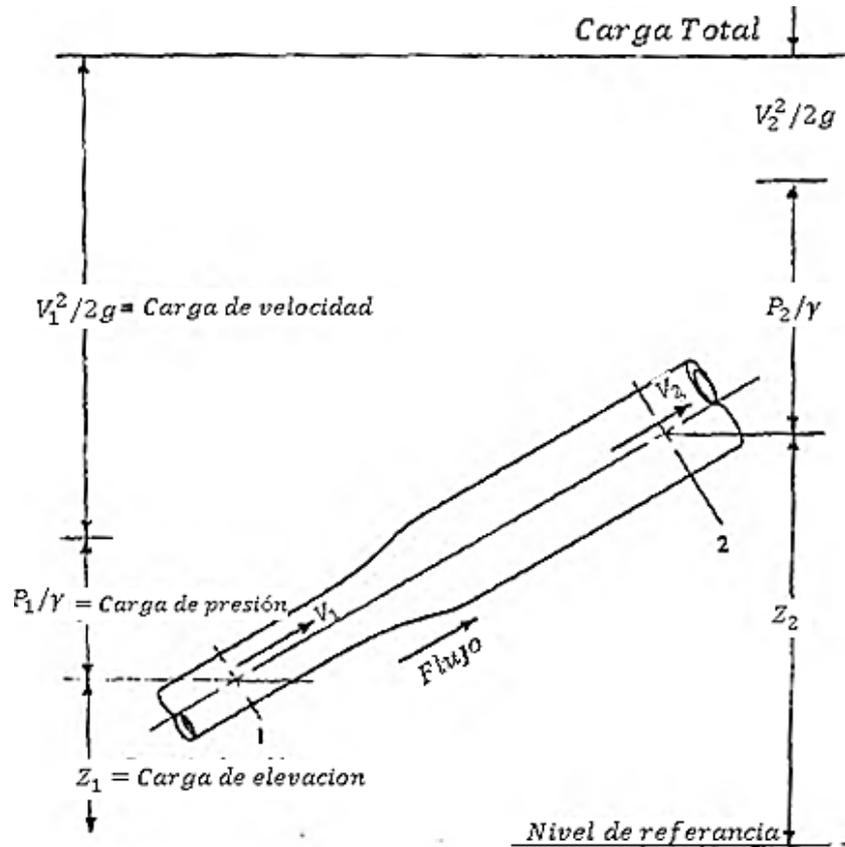
La ecuación de Bernoulli se utiliza para determinar los valores de carga de presión, carga de elevación y cambio de carga de velocidad, conforme el fluido circula a través del sistema.

En la fig. 10 observamos que la carga de velocidad en la sección 2 será menor que en la sección 1. Esto se demuestra por medio de la ecuación de continuidad

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$$

$$v_2 = v_1 \left(\frac{A_1}{A_2}\right)$$

FIGURA 10: CARGA DE PRESIÓN, CARGA DE ELEVACIÓN, CARGA DE VELOCIDAD Y CARGA TOTAL



FUENTE: (L. MOTT, 2006)

Debido a que  $A_1 < A_2$ ,  $v_2$  debe ser menor que  $v_1$

Al escribir la ecuación de Bernoulli, es esencial que las presiones en los dos puntos de referencia se expresen ambas como presiones absolutas o ambas como presiones manométricas

### 2.2.1.2.5.7.1 RESTRICCIONES DE LA ECUACIÓN DE BERNOULLI

Según (L. MOTT, 2006)

- Es válida solo para fluidos incompresibles, porque se supone que el peso específico del fluido es el mismo en los dos secciones de interés
- No puede haber dispositivos mecánicos que agreguen o retiren energía del sistema entre las dos secciones de interés, debido a que la ecuación establece que la energía en el fluido es constante
- No puede haber transferencia de calor hacia el fluido o fuera de este

- No puede haber pérdida de energía debido a la fricción.

Según (RODRÍGUEZ DÍAZ, 2009), del planteamiento de la ecuación de la energía para un tubo de corriente de fluido real incompresible que se mueve entre dos puntos de un sistema se obtiene, teniendo en cuenta que se desarrollan pérdidas de energía, que:

$$E_{T1} = E_{T2} + \Sigma_{perdidas}$$

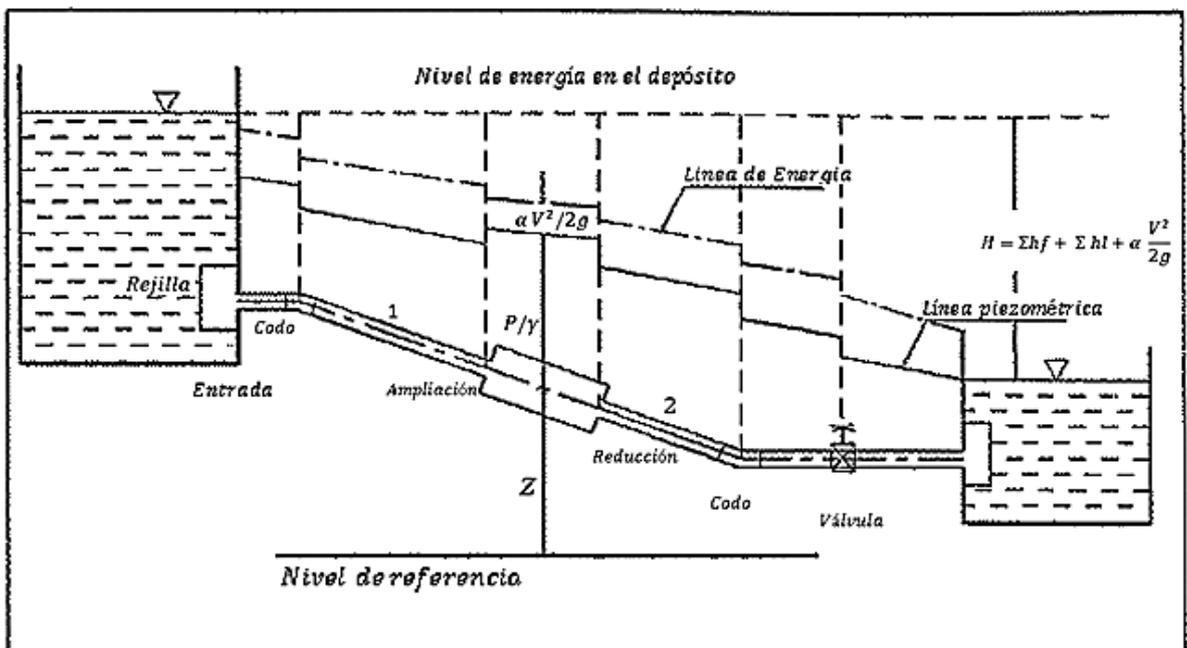
Dónde:

$E_{T1}$  = Energía total disponible en el punto inicial

$E_{T2}$  = Energía total disponible en el punto final

$\Sigma_{perdidas}$  = Sumatoria de las pérdidas de energía producidas por fricción y localizadas entre el punto inicial y final del planteamiento de la ecuación de energía.

FIGURA 11: PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN UN SISTEMA A PRESIÓN



FUENTE: (RODRÍGUEZ DÍAZ, 2009)

Tal como se presenta en la fig. 11 del planteamiento de la ecuación de energía, se tiene que:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \alpha_1 \left( \frac{v_1^2}{2g} \right) = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \alpha_2 \left( \frac{v_2^2}{2g} \right) + \Sigma_{perdidas}$$

Dónde:

$z$  = Altura con respecto a un nivel de referencia.

$v$  = Velocidad en la sección transversal.

$p$  = Presión en el eje del tubo.

$\alpha$  = Coeficiente de corrección de la energía cinética, al considerar distribuciones uniformes de velocidad en un flujo turbulento,  $\alpha=1$ .

$\Sigma_{perdidas}$  = Sumatoria de las pérdidas de energía producidas por fricción y accesorios.

Como resultado del análisis de la expresión anterior, es importante conocer el comportamiento de la variación de la energía a lo largo de un sistema, se realiza a partir de lo que en hidráulica se denomina línea de energía y línea piezométrica.

#### 2.2.1.2.6 PÉRDIDA DE ENERGÍA EN UN SISTEMA A PRESIÓN DE UN FLUJO INCOMPRESIBLE

Según (RODRÍGUEZ DÍAZ, 2009), cuando se desarrolla flujo a presión, con presión diferente de la atmosférica, de un fluido incompresible a través de un sistema de tuberías, la resistencia al flujo se expresa en función de las pérdidas de energía, la caída de la línea de energía en la dirección del flujo.

En una tubería a presión, la pérdida de energía total entre dos puntos  $\Delta H$ , se define como:

$$\Delta H = \Sigma hf + \Sigma hl$$

Dónde:

$\Sigma hf$  = Sumatoria de las pérdidas por fricción en el tramo considerado de la tubería (m)

$\Sigma hl$  = Sumatoria de pérdidas por accesorios en dicho tramo (m)

### 2.2.1.2.7 NÚMERO DE REYNOLDS

Según (L. MOTT, 2006), las investigaciones de Osborne Reynolds han demostrado que el régimen de flujo en tuberías, es decir, si es laminar o turbulento, depende del diámetro de la tubería, de la densidad, de la viscosidad del fluido y de la velocidad del flujo. El valor numérico de una combinación adimensional de estas cuatro variables, se conoce 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.

$$N_R = \frac{V \cdot D \cdot \rho}{\eta} = \frac{V \cdot D}{\nu}$$

Dónde:

$N_R$  = Número de Reynolds.

$V$  = Velocidad del flujo (m/s).

$D$  = Diámetro interno de la tubería (m).

$\nu$  = Viscosidad cinemática del fluido (m<sup>2</sup>/s).

$\rho$  = Densidad del fluido (kg/m<sup>3</sup>).

### CONDICIONES DEL FLUJO SEGÚN REYNOLDS

- Laminar  $N_R < 2000$
- Zona Crítica  $2000 \leq N_R \leq 4000$
- Turbulento  $N_R > 10000$

### 2.2.1.2.8 CLASIFICACIÓN DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA: PÉRDIDAS POR FRICCIÓN Y PÉRDIDAS POR ACCESORIOS.

Según (AZEVEDO NETTO, 1975), en la práctica, las tuberías no están constituidas exclusivamente por tubos rectilíneos y no siempre comprenden tubos del mismo diámetro. Hay también piezas especiales, tales como curvas, registros, piezas de derivación, reducción o aumento de diámetro, etc., responsables de nuevas pérdidas.

Se deben de considerar:

- a. Pérdida por fricción:** Ocasionada por el movimiento del agua en la propia tubería.

Se admite que esta pérdida sea uniforme en cualquier trecho de una tubería de dimensiones constantes, independientemente de la posición de la tubería.

- b. Pérdidas por accesorios o localizadas:** provocadas por las piezas especiales y demás características de una instalación.

Estas pérdidas son relativamente importantes en el caso de tuberías cortas con piezas especiales: en las tuberías largas, su valor frecuentemente es despreciable comparado con la pérdida por fricción.

#### 2.2.1.2.8.1 PÉRDIDAS DE CARGA POR FRICCIÓN EN TUBERÍAS.

Según (RODRÍGUEZ DÍAZ, 2009), la pérdida de carga por fricción es la debida al rozamiento del fluido con las paredes de la tubería o del conducto. Esta pérdida que continúa en la dirección del flujo, puede resultar considerable en tramos largos, y por el contrario, puede ser despreciable en tramos cortos.

##### 2.2.1.2.8.1.1 ECUACIÓN DE DARCY WEISBACH

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

Dónde:

$h_f$ : Pérdida de carga por fricción (m)

$L$ : Longitud de la corriente del flujo (m)

$D$ : Diámetro de la tubería (m)

$v$ : Velocidad promedio del flujo (m/s)

$f$ : Factor de fricción (adimensional)

La ecuación de Darcy se utiliza para calcular la pérdida de carga por fricción en secciones rectilíneas y largas de tubos redondos, tanto para flujo laminar como

turbulento. La diferencia entre los dos flujos está en la evaluación del factor de fricción adimensional ( $f$ ), como se explica en las dos secciones siguientes

#### 2.2.1.2.8.1.1.1 COEFICIENTE DE FRICCIÓN

Según (AZEVEDO NETTO, 1975), el coeficiente de fricción ( $f$ ), sin dimensiones, es función del número de Reynolds y de la rugosidad relativa. El espesor o altura ( $\varepsilon$ ) de las asperezas (rugosidad) de los tubos puede ser evaluada, mediante la determinación de los valores para  $\varepsilon/D$ .

Según (L. MOTT, 2006) se clasifica en:

##### A. DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE FRICCIÓN PARA RÉGIMEN LAMINAR

- ( $0 \leq Re \leq 2000$ ) en todas las tuberías y para cualquier fluido, Hagen y Poiseville determinaron la siguiente ecuación:

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

##### B. DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE FRICCIÓN PARA RÉGIMEN CRÍTICO

- ( $2000 \leq Re \leq 4000$ ) el flujo está en el rango crítico y es imposible predecir el valor de  $f$ .

##### C. DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE FRICCIÓN PARA RÉGIMEN TURBULENTO

- ( $Re \geq 4000$ ) P. K. Swamee y A. K. Jain, determinaron la siguiente ecuación:

$$f = \frac{0.25}{\left[ \log \left( \frac{(\varepsilon/D)}{3.7} + \frac{5.74}{N_R^{0.9}} \right) \right]^2}$$

Dónde:

$\varepsilon/D$  = Rugosidad relativa (adimensional).

$N_R$  = Número de Reynolds

$g$  = Aceleración de la gravedad (9.806 m/s<sup>2</sup>).

➤ **Diagrama de Moody.**

Según (L. MOTT, 2006) Moody consiguió representar la expresión Colebrook-White en un diagrama universal, que lleva su nombre, para determinar el coeficiente de fricción ( $f$ ) en tuberías de rugosidad comercial que transportan cualquier tipo de fluido

El diagrama muestra la gráfica del factor de fricción versus el número de Reynolds ( $N_R$ ) con una serie de curvas paramétricas relacionadas con la rugosidad relativa ( $\varepsilon/D$ ).

Observaciones importantes acerca de estas curvas:

- Para un flujo con número de Reynolds dado, conforme aumenta la rugosidad relativa  $\varepsilon/D$ , el factor de fricción disminuye.
- Para una rugosidad relativa  $\varepsilon/D$ , el factor de fricción disminuye con el aumento del número de Reynolds, hasta que se alcanza la zona de turbulencia completa.
- Dentro de la zona de turbulencia completa, el número de Reynolds no tienen ningún efecto sobre el factor de fricción
- Conforme se incrementa la rugosidad relativa  $\varepsilon/D$ , también se el valor del número de Reynolds donde comienza la zona de turbulencia completa.

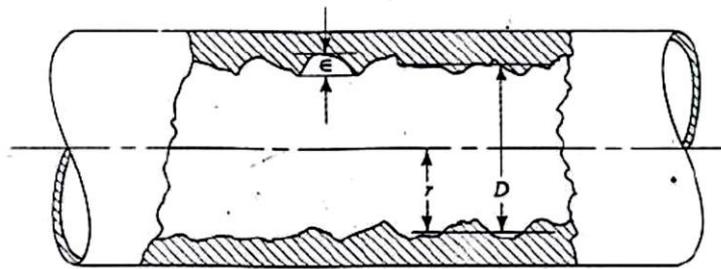
#### **2.2.1.2.8.1.1.2 RUGOSIDAD RELATIVA.**

Según (L. MOTT, 2006), es la relación entre la rugosidad promedio de su pared o rugosidad absoluta ( $\varepsilon$ ) y el diámetro interno ( $D$ ) de la tubería. Debido a que la rugosidad es algo irregular, se tomara valores promedios.

Para su selección se deben considerar los siguientes factores:

- Material de fabricación de la tubería o conducto.
- Proceso de fabricación de la tubería.
- Naturaleza del líquido a ser conducido.
- Tiempo de servicio del conducto o tubería.

FIGURA 12: RUGOSIDAD EXAGERADA DE LA PARED DE UN TUBO



FUENTE: (L. MOTT, 2006)

TABLA 4: RUGOSIDAD DE LOS MATERIALES

Material	Rugosidad ( $\epsilon$ ) m
Vidrio	Liso
Plástico	$3 \times 10^{-7}$
Tubo extruido; cobre, latón y acero	$1.5 \times 10^{-6}$
Acero, comercial o soldado	$4.6 \times 10^{-5}$
Hierro Galvanizado	$1.5 \times 10^{-4}$
Hierro dúctil, recubierto.	$1.2 \times 10^{-4}$
Hierro dúctil, no recubierto	$2.4 \times 10^{-4}$
Concreto, bien fabricado	$1.2 \times 10^{-4}$
Acero remachado	$1.8 \times 10^{-3}$

FUENTE: (L. MOTT, 2006)

Como se aprecia en la tabla 4 se ha determinado el valor de la rugosidad absoluta ( $\epsilon$ ) para tubos existentes comercialmente. Estos son valores promedios para tuberías nuevas y limpias. Es de esperarse cierta variación una vez que una tubería ha estado en servicio durante algún tiempo, la rugosidad cambia debido a la corrosión y a la formación de depósitos en la pared.

### 2.2.1.2.8.1.1.3 RUGOSIDAD ABSOLUTA

Según (FERNANDEZ)

Rugosidad absoluta: es el conjunto de irregularidades de diferentes formas y tamaños que pueden encontrarse en el interior de los tubos comerciales, cuyo valor medio se conoce como rugosidad absoluta (K), y que puede definirse como la variación media del radio interno de la tubería.

### 2.2.1.2.8.1.1.3.1 RUGOSIDAD ABSOLUTA EN FUNCIÓN DE LOS AÑOS DE SERVICIO.

Según (GALLEGO SUÁREZ) se ha evaluado el efecto corrosivo del agua en tuberías basándose en la reducción de la capacidad de transporte de acuerdo con el PH del agua y el número de años de servicio.

Genijew relacionó la rugosidad absoluta con el tipo de agua a transportar y el número de años de servicio.

$$\varepsilon_t = \varepsilon_0 + a_t$$

Dónde:

$\varepsilon_0$  = Rugosidad del tubo (nuevo) (mm).

a = Coeficiente que depende del grupo en que se clasifique el agua según la tabla 5.

t = Número de años de servicio de la tubería.

$\varepsilon_t$  = Rugosidad del conducto, después de t años de servicios en mm.

TABLA 5: COEFICIENTES "A" DE LA FÓRMULA DE GENIJEW.

GRUPO	CARACTERÍSTICA	a
I	Agua con poco contenido mineral que no origina corrosión. Agua con un pequeño contenido de materia orgánica y de solución de hierro.	Varía de 0.005 a 0.055; valor medio; 0.025
II	Agua que origina fuerte corrosión y con escaso contenido de cloruros y sulfatos (menos de 100 a 150 mg/l). Agua con un contenido de hierro de más de 3 mg/l.	Varía de 0.18 a 0.40; valor medio; 0.20
III	Agua que origina corrosión, con un gran contenido de cloruros (más de 500 a 700 mg/l). Agua impura con una gran cantidad de materia orgánica.	Varía de 0,40 a 0,60; valor medio: 0,51
IV	Agua con cantidades importantes de carbonatos, pero de dureza pequeña permanente, con residuo denso de 2000 mg/l.	Varía de 0.6 a más de 1
V	Agua con poco contenido mineral que origina corrosión. Agua que contiene menos de 3 mg/l de materia orgánica y hierro en solución	Varía de 0.055 a 0.18; valor medio: 0.07

FUENTE: (GALLEGO SUÁREZ)

### 2.2.1.2.8.2 PÉRDIDAS DE CARGA POR ACCESORIOS.

Según (L. MOTT, 2006) es la pérdida de carga, producida en una pequeña región cercana al sitio donde se presenta cambio en la geometría del conducto



o cambio en la dirección del flujo (codos, bifurcaciones, válvulas, etc.), que se traduce en una alteración de las condiciones de flujo.

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

- ✓ Primer método: Utilizando la ecuación fundamental de las pérdidas de carga secundarias de Darcy W.
- ✓ Segundo método: Utilizando la longitud de tubería equivalente.

#### 2.2.1.2.8.2.1 ECUACIÓN FUNDAMENTAL DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA POR ACCESORIOS.

Según (L. MOTT, 2006) las pérdidas de carga son proporcionales a la velocidad del fluido, conforme pasa por un codo, expansión o contracción de la sección del flujo, o por una válvula, etc. Por lo general se expresan como un coeficiente de resistencia  $K$  multiplicado por la altura de velocidad.

$$h_L = K \left( \frac{V^2}{2g} \right)$$

El método exacto para determinar el coeficiente de resistencia  $K$  para válvulas o acoplamientos es mediante la siguiente ecuación.

$$K = \left( \frac{L_e}{D} \right) f$$

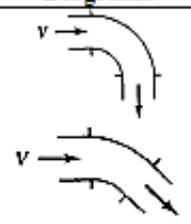
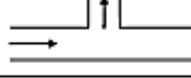
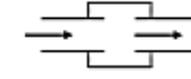
Dónde:

$L_e/D$ = Longitud equivalente en diámetros de tubería

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

$V$ =Velocidad promedio del flujo (m/s)

TABLA 6: COEFICIENTE DE PÉRDIDAS "K"- AUTOR (MUNSON B. R., 1990)

Componente	K	Diagrama
Codos		
Radio corto 90° con bridas o extremo liso	0.3	
Radio corto 90° extremos roscados.	1.5	
Radio largo 90° con bridas o extremo liso	0.2	
Radio largo 90° extremos roscados.	0.7	
Radio largo 45° con bridas.	0.2	
Radio corto 45° extremos roscados.	0.4	
Curvas a 180°		
Curvas a 180° con bridas	0.2	
Curvas a 180° con extremos roscados	1.5	
Tees		
Paso directo con bridas o extremos lisos	0.2	
Paso directo con extremos roscados	0.9	
Salida de lado con bridas o extremos lisos	1.0	
Salida de lado con extremos roscados	2.0	
Union con extremos roscados	0.08	

FUENTE: (MUNSON B.R., 1990)

TABLA 7: COEFICIENTE DE PÉRDIDAS "K"- AUTOR (WHITE F. M., 1994)

Tipo de accesorio	Diámetro nominal (pulgadas)								
	Roscada				Con bridas o extremo liso				
	1/2	1	2	4	1	2	4	8	20
Codos									
45° radio corto	0.39	0.32	0.30	0.29					
45° radio largo					0.21	0.20	0.19	0.16	0.14
90° radio corto	2.0	1.50	0.95	0.64	0.50	0.39	0.30	0.26	0.21
90° radio largo	1.0	0.72	0.41	0.23	0.40	0.30	0.19	0.15	0.10
180° radio corto	2.0	1.50	0.95	0.64	0.41	0.35	0.30	0.25	0.20
180° radio largo					0.40	0.30	0.21	0.15	0.10
Tee de paso directo	0.90	0.90	0.90	0.90	0.24	0.19	0.14	0.10	0.07
Tee de salida lateral	2.40	1.80	1.40	1.10	1.00	0.80	0.64	0.58	0.41

FUENTE: (WHITE F. M., 1994)

Los valores de “*f*” varía según el tamaño de la tubería, lo que hace que el valor del coeficiente de resistencia “*K*” también varíe. En la tabla 8 se presenta una lista de los valores de “*f*” para tamaños estándar de tubería de acero comercial, nueva y limpia.

TABLA 8: FACTOR DE FRICCIÓN ( $f$ ) EN LA ZONA DE TURBULENCIA PARA TUBERÍA DE ACERO COMERCIAL.

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

FUENTE: (L. MOTT, 2006)

El procedimiento para calcular la pérdida de carga que causan los diferentes accesorios de un sistema hidráulico es la siguiente:

1. En la tabla 12 encontrar  $Le/D$  para los accesorios.
- 2.a. Si la tubería es de acero nueva y limpia:
  - ✓ En la tabla 8 encontrar  $f$ .
2. b Para tubo de otros materiales:
  - ✓ Con la tabla 4, determinar la rugosidad  $n$  del tubo
  - ✓ Calcular  $\varepsilon/D$ .
  - ✓ Emplear el diagrama de Moody (anexos), para determinar  $f$  en la zona de turbulencia completa.
3. Calcular  $K = f (Le/D)$ .
4. Calcular  $hL = K (v^2/2g)$ , donde  $v$  es la velocidad en el tubo.

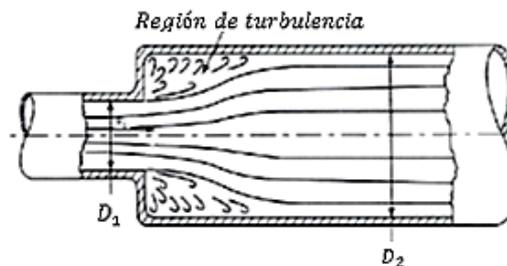
#### 2.2.1.2.8.2.2 PÉRDIDAS DE CARGA EN ACCESORIOS ESPECIALES.

Según (L. MOTT, 2006) en casi todos los casos las pérdidas menores se determinan experimentalmente, pero hay una importante excepción para los siguientes accesorios:

### 2.2.1.2.8.2.2.1 AMPLIACIÓN BRUSCA.

Según (L. MOTT, 2006) conforme un fluido pasa de una tubería pequeña a otra más grande a través de una ampliación brusca, su velocidad disminuye de manera abrupta, lo que ocasiona turbulencia que genera una pérdida de carga como se muestra en la siguiente figura.

FIGURA 13: ESQUEMA DE UNA AMPLIACIÓN BRUSCA



FUENTE: (L. MOTT, 2006)

La cantidad de turbulencia, y por consiguiente, la cantidad de pérdida de carga, depende del cociente entre los diámetros de los conductos ( $D_2/D_1$ ). La pérdida menor se calcula con la ecuación:

$$h_L = K \left( \frac{v_1^2}{2g} \right)$$

Al hacer algunas suposiciones simplificadoras sobre el carácter de la corriente de flujo, es posible predecir de manera analítica el valor de  $K$ , con la siguiente ecuación.

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

Dónde:

$D_1$  = Diámetro de la sección más pequeña de tubería (m)

$D_2$  = Diámetro de la sección más grande de tubería (m)

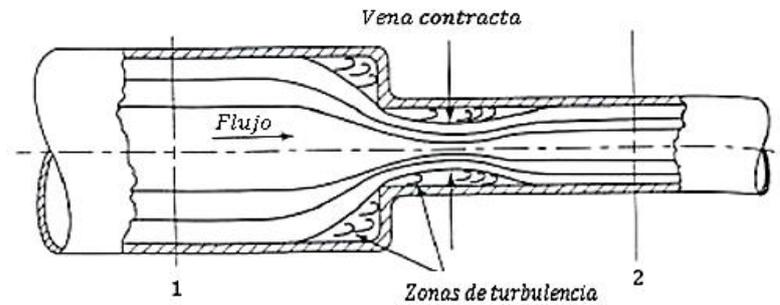
$v_1$  = Velocidad promedio del flujo en la tubería de menor diámetro (m/s)

### 2.2.1.2.8.2.2.2 CONTRACCIÓN BRUSCA.

Según (L. MOTT, 2006) el mecanismo mediante el cual se pierde carga debido a una contracción brusca es bastante complejo. Conforme las líneas de corriente

se acercan a la contracción; adoptan una trayectoria curva y durante cierta distancia la corriente en su conjunto sigue después del angostamiento.

FIGURA 14: ESQUEMA DE UNA CONTRACCIÓN BRUSCA



FUENTE: (L. MOTT, 2006)

Así, la sección transversal mínima efectiva del flujo es más pequeña que la de la tubería menor. La sección en que ocurre esta área mínima de flujo se denomina vena contracta, lo cual ocasiona que la corriente desacelere y expanda de nuevo para llenar la tubería.

El coeficiente de resistencia  $K$  depende de la relación de los tamaños de las dos tuberías y de la velocidad de flujo. La pérdida menor se calcula a partir de la ecuación:

$$h_L = K \left( \frac{v_2^2}{2g} \right)$$

Dónde:

$K$ = Coeficiente de contracción.

$v_2$ = Velocidad promedio del flujo en la tubería (m/s)

TABLA 9: COEFICIENTE DE RESISTENCIA - CONTRACCIÓN BRUSCA

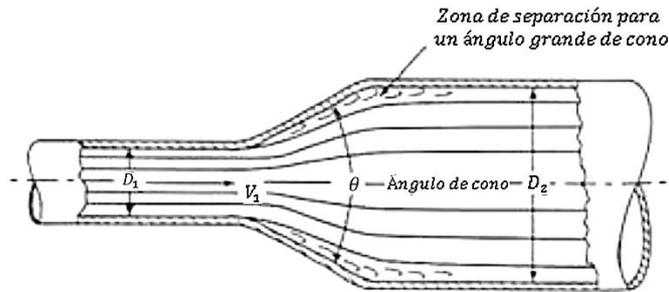
D1/D2	K
1.2	0.08
1.4	0.17
1.6	0.26
1.8	0.34
2	0.37
2.5	0.41
3	0.43
4	0.45
5	0.46

FUENTE: (L. MOTT, 2006)

**2.2.1.2.8.2.2.3 EXPANSIÓN GRADUAL.**

Según (L. MOTT, 2006) depende de la brusquedad con que se efectúa la contracción.

FIGURA 15: ESQUEMA DE UNA EXPANSIÓN GRADUAL



FUENTE: (L. MOTT, 2006)

El coeficiente de pérdidas  $K$  está supeditado al ángulo  $\theta$  y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$h_L = K \left( \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g} \right)$$

Dónde:

$v_1$  = Velocidad promedio del flujo en la tubería de menor diámetro (m/s)

$v_2$  = Velocidad promedio del flujo en la tubería de mayor diámetro (m/s)

$K$  = Se encuentra en la tabla 10.

TABLA 10: COEFICIENTE DE RESISTENCIA-EXPANSIÓN GRADUAL ( $\theta$ )

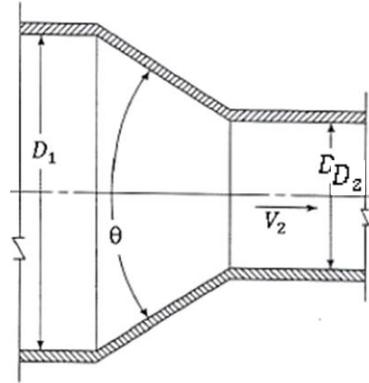
D <sub>1</sub> /D <sub>2</sub>	$\theta^\circ$						
	4°	10°	15°	20°	30°	50°	60°
1.20	0.02	0.04	0.09	0.16	0.25	0.35	0.37
1.40	0.03	0.06	0.12	0.23	0.36	0.50	0.53
1.60	0.03	0.07	0.14	0.26	0.42	0.57	0.61
1.80	0.04	0.07	0.15	0.28	0.44	0.61	0.65
2.00	0.04	0.07	0.16	0.29	0.46	0.63	0.68
2.50	0.04	0.08	0.16	0.30	0.48	0.65	0.70
3.00	0.04	0.08	0.16	0.31	0.48	0.66	0.71
4.00	0.04	0.08	0.16	0.31	0.49	0.67	0.72
5.00	0.04	0.08	0.16	0.31	0.50	0.67	0.72

FUENTE: (L. MOTT, 2006)

**2.2.1.2.8.2.2.4 CONTRACCIÓN GRADUAL.**

Según (L. MOTT, 2006) la pérdida de carga en una contracción puede disminuir en forma sustancial si la contracción se hace más gradual.

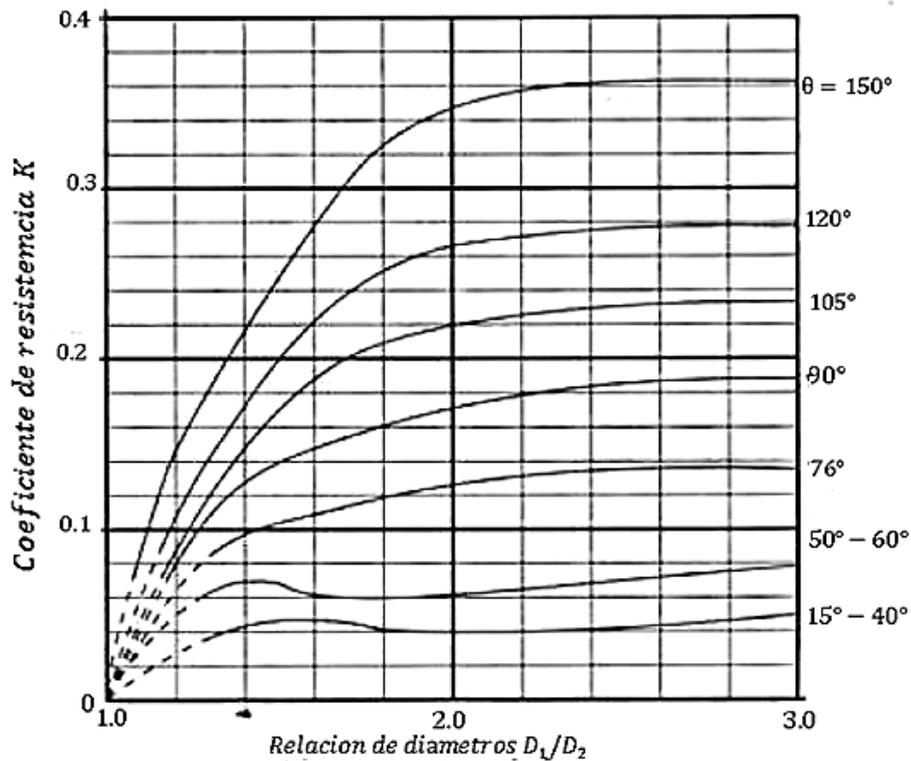
FIGURA 16: ESQUEMA DE UNA EXPANSIÓN GRADUAL



FUENTE: (L. MOTT, 2006)  $D_2$

Con el ábaco ilustra a continuación se puede obtener los valores de coeficiente resistencia  $K$  para distintos valores del ángulo del cono ( $\theta \geq 15^\circ$ ).

TABLA 11: COEFICIENTE DE RESISTENCIA – CONTRACCIÓN  $\theta \geq 15^\circ$ .



FUENTE: (L. MOTT, 2006)

La pérdida de carga se calcula con la siguiente ecuación:

$$h_L = K \left( \frac{v_2^2}{2g} \right)$$

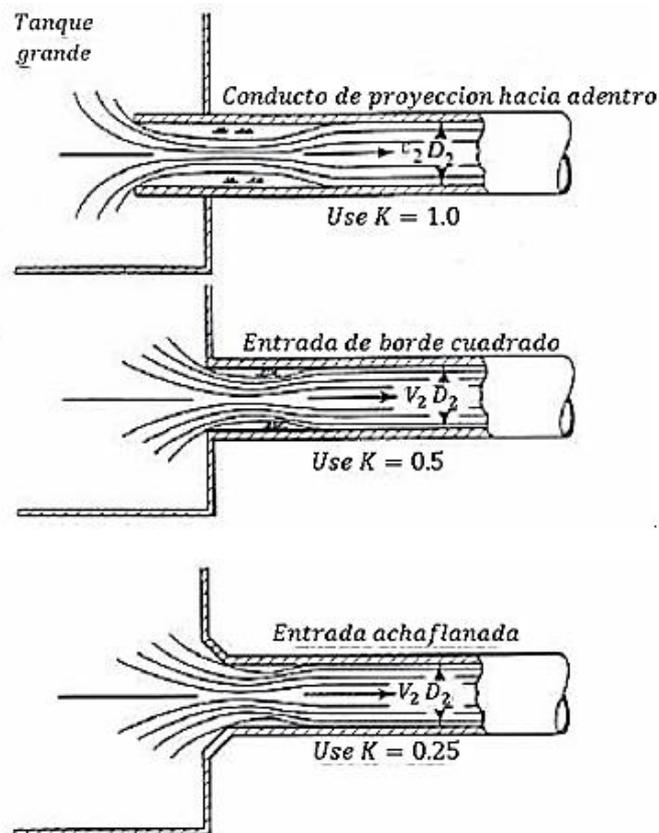
Dónde:

$v_2$  = Velocidad promedio del flujo en la tubería de menor diámetro (m/s)

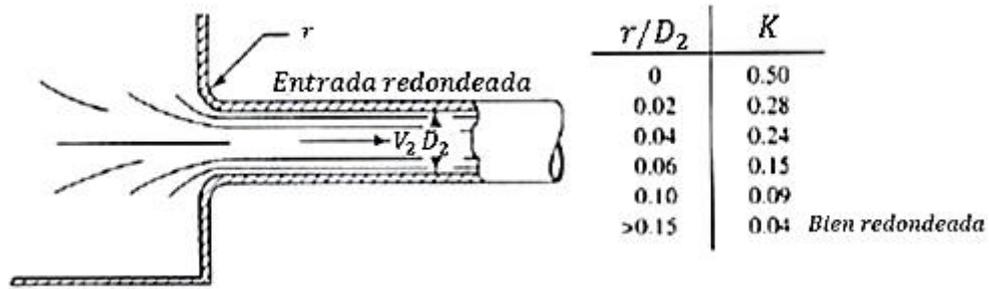
### 2.2.1.2.8.2.2.5 PÉRDIDAS POR ENTRADA DE TUBERÍA.

Según (L. MOTT, 2006) sucede cuando un fluido se mueve de un depósito o tanque relativamente grande hacia una tubería. El fluido debe acelerar desde una velocidad despreciable a la velocidad de flujo en la tubería. La facilidad con que la aceleración se lleva a cabo determina la cantidad de pérdida de carga y, por lo tanto, el valor del coeficiente de resistencia de la entrada depende de la geometría de ésta.

FIGURA 17: COEFICIENTES DE PÉRDIDAS DE CARGA POR ENTRADA



FUENTE: (L. MOTT, 2006).

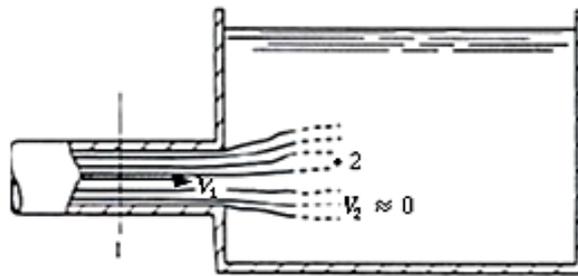


FUENTE: (L. MOTT, 2006).

**2.2.1.2.8.2.2.6 PÉRDIDA EN LA SALIDA DE TUBERÍA.**

Según (L. MOTT, 2006) conforme el fluido pasa de una tubería a un depósito o tanque grande (fig. 16), su velocidad disminuye hasta casi cero. En el proceso se disipa la energía cinética que el fluido tiene en la tubería. Por lo tanto, el valor del coeficiente de pérdidas  $K = 1.0$  sin importar la forma de la salida y el lugar donde se conecta a la pared del tanque.

FIGURA 18: ESQUEMA UNA SALIDA DE TUBERÍA



FUENTE: (L. MOTT, 2006)

**2.2.1.2.8.2.2.7 LONGITUD DE TUBERÍA EQUIVALENTE.**

Según (MATAIX, 1986) consiste en expresar las pérdidas por accesorios en función de una longitud de tubo equivalente ( $Le$ ) de igual diámetro para cada uno de los accesorios del sistema, es decir, se busca que se produzca la misma pérdida entre el accesorio en cuestión y el tramo recto de cierta longitud y del mismo diámetro.

Como ya se ha mencionado, la pérdida de carga a lo largo de una tubería se puede determinar por la fórmula de Darcy-Weisbach:

$$h_L = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Donde  $L$  y  $D$  son constantes para una tubería y  $f$  es adimensional, las pérdidas serán iguales a una constante  $K$  por el producto de la altura de velocidad  $v^2/2g$ ,  $k$  es un coeficiente propio de cada accesorio, como ya se había mencionado, y es adimensional.

$$h_L = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} = k \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Las pérdidas por accesorios se pueden expresar en función de una longitud rectilínea de tubería. Al despejar  $Le$ , se obtiene:

$$Le = k \cdot \frac{D}{f}$$

Lo que quiere decir que  $Le$  es directamente proporcional a  $K$  y a  $D$ , e inversamente proporcional al coeficiente de rozamiento  $f$ .

Es fundamental tomar en cuenta estas pérdidas en tramos de tuberías cortos y en especial cuando se tienen accesorios; en nuestro caso, para las instalaciones hidráulicas en edificaciones, son muy importantes.

TABLA 12: RESISTENCIA DE LONGITUD EQUIVALENTE EN NÚMERO DE DIÁMETROS DE TUBERÍA ( $Le/D$ )

TIPO	Longitud Equivalente en Diámetros de tubería " $Le/D$ "
Codo estándar a 90°	30
Codo a 90° de radio largo	20
Codo roscado a 90°	50
Codo estándar a 45°	16
Codo roscado a 45°	26
Vuelta cerrada en retorno	50
Tee, estándar - con flujo directo	20
- con flujo en el ramal	60

FUENTE: (L. MOTT, 2006)

TABLA 13: LONGITUDES EQUIVALENTES REPRESENTATIVAS " $Le/D$ "- AUTOR (FOX, R. W., 1992)

Accesorio	$Le/D$
Codo de 90°	30
Codo de 45°	16
Retorno a 180°	50
Tee de paso directo	20
Tee de salida lateral	60

FUENTE: (FOX, R. W., 1992)



### **2.2.1.2.8.3 MATERIALES Y ACCESORIOS UTILIZADOS EN LAS INSTALACIONES SANITARIAS**

Según (RODRÍGUEZ DÍAZ, 2009) anteriormente las redes de tuberías en edificaciones se construían en hierro Galvanizado; esto ha venido cambiando, ya que este material a medida que pasa el tiempo va creando obstrucciones debido a su poca resistencia a la corrosión, reduciendo su sección efectiva y dificultando así el paso del flujo. En su instalación algunas veces resulta difícil garantizar que el sistema quede totalmente hermético.

#### **2.2.1.2.8.3.1 HIERRO GALVANIZADO O FIERRO GALVANIZADO**

Esta tubería es de hierro y para evitar su oxidación se somete a un proceso de galvanización, el cual consiste en revestir el hierro, interior y exteriormente, con una capa de zinc fundido.

Su montaje puede resultar engorroso debido a que sus extremos son roscados y es necesario que el accesorio de empalme no permita fugas.

Algunos accesorios comunes en este material son codos de 90° y 45 ° (muy poco o casi nunca utilizados), de reducción, tees y cruces, uniones universales, reducciones macho y de copa, tapones, adaptadores macho y hembra, etc.

Su principal desventaja en accesorios y tuberías, como ya se mencionó, es su poca resistencia a la corrosión, ocasionando obstrucciones al flujo, y desde el punto de vista de su colocación, el peso también llega a ser un factor importante. (RODRÍGUEZ DÍAZ, 2009)

#### **2.2.1.2.8.3.2 PVC (CLORURO DE POLIVINILO)**

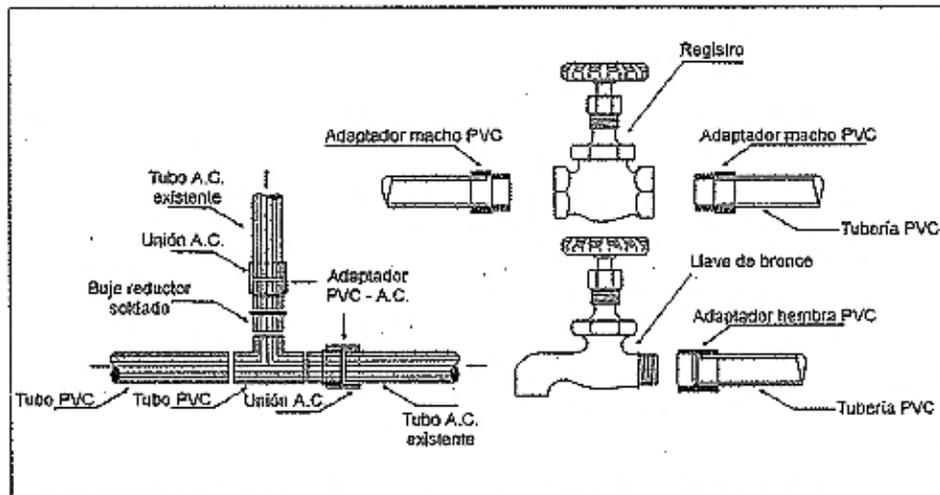
De un tiempo para acá ha sido el material más utilizado en las instalaciones hidráulicas y sanitarias debido a sus facilidades de construcción, ventajas y propiedades en su uso y mantenimiento. Su empleo se restringe a redes interiores en los diversos tipos de edificaciones pero no cuando estas redes se encuentran a la intemperie, en cuyo caso se hace necesario recubrir la tubería. Entre sus ventajas más importantes se encuentran:



- **RESISTENCIA A LA CORROSIÓN.** Una de sus propiedades químicas más importantes, ya sea interior o exterior a la tubería o accesorio, consiste en resistir el ataque químico de sustancia causantes de corrosión, y en el caso de tuberías sanitarias, resistir la acción de productos químicos usados para limpieza o para destapar cañería. Algunos de los principales causantes de corrosión interna son los ácidos, álcalis, sales, compuestos orgánicos como alcoholes e hidrocarburos alifáticos, y de corrosión externa, como gases industriales, humedad, agua salada, condiciones climáticas o condiciones de subsuelo. En el caso de tubería hidráulica, líquidos corrosivos de los sistemas de desagüe
- **PAREDES LISAS.** Se reducen las pérdidas de carga debidas a la fricción, dándole al material una vida útil más larga y eficiente.
- **RESISTENCIA MECÁNICA.** Debido al material de fabricación (PVC, policloruro de vinilo, y CPVC, policloruro de vinilo clorado), pueden soportar presiones considerablemente altas.
- **PESO.** Comparada con las tuberías metálicas o las de asbesto-cemento, la tubería PVC es mucho más liviana y manejable, facilitando las labores de instalación y almacenamiento.
- **RIGIDEZ.** Por su rigidez, no es necesario colocar muchos soportes para evitar movimientos longitudinales en largas conexiones de este tipo de tubería o accesorios.
- Inodoro, insaboro y no toxico.

La unión de tuberías PVC o CPVC se realiza con un accesorio de empalme y soldadura líquida, técnica que facilita la instalación y evita las uniones roscadas. En el caso de un empalme de tubería PVC con otros materiales, como un registro o una llave de hierro Galvanizado, se utilizan adaptadores macho o hembra, disponibles también de acuerdo con las necesidades. Estos accesorios permiten soldar el adaptador a la tubería PVC y enroscar el dispositivo de control tal como se muestra en la fig. 20. (RODRÍGUEZ DÍAZ, 2009)

FIGURA 19: TRANSICIÓN DE TUBERÍAS DE PVC A TUBERÍAS DE OTROS MATERIALES



FUENTE: (MATAIX, 1986)

### 2.2.1.2.8.3.3 TIPOS Y APLICACIONES DE LOS ACCESORIOS HIDRÁULICOS.

Según (ORDOÑEZ VIÑAN & QUISNANCELA SALAZAR, 2013) los accesorios hidráulicos en tuberías son conjunto de piezas moldeadas o mecanizadas que unidas a los tubos mediante un procedimiento determinado forman las líneas estructurales de tuberías en una línea de proceso.

A continuación se describen algunas características de los accesorios hidráulicos:

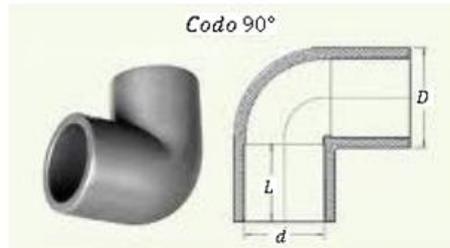
- **Diámetro.** Es la medida de un accesorio o diámetro nominal mediante el cual se identifica al mismo y depende de las especificaciones técnicas exigidas.
- **Resistencia.** Es la capacidad de tensión en libras o en kilogramos que puede aportar un determinado accesorio en plena operatividad.
- **Aleación.** Es el material o conjunto de materiales del cual está hecho un accesorio de tubería.
- **Espesor.** Es el grosor que posee la pared del accesorio de acuerdo a las normas y especificaciones establecidas.

A continuación se mencionan los accesorios más comunes:

### 2.2.1.2.8.3.3.1 CODOS.

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

FIGURA 20: CODOS DE 90°



FUENTE: [http://www.fosa.com.mx/detalle\\_prod.php?p=91](http://www.fosa.com.mx/detalle_prod.php?p=91)

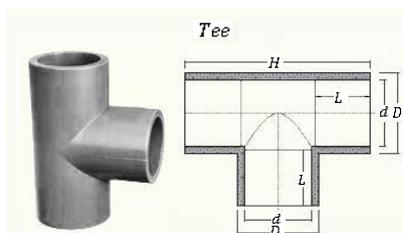
Los codos estandarizados son aquellos que vienen listos para la prefabricación de piezas de tuberías y que son fundidos en una sola pieza con características específicas y son:

- Codos estándar de 45°.
- Codos estándar de 90°.

### 2.2.1.2.8.3.3.2 TEES.

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

FIGURA 21: TEES



FUENTE: [http://www.fosa.com.mx/detalle\\_prod.php?p=91](http://www.fosa.com.mx/detalle_prod.php?p=91)

Existen dos clases de tee en función de los diámetros y son:

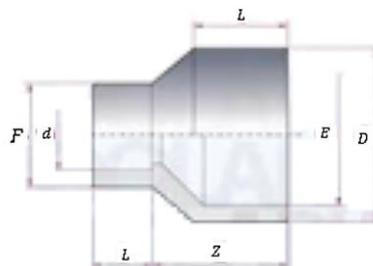
- Tee de diámetros iguales o tee de recta.
- Tee reductora con dos orificios de igual diámetro y uno desigual.

### 2.2.1.2.8.3.3.3 REDUCCIONES.

Son accesorios de forma cónica, fabricadas de diversos materiales y aleaciones. Se utilizan para disminuir el diámetro a través de las líneas de tuberías, los tipos de reducción se citan a continuación:

- Estándar concéntrica.- Es un accesorio reductor que se utiliza para disminuir el diámetro de la tubería aumentando su velocidad y manteniendo su eje.

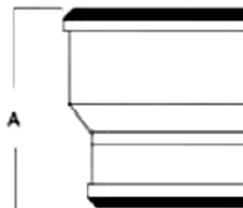
FIGURA 22: REDUCCIÓN CONCÉNTRICA



FUENTE: [http://www.fosa.com.mx/detalle\\_prod.php?p=91](http://www.fosa.com.mx/detalle_prod.php?p=91)

- Estándar excéntrica.- Es un accesorio reductor que se utiliza para disminuir el diámetro de la tubería en la línea aumentando su velocidad y perdiendo su eje.

FIGURA 23: REDUCCIÓN EXCÉNTRICA.

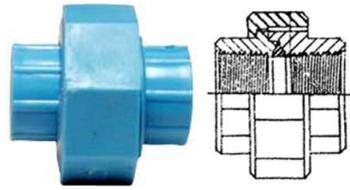


FUENTE: <http://www.poolaria.com/accesorios-de-pvc/1061-reduccion-conica-pvc-encolar.html>

### 2.2.1.2.8.3.3.4 UNIÓN UNIVERSAL.

La unión universal, es un accesorio designado para la instalación y reparación de sistemas de distribución de agua potable. Por su singular forma y movimiento permite unir tramos en los que se hayan realizado cortes de segmento de tubería. Ya que por el uso de coplas, enroscar una tubería de ambos lados es imposible.

FIGURA 24: UNIÓN UNIVERSAL.



FUENTE: <http://www.inyectoplast.com.pe/a6.htm>.



## CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

### 3.1 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

##### **Investigación cuantitativa – aplicada**

El tipo de investigación será Cuantitativa ya que los datos obtenidos se pueden medir en campo o analizar con software.

La finalidad de la investigación se considera APLICATIVA ya que utiliza un conjunto de conocimientos para obtener un resultado dentro de una ciencia. (Hernández, 1997)

#### 3.1.2 NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

##### **Investigación descriptiva**

La investigación alcanza el nivel descriptivo ya que se cuantifica y evalúa minuciosamente las variables involucradas en el estudio, para en base a ello se pueda inferir respuesta a la problemática encontrada. (Hernández, 1997)

#### 3.1.3 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

##### **Método hipotético deductivo**

Ya que lo que se pretende es probar nuestras hipótesis a través de la medición de variables de estudio. (Hernández, 1997)

### 3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

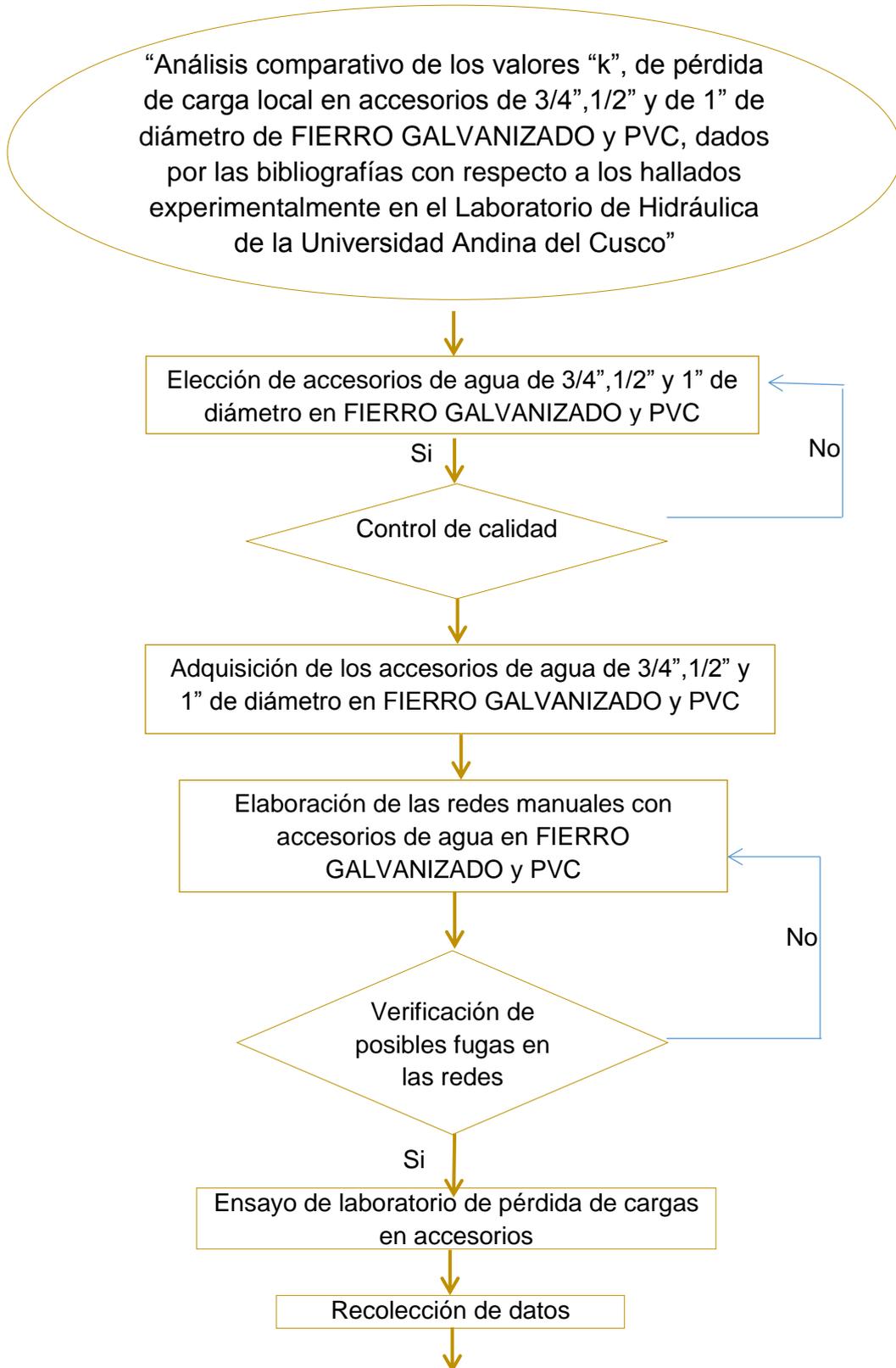
##### **Diseño metodológico**

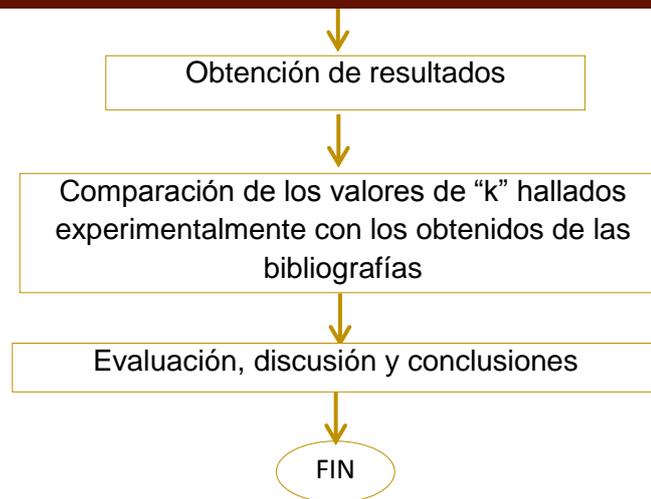
El diseño de la presente investigación es de tipo experimental.

Ya que en el tema de investigación, se manipulan intencionalmente una o más variables independientes como son los caudales y el tipo de accesorio, para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes como son principalmente el coeficiente de resistencia

“k”, la pérdida de carga local en accesorios “hL” y la longitud equivalente en diámetros de tubería “Le/D”.

### 3.2.1 DISEÑO DE INGENIERÍA





FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

### 3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

#### 3.3.1 POBLACIÓN

##### 3.3.1.1 DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN

Se denomina población o universo a la totalidad de personas u objetos que tiene una o más características medibles o notables de naturaleza cualitativa o cuantitativa, en esta tesis la población es la totalidad de accesorios de agua usados en instalaciones de redes de tuberías. (Hernández, 1997)

##### 3.3.1.2 CUANTIFICACIÓN DE LA POBLACIÓN

La población de estudio está conformada por los accesorios de Fierro Galvanizado y PVC (roscados y a presión) de 1/2", 3/4" y 1" de diámetro, que se usan comúnmente en instalaciones de sistemas de agua en edificaciones.

#### 3.3.2 MUESTRA

##### 3.3.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

La muestra está conformada por los accesorios de Fierro Galvanizado y PVC (roscados y a presión) de 1/2", 3/4" y 1" de diámetro, que se usan comúnmente en instalaciones de sistemas de agua en edificaciones.

### **3.3.2.2 CUANTIFICACIÓN DE LA MUESTRA**

La muestra está representada por 51 accesorios entre los que son de Fierro Galvanizado y PVC (roscados y a presión) de 1/2", 3/4" y 1" de diámetro, que se usan en instalaciones de sistemas de agua en edificaciones.

### **3.3.2.3 MÉTODO DE MUESTREO**

Dado que los elementos de la muestra se evalúan por conveniencia, el método de muestreo es no probabilístico. (Hernández, 1997)

### **3.3.2.4 CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE LA MUESTRA**

Las muestras se evaluaron a través del ensayo de "Pérdida de Carga Local en accesorios" con la ayuda de un kit de piezómetros y del Banco Hidráulico de Laboratorio de Fluidos de la Universidad Andina del Cusco.

### **3.3.3 CRITERIOS DE INCLUSIÓN**

- Las tuberías a ser ensayadas corresponden solo a tuberías de agua de 1", 3/4" y 1/2" de diámetro.
- Los accesorios ensayados corresponden solo a accesorios de agua de 1", 3/4" y 1/2" de diámetro.
- Las tuberías de agua de PVC a usarse corresponden solo a la marca PAVCO VINDUIT.
- Los accesorios de agua de PVC a usarse corresponden solo a la marca PAVCO VINDUIT.
- Los accesorios de agua de FIERRO GALVANIZADO a usarse corresponden solo a la marca MAGNUM.

## **3.4 INSTRUMENTOS**

### **3.4.1 INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS**

#### **3.4.1.1 GUÍA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO**

Las guías de observación nos permitirán la recolección y registro de datos de forma sistemática y ordenada.











TABLA 24: FORMATOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS DEL ENSAYO: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS DE AGUA (FIERRO GALVANIZADO) - CAUDAL 700 Lt/hr.

		<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> Escuela Profesional de Ingeniería Civil						
		ENSAYO: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS DE FIERRO GALVANIZADO FECHA:						
CAUDAL (Lt/hr)					700			
N° DE PRUEBAS	TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO (pulg)	ACCESORIO	hmin (mm)	hmax (mm)	hL (m)	Promed. hL (m)
1	Rosca	FG						
2	Rosca							
3	Rosca							
1	Rosca	FG						
2	Rosca							
3	Rosca							

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 25: FORMATOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS DEL ENSAYO: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS DE AGUA (FIERRO GALVANIZADO) - CAUDAL 800 Lt/hr.

		<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> Escuela Profesional de Ingeniería Civil						
		ENSAYO: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS DE FIERRO GALVANIZADO FECHA:						
CAUDAL (Lt/hr)					800			
N° DE PRUEBAS	TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO (pulg)	ACCESORIO	hmin (mm)	hmax (mm)	hL (m)	Promed. hL (m)
1	Rosca	FG						
2	Rosca							
3	Rosca							
1	Rosca	FG						
2	Rosca							
3	Rosca							

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 26: FORMATOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS DEL ENSAYO: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS DE AGUA (FIERRO GALVANIZADO) - CAUDAL 900 Lt/hr.

		<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> Escuela Profesional de Ingeniería Civil						
		ENSAYO: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS DE FIERRO GALVANIZADO FECHA:						
CAUDAL (Lt/hr)					900			
N° DE PRUEBAS	TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO (pulg)	ACCESORIO	hmin (mm)	hmax (mm)	hL (m)	Promed. hL (m)
1	Rosca	FG						
2	Rosca							
3	Rosca							
1	Rosca	FG						
2	Rosca							
3	Rosca							

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 27: FORMATOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS DEL ENSAYO: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS DE AGUA (FIERRO GALVANIZADO) - CAUDAL 1000 Lt/hr.

		<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> Escuela Profesional de Ingeniería Civil						
		ENSAYO: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS DE FIERRO GALVANIZADO FECHA:						
CAUDAL (Lt/hr)					1000			
N° DE PRUEBAS	TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO (pulg)	ACCESORIO	hmin (mm)	hmax (mm)	hL (m)	Promed. hL (m)
1	Rosca	FG						
2	Rosca							
3	Rosca							
1	Rosca	FG						
2	Rosca							
3	Rosca							

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

### 3.4.2 INSTRUMENTOS DE INGENIERÍA

#### 3.4.2.1 BANCO HIDRÁULICO

El banco H89.8D con sus equipamientos auxiliares ha sido creado para permitir una amplia gama de experiencias en la mecánica de fluidos. Es de construcción particularmente robusta y todas las superficies mojadas son de material inoxidable al fin de permitir un funcionamiento seguro y duradero sin inconvenientes. La unidad es autosuficiente y necesita solamente la alimentación eléctrica. Con el sistema se suministran unos manuales completos que describen la unidad en todas sus partes, las modalidades de instalación y utilización y proponen numerosas experiencias didácticas acompañadas por resultados experimentales.

El banco consiste en un bastidor de acero con ruedas, encima del cual está montado un recipiente de drenaje con una adecuada superficie plana de trabajo. Un recipiente con orificios calibrados permite la medición continua del caudal de agua. Una electrobomba centrífuga de velocidad variable aspira el agua y está enviando al banco de trabajo por medio de la electrobomba o desde la red.

Es posible determinar la característica mecánica de la bomba variando el caudal.

#### Composición

##### El banco comprende:

- Bastidor con ruedas
- Electrobomba:
  - potencia: 0,37 kW
  - velocidad: 0 ÷ 2900 rpm con invertir
  - caudal: 1,6 ÷ 4,8 m<sup>3</sup>/h
  - altura de impulsión: 13,3 ÷ 9 m H<sub>2</sub>O
- Recipiente de alimentación: capacidad 60 l.
- Recipiente graduado con flujo calibrado
- Mano-vacuómetro: 1 ÷ 3 bar

- Cuadro eléctrico dotado de:
  - Interruptor magneto-térmico y diferencial
  - Potenciómetro para la regulación de la velocidad de la electrobomba
  - Cuentarrevoluciones digital.

FIGURA 25: BANCO HIDRÁULICO



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

#### 3.4.2.2 SERIE DE TUBOS PIEZOMÉTRICOS - KIT PARA EXPERIENCIAS

Consiste en una serie de tubos piezométricos que leen las presiones estáticas y de esa forma se puede visualizar las pérdidas de carga de los accesorios a ensayarse.

FIGURA 26: KIT DE PIEZÓMETROS



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

#### 3.4.2.3 MEDIDOR ELECTROMAGNÉTICO

El MRQW15 es un caudalímetro electromagnético de alta sensibilidad fabricado en polímeros de probada resistencia mecánica y a la intemperie.

No posee partes móviles que se dañen u obstruyan, por lo que no requiere mantenimiento y el error de medición permanece constante en el tiempo.

Permite determinar caudal instantáneo [L/hr] y volumen acumulado [m<sup>3</sup>].

Posee un margen de caudales: Q<sub>mín</sub> de 7 Lt/hr y un Q<sub>máx</sub> de 3000 Lt/hr.

La precisión del caudalímetro no es afectada por la temperatura, presión, densidad y condiciones de flujo del caudal circulante.

El medidor MR-QW-15 mide con excelente precisión en bajos caudales y que resultan no detectables por los medidores mecánicos.

Su error porcentual siempre es inferior en todo el rango de medición, que el de los medidores mecánicos.

El error de medición es inferior al 1%.

No hay partes que obstruyan el flujo del fluido, por lo que producen una ínfima pérdida de carga.

FIGURA 27: MEDIDOR ELECTROMAGNÉTICO



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

### 3.5 PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS

#### 3.5.1 CONTROL DE CALIDAD EN ACCESORIOS Y TUBERÍAS DE AGUA

##### 3.5.1.1 MATERIALES

- Tuberías de agua (rosca y presión) - PVC de 1/2", 3/4" y 1" de diámetro.
- Accesorios de agua (rosca y presión) - PVC de 1/2", 3/4" y 1" de diámetro



- Accesorios de agua (rosca) - Fierro Galvanizado 1/2", 3/4" y 1" de diámetro.

### 3.5.1.2 PROCEDIMIENTO

El control de calidad que se practicó a las tuberías y en los accesorios de agua se realizó con el fin de tener buenos ejemplares de tuberías y accesorios que cuente con las características adecuadas para su uso en instalaciones de agua.

El control de calidad que se realizó a cada tubería y accesorio consiste en lo siguiente:

1. Como primer paso se verificó la marca de los accesorios y tuberías.
  - En el caso de las tuberías de PVC, se verificó que todos ellos sean de la marca PAVCO VINDUIT, clase 10.
  - En el caso de los accesorios de agua de PVC, se verificó que todos ellos sean de la marca PAVCO VINDUIT.
  - En el caso de los accesorios de agua de Fierro Galvanizado, se verificó que estos sean de la marca MAGNUM.

La marca de los accesorios y tuberías, fueron elegidos considerando las propiedades físicas y mecánicas que poseían según su ficha técnica. (VER ANEXO Nro. 03 y Nro. 04)

2. Como paso siguiente se verifico el buen estado de las tuberías y accesorios, en caso de los accesorios se verifico que por dentro sean lisos y no posean ranuras o residuos de su propio material por la mala fabricación que pudo tener.

Estos detalles nos ayudaron a obtener datos mucho más exactos y reales ya que los accesorios que se usaron estuvieron en perfectas condiciones para ser ensayados.

### 3.5.1.3 TOMA DE DATOS

Los datos obtenidos son lo que se muestran en la tabla siguiente:

TABLA 28: CONTROL DE CALIDAD DE ACCESORIOS Y TUBERÍAS DE AGUA DE 1/2", 3/4" Y 1" DE DIÁMETRO (PVC Y FIERRO GALVANIZADO)

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Escuela Profesional de Ingeniería Civil					CONTROL DE CALIDAD	
ENSAYO: CONTROL DE CALIDAD DE LOS ACCESORIOS Y TUBERIAS DE AGUA FECHA: 28/01/2016						
N° DE ACCESORIOS	TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO (pulg)	ACCESORIO	APROBADO	DESAPROBADO
1	ROSCA	FG	1/2"	Tee	X	
2	ROSCA	FG	1/2"	Unión Universal	X	
3	ROSCA	FG	1/2"	Codo 90	X	
4	ROSCA	FG	1/2"	Unión Simple	X	
5	ROSCA	FG	1/2"	Codo 45	X	
6	PRESION	PVC	1/2"	Tubo	X	
7	PRESION	PVC	1/2"	Codo 45	X	
8	PRESION	PVC	1/2"	Codo 90	X	
10	PRESION	PVC	1/2"	Unión Simple	X	
11	PRESION	PVC	1/2"	Unión Universal	X	
12	PRESION	PVC	1/2"	Tee	X	
13	ROSCA	PVC	1/2"	Tubo	X	
14	ROSCA	PVC	1/2"	Codo 90	X	
15	ROSCA	PVC	1/2"	Codo mixto 90	X	
16	ROSCA	PVC	1/2"	Tee	X	
17	ROSCA	PVC	1/2"	Unión Simple	X	
19	ROSCA	PVC	1/2"	Unión Mixta	X	

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Escuela Profesional de Ingeniería Civil					CONTROL DE CALIDAD	
ENSAYO: CONTROL DE CALIDAD DE LOS ACCESORIOS Y TUBERIAS DE AGUA FECHA: 28/01/2016						
N° DE ACCESORIOS	TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO (pulg)	ACCESORIO	APROBADO	DESAPROBADO
1	ROSCA	FG	3/4"	Codo 90	X	
2	ROSCA	FG	3/4"	Tee	X	
3	ROSCA	FG	3/4"	Unión Universal	X	
4	ROSCA	FG	3/4"	Codo 45	X	
5	ROSCA	FG	3/4"	Unión Simple	X	
6	PRESIÓN	PVC	3/4"	Tubo	X	
7	PRESIÓN	PVC	3/4"	Codo 90	X	
8	PRESIÓN	PVC	3/4"	Tee	X	
10	PRESIÓN	PVC	3/4"	Unión Simple	X	
11	PRESIÓN	PVC	3/4"	Unión Universal	X	
12	PRESIÓN	PVC	3/4"	Codo 45	X	
14	ROSCA	PVC	3/4"	Unión Mixta	X	
15	ROSCA	PVC	3/4"	Tubo	X	
16	ROSCA	PVC	3/4"	Codo 90	X	
17	ROSCA	PVC	3/4"	Unión Simple	X	
18	ROSCA	PVC	3/4"	Tee	X	
19	ROSCA	PVC	3/4"	Codo mixto 90	X	

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Escuela Profesional de Ingeniería Civil					CONTROL DE CALIDAD	
ENSAYO: CONTROL DE CALIDAD DE LOS ACCESORIOS Y TUBERIAS DE AGUA FECHA: 28/01/2016					APROBADO	DESAPROBADO
N° DE ACCESORIOS	TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO (pulg)	ACCESORIO	APROBADO	DESAPROBADO
1	ROSCA	FG	1"	Unión Simple	X	
2	ROSCA	FG	1"	Tee	X	
3	ROSCA	FG	1"	Codo 45	X	
4	ROSCA	FG	1"	Codo 90	X	
5	ROSCA	FG	1"	Union Universal	X	
6	PRESIÓN	PVC	1"	Tube	X	
7	PRESIÓN	PVC	1"	Codo 45	X	
8	PRESIÓN	PVC	1"	Codo 90	X	
9	PRESIÓN	PVC	1"	Tee	X	
11	PRESIÓN	PVC	1"	Unión Simple	X	
12	PRESIÓN	PVC	1"	Union Universal	X	
14	ROSCA	PVC	1"	Tube	X	
15	ROSCA	PVC	1"	Codo 90	X	
16	ROSCA	PVC	1"	Tee	X	
17	ROSCA	PVC	1"	Unión Mixta	X	
18	ROSCA	PVC	1"	Unión Simple	X	

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Escuela Profesional de Ingeniería Civil					CONTROL DE CALIDAD	
ENSAYO: CONTROL DE CALIDAD DE LOS ACCESORIOS Y TUBERIAS DE AGUA FECHA: 28/01/2016					APROBADO	DESAPROBADO
N° DE ACCESORIOS	TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO (pulg)	ACCESORIO	APROBADO	DESAPROBADO
1	ROSCA	FG	1-3/4"	Reduccion Campana de 1-3/4"	X	
2	ROSCA	FG	1-1/2"	Reduccion Campana de 1-1/2"	X	
3	ROSCA	FG	3/4-1/2"	Reduccion Campana de 3/4"-1/2"	X	

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

### 3.5.2 LIMPIEZA DE LOS INSTRUMENTOS Y CONSTATACIÓN DE LA CURVA DE CAUDALES DEL BANCO HIDRÁULICO

#### 3.5.2.1 INSTRUMENTOS

- ▶ Limpieza
  - Banco Hidráulico
- ▶ Constatación de la curva de caudales del Banco Hidráulico
  - Medidor electromagnético
  - Cronómetro
  - Red de una tubería de 1/2" de PVC

### 3.5.2.2 MATERIALES Y HERRAMIENTAS

#### ► Limpieza

- Detergente
- Saca sarro
- Escobillas
- Esponjas
- Guantes

### 3.5.2.3 PROCEDIMIENTO

#### 3.5.2.3.1 LIMPIEZA DE LOS INSTRUMENTOS

1. Primero se realizó con mucho cuidado la limpieza del Banco Hidráulico debido a que se vio la presencia de sarro y polvo en todo el aparato por falta de mantenimiento.

FIGURA 286: LIMPIEZA DEL BANCO HIDRÁULICO



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

2. De igual forma se le hizo una limpieza a los piezómetros para el ensayo de pérdida de carga local en accesorios.

FIGURA 29: LIMPIEZA DEL KIT DE PIEZÓMETROS



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

### 3.5.2.3.2 CONSTATACIÓN DE LA CURVA DE CAUDALES DEL BANCO HIDRÁULICO

Para realizar la constatación de la curva de caudales del Banco Hidráulico se optó por realizarlo con el apoyo de un medidor electromagnético “MR - QW 15” de la marca MR TECHNOLOGIES, conjuntamente con una red que se fabricó para este ensayo. La constatación, se realizó mediante un aforo, que se hizo de la siguiente forma.

1. Para iniciar se elaboró una pequeña red de 1/2" que nos serviría para empalmar el Medidor Electromagnético con el Banco Hidráulico.

FIGURA 30: RED MANUAL PARA EL AFORO DEL BANCO HIDRÁULICO



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

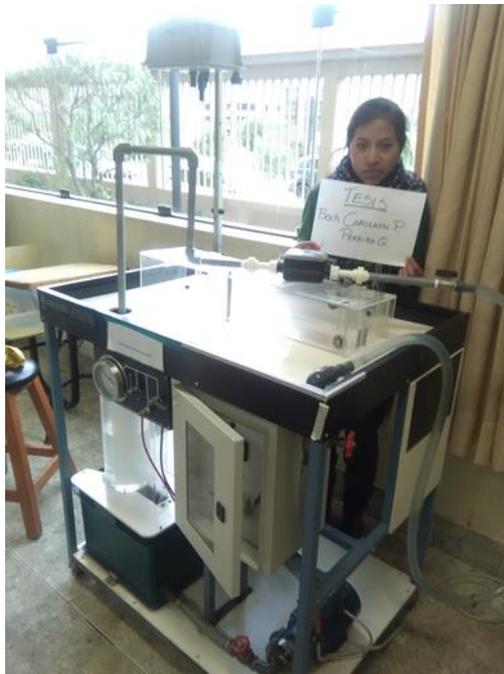
2. Seguidamente se instaló el medidor, conjuntamente con la red al Banco Hidráulico

FIGURA 31: MEDIDOR ELECTROMAGNÉTICO



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

FIGURA 32: ARMADO DEL EQUIPO PARA LA CONSTATACIÓN DE CAUDALES



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

3. Luego se encendió el Banco Hidráulico y con la ayuda de un cronometro se dio inicio al aforo:
  - Los caudales con los cuales el Banco Hidráulico trabajo son los siguientes:
    - 495 Lt/hr
    - 500 Lt/hr
    - 600 Lt/hr
    - 702 Lt/hr
    - 800 Lt/hr
    - 900 Lt/hr
    - 1000 Lt/hr

- Los datos recolectados fueron los que nos mostró la pantalla del medidor electromagnético, tales como el volumen inicial, volumen final y caudales que se dieron en un determinado tiempo.

FIGURA 33: TOMA DE DATOS DEL AFORO CON EL MEDIDOR ELECTROMAGNÉTICO



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

- Como segundo punto se tomó los datos anotados tales como es: volumen inicial, volumen final y tiempo, y se calculó el caudal de forma manual con la siguiente formula:

$$Q = \frac{V_f - V_o}{t}$$

Dónde:

Q = Caudal (lt/hr)

 $V_f$  = Volumen final (Lt) $V_o$  = Volumen inicial (Lt) $t$  = Tiempo (hr)

- Después de haber realizado distintas pruebas se obtuvo los resultados de como varia el caudal marcado por el medidor electromagnético, con el caudal que nos da al Banco Hidráulico según las curva de calibración de la bomba del Banco Hidráulico.

### 3.5.2.4 DATOS OBTENIDOS

Los datos del ensayo fueron los siguientes:

TABLA 29: DATOS OBTENIDOS EN EL AFORO PARA LA CONSTATACIÓN DE CAUDALES DEL BANCO HIDRÁULICO

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Escuela Profesional de Ingeniería Civil		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Escuela Profesional de Ingeniería Civil						
ENSAYO: AFORO DEL BANCO HIDRÁULICO CON EL MEDIDOR ELECTROMAGNÉTICO FECHA: 05/02/2016								
H (Banco Hidráulico) (mm)	Vo (Lt)	Vf (Lt)	Vf-Vo (Lt)	t (min)	Q (Banco Hidráulico) (Lt/hr)	Q (Medidor Electromagnetico) (Lt/hr)	Q banco-Q medidor	Q banco-Q medidor %
17	570.01	577.96	7.95	1.021	495	467.19	27.81	5.618
17	586.94	594.88	7.94	1.02	495	467.06	27.94	5.645
17.5	511.43	519.61	8.18	1.04	500	471.92	28.08	5.615
17.5	678.85	687.04	8.19	1.04	500	472.50	27.50	5.500
19.5	759.6	769.32	9.72	1.02	600	571.76	28.24	4.706
21.7	881.2	892.56	11.36	1.02	702	668.24	33.76	4.810
23.5	638.19	651.24	13.05	1.018	800	769.16	30.84	3.856
23.5	715	728.08	13.08	1.02	800	769.41	30.59	3.824
23.5	664.3	677.37	13.07	1.02	800	768.82	31.18	3.897
26	200.68	215.9	15.22	1.0308	900	885.91	14.09	1.565
28	368.71	385.79	17.08	1.0419	1000	983.59	16.41	1.641
28	458.27	475.32	17.05	1.0414	1000	982.33	17.67	1.767
28	500.91	517.97	17.06	1.0422	1000	982.15	17.85	1.785
<b>PORCENTAJE PROMEDIO</b>								<b>3.864</b>

En la tabla Nr° 29 se puede observar que el porcentaje de diferencia entre el caudal que marca el medidor electromagnético y el Banco Hidráulico, cuenta con la siguiente relación, a mayor caudal la diferencia de caudales será menor. Y ante un menor caudal la diferencia será mayor.

Estos resultados nos dieron a conocer que los caudales del Banco Hidráulico, varían entre un (3%-5%) cuando trabaja con caudales menores a 800 Lt/hr. Por tanto se consideró que este porcentaje de diferencia no afectaría a los datos tomados del Banco Hidráulico.

### 3.5.3 ELABORACIÓN DE LAS REDES DE FORMA MANUAL

#### 3.5.3.1 HERRAMIENTAS MANUALES

- **HOJA DE SIERRA:** La sierra es una herramienta de corte, que nos sirvió al momento de hacer los cortes en las tuberías para elaborar las redes con los accesorios.

FIGURA 34: HOJA DE SIERRA



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

- **ALICATE:** Herramienta usada cuando se necesitaba cambiar un accesorio por otro en las redes elaboradas.

FIGURA 35: ALICATE



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

- **LLAVE STILLSON:** Herramienta usada al momento de trabajar con la tarraja para la elaboración de las roscas de los niples.

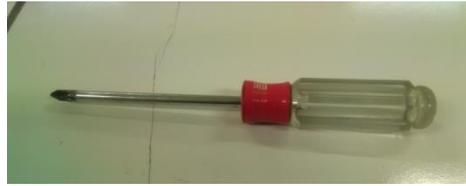
FIGURA 36: LLAVE STILLSON



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

- **DESTORNILLADOR PUNTA ESTRELLA:** Esta herramienta se usó para poder hacer los orificios en los niples para colocar los pistones.

FIGURA 37: DESTORNILLADOR PUNTA ESTRELLA



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

- **CLAVOS:** Herramienta que de igual forma nos ayudó a hacer los orificios en los nipples para colocar los pistones.

FIGURA 38: CLAVOS DE 5 Ó 6 PULG.



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

- **TARRAJA MANUAL:** Una tarraja de roscar es una herramienta manual de corte que se utilizó para realizar el roscado en tuberías de PVC. Las tarrajas usadas fueron: tarraja de 1/2", tarraja de 3/4", y tarraja de 1".

FIGURA 39: TARRAJA MANUAL



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

### 3.5.3.2 MATERIALES

- **ACCESORIOS DE AGUA EN PVC:** Accesorios de agua de PVC de 1/2", 3/4" y 1" de diámetro, marca PAVCO VINDUIT.

FIGURA 40: ACCESORIOS DE AGUA DE PVC 1/2", 3/4" Y 1" DE DIÁMETRO



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

- **ACCESORIOS DE AGUA DE FIERRO GALVANIZADO:** Accesorios de Fierro Galvanizado de 1/2", 3/4" y 1" de diámetro, marca MAGNUM.

FIGURA 41: ACCESORIOS DE FIERRO GALVANIZADO 1/2", 3/4" Y 1" DE DIÁMETRO



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

- **SELLANTE OATEY (cemento transparente para PVC):** Pegamento que nos sirvió para realizar empalmes de tuberías y accesorios de presión en PVC.

FIGURA 42: PEGA TUBO



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

- **LIJA DE AGUA NRO. 200:** La lija de agua se usó para dar un mejor acabado a las partes de las tuberías que lo necesitaban, ya sea en los momentos cuando se cortó o se hizo los agujeros para los pistones

FIGURA 43: LIJA DE AGUA Nro 200



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

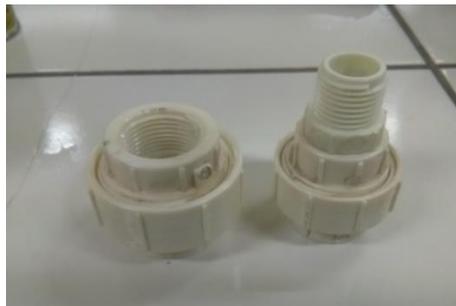
- **UNIÓNES UNIVERSALES:** Las uniones universales preferentemente de PVC se necesitó para poder instalar las redes manuales al Banco Hidráulico para su respectivo ensayo. Las uniones universales que se usaron fueron las siguientes:

Unión universal de 1/2"

Unión universal de 3/4"

Unión universal de 1"

FIGURA 44: UNIONES UNIVERSALES (PVC)



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

- **TUBERÍAS DE PVC:** Las tuberías con las cuales se trabajó para realizar las redes fueron los siguientes:

Tuberías PVC de 1/2" (presión)

Tuberías PVC de 3/4" (presión)

Tuberías PVC de 1" (presión)

Tuberías PVC de 1/2" (rosca)

Tuberías PVC de 3/4" (rosca)

Tuberías PVC de 1" (rosca)

FIGURA 45: TUBERÍAS DE PVC DE 1/2", 3/4" Y 1" DE DIÁMETRO



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

- **ADAPTADORES UNIÓN PRESIÓN - ROSCA (UPR):** Accesorio de PVC usado para la adaptación de las redes manuales que son a presión al Banco Hidráulico.

FIGURA 46: ADAPTADORES UPR (PVC)



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

- **JERINGAS DE 1G:** Este instrumento fue utilizado para la elaboración de los pistones, que se acoplo a los niples.

FIGURA 47: JERINGA DE 1G



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

- **SILICONA:** La silicona se uso como pegamento de refuerzo al momento de poner los pistones en los niples elaborados.

FIGURA 48: SILICONA EN BARRA (PVC)



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

- **VELA Y FOSFORO:** El fuego de la vela nos sirvió para poder calentar ya sea un clavo o un desarmador para hacer los orificios en los niples para los pistones.

FIGURA 49: VELA Y FOSFORO



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

- **CINTA TEFLÓN:** Más conocido por el nombre comercial teflón, usado al momento de empalmar accesorios roscados con el fin de evitar las fugas, ya sean accesorios de PVC o Fierro Galvanizado.

FIGURA 50: CINTA TEFLÓN.



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

- **SELLA ROSCA H3:** Sellador monocomponente a base de caucho sintético, usado para reforzar el sellado de las roscas entre elementos de PVC o Fierro Galvanizado.

FIGURA 51: SELLA ROSCA

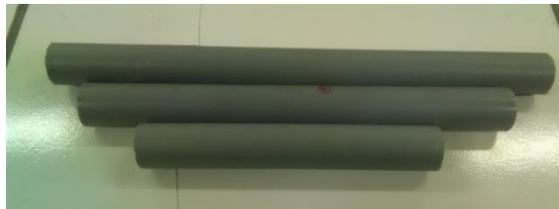


FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

### 3.5.3.3 PROCEDIMIENTO

1. Se cortó la tubería de presión de 1/2", 3/4" y 1" de diámetro en longitudes de 15 y 20 cm
2. De igual forma se cortó la tubería de rosca de 1/2", 3/4" y 1" de diámetro en longitudes de 15 y 20 cm

FIGURA 52: TUBERÍAS DE PVC DE 1/2", 3/4" Y 1" DE DIÁMETRO



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

3. Se tomó las partes cortadas de las tuberías (rosca) de 1/2", 3/4" y 1" de diámetro y con la ayuda de la tarraja se le hizo rosca a ambos extremos. Obteniendo de esta forma nuestros propios niples que serán usados para la elaboración de las redes.

FIGURA 53: NIPLES DE PVC DE 1/2", 3/4" Y 1" DE DIÁMETRO



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

4. Seguidamente se procedió a la elaboración de los pistones se cogió una jeringa de 1g y se cortó en 5 partes iguales, continuamente con la lija se quitó los residuos que se dejó al cortar la jeringa, con el objetivo que el pistón quede liso. De esta misma forma se elaboraron varios pistones.

FIGURA 54: ELABORACIÓN DE PISTONES



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

5. Ya con las jeringas cortadas, se procedió a trabajar los parches. Los parches fueron hechos con un trozo de tubería PVC (presión) de longitud 3cm, que se corta en dos por el lado más largo, obteniéndose un elemento tipo mediacaña.

FIGURA 55: ELABORACIÓN DE PARCHES



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

6. Con los demás implementos listos, se cogió los niples elaborados y se procedió a tomar un parche por el número de pistones que iría en el niple. Continuamente se lijo la parte interior del niple, al igual que se lijo la parte del niple que iría en contacto con el parche. Ya teniendo ambas partes lijadas, se procedió a ponerle pega tubo, tanto al parche como al

niple, dejándolo secar por unos segundos, para después juntar ambas partes.

FIGURA 56: PEGADO DE LOS PARCHES CON LOS NIPLES



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

7. Seguidamente se procedió a hacer los orificios para los pintones en los niples con los parches. Este orificio debe de tener el tamaño necesario para que el pistón entre en el niple.

Aprovechando que la tubería estaba caliente se quitó el exceso de tubería que produjo el orificio antes de que se enfríe la tubería, este paso se realizó con la ayuda de la cabeza de un clavo de forma rápida antes de que se enfríe.

FIGURA 57: NIPLES CON ORIFICIOS



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

8. Teniendo el niple pegado con el parche y con orificio, se procedió a colocarle el pistón, que debería entrar bajo presión al orificio del niple, considerando que el pistón no debería de entrar más allá de la pared del tubo, es decir por dentro del niple debe de tener una superficie lisa. Para sellar la unión del pistón con el niple se le coloco el pega tubo como sellante. Y finalmente se dejó secar unas cuantas horas

FIGURA 58: NIPLES CON PISTONES



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

9. Con los niples listos con sus pistones, se tomó los distintos accesorios de agua tanto de Fierro Galvanizado como de PVC y se empezó a armar y elaborar las redes.

FIGURA 59: RED ARMADA CON ACCESORIOS DE FIERRO GALVANIZADO



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

FIGURA 60: RED ARMADA CON ACCESORIOS A PRESIÓN DE PVC



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

10. En las redes que se elaboraron con accesorios de presión, se usaron niples de tubería PVC de presión y en las redes que se elaboraron con accesorios de rosca, se usaron niples de tubería PVC de rosca.

FIGURA 61: RED ARMADA CON ACCESORIOS A ROSCA (PVC)



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

### 3.5.4 ENSAYO DE PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS DE AGUA (PVC)

#### 3.5.4.1 INSTRUMENTOS

- Redes a presión con accesorios de agua (PVC) de 1/2", 3/4" y 1" de diámetro.
- Redes con rosca de accesorios de agua (PVC) de 1/2", 3/4" y 1" de diámetro.
- Banco hidráulico
- Kit de Piezómetros

#### 3.5.4.2 MATERIALES

- Cinta teflón
- Par de uniones universales de 1/2", 3/4" y 1" de diámetro (PVC)

### 3.5.4.3 PROCEDIMIENTO

1. Para empezar con el ensayo primero se debió tener en cuenta que la red de accesorios de PVC, con la cual se ensayó debió estar perfecta, es decir que todas sus partes estén perfectamente empalmadas.
2. Se tomó la red y a ambas salidas que esta posee, se le colocó una unión universal, para que así pueda ser instalada al Banco Hidráulico. Una vez instalada al Banco Hidráulico, se procedió a instalarlo al kit de los piezómetros, para ello a cada pistón que tenía la red, se le hizo corresponder la manguera de un piezómetro.

FIGURA 62: PUESTA DE UNIONES UNIVERSALES A LOS EXTREMOS DE LA RED



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

3. Instalada la red, se prendió el Banco Hidráulico y se verificó que no exista fuga alguna en la red instalada, así de igual forma se expulsó el aire contenido en las mangueras de los piezómetros.

FIGURA 63: EXPULSIÓN DE BURBUJAS DEL KIT DE PIEZÓMETROS



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

4. Con todo ya revisado se empezó a ensayar con los siguientes caudales: 500 Lt/hr, 600 Lt/hr, 700 Lt/hr, 800 Lt/hr, 900 Lt/hr y 1000 Lt/hr. Dichos caudales con los cuales se trabajó, son datos resultantes de una experimentación que se hizo en una vivienda ubicada en la zona de Collasuyo del distrito del Cusco, de la ciudad del Cusco, donde se pudo constatar mediante el uso de un medidor electromagnético, los caudales con el cual ingresa el agua a una vivienda. Esta prueba se realizó por tres días, obteniéndose finalmente que el caudal máximo llegaba a 1000 Lt/hr. Para dicha evaluación, se usó de guía un estudio similar realizado en nuestro país titulado “Metodología de evaluación de medidores y su aplicación en diversas condiciones operativas y de consumo” (VER ANEXO Nro 02)
5. Por cada caudal se optó hacer 3 pruebas, debido a que se vio que la diferencia entre los datos de las pruebas era mínima y casi despreciable
6. Los caudales se ensayaron de forma alternada, para tener datos reales, ya que el caudal que ingresa normalmente a una vivienda no es un valor constante sino al contrario es un valor aleatorio y variable.

FIGURA 64: RED Nro 5 (PVC) ENSAYADA EN EL BANCO HIDRÁULICO



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

7. Los datos que se tomaron por cada prueba, fueron las distintas alturas que nos marcaron los piezómetros. Que vienen ser los (hL mín.) y los



(hL máx.). Estos datos se pueden observar en las tablas Nro 30 y Nro 32.

8. Con todos los datos de las alturas piezométricas se procedió a calcular la pérdida de carga local en accesorios con la siguiente formula:

$$hL = h \text{ máx.} - h \text{ mín.}$$

Dónde:

hL = Pérdida de carga local en accesorios (m)

h máx.= Es la lectura máxima en el piezómetro correspondiente a un accesorios (m)

h mín.= Es la lectura mínima en el piezómetro correspondiente a un accesorios(m)

#### 3.5.4.4 DATOS OBTENIDOS

Los datos obtenidos de la pérdida de carga se muestran en las tablas Nro 33 y Nro 34.

#### EJEMPLO

Para un codo de 90° de 1/2" de diámetro del material de PVC y con un tipo de empalme rosca, se realizaron 3 pruebas para un caudal de 500 lt/hr, con dichos datos se trabajó de la siguiente forma:

$$hL = h \text{ máx.} - h \text{ mín.}$$

Primera prueba

$$hL = (105 \text{ mm} - 65 \text{ mm})/1000$$

$$hL = 0.04 \text{ m}$$

Segunda prueba

$$hL = (105 \text{ mm} - 65 \text{ mm})/1000$$

$$hL = 0.04 \text{ m}$$

Tercera prueba

$$hL = (105 \text{ mm} - 65 \text{ mm})/1000$$

$$hL = 0.04 \text{ m}$$



Por tanto para tener un  $hL$  referencial para cada caudal se halló un  $hL$  por medio de un promedio aritmético de las 3 pruebas realizadas a cada accesorio.

$$hL = \frac{(0.0400 + 0.0400 + 0.0400)}{3} = 0.0400m$$



TABLA 30: RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS EN ACCESORIOS DE AGUA DE PVC

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Escuela Profesional de Ingeniería Civil																						
ENSAYO: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS DE PVC FECHA: 08/02/2016 - 26/02/2016																						
Nro DE PRUEBA	CAUDAL (Lt/hr)				500			600			700			800			900			1000		
N° DE PRUEBAS	TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO (pulg)	ACCESORIO	hmin (mm)	hmax (mm)	hL (m)	hmin (mm)	hmax (mm)	hL (m)	hmin (mm)	hmax (mm)	hL (m)	hmin (mm)	hmax (mm)	hL (m)	hmin (mm)	hmax (mm)	hL (m)	hmin (mm)	hmax (mm)	hL (m)
1	Rosca	PVC	1/2"	RED 10: Codo 90°	65	105	0.0400	250	312.5	0.0625	70	145	0.0750	215	310	0.0950	0	135	0.1350	97.5	257.5	0.1600
2	Rosca				65	105	0.0400	287.5	345	0.0575	72.5	145	0.0725	225	322.5	0.0975	0	122.5	0.1225	97.5	260	0.1625
3	Rosca				65	105	0.0400	267.5	325	0.0575	70	145	0.0750	220	320	0.1000	0	120	0.1200	95	265	0.1700
1	Presión	PVC	1/2"	RED 7: Codo 90°	50	67.5	0.0175	262.5	287.5	0.0250	100	135	0.0350	257.5	305	0.0475	267.5	332.5	0.0650	317.5	395	0.0775
2	Presión				52.5	70	0.0175	270	297	0.0270	92.5	127	0.0345	272.5	322.5	0.0500	260	322.5	0.0625	320	397.5	0.0775
3	Presión				42.5	60	0.0175	270	297	0.0270	92.5	127	0.0345	272.5	320	0.0475	260	322.5	0.0625	310	390	0.0800
1	Mixto	PVC	1/2"	RED 10: Codo 90°	87.5	162.5	0.0750	292.5	395	0.1025	52.5	190	0.1375	192.5	372.5	0.1800	85	325	0.2400	125	412.5	0.2875
2	Mixto				90	162.5	0.0725	272.5	372.5	0.1000	65	210	0.1450	197.5	380	0.1825	90	325	0.2350	120	407.5	0.2875
3	Mixto				92.5	165	0.0725	295	395	0.1000	52.5	192.5	0.1400	205	390	0.1850	92.5	335	0.2425	122.5	410	0.2875
1	Presión	PVC	1/2"	RED 7: Codo 45°	22.5	30	0.0075	217.5	230	0.0125	45	62.5	0.0175	180	200	0.0200	165	195	0.0300	287.5	322.5	0.0350
2	Presión				22.5	30	0.0075	227.5	240	0.0125	37.5	55	0.0175	197.5	220	0.0225	160	187.5	0.0275	280	315	0.0350
3	Presión				15	22.5	0.0075	227.5	240	0.0125	37.5	52.5	0.0150	190	212.5	0.0225	160	185	0.0250	220	250	0.0300
1	Presión	PVC	1/2"	RED 7: Unión Simple	77.5	82.5	0.0050	31	37.5	0.0065	155	162.5	0.0075	335	345	0.0100	362.5	377.5	0.0150	75	92.5	0.0175
2	Presión				75	80	0.0050	31	37.5	0.0065	145	152.5	0.0075	347.5	357.5	0.0100	352.5	367.5	0.0150	80	97.5	0.0175
3	Presión				67.5	70	0.0025	30	35	0.0050	145	155	0.0100	350	360	0.0100	352.5	367.5	0.0150	70	87.5	0.0175
1	Rosca	PVC	1/2"	RED 10: Unión Simple	72.5	87.5	0.0150	267.5	292.5	0.0250	17.5	52.5	0.0350	147.5	192.5	0.0450	12.5	72.5	0.0600	55	125	0.0700
2	Rosca				72.5	90	0.0175	250	272.5	0.0225	30	65	0.0350	155	197.5	0.0425	27.5	85	0.0575	50	120	0.0700
3	Rosca				72.5	90	0.0175	250	272.5	0.0225	20	52.5	0.0325	160	205	0.0450	30	87.5	0.0575	52.5	122.5	0.0700
1	Mixto	PVC	1/2"	RED 10: Unión	105	130	0.0250	312.5	345	0.0325	145	190	0.0450	310	370	0.0600	135	217.5	0.0825	257.5	365	0.1075
2	Mixto				105	130	0.0250	345	382.5	0.0375	145	190	0.0450	322.5	382.5	0.0600	125	210	0.0850	260	365	0.1050
3	Mixto				105	130	0.0250	325	360	0.0350	145	190	0.0450	320	380	0.0600	122.5	205	0.0825	265	365	0.1000
1	Rosca	PVC	1/2"	RED 10: Unión Universal	72.5	87.5	0.0150	267.5	292.5	0.0250	17.5	52.5	0.0350	147.5	192.5	0.0450	12.5	72.5	0.0600	55	125	0.0700
2	Rosca				72.5	90	0.0175	250	272.5	0.0225	30	65	0.0350	155	197.5	0.0425	27.5	85	0.0575	50	120	0.0700
3	Rosca				72.5	92.5	0.0200	270	295	0.0250	20	52.5	0.0325	160	205	0.0450	30	87.5	0.0575	52.5	122.5	0.0700
1	Rosca	PVC	3/4"	RED ÚNICA: Codo 90°	167.5	176.5	0.0090	162.5	177.5	0.0150	155	175	0.0200	85	115	0.0300	125	167.5	0.0425	245	305	0.0600
2	Rosca				167.5	176.5	0.0090	162.5	177.5	0.0150	155	175	0.0200	85	115	0.0300	125	167.5	0.0425	245	300	0.0550
3	Rosca				167.5	175	0.0075	162.5	177.5	0.0150	155	175	0.0200	85	115	0.0300	125	160	0.0350	245	300	0.0550
1	Presión	PVC	3/4"	RED 6: Codo 90°	56.5	61.5	0.0050	273.5	285	0.0115	36.5	46.5	0.0100	57.5	72.5	0.0150	86.5	101.5	0.0150	320	342.5	0.0225
2	Presión				56.5	61	0.0045	273.5	282.5	0.0090	36.5	46.5	0.0100	57.5	67.5	0.0100	86.5	96.5	0.0100	312.5	332.5	0.0200
3	Presión				71.5	75	0.0035	273.5	282.5	0.0090	262.5	272.5	0.0100	57.5	70	0.0125	86.5	100	0.0135	312.5	332.5	0.0200
1	Mixto	PVC	3/4"	RED 15: Codo 90°	117.5	135	0.0175	327.5	362.5	0.0350	205	245	0.0400	362.5	412.5	0.0500	120	175	0.0550	240	310	0.0700
2	Mixto				117.5	135	0.0175	327.5	362.5	0.0350	205	245	0.0400	362.5	407.5	0.0450	120	180	0.0600	240	310	0.0700
3	Mixto				117.5	132.5	0.0150	327.5	362.5	0.0350	205	240	0.0350	362.5	407.5	0.0450	120	180	0.0600	240	310	0.0700

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)



TABLA 31: RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS EN ACCESORIOS DE AGUA DE PVC

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Escuela Profesional de Ingeniería Civil																						
ENSAYO: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS DE PVC FECHA: 08/02/2016 - 26/02/2016																						
Nro DE PRUEBA	CAUDAL (Lt/hr)			500			600			700			800			900			1000			
N° DE PRUEBAS	TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO (pulg)	ACCESORIO	hmin (mm)	hmax (mm)	hL (m)	hmin (mm)	hmax (mm)	hL (m)	hmin (mm)	hmax (mm)	hL (m)	hmin (mm)	hmax (mm)	hL (m)	hmin (mm)	hmax (mm)	hL (m)	hmin (mm)	hmax (mm)	hL (m)
1	Presión	PVC	3/4"	RED 11: Codo 45°	117.5	120	0.0025	375	380	0.0050	190	195	0.0050	355	362.5	0.0075	182.5	190	0.0075	330	342	0.0120
2	Presión				117.5	120	0.0025	355	360	0.0050	192.5	197.5	0.0050	360	365	0.0050	180	185	0.0050	330	340	0.0100
3	Presión				117.5	120	0.0025	355	360	0.0050	192.5	197.5	0.0050	356.5	363	0.0065	178	185	0.0070	330	341	0.0110
1	Presión	PVC	3/4"	RED 11: Unión Simple	110	111.5	0.0015	367.5	370	0.0025	180	182.5	0.0025	340	342.5	0.0025	165	168.5	0.0035	310	313.5	0.0035
2	Presión				110	112.5	0.0025	367.5	370	0.0025	180	182.5	0.0025	340	343	0.0030	147.5	151	0.0035	307.5	311	0.0035
3	Presión				110	112.5	0.0025	346.5	349	0.0025	180	182.5	0.0025	340	343	0.0030	147.5	151	0.0035	307.5	312	0.0045
1	Rosca	PVC	3/4"	RED 15: Unión Simple	105	107.5	0.0025	360	365	0.0050	183	190	0.0070	334	342.5	0.0085	80	92.5	0.0125	205	220	0.0150
2	Rosca				105	107.5	0.0025	360	365	0.0050	183	190	0.0070	334	342.5	0.0085	80	92.5	0.0125	205	220	0.0150
3	Rosca				105	107.5	0.0025	360	365	0.0050	184	190	0.0060	334	342.5	0.0085	82.5	92.5	0.0100	207.5	220	0.0125
1	Mixto	PVC	3/4"	RED 15: Unión	120	125	0.0050	382.5	390	0.0075	212.5	227.5	0.0150	370	387.5	0.0175	130	150	0.0200	260	282.5	0.0225
2	Mixto				120	125	0.0050	382.5	390	0.0075	212.5	227.5	0.0150	370	387.5	0.0175	130	150	0.0200	267.5	290	0.0225
3	Mixto				120	127.5	0.0075	382.5	392.5	0.0100	215	225	0.0100	370	385	0.0150	130	150	0.0200	267.5	290	0.0225
1	Rosca	PVC	3/4"	RED 15: Unión Universa	105	107.5	0.0025	360	365	0.0050	184	191.5	0.0075	335	344	0.0090	82.5	95	0.0125	207.5	222.5	0.0150
2	Rosca				105	107.5	0.0025	360	365	0.0050	184	190.5	0.0065	335	344	0.0090	82.5	95	0.0125	207.5	222.5	0.0150
3	Rosca				105	110	0.0050	360	365	0.0050	184	190	0.0060	335	342.5	0.0075	82.5	95	0.0125	207.5	222.5	0.0150
1	Presión	PVC	1"	RED 5: Codo 90°	15	15	0.0000	187.5	190	0.0025	140	142.5	0.0025	295	300	0.0050	182.5	190	0.0075	320	330	0.0100
2	Presión				15	15	0.0000	182.5	185	0.0025	140	142.5	0.0025	265	270	0.0050	185	190	0.0050	317.5	325	0.0075
3	Presión				12.5	15	0.0025	177.5	180	0.0025	132.5	137.5	0.0050	177.5	182.5	0.0050	190	192.5	0.0025	317.5	325	0.0075
1	Rosca	PVC	1"	RED ÚNICA: Codo 90°	38.5	42.5	0.0040	135	140	0.0050	350	357.5	0.0075	7.5	15	0.0075	145	157.5	0.0125	322.5	337.5	0.0150
2	Rosca				38.5	42.5	0.0040	136.5	142.5	0.0060	345	350	0.0050	7.5	15	0.0075	145	157.5	0.0125	320	337.5	0.0175
3	Rosca				38.5	40	0.0015	135	140	0.0050	345	350	0.0050	7.5	15	0.0075	145	157.5	0.0125	320	336.5	0.0165
1	Presión	PVC	1"	RED 5: Codo 45°	15	15	0.0000	185	185	0.0000	135	137.5	0.0025	185	187.5	0.0025	172.5	175	0.0025	307.5	312.5	0.0050
2	Presión				12.5	12.5	0.0000	180	180	0.0000	134.5	135	0.0005	257.5	260	0.0025	175	177.5	0.0025	305	307.5	0.0025
3	Presión				10	10	0.0000	172.5	172.5	0.0000	127.5	127.5	0.0000	270	271.5	0.0015	180	182.5	0.0025	300	302.5	0.0025
1	Mixto	PVC	1"	RED 13: Unión	188.5	190	0.0015	375	377.5	0.0025	90	95	0.0050	147.5	152.5	0.0050	267.5	275	0.0075	268.5	278.5	0.0100
2	Mixto				205	207.5	0.0025	360	365	0.0050	87	90	0.0030	185	190	0.0050	217.5	225	0.0075	265	274.5	0.0095
3	Mixto				245	247.5	0.0025	350	352.5	0.0025	82.5	87.5	0.0050	142.5	147.5	0.0050	215	222.5	0.0075	262.5	272.5	0.0100
1	Rosca	PVC	1"	RED 13: Unión Simple	187.5	188.5	0.0010	372.5	375	0.0025	87.5	90	0.0025	142.5	147.5	0.0050	264.5	267.5	0.0030	262.5	267.5	0.0050
2	Rosca				187.5	188.5	0.0010	358.5	360	0.0015	87.5	90	0.0025	140	142.5	0.0025	264.5	267.5	0.0030	262.5	267.5	0.0050
3	Rosca				242.5	245.5	0.0030	358.5	360	0.0015	80	82.5	0.0025	140	142.5	0.0025	264.5	267.5	0.0030	262.5	267.5	0.0050
1	Rosca	PVC	1"	RED 13: Unión Universal	140	140	0.0000	140	140	0.0000	140	142.5	0.0025	5	9	0.0040	5	11	0.0060	185	192.5	0.0075
2	Rosca				140	140	0.0000	140	142	0.0020	140	142.5	0.0025	5	9	0.0040	5	10	0.0050	185	190	0.0050
3	Rosca				140	141.5	0.0015	140	142.5	0.0025	140	142.5	0.0025	5	8	0.0030	5	10	0.0050	185	190	0.0050
1	Presión	PVC	1"	RED 5: Unión Simple	20	20	0.0000	192.5	192.5	0.0000	146.5	147.5	0.0010	302.5	305	0.0025	192.5	195	0.0025	335	337.5	0.0025
2	Presión				17.5	17.5	0.0000	187.5	187.5	0.0000	145	147.5	0.0025	270	272.5	0.0025	195	197.5	0.0025	330	332.5	0.0025
3	Presión				15	15	0.0000	180	180	0.0000	140	140	0.0000	185	187.5	0.0025	195	197.5	0.0025	325	327.5	0.0025

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)



TABLA 52. PROCESAMIENTO DE PERDIDAS DE CARGA EN ACCESORIOS DE AGUA DE T.V.O

N° DE PRUEBAS	CAUDAL (Lt/hr)				500		600		700		800		900		1000	
	TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO (pulg)	ACCESORIO	hL (m)	Promed. hL (m)										
1	Rosca	PVC	1/2"	RED 10: Codo 90°	0.0400	0.0400	0.0625	0.0592	0.0750	0.0742	0.0950	0.0975	0.1350	0.1258	0.1600	0.1642
2	Rosca				0.0400		0.0575		0.0725		0.0975		0.1225		0.1625	
3	Rosca				0.0400		0.0575		0.0750		0.1000		0.1200		0.1700	
1	Presión	PVC	1/2"	RED 7: Codo 90°	0.0175	0.0175	0.0250	0.0263	0.0350	0.0347	0.0475	0.0483	0.0650	0.0633	0.0775	0.0783
2	Presión				0.0175		0.0270		0.0345		0.0500		0.0625		0.0775	
3	Presión				0.0175		0.0270		0.0345		0.0475		0.0625		0.0800	
1	Mixto	PVC	1/2"	RED 10: Codo 90°	0.0750	0.0733	0.1025	0.1008	0.1375	0.1408	0.1800	0.1825	0.2400	0.2392	0.2875	0.2875
2	Mixto				0.0725		0.1000		0.1450		0.1825		0.2350		0.2875	
3	Mixto				0.0725		0.1000		0.1400		0.1850		0.2425		0.2875	
1	Presión	PVC	1/2"	RED 7: Codo 45°	0.0075	0.0075	0.0125	0.0125	0.0175	0.0167	0.0200	0.0217	0.0300	0.0275	0.0350	0.0333
2	Presión				0.0075		0.0125		0.0175		0.0225		0.0275		0.0350	
3	Presión				0.0075		0.0125		0.0150		0.0225		0.0250		0.0300	
1	Presión	PVC	1/2"	RED 7: Unión Simple	0.0050	0.0042	0.0065	0.0060	0.0075	0.0083	0.0100	0.0100	0.0150	0.0150	0.0175	0.0175
2	Presión				0.0050		0.0065		0.0075		0.0100		0.0150		0.0175	
3	Presión				0.0025		0.0050		0.0100		0.0100		0.0150		0.0175	
1	Rosca	PVC	1/2"	RED 10: Unión Simple	0.0150	0.0167	0.0250	0.0233	0.0350	0.0342	0.0450	0.0442	0.0600	0.0583	0.0700	0.0700
2	Rosca				0.0175		0.0225		0.0350		0.0425		0.0575		0.0700	
3	Rosca				0.0175		0.0225		0.0325		0.0450		0.0575		0.0700	
1	Mixto	PVC	1/2"	RED 10: Unión	0.0250	0.0250	0.0325	0.0350	0.0450	0.0450	0.0600	0.0600	0.0825	0.0833	0.1075	0.1042
2	Mixto				0.0250		0.0375		0.0450		0.0600		0.0850		0.1050	
3	Mixto				0.0250		0.0350		0.0450		0.0600		0.0825		0.1000	
1	Rosca	PVC	1/2"	RED 10: Unión Universal	0.0150	0.0175	0.0250	0.0242	0.0350	0.0342	0.0450	0.0442	0.0600	0.0583	0.0700	0.0700
2	Rosca				0.0175		0.0225		0.0350		0.0425		0.0575		0.0700	
3	Rosca				0.0200		0.0250		0.0325		0.0450		0.0575		0.0700	
1	Rosca	PVC	3/4"	RED ÚNICA: Codo 90°	0.0090	0.0085	0.0150	0.0150	0.0200	0.0200	0.0300	0.0300	0.0425	0.0400	0.0600	0.0567
2	Rosca				0.0090		0.0150		0.0200		0.0300		0.0425		0.0550	
3	Rosca				0.0075		0.0150		0.0200		0.0300		0.0350		0.0550	
1	Presión	PVC	3/4"	RED 6: Codo 90°	0.0050	0.0043	0.0115	0.0098	0.0100	0.0100	0.0150	0.0125	0.0150	0.0128	0.0225	0.0208
2	Presión				0.0045		0.0090		0.0100		0.0100		0.0100		0.0200	
3	Presión				0.0035		0.0090		0.0100		0.0125		0.0135		0.0200	
1	Mixto	PVC	3/4"	RED 15: Codo 90°	0.0175	0.0167	0.0350	0.0350	0.0400	0.0383	0.0500	0.0467	0.0550	0.0583	0.0700	0.0700
2	Mixto				0.0175		0.0350		0.0400		0.0450		0.0600		0.0700	
3	Mixto				0.0150		0.0350		0.0350		0.0450		0.0600		0.0700	

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)



TABLA 33. PROCESAMIENTO DE PERDIDAS DE CARGA EN ACCESORIOS DE AGUA DE T.V.O.

N° DE PRUEBAS	TIPO	MATERIAL	CAUDAL (Lt/hr)		500		600		700		800		900		1000	
			DIÁMETRO (pulg)	ACCESORIO	hL (m)	Promed. hL (m)										
1	Presión	PVC	3/4"	RED 11: Codo 45°	0.0025	0.0025	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0075	0.0063	0.0075	0.0065	0.0120	0.0110
2	Presión				0.0025		0.0050		0.0050		0.0050		0.0050		0.0100	
3	Presión				0.0025		0.0050		0.0050		0.0065		0.0070		0.0110	
1	Presión	PVC	3/4"	RED 11: Unión Simple	0.0015	0.0022	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0028	0.0035	0.0035	0.0035	0.0038
2	Presión				0.0025		0.0025		0.0025		0.0030		0.0035		0.0035	
3	Presión				0.0025		0.0025		0.0025		0.0030		0.0035		0.0045	
1	Rosca	PVC	3/4"	RED 15: Unión Simple	0.0025	0.0025	0.0050	0.0050	0.0070	0.0067	0.0085	0.0085	0.0125	0.0117	0.0150	0.0142
2	Rosca				0.0025		0.0050		0.0070		0.0085		0.0125		0.0150	
3	Rosca				0.0025		0.0050		0.0060		0.0085		0.0100		0.0125	
1	Mixto	PVC	3/4"	RED 15: Unión	0.0050	0.0058	0.0075	0.0083	0.0150	0.0133	0.0175	0.0167	0.0200	0.0200	0.0225	0.0225
2	Mixto				0.0050		0.0075		0.0150		0.0175		0.0200		0.0225	
3	Mixto				0.0075		0.0100		0.0100		0.0150		0.0200		0.0225	
1	Rosca	PVC	3/4"	RED 15: Unión Universa	0.0025	0.0033	0.0050	0.0050	0.0075	0.0067	0.0090	0.0085	0.0125	0.0125	0.0150	0.0150
2	Rosca				0.0025		0.0050		0.0065		0.0090		0.0125		0.0150	
3	Rosca				0.0050		0.0050		0.0060		0.0075		0.0125		0.0150	
1	Presión	PVC	1"	RED 5: Codo 90°	0.0000	0.0008	0.0025	0.0025	0.0025	0.0033	0.0050	0.0050	0.0075	0.0050	0.0100	0.0083
2	Presión				0.0000		0.0025		0.0025		0.0050		0.0050		0.0075	
3	Presión				0.0025		0.0025		0.0050		0.0050		0.0025		0.0075	
1	Rosca	PVC	1"	RED ÚNICA: Codo 90°	0.0040	0.0032	0.0050	0.0053	0.0075	0.0058	0.0075	0.0075	0.0125	0.0125	0.0150	0.0163
2	Rosca				0.0040		0.0060		0.0050		0.0075		0.0125		0.0175	
3	Rosca				0.0015		0.0050		0.0050		0.0075		0.0125		0.0165	
1	Presión	PVC	1"	RED 5: Codo 45°	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0025	0.0010	0.0025	0.0022	0.0025	0.0025	0.0050	0.0033
2	Presión				0.0000		0.0000		0.0005		0.0025		0.0025		0.0025	
3	Presión				0.0000		0.0000		0.0000		0.0015		0.0025		0.0025	
1	Mixto	PVC	1"	RED 13: Unión	0.0015	0.0022	0.0025	0.0033	0.0050	0.0043	0.0050	0.0050	0.0075	0.0075	0.0100	0.0098
2	Mixto				0.0025		0.0050		0.0030		0.0050		0.0075		0.0095	
3	Mixto				0.0025		0.0025		0.0050		0.0050		0.0075		0.0100	
1	Rosca	PVC	1"	RED 13: Unión Simple	0.0010	0.0017	0.0025	0.0018	0.0025	0.0025	0.0030	0.0030	0.0035	0.0033	0.0050	0.0050
2	Rosca				0.0010		0.0015		0.0025		0.0030		0.0035		0.0050	
3	Rosca				0.0030		0.0015		0.0025		0.0030		0.0030		0.0050	
1	Rosca	PVC	1"	RED 13: Unión Universa	0.0000	0.0005	0.0000	0.0015	0.0025	0.0025	0.0040	0.0037	0.0060	0.0053	0.0075	0.0058
2	Rosca				0.0000		0.0020		0.0025		0.0040		0.0050		0.0050	
3	Rosca				0.0015		0.0025		0.0025		0.0030		0.0050		0.0050	
1	Presión	PVC	1"	RED 5: Unión Simple	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0010	0.0012	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025
2	Presión				0.0000		0.0000		0.0025		0.0025		0.0025		0.0025	
3	Presión				0.0000		0.0000		0.0000		0.0025		0.0025		0.0025	

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

### 3.5.5 ENSAYO DE PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS DE AGUA (FIERRO GALVANIZADO)

#### 3.5.5.1 INSTRUMENTOS

- Redes con rosca de accesorios de agua (Fierro Galvanizado) de 1/2", 3/4" y 1" de diámetro.
- Banco hidráulico
- Kit de Piezómetros

#### 3.5.5.2 MATERIALES

- Cinta teflón
- Par de uniones universales de 1/2", 3/4" y 1" de diámetro (PVC)

#### 3.5.5.3 PROCEDIMIENTOS

1. Para empezar con el ensayo primero se debió tener en cuenta que la red de accesorios de Fierro Galvanizado, con la cual se ensayó debió estar perfecta, es decir que todas sus partes estén perfectamente empalmadas.

FIGURA 65: RED DE FIERRO GALVANIZADO



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

2. Seguidamente se tomó la red y a ambas salidas que esta posee, se le colocó una unión universal, para que así pueda ser instalada al Banco Hidráulico. Una vez instalada al Banco Hidráulico, se procedió a instalarlo al kit de piezómetros, para ello a cada pistón que tenía la red, se le hizo corresponder la manguera de un piezómetro.

FIGURA 66: RED DE FIERRO GALVANIZADO EMPALMADO CON UNIONES UNIVERSALES A AMBOS EXTREMOS



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

3. Instalada la red, se prendió el Banco Hidráulico y se verifico que no exista fuga alguna en la red instalada, así de igual forma se expulsó las burbujas que se formaron en las mangueras de cada piezómetro.

FIGURA 67: VERIFICACIÓN DE POSIBLES FUGAS EN LA RED A PRUEBA



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

4. Con todo ya revisado se ensayó con los siguientes caudales: 500 Lt/hr, 600 Lt/hr, 700 Lt/hr, 800 Lt/hr, 900 Lt/hr y 1000 Lt/hr. Dichos caudales, anteriormente explicados, fueron el resultado de una experimentación que se hizo en una vivienda ubicada en la zona de Collasuyo del distrito de Cusco, de la ciudad del Cusco, en el cual se puso constatar que esos fueron los caudales con el cual el agua ingresaba a la vivienda.

FIGURA 68: RED NRO. 14 DE PVC SIENDO ENSAYADA



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

5. Por cada caudal se optó hacer 3 pruebas, debido a que se vio que la diferencia entre los datos de las pruebas era mínima y casi despreciable
6. Los caudales se ensayaron de forma alternada, para tener datos reales, ya que el caudal que ingresa normalmente a una vivienda no es un valor constante sino al contrario es un valor aleatorio y variable.

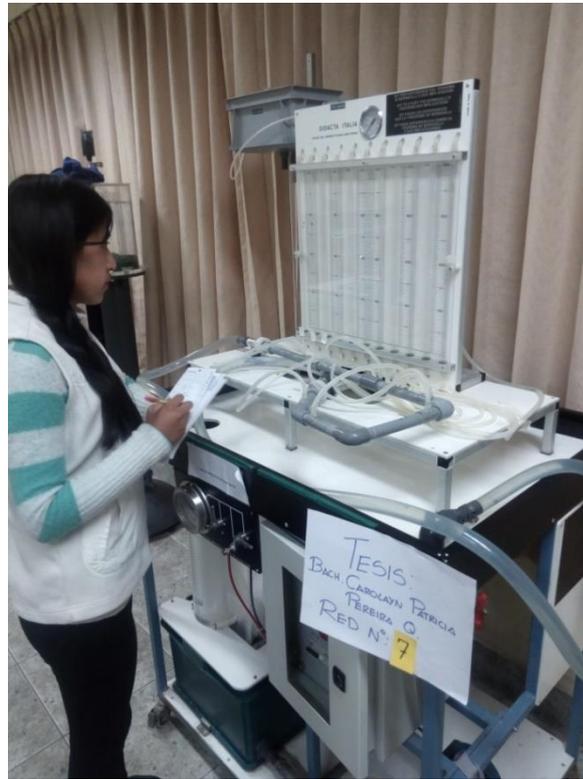
FIGURA 69: ENSAYO DE PÉRDIDAS DE CARGAS LOCALES CON UNA RED DE PVC



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

7. Los datos que se tomaron por cada prueba, fueron las distintas alturas que nos marcaron los piezómetros. Que vienen ser los (hL mín) y los (hL máx.). Estos datos se pueden observar en las tablas Nro 34 y Nro 35.

FIGURA 70: TOMA DE DATOS EN EL ENSAYO DE PÉRDIDAS DE CARGAS LOCALES CON UNA RED DE PVC



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

8. Con todos los datos de las alturas piezométricas se procedió a calcular la pérdida de carga local en accesorios a través de la siguiente fórmula:

$$hL = h \text{ máx.} - h \text{ mín.}$$

Dónde:

hL= Pérdida de carga local en accesorios (m)

h máx.= Es la lectura máxima en el piezómetro correspondiente a un accesorios (m)

h mín.= Es la lectura mínima en el piezómetro correspondiente a un accesorios(m)

#### 3.5.5.4 DATOS OBTENIDOS

Los datos obtenidos de la pérdida de carga se muestran en las tablas Nro 36 y Nro 37.



## EJEMPLO

Para un codo de 90° de 1/2" de diámetro del material de Fierro Galvanizado y con un tipo de empalme rosca, se realizaron 3 pruebas para un caudal de 500 lt/hr, con dichos datos se trabajó de la siguiente forma:

$$hL = h \text{ máx.} - h \text{ mín.}$$

Las lecturas que se tomaron fueron en milímetros, por ello es que consideramos la conversión a metros

- Primera prueba

$$hL = (300 \text{ mm} - 267.5 \text{ mm})/1000$$

$$hL = 0.0325 \text{ m}$$

- Segunda prueba

$$hL = (300 \text{ mm} - 267.5 \text{ mm})/1000$$

$$hL = 0.0325 \text{ m}$$

- Tercera prueba

$$hL = (300 \text{ mm} - 267.5 \text{ mm})/1000$$

$$hL = 0.0325 \text{ m}$$

Por tanto para tener un hL referencial para cada caudal se halló un hL por medio de un promedio aritmético de las 3 pruebas realizadas a cada accesorio.

$$hL = \frac{(0.0325 + 0.0325 + 0.0325)}{3} = 0.0325m$$



TABLA 34: RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS EN ACCESORIOS DE AGUA DE FIERRO GALVANIZADO

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Escuela Profesional de Ingeniería Civil																						
ENSAYO: PÉRDIDA DE CARGA EN LOCAL ACCESORIOS DE FIERRO GALVANIZADO FECHA: 08/02/2016 - 26/02/2016																						
CAUDAL (Lt/Hr)				500			600			700			800			900			1000			
N° DE PRUEBAS	TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO (pulg)	ACCESORIO	hmin (mm)	hmax (mm)	hL (m)	hmin (mm)	hmax (mm)	hL (m)	hmin (mm)	hmax (mm)	hL (m)	hmin (mm)	hmax (mm)	hL (m)	hmin (mm)	hmax (mm)	hL (m)	hmin (mm)	hmax (mm)	hL (m)
1	Rosca	FG	1/2"	RED 1: Codo 90°	267.5	300	0.0325	37.5	85	0.0475	47.5	112.5	0.0650	122.5	207.5	0.0850	292	400	0.1080	217.5	340	0.1225
2	Rosca				267.5	300	0.0325	37.5	85	0.0475	47.5	112.5	0.0650	122.5	207.5	0.0850	292	400	0.1080	217.5	340	0.1225
3	Rosca				267.5	300	0.0325	37.5	85	0.0475	47.5	112.5	0.0650	122.5	207.5	0.0850	292	400	0.1080	217.5	340	0.1225
1	Rosca	FG	1/2"	RED 1: Codo 45°	330	362.5	0.0325	125	174	0.0490	167.5	227.5	0.0600	277.5	355	0.0775	230	337.5	0.1075	282.5	400	0.1175
2	Rosca				330	362.5	0.0325	125	174	0.0490	167.5	227.5	0.0600	277.5	355	0.0775	230	337.5	0.1075	282.5	400	0.1175
3	Rosca				330	362.5	0.0325	125	174	0.0490	167.5	227.5	0.0600	277.5	355	0.0775	230	337.5	0.1075	282.5	400	0.1175
1	Rosca	FG	1/2"	RED 1: Unión simple	315	330	0.0150	105	125	0.0200	140	167.5	0.0275	245	277.5	0.0325	187.5	230	0.0425	230	280	0.0500
2	Rosca				315	330	0.0150	105	125	0.0200	140	167.5	0.0275	245	277.5	0.0325	187.5	230	0.0425	230	280	0.0500
3	Rosca				315	330	0.0150	105	125	0.0200	140	167.5	0.0275	245	277.5	0.0325	187.5	230	0.0425	230	280	0.0500
1	Rosca	FG	1/2"	RED 1: Unión Universal	300	315	0.0150	85	107	0.0220	112.5	141	0.0285	207.5	246	0.0385	140	189	0.0490	172.5	231	0.0585
2	Rosca				300	315	0.0150	85	107	0.0220	112.5	141	0.0285	207.5	246	0.0385	140	189	0.0490	172.5	231	0.0585
3	Rosca				300	315	0.0150	85	107	0.0220	112.5	141	0.0285	207.5	246	0.0385	140	189	0.0490	172.5	231	0.0585
1	Rosca	FG	3/4"	RED1: Codo 90°	52.5	60	0.0075	77.5	87.5	0.0100	225	237.5	0.0125	12.5	30	0.0175	145	166	0.0210	265	290	0.0250
2	Rosca				52.5	60	0.0075	77.5	87.5	0.0100	225	237.5	0.0125	12.5	30	0.0175	145	166	0.0210	265	290	0.0250
3	Rosca				52.5	60	0.0075	77.5	87.5	0.0100	225	237.5	0.0125	12.5	30	0.0175	145	166	0.0210	265	290	0.0250
1	Rosca	FG	3/4"	RED1: Codo 45°	155	160	0.0050	160	170	0.0100	97.5	110	0.0125	17.5	35	0.0175	137.5	157.5	0.0200	260	285	0.0250
2	Rosca				155	160	0.0050	160	170	0.0100	97.5	110	0.0125	17.5	35	0.0175	137.5	157.5	0.0200	260	285	0.0250
3	Rosca				155	160	0.0050	160	170	0.0100	97.5	110	0.0125	17.5	35	0.0175	137.5	157.5	0.0200	260	285	0.0250
1	Rosca	FG	3/4"	RED 1: Unión Universal	95	100	0.0050	280	284.5	0.0045	162	172	0.0100	340	351.5	0.0115	160	174	0.0140	272.5	290	0.0175
2	Rosca				90	95	0.0050	280	284.5	0.0045	155	164	0.0090	340	351.5	0.0115	170	184	0.0140	272.5	290	0.0175
3	Rosca				90	95	0.0050	280	284.5	0.0045	155	164	0.0090	340	351.5	0.0115	110	123	0.0130	267.5	284	0.0165
1	Rosca	FG	3/4"	RED 1: Unión Simple	97.5	100	0.0025	287.5	292.5	0.0050	162.5	167.5	0.0050	350	357.5	0.0075	180	187.5	0.0075	290	300	0.0100
2	Rosca				95	97.5	0.0025	287.5	292.5	0.0050	162.5	168.5	0.0060	350	356	0.0060	180	187.5	0.0075	290	300	0.0100
3	Rosca				95	97.5	0.0025	287.5	292.5	0.0050	162.5	168.5	0.0060	350	356.5	0.0065	180	187.5	0.0075	290	300	0.0100

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)



TABLA 35: RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS EN ACCESORIOS DE AGUA DE FIERRO GALVANIZADO

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Escuela Profesional de Ingeniería Civil																						
ENSAYO: PÉRDIDA DE CARGA EN LOCAL ACCESORIOS DE FIERRO GALVANIZADO FECHA: 08/02/2016 - 26/02/2016																						
CAUDAL (Lt/Hr)				500			600			700			800			900			1000			
N° DE PRUEBAS	TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO (pulg)	ACCESORIO	hmin (mm)	hmax (mm)	hL (m)	hmin (mm)	hmax (mm)	hL (m)	hmin (mm)	hmax (mm)	hL (m)	hmin (mm)	hmax (mm)	hL (m)	hmin (mm)	hmax (mm)	hL (m)	hmin (mm)	hmax (mm)	hL (m)
1	Rosca	FG	1"	RED 4: Codo 90°	22.5	25	0.0025	115	120	0.0050	65	70	0.0050	202.5	207.5	0.0050	70	80	0.0100	162.5	175	0.0125
2	Rosca				22.5	25	0.0025	182.5	185	0.0025	67.5	70	0.0025	192.5	200	0.0075	55	65	0.0100	162.5	172.5	0.0100
3	Rosca				32.5	35	0.0025	182.5	185	0.0025	67.5	70	0.0025	212.5	220	0.0075	50	60	0.0100	147.5	157.5	0.0100
1	Rosca	FG	1"	RED 4: Codo 45°	20	22.5	0.0025	112.5	115	0.0025	62.5	67.5	0.0050	197.5	202.5	0.0050	65	70	0.0050	157.5	162.5	0.0050
2	Rosca				20	22.5	0.0025	180	182.5	0.0025	65	67.5	0.0025	190	192.5	0.0025	50	55	0.0050	155	162.5	0.0075
3	Rosca				30	32.5	0.0025	180	182.5	0.0025	65	67.5	0.0025	210	212.5	0.0025	47.5	50	0.0025	142.5	147.5	0.0050
1	Rosca	FG	1"	RED 4: Unión Simple	25	25	0.0000	120	122.5	0.0025	70	72.5	0.0025	207.5	210	0.0025	80	82.5	0.0025	175	178	0.0030
2	Rosca				25	27.5	0.0025	185	187	0.0020	70	72.5	0.0025	200	202.5	0.0025	65	67.5	0.0025	170	173	0.0030
3	Rosca				35	36.5	0.0015	185	187	0.0020	70	72	0.0020	220	222.5	0.0025	60	63	0.0030	157.5	160	0.0025
1	Rosca	FG	1"	RED 1: Unión Universal	107.5	110	0.0025	302.5	305	0.0025	197.5	200	0.0025	380	382.5	0.0025	220	222.5	0.0025	342.5	347.5	0.0050
2	Rosca				107.5	110	0.0025	302.5	306	0.0035	182.5	185	0.0025	390	392.5	0.0025	225.5	230	0.0045	342.5	347.5	0.0050
3	Rosca				107.5	110	0.0025	300	302.5	0.0025	182.5	187.5	0.0050	380	382.5	0.0025	235	237.5	0.0025	335	340	0.0050
1	Rosca	FG	1"-3/4"	RED 3: Reducción Campana	160	170	0.0100	365	377.5	0.0125	162.5	180	0.0175	337.5	360	0.0225	247.5	277.5	0.0300	375	407.5	0.0325
2	Rosca				157.5	165	0.0075	400	407.5	0.0075	167.5	185	0.0175	335	360	0.0250	252.5	280	0.0275	375	407.5	0.0325
3	Rosca				157.5	165	0.0075	397.5	407.5	0.0100	160	177.5	0.0175	337.5	360	0.0225	252.5	282.5	0.0300	375	407.5	0.0325
1	Rosca	FG	3/4"-1/2"	RED 3: Reducción Campana	127.5	160	0.0325	320	365	0.0450	97	162.5	0.0655	250	337.5	0.0875	132.5	247.5	0.1150	235	375	0.1400
2	Rosca				125	157.5	0.0325	352.5	400	0.0475	102.5	167.5	0.0650	250	337.5	0.0875	135	252.5	0.1175	235	375	0.1400
3	Rosca				125	157.5	0.0325	350	397.5	0.0475	97.5	160	0.0625	250	337.5	0.0875	137.5	252.5	0.1150	235	375	0.1400
1	Rosca	FG	1"-1/2"	RED 3: Reducción Campana	82.5	117.5	0.0350	270	345	0.0750	1	75	0.0740	95	190	0.0950	75	207.5	0.1325	175	342.5	0.1675
2	Rosca				72.5	107.5	0.0350	300	355	0.0550	15	90	0.0750	120	217.5	0.0975	75	207.5	0.1325	175	342.5	0.1675
3	Rosca				80	115	0.0350	300	355	0.0550	15	90	0.0750	120	217.5	0.0975	75	207.5	0.1325	172.5	340	0.1675
1	Rosca	FG	1/2"-1"	RED 3: Ampliación Campana	127.5	132.5	0.0050	320	325	0.0050	97.5	107.5	0.0100	250	265	0.0150	132.5	142.5	0.0100	235	255	0.0200
2	Rosca				125	130	0.0050	352.5	357.5	0.0050	102.5	112.5	0.0100	250	262.5	0.0125	137.5	152.5	0.0150	235	255	0.0200
3	Rosca				125	127.5	0.0025	350	355	0.0050	97.5	105	0.0075	250	262.5	0.0125	137.5	155	0.0175	235	257.5	0.0225
1	Rosca	FG	1/2"-3/4"	RED 3: Ampliación Campana	82.5	90	0.0075	270	285	0.0150	1	17.5	0.0165	95	117.5	0.0225	75	107.5	0.0325	175	217.5	0.0425
2	Rosca				72.5	80	0.0075	300	312.5	0.0125	15	32.5	0.0175	120	145	0.0250	75	107.5	0.0325	175	215	0.0400
3	Rosca				80	87.5	0.0075	300	312.5	0.0125	15	30	0.0150	120	142.5	0.0225	75	107.5	0.0325	172.5	212.5	0.0400
1	Rosca	FG	3/4"-1"	RED 3: Ampliación Campana	90	92.5	0.0025	285	290	0.0050	17.5	20	0.0025	117.5	122.5	0.0050	107.5	115	0.0075	217.5	227.5	0.0100
2	Rosca				80	82.5	0.0025	312.5	315	0.0025	32.5	37.5	0.0050	145	150	0.0050	107.5	115	0.0075	215	225	0.0100
3	Rosca				87.5	90	0.0025	312.5	315	0.0025	30	35	0.0050	142.5	147.5	0.0050	107.5	115	0.0075	212.5	222.5	0.0100

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)



TABLA 36: PROCESAMIENTO DE PÉRDIDAS DE CARGA EN ACCESORIOS DE AGUA DE FIERRO GALVANIZADO

CAUDAL (Lt/Hr)				500		600		700		800		900		1000		
N° DE PRUEBAS	TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO (pulg)	ACCESORIO	hL (m)	Promed. hL (m)										
1	Rosca	FG	1/2"	RED 1: Codo 90°	0.0325	0.0325	0.0475	0.0475	0.0650	0.0650	0.0850	0.0850	0.1080	0.1080	0.1225	0.123
2	Rosca				0.0325		0.0475		0.0650		0.0850		0.1080		0.1225	
3	Rosca				0.0325		0.0475		0.0650		0.0850		0.1080		0.1225	
1	Rosca	FG	1/2"	RED 1: Codo 45°	0.0325	0.0325	0.0490	0.0490	0.0600	0.0600	0.0775	0.0775	0.1075	0.1075	0.1175	0.118
2	Rosca				0.0325		0.0490		0.0600		0.0775		0.1075		0.1175	
3	Rosca				0.0325		0.0490		0.0600		0.0775		0.1075		0.1175	
1	Rosca	FG	1/2"	RED 1: Unión simple	0.0150	0.0150	0.0200	0.0200	0.0275	0.0275	0.0325	0.0325	0.0425	0.0425	0.0500	0.050
2	Rosca				0.0150		0.0200		0.0275		0.0325		0.0425		0.0500	
3	Rosca				0.0150		0.0200		0.0275		0.0325		0.0425		0.0500	
1	Rosca	FG	1/2"	RED 1: Unión Universal	0.0150	0.0150	0.0220	0.0220	0.0285	0.0285	0.0385	0.0385	0.0490	0.0490	0.0585	0.059
2	Rosca				0.0150		0.0220		0.0285		0.0385		0.0490		0.0585	
3	Rosca				0.0150		0.0220		0.0285		0.0385		0.0490		0.0585	
1	Rosca	FG	3/4"	RED1: Codo 90°	0.0075	0.0075	0.0100	0.0100	0.0125	0.0125	0.0175	0.0175	0.0210	0.0210	0.0250	0.025
2	Rosca				0.0075		0.0100		0.0125		0.0175		0.0210		0.0250	
3	Rosca				0.0075		0.0100		0.0125		0.0175		0.0210		0.0250	
1	Rosca	FG	3/4"	RED1: Codo 45°	0.0050	0.0050	0.0100	0.0100	0.0125	0.0125	0.0175	0.0175	0.0200	0.0200	0.0250	0.025
2	Rosca				0.0050		0.0100		0.0125		0.0175		0.0200		0.0250	
3	Rosca				0.0050		0.0100		0.0125		0.0175		0.0200		0.0250	
1	Rosca	FG	3/4"	RED 1: Unión Universal	0.0045	0.0045	0.0050	0.0050	0.0100	0.0093	0.0115	0.0115	0.0140	0.0137	0.0175	0.017
2	Rosca				0.0045		0.0050		0.0090		0.0115		0.0140		0.0175	
3	Rosca				0.0045		0.0050		0.0090		0.0115		0.0130		0.0165	
1	Rosca	FG	3/4"	RED 1: Unión Simple	0.0025	0.0025	0.0050	0.0050	0.0050	0.0057	0.0075	0.0067	0.0075	0.0075	0.0100	0.010
2	Rosca				0.0025		0.0050		0.0060		0.0060		0.0075		0.0100	
3	Rosca				0.0025		0.0050		0.0060		0.0065		0.0075		0.0100	
1	Rosca	FG	1"	RED 4: Codo 90°	0.0025	0.0025	0.0050	0.0033	0.0050	0.0033	0.0050	0.0067	0.0100	0.0100	0.0125	0.011
2	Rosca				0.0025		0.0025		0.0025		0.0075		0.0100		0.0100	
3	Rosca				0.0025		0.0025		0.0025		0.0075		0.0100		0.0100	

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)



TABLA 37: PROCESAMIENTO DE PÉRDIDAS DE CARGA EN ACCESORIOS DE AGUA DE FIERRO GALVANIZADO

CAUDAL (Lt/Hr)				500		600		700		800		900		1000		
N° DE PRUEBAS	TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO (pulg)	ACCESORIO	hL (m)	Promed. hL (m)										
1	Rosca	FG	1"	RED 4: Codo 45°	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0050	0.0033	0.0050	0.0033	0.0050	0.0042	0.0050	0.0058
2	Rosca				0.0025		0.0025		0.0025		0.0025		0.0050		0.0075	
3	Rosca				0.0025		0.0025		0.0025		0.0025		0.0025		0.0050	
1	Rosca	FG	1"	RED 4: Unión Simple	0.0000	0.0013	0.0025	0.0022	0.0025	0.0023	0.0025	0.0025	0.0025	0.0027	0.0030	0.0028
2	Rosca				0.0025		0.0020		0.0025		0.0025		0.0025		0.0030	
3	Rosca				0.0015		0.0020		0.0020		0.0025		0.0030		0.0025	
1	Rosca	FG	1"	RED 1: Unión Universal	0.0025	0.0025	0.0025	0.0027	0.0025	0.0028	0.0030	0.0030	0.0025	0.0032	0.0050	0.0050
2	Rosca				0.0025		0.0030		0.0030		0.0030		0.0045		0.0050	
3	Rosca				0.0025		0.0025		0.0030		0.0030		0.0025		0.0050	
1	Rosca	FG	1"-3/4"	RED 3: Reducción Campana	0.0100	0.0083	0.0125	0.0100	0.0175	0.0175	0.0225	0.0233	0.0300	0.0292	0.0325	0.0325
2	Rosca				0.0075		0.0075		0.0175		0.0250		0.0275		0.0325	
3	Rosca				0.0075		0.0100		0.0175		0.0225		0.0300		0.0325	
1	Rosca	FG	3/4"-1/2"	RED 3: Reducción Campana	0.0325	0.0325	0.0450	0.0467	0.0655	0.0643	0.0875	0.0875	0.1150	0.1158	0.1400	0.1400
2	Rosca				0.0325		0.0475		0.0650		0.0875		0.1175		0.1400	
3	Rosca				0.0325		0.0475		0.0625		0.0875		0.1150		0.1400	
1	Rosca	FG	1"-1/2"	RED 3: Reducción Campana	0.0350	0.0350	0.0750	0.0617	0.0740	0.0747	0.0950	0.0967	0.1325	0.1325	0.1675	0.1675
2	Rosca				0.0350		0.0550		0.0750		0.0975		0.1325		0.1675	
3	Rosca				0.0350		0.0550		0.0750		0.0975		0.1325		0.1675	
1	Rosca	FG	1/2"-1"	RED 3: Ampliación Campana	0.0050	0.0042	0.0050	0.0050	0.0100	0.0092	0.0150	0.0133	0.0100	0.0142	0.0200	0.0208
2	Rosca				0.0050		0.0050		0.0100		0.0125		0.0150		0.0200	
3	Rosca				0.0025		0.0050		0.0075		0.0125		0.0175		0.0225	
1	Rosca	FG	1/2"-3/4"	RED 3: Ampliación Campana	0.0075	0.0075	0.0150	0.0133	0.0165	0.0163	0.0225	0.0233	0.0325	0.0325	0.0425	0.0408
2	Rosca				0.0075		0.0125		0.0175		0.0250		0.0325		0.0400	
3	Rosca				0.0075		0.0125		0.0150		0.0225		0.0325		0.0400	
1	Rosca	FG	3/4"-1"	RED 3: Ampliación Campana	0.0025	0.0025	0.0050	0.0033	0.0025	0.0042	0.0050	0.0050	0.0075	0.0075	0.0100	0.0100
2	Rosca				0.0025		0.0025		0.0050		0.0050		0.0075		0.0100	
3	Rosca				0.0025		0.0025		0.0050		0.0050		0.0075		0.0100	

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

### 3.5.6 ENSAYO DE PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS TEES DE AGUA (PVC Y FIERRO GALVANIZADO)

#### 3.5.6.1 INSTRUMENTOS

- Redes a rosca y presión con accesorios tees de Fierro Galvanizado y de PVC de 1/2", 3/4" y 1" de diámetro.
- Banco hidráulico
- Kit de Piezómetros

#### 3.5.6.2 MATERIALES

- Par de uniones universales de 1/2", 3/4" y 1" de diámetro (PVC)
- Cinta teflón.
- Pega tubo

#### 3.5.6.3 PROCEDIMIENTOS

Para el caso de los accesorios TEES, el procedimiento fue similar al de los anteriores ensayos ya explicados, considerando un único detalle. Que debido a que este accesorio tiene 2 direcciones de salida, al momento de realizar el ensayo de pérdidas de carga en accesorios, se tuvo que direccionar el agua de forma alternada para que este se distribuya por una sola dirección, de manera que los datos que obtengamos, uno sea del PASO DIRECTO y el otro del PASO LATERAL.

De forma gráfica sería de la siguiente manera:

FIGURA 6971: DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓN DE FLUJOS EN UNA TEE



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

#### 3.5.6.4 DATOS OBTENIDOS

Los datos obtenidos de la pérdida de carga en accesorios se muestran en la tablas Nro. 38 y Nro 39.

#### EJEMPLO

Para una Tee de 1/2" de diámetro del material de PVC y con un tipo de empalme presión, se realizaron 6 pruebas para un caudal de 1000 Lt/hr. De los cuales 3 pruebas correspondían al PASO DIRECTO y 3 pruebas al PASO LATERAL, con dichos datos se trabajó de la siguiente forma:

#### ➤ DESARROLLO PARA EL PASO DIRECTO

$$hl_{(A-B)} = h_{A1} - h_B$$

Dónde:

$hl_{(A-B)}$  = Pérdida de carga local en accesorios, PASO DIRECTO (m)

$h_{A1}$  = Lectura en el punto A, que es el punto de entrada del agua (m)

$h_B$  = Lectura en el punto B, que es el punto de salida del agua (m)

Las lecturas que se tomaron fueron en milímetros, por ello es que consideramos la conversión a metros

- Primera prueba

$$hl_{(A-B)} = (382.5 - 360)/1000$$

$$hl_{(A-B)} = 0.0225m$$

- Segunda prueba

$$hl_{(A-B)} = (380 - 357.5)/1000$$

$$hl_{(A-B)} = 0.0225m$$

- Tercera prueba

$$hl_{(A-B)} = (380 - 357.5)/1000$$

$$hl_{(A-B)} = 0.0225m$$

Por tanto para tener un hL referencial para cada caudal se halló un hL por medio de un promedio aritmético de las 3 pruebas realizadas a cada accesorio

$$hL = \frac{(0.0225 + 0.0225 + 0.0225)}{3} = 0.0225m$$



TABLA 38: RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS EN ACCESORIOS TEES DE AGUA DE FIERRO GALVANIZADO Y PVC

						UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Escuela Profesional de Ingeniería Civil																																			
						ENSAYO: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS TEES DE PVC Y FIERRO GALVANIZADO FECHA: 08/02/2016 - 26/02/2016																																			
		CAUDAL (Lt/hr)				1000				900				800				700				600				500															
N° DE PRUEBAS	DIAGRAMA	TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO (pulg)	ACCESORIO	h-A1 (mm)	h-B (mm)	h-A2 (mm)	h-C (mm)	hL (A-B) (m)	hL (A-C) (m)	A1 (mm)	B (mm)	A2 (mm)	C (mm)	hL (A-B) (m)	hL (A-C) (m)	A1 (mm)	B (mm)	A2 (mm)	C (mm)	hL (A-B) (m)	hL (A-C) (m)	A1 (mm)	B (mm)	A2 (mm)	C (mm)	hL (A-B) (m)	hL (A-C) (m)	A1 (mm)	B (mm)	A2 (mm)	C (mm)	hL (A-B) (m)	hL (A-C) (m)	A1 (mm)	B (mm)	A2 (mm)	C (mm)	hL (A-B) (m)	hL (A-C) (m)
1		Presión	PVC	1/2"	Tee	382.5	360	392.5	325	0.0225	0.0675	207.5	190	232.5	180	0.0175	0.0525	52.5	40	72.5	35	0.0125	0.0375	295	285	287.5	257.5	0.0100	0.0300	102.5	95	300	277.5	0.0075	0.0225	45	40	57.5	42.5	0.0050	0.0150
2		Presión				380	357.5	392.5	325	0.0225	0.0675	207.5	190	232.5	180	0.0175	0.0525	52.5	42.5	75	37.5	0.0100	0.0375	295	285	287.5	257.5	0.0100	0.0300	100	92.5	300	277.5	0.0075	0.0225	45	40	57.5	42.5	0.0050	0.0150
3		Presión				380	357.5	392.5	325	0.0225	0.0675	207.5	190	232.5	180	0.0175	0.0525	52.5	42.5	75	37.5	0.0100	0.0375	297.5	287.5	287.5	257.5	0.0100	0.0300	100	92.5	300	277.5	0.0075	0.0225	45	40	57.5	42.5	0.0050	0.0150
1		Rosca	FG	1/2"	Tee	257	220	400	245	0.0370	0.1550	137.5	110	205	90	0.0275	0.1150	305	280	105	20	0.0250	0.0850	225	207.5	327.7	260	0.0175	0.0677	95	80	112.5	62.5	0.0150	0.0500	95	85	35	2.5	0.0100	0.0325
2		Rosca				255	215	290	200	0.0400	0.0900	140	110	205	90	0.0300	0.1150	305	282.5	105	20	0.0225	0.0850	225	207.5	327.5	257.5	0.0175	0.0700	95	80	112.5	60	0.0150	0.0525	95	85	35	2.5	0.0100	0.0325
3		Rosca				255	215	380	230	0.0400	0.1500	140	110	205	90	0.0300	0.1150	305	282.5	105	20	0.0225	0.0850	225	207.5	327.5	257.5	0.0175	0.0700	95	80	112.5	60	0.0150	0.0525	95	85	35	2.5	0.0100	0.0325
1		Rosca	PVC	1/2"	Tee	272.5	232.5	315	165	0.0400	0.1500	142.5	107.5	165	42.5	0.0350	0.1225	165	135	200	110	0.0300	0.0900	337.5	315	270	210	0.0225	0.0600	157.5	135	80	32.5	0.0225	0.0475	35	24	147.5	110	0.0110	0.0375
2		Rosca				272.5	232.5	315	165	0.0400	0.1500	141.5	107.5	165	42.5	0.0340	0.1225	165	135	200	110	0.0300	0.0900	337.5	315	270	210	0.0225	0.0600	152.5	137.5	80	32.5	0.0150	0.0475	35	24	147.5	110	0.0110	0.0375
3		Rosca				272.5	232.5	315	165	0.0400	0.1500	141.5	107.5	165	42.5	0.0340	0.1225	160	135	200	110	0.0250	0.0900	332.5	312.5	270	210	0.0200	0.0600	152.5	137.5	80	32.5	0.0150	0.0475	35	24	147.5	110	0.0110	0.0375
1		Rosca	FG	3/4"	Tee	412.5	402.5	410	367.5	0.0100	0.0425	237.5	228.5	365	325	0.0090	0.0400	236.5	228.5	182.5	145	0.0080	0.0375	330	322.5	25	2.5	0.0075	0.0225	157.5	150	285	265	0.0075	0.0200	142.5	137.5	75	60	0.0050	0.0150
2		Rosca				412.5	402.5	410	367.5	0.0100	0.0425	237.5	228.5	367.5	327.5	0.0090	0.0400	236.5	228.5	180	150	0.0080	0.0300	330	322.5	30	2.5	0.0075	0.0275	157.5	150	282.5	265	0.0075	0.0175	142.5	137.5	75	62.5	0.0050	0.0125
3		Rosca				411	402.5	410	367.5	0.0085	0.0425	236	228.5	367.5	326.5	0.0075	0.0410	237.5	228.5	180	150	0.0090	0.0300	330	322.5	30	2.5	0.0075	0.0275	155	150	282.5	265	0.0050	0.0175	142.5	137.5	75	62.5	0.0050	0.0125
1		Presión	PVC	3/4"	Tee	392.5	385	410	390	0.0075	0.0200	220	215	257.5	240	0.0050	0.0175	52.5	50	70	55	0.0025	0.0150	350	345	340	330	0.0050	0.0100	140	137.5	140	135	0.0025	0.0050	251.5	250	125	122.5	0.0015	0.0025
2		Presión				390	385	410	390	0.0050	0.0200	222.5	217.5	257.5	240	0.0050	0.0175	55	50	70	55	0.0050	0.0150	347.5	345	340	330	0.0025	0.0100	140	137.5	140	135	0.0025	0.0050	251.5	250	125	122.5	0.0015	0.0025
3		Presión				390	385	410	390	0.0050	0.0200	222.5	217.5	257.5	240	0.0050	0.0175	55	50	70	55	0.0050	0.0150	347.5	345	342.5	330	0.0025	0.0125	140	137.5	140	135	0.0025	0.0050	251.5	250	125	120	0.0015	0.0050
1		Rosca	PVC	3/4"	Tee	375	360	410	370	0.0150	0.0400	220	210	350	317.5	0.0100	0.0325	47.5	40	162.5	135	0.0075	0.0275	370	364.5	300	279.5	0.0055	0.0205	177.5	172.5	125	110	0.0050	0.0150	97.5	95	174	165	0.0025	0.0090
2		Rosca				377.5	367.5	410	370	0.0100	0.0400	220	210	350	317.5	0.0100	0.0325	50	42.5	162.5	135	0.0075	0.0275	370	364.5	300	280	0.0055	0.0200	177.5	172.5	125	110	0.0050	0.0150	95	92.5	174	165	0.0025	0.0090
3		Rosca				380	367.5	410	370	0.0125	0.0400	220	210	350	317.5	0.0100	0.0325	50	42.5	162.5	135	0.0075	0.0275	370	362.5	300	280	0.0075	0.0200	177.5	172.5	125	110	0.0050	0.0150	95	92.5	174	165	0.0025	0.0090
1		Rosca	PVC	1"	Tee	359.5	354.5	400	390	0.0050	0.0100	195	191	225	215	0.0040	0.0100	55	52.5	47.5	40	0.0025	0.0075	377	375	315	307.5	0.0020	0.0075	145	144	117.5	112.5	0.0010	0.0050	65	65	52.5	50	0.0000	0.0025
2		Rosca				358.5	354.5	410	397.5	0.0040	0.0125	195	191	220	210	0.0040	0.0100	55	52.5	45	37.5	0.0025	0.0075	377	375	315	308.5	0.0020	0.0065	145	144	115	110	0.0010	0.0050	62.5	62	55	52.5	0.0005	0.0025
3		Rosca				358.5	352.5	410	397.5	0.0060	0.0125	195	190	220	210	0.0050	0.0100	55	52.5	45	37.5	0.0025	0.0075	375	372.5	315	310	0.0025	0.0050	141.5	140	115	110	0.0015	0.0050	62.5	61.5	55	52.5	0.0010	0.0025
1		Presión	PVC	1"	Tee	348	345	365	357.5	0.0030	0.0075	207.5	205	200	195	0.0025	0.0050	42.5	41	40	35	0.0015	0.0050	372.5	371	300	297.5	0.0015	0.0025	310	309.5	112.5	111	0.0005	0.0015	167.5	167.5	100	98.5	0.0000	0.0015
2		Presión				347.5	345	365	357.5	0.0025	0.0075	205	202.5	200	195	0.0025	0.0050	42.5	41	40	35	0.0015	0.0050	370	369	297.5	295	0.0010	0.0025	310	309.5	112.5	110	0.0005	0.0025	167.5	167.5	100	98.5	0.0000	0.0015
3		Presión				347.5	345	365	357.5	0.0025	0.0075	205	202.5	200	192.5	0.0025	0.0075	41.5	40	40	35	0.0015	0.0050	370	369	297.5	295	0.0010	0.0025	308.5	307.5	112.5	110	0.0010	0.0025	167.5	167	100	97.5	0.0005	0.0025
1		Rosca	FG	1"	Tee	410	405	400	390	0.0050	0.0100	360	356	242.5	232.5	0.0040	0.0100	142.5	139.5	82	77.5	0.0030	0.0045	15	12	382.5	375	0.0030	0.0075	390	388	147.5	145	0.0020	0.0025	87.5	87.5	315	312.5	0.0000	0.0025
2		Rosca				410	405	400	387.5	0.0050	0.0125	360	356	242.5	232.5	0.0040	0.0100	142.5	139.5	82	72.5	0.0030	0.0095	15	12	380	372.5	0.0030	0.0075	387	385	150	145	0.0020	0.0050	87.5	87.5	315	312.5	0.0000	0.0025
3		Rosca				410	405	400	387.5	0.0050	0.0125	360	357	242.5	230	0.0030	0.0125	142.5	138.5	80	70	0.0040	0.0100	15	12	380	372.5	0.0030	0.0075	387	385	150	145	0.0020	0.0050	85	84	315	312.5	0.0010	0.0025

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)



TABLA 39: PROCESAMIENTO DE PÉRDIDAS DE CARGAS EN ACCESORIOS TEES DE AGUA DE FIERRO GALVANIZADO Y PVC

CAUDAL (Lt/hr)						1000		900				800				700				600				500			
N° DE PRUEBAS	DIAGRAMA	TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO (pulg)	ACCESORIO	hL (A-C) (m)	Promd. hL (A-B) (m)	Promd. hL (A-C) (m)	hL (A-B) (m)	hL (A-C) (m)	hL (A-B) (m)	hL (A-C) (m)	Promd. hL (A-B) (m)	Promd. hL (A-C) (m)	hL (A-B) (m)	hL (A-C) (m)	Promd. hL (A-B) (m)	Promd. hL (A-C) (m)	hL (A-B) (m)	hL (A-C) (m)	Promd. hL (A-B) (m)	Promd. hL (A-C) (m)	hL (A-B) (m)	hL (A-C) (m)	Promd. hL (A-B) (m)	Promd. hL (A-C) (m)	
1		Presión	PVC	1/2"	Tee	0.0675	0.0225	0.0675	0.0175	0.0525	0.0125	0.0375	0.0108	0.0375	0.0100	0.0300	0.0100	0.0300	0.0075	0.0225	0.0075	0.0225	0.0050	0.0150	0.0050	0.0150	
2		Presión				0.0675			0.0175	0.0525	0.0100	0.0375			0.0100	0.0300			0.0075	0.0225			0.0050	0.0150			
3		Presión				0.0675			0.0175	0.0525	0.0100	0.0375			0.0100	0.0300			0.0075	0.0225			0.0050	0.0150			
1		Rosca	FG	1/2"	Tee	0.1550	0.0390	0.1317	0.0275	0.1150	0.0250	0.0850	0.0233	0.0850	0.0175	0.0677	0.0175	0.0692	0.0150	0.0500	0.0150	0.0517	0.0100	0.0325	0.0100	0.0325	
2		Rosca				0.0900			0.0300	0.1150	0.0225	0.0850			0.0175	0.0700			0.0150	0.0525			0.0100	0.0325			
3		Rosca				0.1500			0.0300	0.1150	0.0225	0.0850			0.0175	0.0700			0.0150	0.0525			0.0100	0.0325			
1		Rosca	PVC	1/2"	Tee	0.1500	0.0400	0.1500	0.0350	0.1225	0.0300	0.0900	0.0283	0.0900	0.0225	0.0600	0.0217	0.0600	0.0225	0.0475	0.0175	0.0475	0.0110	0.0375	0.0110	0.0375	
2		Rosca				0.1500			0.0340	0.1225	0.0300	0.0900			0.0225	0.0600			0.0150	0.0475			0.0110	0.0375			
3		Rosca				0.1500			0.0340	0.1225	0.0250	0.0900			0.0200	0.0600			0.0150	0.0475			0.0110	0.0375			
1		Rosca	FG	3/4"	Tee	0.0425	0.0095	0.0425	0.0090	0.0400	0.0080	0.0375	0.0083	0.0325	0.0075	0.0225	0.0075	0.0258	0.0075	0.0200	0.0067	0.0183	0.0050	0.0150	0.0050	0.0133	
2		Rosca				0.0425			0.0090	0.0400	0.0080	0.0300			0.0075	0.0275			0.0075	0.0175			0.0050	0.0125			
3		Rosca				0.0425			0.0075	0.0410	0.0090	0.0300			0.0075	0.0275			0.0050	0.0175			0.0050	0.0125			
1		Presión	PVC	3/4"	Tee	0.0200	0.0058	0.0200	0.0050	0.0175	0.0025	0.0150	0.0042	0.0150	0.0050	0.0100	0.0033	0.0108	0.0025	0.0050	0.0025	0.0050	0.0015	0.0025	0.0015	0.0033	
2		Presión				0.0200			0.0050	0.0175	0.0050	0.0150			0.0025	0.0100			0.0025	0.0050			0.0015	0.0025			
3		Presión				0.0200			0.0050	0.0175	0.0050	0.0150			0.0025	0.0125			0.0025	0.0050			0.0015	0.0050			
1		Rosca	PVC	3/4"	Tee	0.0400	0.0125	0.0400	0.0100	0.0325	0.0075	0.0275	0.0075	0.0275	0.0055	0.0205	0.0062	0.0202	0.0050	0.0150	0.0050	0.0150	0.0025	0.0090	0.0025	0.0090	
2		Rosca				0.0400			0.0100	0.0325	0.0075	0.0275			0.0055	0.0200			0.0050	0.0150			0.0025	0.0090			
3		Rosca				0.0400			0.0100	0.0325	0.0075	0.0275			0.0075	0.0200			0.0050	0.0150			0.0025	0.0090			
1		Rosca	PVC	1"	Tee	0.0100	0.0050	0.0117	0.0040	0.0100	0.0025	0.0075	0.0025	0.0075	0.0020	0.0075	0.0022	0.0063	0.0010	0.0050	0.0012	0.0050	0.0000	0.0025	0.0005	0.0025	
2		Rosca				0.0125			0.0040	0.0100	0.0025	0.0075			0.0020	0.0065			0.0010	0.0050			0.0005	0.0025			
3		Rosca				0.0125			0.0050	0.0100	0.0025	0.0075			0.0025	0.0050			0.0015	0.0050			0.0010	0.0025			
1		Presión	PVC	1"	Tee	0.0075	0.0027	0.0075	0.0025	0.0050	0.0015	0.0050	0.0015	0.0050	0.0015	0.0025	0.0012	0.0025	0.0005	0.0015	0.0007	0.0022	0.0000	0.0015	0.0002	0.0018	
2		Presión				0.0075			0.0025	0.0050	0.0015	0.0050			0.0010	0.0025			0.0005	0.0025			0.0000	0.0015			
3		Presión				0.0075			0.0025	0.0075	0.0015	0.0050			0.0010	0.0025			0.0010	0.0025			0.0005	0.0025			
1		Rosca	FG	1"	Tee	0.0100	0.0050	0.0117	0.0040	0.0100	0.0030	0.0045	0.0033	0.0080	0.0030	0.0075	0.0030	0.0075	0.0020	0.0025	0.0020	0.0042	0.0000	0.0025	0.0003	0.0025	
2		Rosca				0.0125			0.0040	0.0100	0.0030	0.0095			0.0030	0.0075			0.0020	0.0050			0.0000	0.0025			
3		Rosca				0.0125			0.0030	0.0125	0.0040	0.0100			0.0030	0.0075			0.0020	0.0050			0.0010	0.0025			

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS

### 4.1 RESULTADOS DEL ENSAYO DE PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS DE AGUA DE PVC Y FIERRO GALVANIZADO DE 1/2", 3/4" Y 1" DE DIÁMETRO

Por cada accesorio se hizo 3 pruebas de ensayo para los caudales de: 500 Lt/hr, 600 Lt/hr, 700 Lt/hr, 800 Lt/hr, 900 Lt/hr y 1000 Lt/hr.

Las siguientes tablas resumen el valor de la pérdida de carga local en accesorios "hL" para los accesorios analizados.

Dónde:

hL=Pérdida de carga local en accesorios

- Para la determinación de la pérdida de carga por accesorios, se tomó en consideración lo siguiente:

TABLA 40: PÉRDIDA DE CARGA POR FRICCIÓN PARA UN CODO DE 90° MIXTO DE 1/2" EN PVC

	Caudal Lt/hr	500	600	700	800	900	1000
Codo de 90° de 1/2" -mixto	hf (m)	0.0025	0.0034	0.0044	0.0056	0.0069	0.0083
	hL (m)	0.0733	0.1008	0.1408	0.1825	0.2392	0.2875
	(hL-hf)m	0.0708	0.0974	0.1364	0.1769	0.2323	0.2792
		3.38%	3.37%	3.16%	3.07%	2.88%	2.88%

Para el codo de 90° de 1/2" con tipo de empalme mixto, que correspondió al caso más crítico en accesorios de PVC, por poseer mayor pérdida de carga local en accesorios. Se observa que la incidencia de la pérdida de carga por fricción, llega a hacer variar desde un 2% a 3.4% a los valores tomados como la pérdida de carga local en accesorios, lo cual por ser un dato mínimo se considero despreciable para disminuir a los valores hallados en los ensayos de pérdida de carga local en accesorios.

TABLA 41: PÉRDIDA DE CARGA POR FRICCIÓN PARA UN CODO DE 90° DE 1/2" EN FIERRO GALVANIZADO

Caudal Lt/hr	500	600	700	800	900	1000
hf (m)	0.000001	0.000001	0.000002	0.000003	0.000003	0.000004

De igual forma para los accesorios de FIERRO GALVANIZADO, no se considero la pérdida de carga por fricción ya que en este material dicha pérdida resulto ser

muy minima y por tanto se desprecio este valor para dar resultados de perdida de carga local en accesorios.

- Para tener un valor referencial se halló un hL recomendado, atreves de un promedio aritmético de los valores del hL que se obtuvo para cada caudal, este dato general solo nos ayudó como referencia mas no como un resultado, ya que el valor de hL debería ser tomado según tipo de empalme, según diámetro y según material del accesorio y no como un dato general.

TABLA 42: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS-CODOS DE 1/2" (PVC)

CAUDAL (Lt/hr)				500	600	700	800	900	1000	RECOMENDADO
TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO	ACCESORIO	hL (m)						
rosca	PVC	1/2"	RED 10: Codo 90°	0.0400	0.0592	0.0742	0.0975	0.1258	0.1642	0.0935
presion	PVC	1/2"	RED 7: Codo 90°	0.0175	0.0263	0.0347	0.0483	0.0633	0.0783	0.0448
mixto	PVC	1/2"	RED 10: Codo 90°	0.0733	0.1008	0.1408	0.1825	0.2392	0.2875	0.1707
presion	PVC	1/2"	RED 7: Codo 45°	0.0075	0.0125	0.0167	0.0217	0.0275	0.0333	0.0199

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 43: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS-CODOS DE 1/2" (FIERRO GALVANIZADO)

CAUDAL (Lt/Hr)				500	600	700	800	900	1000	RECOMENDADO
TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO	ACCESORIO	hL (m)						
rosca	FG	1/2"	RED 1: Codo 90°	0.0325	0.0475	0.0650	0.0850	0.1080	0.1225	0.0768
rosca	FG	1/2"	RED 1: Codo 45°	0.0325	0.0490	0.0600	0.0775	0.1075	0.1175	0.0740

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 44: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS-UNIONES DE 1/2" (PVC)

CAUDAL (Lt/hr)				500	600	700	800	900	1000	RECOMENDADO
TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO	ACCESORIO	hL (m)						
presion	PVC	1/2"	RED 7: Unión Simple	0.0042	0.0060	0.0083	0.0100	0.0150	0.0175	0.0102
rosca	PVC	1/2"	RED 10: Unión Simple	0.0167	0.0233	0.0342	0.0442	0.0583	0.0700	0.0411
mixto	PVC	1/2"	RED 10: Unión	0.0250	0.0350	0.0450	0.0600	0.0833	0.1042	0.0588
rosca	PVC	1/2"	RED 10: Unión Universal	0.0175	0.0242	0.0342	0.0442	0.0583	0.0700	0.0414

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 45: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS-UNIONES DE 1/2" (FIERRO GALVANIZADO)

CAUDAL (Lt/Hr)				500	600	700	800	900	1000	RECOMENDADO
TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO	ACCESORIO	hL (m)						
rosca	FG	1/2"	RED 1: Unión Simple	0.0150	0.0200	0.0275	0.0325	0.0425	0.0500	0.0313
rosca	FG	1/2"	RED 1: Unión Universal	0.0150	0.0220	0.0285	0.0385	0.0490	0.0585	0.0353

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 46: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS-CODOS DE 3/4" (PVC)

CAUDAL (Lt/hr)				500	600	700	800	900	1000	RECOMENDADO
TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO	ACCESORIO	hL (m)						
rosca	PVC	3/4"	RED ÚNICA: Codo 90°	0.0085	0.0150	0.0200	0.0300	0.0400	0.0567	0.0284
presion	PVC	3/4"	RED 6: Codo 90°	0.0043	0.0098	0.0100	0.0125	0.0128	0.0208	0.0117
mixto	PVC	3/4"	RED 15: Codo 90°	0.0167	0.0350	0.0383	0.0467	0.0583	0.0700	0.0442
presion	PVC	3/4"	RED 11: Codo 45°	0.0025	0.0050	0.0050	0.0063	0.0065	0.0110	0.0061

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 47: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS-CODOS DE 3/4" (FIERRO GALVANIZADO)

CAUDAL (Lt/Hr)				500	600	700	800	900	1000	RECOMENDADO
TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO	ACCESORIO	hL (m)						
rosca	FG	3/4"	RED1: Codo 90°	0.0075	0.0100	0.0125	0.0175	0.0210	0.0250	0.0156
rosca	FG	3/4"	RED1:Codo 45°	0.0050	0.0100	0.0125	0.0175	0.0200	0.0250	0.0150

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 48: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS-UNIONES DE 3/4" (PVC)

CAUDAL (Lt/hr)				500	600	700	800	900	1000	RECOMENDADO
TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO	ACCESORIO	hL (m)						
presion	PVC	3/4"	RED 11: Unión Simple	0.0022	0.0025	0.0025	0.0028	0.0035	0.0038	0.0029
rosca	PVC	3/4"	RED 15: Unión Simple	0.0025	0.0050	0.0067	0.0085	0.0117	0.0142	0.0081
mixto	PVC	3/4"	RED 15: Unión	0.0058	0.0083	0.0133	0.0167	0.0200	0.0225	0.0144
rosca	PVC	3/4"	RED 15: Unión Universal	0.0033	0.0050	0.0067	0.0085	0.0125	0.0150	0.0085

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 49: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS-UNIONES DE 3/4" (FIERRO GALVANIZADO)

CAUDAL (Lt/Hr)				500	600	700	800	900	1000	RECOMENDADO
TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO	ACCESORIO	hL (m)						
rosca	FG	3/4"	RED 1: Unión Universal	0.0045	0.0050	0.0093	0.0115	0.0137	0.0172	0.0102
rosca	FG	3/4"	RED 1: Unión Simple	0.0025	0.0050	0.0057	0.0067	0.0075	0.0100	0.0062

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 50: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS-CODOS DE 1" (PVC)

CAUDAL (Lt/hr)				500	600	700	800	900	1000	RECOMENDADO
TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO	ACCESORIO	hL (m)						
rosca	PVC	1"	RED ÚNICA: Codo 90°	0.0032	0.0053	0.0058	0.0075	0.0125	0.0163	0.0084
presion	PVC	1"	RED 5: Codo 90°	0.0008	0.0025	0.0033	0.0050	0.0050	0.0083	0.0042
presion	PVC	1"	RED 5: Codo 45°	0.0000	0.0000	0.0010	0.0022	0.0025	0.0033	0.0015

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 51: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS-CODOS DE 1" (FIERRO GALVANIZADO)

CAUDAL (Lt/Hr)				500	600	700	800	900	1000	RECOMENDADO
TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO	ACCESORIO	hL (m)						
rosca	FG	1"	RED 4: Codo 90°	0.0025	0.0033	0.0033	0.0067	0.0100	0.0108	0.0061
rosca	FG	1"	RED 4: Codo 45°	0.0025	0.0025	0.0033	0.0033	0.0042	0.0058	0.0036

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 52: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS-UNIONES DE 1" (PVC)

CAUDAL (Lt/hr)				500	600	700	800	900	1000	RECOMENDADO
TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO	ACCESORIO	hL (m)						
presion	PVC	1"	RED 5: Unión Simple	0.0000	0.0000	0.0012	0.0025	0.0025	0.0025	0.0014
rosca	PVC	1"	RED 13: Unión Simple	0.0017	0.0018	0.0025	0.0030	0.0033	0.0050	0.0029
mixto	PVC	1"	RED 13: Unión	0.0022	0.0033	0.0043	0.0050	0.0075	0.0098	0.0054
rosca	PVC	1"	RED 13: Unión Universal	0.0005	0.0015	0.0025	0.0037	0.0053	0.0058	0.0032

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 53: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS-UNIONES DE 1" (FIERRO GALVANIZADO)

CAUDAL (Lt/Hr)				500	600	700	800	900	1000	RECOMENDADO
TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO	ACCESORIO	hL (m)						
rosca	FG	1"	RED 4: Unión Simple	0.0013	0.0022	0.0023	0.0025	0.0027	0.0028	0.0023
rosca	FG	1"	RED 1: Unión Universal	0.0025	0.0027	0.0028	0.0030	0.0032	0.0050	0.0032

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 54: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS-REDUCCIONES (FIERRO GALVANIZADO)

CAUDAL (Lt/Hr)				500	600	700	800	900	1000	RECOMENDADO
TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO	ACCESORIO	hL (m)						
rosca	FG	1"-3/4"	RED 3: Reducción Campana	0.0083	0.0100	0.0175	0.0233	0.0292	0.0325	0.0201
rosca	FG	3/4"-1/2"	RED 3: Reducción Campana	0.0325	0.0467	0.0643	0.0875	0.1158	0.1400	0.0811
rosca	FG	1"-1/2"	RED 3: Reducción Campana	0.0350	0.0617	0.0747	0.0967	0.1325	0.1675	0.0947
rosca	FG	1/2"-1"	RED 3: Ampliación Campana	0.0042	0.0050	0.0092	0.0133	0.0142	0.0208	0.0111
rosca	FG	1/2"-3/4"	RED 3: Ampliación Campana	0.0075	0.0133	0.0163	0.0233	0.0325	0.0408	0.0223
rosca	FG	3/4"-1"	RED 3: Ampliación Campana	0.0025	0.0033	0.0042	0.0050	0.0075	0.0100	0.0054

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

**COMENTARIOS:**

- ✓ La pérdida de carga local en accesorios “hL” es inversamente proporcional al diámetro y directamente proporcional al caudal del flujo, verificándose ello en los datos obtenidos, con los accesorios ensayados.
- ✓ La pérdida de carga local en accesorios no es constante, ya que depende mucho del caudal que se está manejando y de la geometría utilizada por el fabricante.
- ✓ Comparando los resultados en ambos materiales, se verifico que los accesorios de Fierro Galvanizado poseen menor pérdida de carga local que los accesorios de PVC, debido a que los accesorios de Fierro Galvanizado cuentan con diámetros interiores mayores a los diámetros de los accesorios de PVC.



- ✓ Al analizar los codos de 90° de PVC, se observó que el codo a presión de 90°, es el accesorio que posee menor pérdida de carga local, luego le continua el codo a rosca y como accesorio con mayor pérdida de carga local está el codo mixto de 90°
- ✓ El codo de 90° presenta mayor pérdida de carga local, que los codos de 45°, debido al cambio brusco de dirección.
- ✓ Al analizar las uniones de PVC, se observa que la unión simple a presión, es el accesorio que tiene menor pérdida de carga local, seguido de la unión simple a rosca y como accesorio con mayor pérdida de carga se encuentra la unión mixta.
- ✓ Al hacer una comparación entre los valores de las uniones universales de PVC y las uniones simples a rosca de PVC, se verifico que ambas poseen una similar pérdida de carga local en accesorios, debido a que poseen similar empalme y similar área de contacto con agua.
- ✓ Comparando las uniones de Fierro Galvanizado, se observa que la unión simple a rosca posee menor pérdida de carga local, que la unión universal.
- ✓ Comparando los valores de las reducciones y ampliaciones de Fierro Galvanizado, se observa que la mayor pérdida de carga local en accesorios se da en las reducciones a comparación de las ampliaciones, debido al cambio brusco de diámetros internos.

#### **4.2 RESULTADOS DEL ENSAYO DE PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS DE AGUA - TEES DE PVC Y FIERRO GALVANIZADO DE 1/2", 3/4" Y 1" DE DIÁMETRO**

La siguiente tabla muestra la pérdida de carga en accesorios con los caudales de 500 Lt/hr, 600 Lt/hr, 700 Lt/hr, 800 Lt/hr, 900 Lt/hr y 1000 Lt/hr, en las tees analizadas.

Dónde:

$h_L (A-B)$  = Pérdida de carga local en accesorios (PASO DIRECTO).

$h_L (A-C)$  = Pérdida de carga local en accesorios (PASO LATERAL).

TABLA 55: PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS DE AGUA - TEES (FIERRO GALVANIZADO Y PVC)

DIAGRAMA	TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO (pulg)	ACCESORIO	CAUDAL (Lt/hr)		1000		900		800		700		600		500		Recomendado	
					hL (A-B) (m)	hL (A-C) (m)	hL (A-B) (m)	hL (A-C) (m)	hL (A-B) (m)	hL (A-C) (m)	hL (A-B) (m)	hL (A-C) (m)	hL (A-B) (m)	hL (A-C) (m)	hL (A-B) (m)	hL (A-C) (m)	hL (A-B) (m)	hL (A-C) (m)	h L (A-B) (m)	h L (A-C) (m)
	Presion	PVC	1/2"	Tee	0.0225	0.0675	0.0175	0.0525	0.0108	0.0375	0.0100	0.0300	0.0075	0.0225	0.0050	0.0150	<b>0.0122</b>	<b>0.0375</b>		
	Rosca	FG	1/2"	Tee	0.0390	0.1317	0.0292	0.1150	0.0233	0.0850	0.0175	0.0692	0.0150	0.0517	0.0100	0.0325	<b>0.0223</b>	<b>0.0808</b>		
	Rosca	PVC	1/2"	Tee	0.0400	0.1500	0.0343	0.1225	0.0283	0.0900	0.0217	0.0600	0.0175	0.0475	0.0110	0.0375	<b>0.0255</b>	<b>0.0846</b>		
	Rosca	FG	3/4"	Tee	0.0095	0.0425	0.0085	0.0403	0.0083	0.0325	0.0075	0.0258	0.0067	0.0183	0.0050	0.0133	<b>0.0076</b>	<b>0.0288</b>		
	Presion	PVC	3/4"	Tee	0.0058	0.0200	0.0050	0.0175	0.0042	0.0150	0.0033	0.0108	0.0025	0.0050	0.0015	0.0033	<b>0.0037</b>	<b>0.0119</b>		
	Rosca	PVC	3/4"	Tee	0.0125	0.0400	0.0100	0.0325	0.0075	0.0275	0.0062	0.0202	0.0050	0.0150	0.0025	0.0090	<b>0.0073</b>	<b>0.0240</b>		
	Rosca	PVC	1"	Tee	0.0050	0.0117	0.0043	0.0100	0.0025	0.0075	0.0022	0.0063	0.0012	0.0050	0.0005	0.0025	<b>0.0026</b>	<b>0.0072</b>		
	Presion	PVC	1"	Tee	0.0027	0.0075	0.0025	0.0058	0.0015	0.0050	0.0012	0.0025	0.0007	0.0022	0.0002	0.0018	<b>0.0014</b>	<b>0.0041</b>		
	Rosca	FG	1"	Tee	0.0050	0.0117	0.0037	0.0108	0.0033	0.0080	0.0030	0.0075	0.0020	0.0042	0.0003	0.0025	<b>0.0029</b>	<b>0.0074</b>		

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

**COMENTARIO:**

- ✓ La pérdida de carga es inversamente proporcional al diámetro y directamente al caudal del flujo, verificándose ello en los datos obtenidos, con los accesorios ensayados.
- ✓ Haciendo una comparación de las tees en ambos materiales, observamos que la tee de Fierro Galvanizado posee menor pérdida de carga local, que una tee de PVC, debido a que los accesorios de Fierro Galvanizado cuentan con diámetros interiores mayores a los diámetros de los accesorios de PVC.
- ✓ Analizando las tees de PVC se observó que las tees a presión, poseen menor pérdida de carga local en accesorios, a comparación con una tee con rosca.
- ✓ Las tees de 1" a comparación de las demas tees de otros diametros, es la que posee menor pérdida de carga en accesorios.

#### 4.3 RESULTADOS DEL VALOR DEL COEFICIENTE DE RESISTENCIA “K” PARA ACCESORIOS DE AGUA DE PVC Y FIERRO GALVANIZADO DE 1/2”, 3/4” Y 1” DE DIÁMETRO

Por cada accesorio se hizo 3 pruebas de ensayo para caudales como: 500 Lt/hr, 600 Lt/hr, 700 Lt/hr, 800 Lt/hr, 900 Lt/hr y 1000 Lt/hr. En los cuales se obtuvieron las pérdidas de carga en accesorios.

Para la determinación del coeficiente de resistencia “k”, partimos de la ecuación fundamental de pérdidas de carga local en accesorios:

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

Despejamos “k”

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

Dónde:

$hL$  = Pérdida de carga local en accesorios (m)

$K$  = Coeficiente de resistencia

$V$  = Velocidad (m/s)

$g$  = Gravedad específica (m/s<sup>2</sup>)

#### EJEMPLO

Para el codo de 90° de 1/2” de diámetro, de material PVC, con un tipo de empalme rosca, se obtuvo el valor de “k” de la siguiente forma:

1. Para un caudal de 500 lt/hr con el ensayo de pérdidas de carga local en accesorios, se obtuvo que:

$$hL = 0.0400m$$

2. Para usar la ecuación despejada del coeficiente de resistencia “k”, se halló la velocidad con la que el agua ingresaba a las redes a través de:

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

Donde

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

2.1 El accesorio de PVC en análisis es de 1/2" de diámetro, con un tipo de empalme rosca.

Por tanto para hallar el área, se consideró el diámetro interno del accesorio

$D_i = 0.0152$  m

$$A = \frac{\pi * 0.0152^2}{4}$$

$$A = 0.0002 \text{ m}^2$$

2.2 El caudal con el que se trabajó fue 500 Lt/hr que es equivalente a 0.0001 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

Reemplazando:

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

$$V = \frac{0.0001}{0.0002}$$

$$V = 0.7654 \text{ (m/s)}$$

3. Seguidamente se usó la ecuación del coeficiente de resistencia "k":

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

$$k = \frac{0.04 * (2 * 9.81)}{0.7654^2}$$

$$K = 1.3396$$

3.1 De la misma forma trabajada se obtuvieron los valores de "k" para caudales de 600 Lt/hr, 700 Lt/hr, 800 Lt/hr, 900 Lt/hr y 1000 Lt/hr).

3.2 Seguidamente se halló el valor de k recomendado, a través de un promedio aritmético con los valores de "k" que se obtuvieron para los demás caudales:

$$K = \frac{(1.3396 + 1.3760 + 1.2673 + 1.2755 + 1.3007 + 1.3745)}{6} = 1.3223m$$

$K = 1.3223$  (valor de “k” recomendado para el codo de 90° de 1/2" de diámetro con un tipo de empalme rosca, del material de PVC).

TABLA 56: COEFICIENTE DE RESISTENCIA “K” EN CODOS DE 1/2" (PVC)

CAUDAL (Lt/hr)			500	600	700	800	900	1000	RECOMENDADO
TIPO	DIÁMETRO (pulg)	ACCESORIO	K	K	K	K	K	K	K
Rosca	1/2"	RED 10: Codo 90°	1.3396	1.3760	1.2673	1.2755	1.3007	1.3745	<b>1.3223</b>
Presión	1/2"	RED 7: Codo 90°	1.0064	1.0517	1.0172	1.0858	1.1242	1.1262	<b>1.0686</b>
Mixto	1/2"	RED 10: Codo 90°	3.1042	2.9641	3.0416	3.0177	3.1247	3.0425	<b>3.0491</b>
Presión	1/2"	RED 7: Codo 45°	0.4313	0.4992	0.4890	0.4867	0.4881	0.4792	<b>0.4789</b>

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 57: COEFICIENTE DE RESISTENCIA “K” EN CODOS DE 1/2" (FIERRO GALVANIZADO)

CAUDAL (Lt/hr)				500	600	700	800	900	1000	RECOMENDADO
TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO (pulg)	ACCESORIO	K	K	K	K	K	K	K
Rosca	FG	1/2"	RED 1: Codo 90°	3.9656	4.0249	4.0465	4.0514	4.0672	3.7368	<b>3.9820</b>
Rosca	FG	1/2"	RED 1: Codo 45°	3.9656	4.1520	3.7352	3.6939	4.0484	3.5843	<b>3.8632</b>

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

**COMENTARIO:**

- ✓ En los codos de PVC se observó que el coeficiente de resistencia “k” es menor en el codo a presión, seguido del codo a rosca y con mayor valor de “k” se encuentra el codo mixto.
- ✓ En ambos materiales se observa que el codo de 90° tiene un coeficiente de resistencia “k” mayor que el codo de 45°, debido a que el cambio de dirección es más brusco en él.
- ✓ Comparando ambos materiales se observó que el codo de 90° de PVC posee un coeficiente de resistencia menor al del codo de 90° de Fierro Galvanizado, debido a que el codo de 90° de PVC posee menor diámetro interno a comparación del codo de 90° de FIERRO GALVANIZADO

TABLA 58: COEFICIENTE DE RESISTENCIA “K” EN UNIONES DE 1/2" (PVC)

CAUDAL (Lt/hr)			500	600	700	800	900	1000	RECOMENDADO
TIPO	DIÁMETRO (pulg)	ACCESORIO	K	K	K	K	K	K	K
Presión	1/2"	RED 7: Unión Simple	0.2396	0.2396	0.2445	0.2246	0.2662	0.2516	<b>0.2444</b>
Rosca	1/2"	RED 10: Unión Simple	0.5582	0.5427	0.5838	0.5778	0.6030	0.5861	<b>0.5752</b>
Mixto	1/2"	RED 10: Unión	1.0582	1.0289	0.9719	0.9921	1.0887	1.1023	<b>1.0404</b>
Rosca	1/2"	RED 10: Unión Universal	0.5861	0.5620	0.5838	0.5778	0.6030	0.5861	<b>0.5831</b>

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 59: COEFICIENTE DE RESISTENCIA “K” EN UNIONES DE 1/2" (FIERRO GALVANIZADO)

CAUDAL (Lt/hr)				500	600	700	800	900	1000	RECOMENDADO
TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO (pulg)	ACCESORIO	K	K	K	K	K	K	K
Rosca	FG	1/2"	RED 1: Unión simple	1.8303	1.6947	1.7120	1.5490	1.6005	1.5252	1.6520
Rosca	FG	1/2"	RED 1: Unión Universal	1.8303	1.8642	1.7742	1.8350	1.8453	1.7845	1.8222

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

**COMENTARIO:**

- ✓ Comparando las uniones de PVC, se observó que el coeficiente de resistencia “k” es menor en la unión a presión, seguido de la unión a rosca y con mayor valor del coeficiente “k” esta la unión mixta.
- ✓ Las uniones universales en ambos materiales independientemente poseen un coeficiente de resistencia “k” igual o mayor a la unión simple a rosca de su mismo material.

TABLA 60: COEFICIENTE DE RESISTENCIA “K” EN CODOS DE 3/4" (PVC)

CAUDAL (Lt/hr)				500	600	700	800	900	1000	RECOMENDADO
TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO (pulg)	ACCESORIO	K	K	K	K	K	K	K
Rosca	PVC	3/4"	RED ÚNICA: Codo 90°	0.9791	1.1999	1.1754	1.3499	1.4221	1.6319	1.2931
Presión	PVC	3/4"	RED 6: Codo 90°	0.7477	1.1782	0.8803	0.8425	0.6834	0.8986	0.8718
Mixto	PVC	3/4"	RED 15: Codo 90°	2.3025	3.3578	2.7019	2.5184	2.4873	2.4176	2.6309
Presión	PVC	3/4"	RED 11: Codo 45°	0.4313	0.5991	0.4401	0.4269	0.3461	0.4745	0.4530

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 61: COEFICIENTE DE RESISTENCIA “K” EN CODOS DE 3/4" (FIERRO GALVANIZADO)

CAUDAL (Lt/hr)				500	600	700	800	900	1000	RECOMENDADO
TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO (pulg)	ACCESORIO	K	K	K	K	K	K	K
Rosca	FG	3/4"	RED1: Codo 90°	2.3205	2.1486	1.9732	2.1151	2.0054	1.9338	2.0828
Rosca	FG	3/4"	RED1: Codo 45°	1.5470	2.1486	1.9732	2.1151	1.9099	1.9338	1.9379

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

**COMENTARIO:**

- ✓ En los codos de PVC se observó que el coeficiente de resistencia “k” es menor en el codo a presión, seguido del codo a rosca y del codo mixto
- ✓ En ambos materiales se observa que el codo de 90° tiene un coeficiente de resistencia “k” mayor que el codo de 45°, debido a que el cambio de dirección es más brusco en él.
- ✓ Comparando ambos materiales se observó que el codo de 90° de PVC posee un coeficiente de resistencia menor al del codo de 90° de Fierro Galvanizado, debido a que el codo de 90° de PVC posee menor diámetro interno a comparación con el codo de 90° de FIERRO GALVANIZADO.

TABLA 62: COEFICIENTE DE RESISTENCIA “K” EN UNIONES DE 3/4" (PVC)

CAUDAL (Lt/hr)				500	600	700	800	900	1000	RECOMENDADO
TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO (pulg)	ACCESORIO	K	K	K	K	K	K	K
Presión	PVC	3/4"	RED 11: Unión Simple	0.3738	0.2995	0.2201	0.1910	0.1864	0.1653	0.2394
Rosca	PVC	3/4"	RED 15: Unión Simple	0.2880	0.4000	0.3918	0.3825	0.4148	0.4080	0.3808
Mixto	PVC	3/4"	RED 15: Unión	0.8059	0.7995	0.9398	0.8994	0.8528	0.7771	0.8457
Rosca	PVC	3/4"	RED 15: Unión Universal	0.3840	0.4000	0.3918	0.3825	0.4444	0.4320	0.4058

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 63: COEFICIENTE DE RESISTENCIA “K” EN UNIONES DE 3/4" (FIERRO GALVANIZADO)

CAUDAL (Lt/hr)				500	600	700	800	900	1000	RECOMENDADO
TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO (pulg)	ACCESORIO	K	K	K	K	K	K	K
Rosca	FG	3/4"	RED 1: Unión Universal	1.3923	1.0743	1.4734	1.3899	1.3051	1.3279	1.3271
Rosca	FG	3/4"	RED 1: Unión Simple	0.7735	1.0743	0.8945	0.8057	0.7162	0.7735	0.8396

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

**COMENTARIO:**

- ✓ Comparando las uniones de PVC, se observó que el coeficiente de resistencia “k” es menor en la unión a presión, seguido de la unión a rosca y con mayor valor del coeficiente “k” esta la unión mixta.
- ✓ Las uniones universales en ambos materiales independientemente poseen un coeficiente de resistencia “k” igual o mayor a la unión simple a rosca de su mismo material.

TABLA 64: COEFICIENTE DE RESISTENCIA “K” EN CODOS DE 1" (PVC)

CAUDAL (Lt/hr)				500	600	700	800	900	1000	RECOMENDADO
TIPO	DIÁMETRO (pulg)	ACCESORIO		K	K	K	K	K	K	K
Presión	1"	RED 5: Codo 90°		0.3906	0.8138	0.7972	0.9155	0.7234	0.9765	0.7695
Rosca	1"	RED ÚNICA: Codo 90°		0.9362	1.0949	0.8799	0.8661	1.1405	1.2072	1.0208
Presión	1"	RED 5: Codo 45°		0.0000	0.0000	0.2392	0.3967	0.3617	0.3906	0.2314

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 65: COEFICIENTE DE RESISTENCIA “K” EN CODOS DE 1" (FIERRO GALVANIZADO)

CAUDAL (Lt/hr)				500	600	700	800	900	1000	RECOMENDADO
TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO (pulg)	ACCESORIO	K	K	K	K	K	K	K
Rosca	FG	1"	RED 4: Codo 90°	1.8601	1.7223	1.2654	1.9376	2.2964	2.0151	1.8495
Rosca	FG	1"	RED 4: Codo 45°	1.8601	1.2917	1.2654	0.9688	0.9568	1.0851	1.2380

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

**COMENTARIO:**

- ✓ En los codos de PVC se observó que el coeficiente de resistencia “k” es menor en el codo a presión, seguido del codo a rosca y del codo mixto

- ✓ En ambos materiales se observa que el codo de 90° tiene un coeficiente de resistencia “k” mayor que el codo de 45°, debido a que el cambio de dirección es más brusco en él.
- ✓ Comparando ambos materiales se observó que el codo de 90° de PVC posee un coeficiente de resistencia menor al del codo de 90° de Fierro Galvanizado, debido a que el codo de 90° de PVC posee menor diámetro interno a comparación del codo de 90° de FIERRO GALVANIZADO

TABLA 66: COEFICIENTE DE RESISTENCIA “K” EN UNIONES DE 1" (PVC)

CAUDAL (Lt/hr)				500	600	700	800	900	1000	RECOMENDADO
TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO (pulg)	ACCESORIO	K	K	K	K	K	K	K
Mixto	PVC	1"	RED 13: Unión	0.7856	0.8393	0.8016	0.7082	0.8393	0.8914	<b>0.8109</b>
Rosca	PVC	1"	RED 13: Unión Simple	0.4927	0.3764	0.3771	0.3464	0.3041	0.3695	<b>0.3777</b>
Rosca	PVC	1"	RED 13: Unión Universal	0.1478	0.3079	0.3771	0.4234	0.4866	0.4311	<b>0.3623</b>
Presión	PVC	1"	RED 5: Unión Simple	0.0000	0.0000	0.2790	0.4578	0.3617	0.2930	<b>0.2319</b>

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 67: COEFICIENTE DE RESISTENCIA “K” EN UNIONES DE 1" (FIERRO GALVANIZADO)

CAUDAL (Lt/hr)				500	600	700	800	900	1000	RECOMENDADO
TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO (pulg)	ACCESORIO	K	K	K	K	K	K	K
Rosca	FG	1"	RED 4: Unión Simple	0.9921	1.1195	0.8858	0.7266	0.6124	0.5270	<b>0.8106</b>
Rosca	FG	1"	RED 1: Unión Universal	1.8601	1.3779	1.0756	0.8719	0.7272	0.9301	<b>1.1405</b>

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

**COMENTARIO:**

- ✓ Comparando las uniones de PVC, se observó que el coeficiente de resistencia “k” es menor en la unión a presión, seguido de la unión a rosca y con mayor valor del coeficiente “k” esta la unión mixta.
- ✓ Las uniones universales en ambos materiales independientemente poseen un coeficiente de resistencia “k” igual o mayor a la unión simple a rosca del mismo material

TABLA 68: COEFICIENTE DE RESISTENCIA “K” EN REDUCCIONES (FIERRO GALVANIZADO)

CAUDAL (Lt/hr)				500	600	700	800	900	1000	RECOMENDADO
TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO (pulg)	ACCESORIO	K	K	K	K	K	K	K
Rosca	FG	1"-3/4"	RED 3: Reducción Campana	3.6422	3.0351	3.9023	3.9836	3.9345	3.5511	3.6748
Rosca	FG	3/4"-1/2"	RED 3: Reducción Campana	5.6880	5.6718	5.7445	5.9820	6.2570	6.1255	5.9115
Rosca	FG	1"-1/2"	RED 3: Reducción Campana	7.3379	8.9782	7.9868	7.9166	8.5738	4.7223	7.5859
Rosca	FG	1/2"-1"	RED 3: Ampliación Campana	0.8736	0.7280	0.9805	1.0919	0.9167	1.0919	0.9471
Rosca	FG	1/2"-3/4"	RED 3: Ampliación Campana	1.3126	1.6205	1.4585	1.5952	1.7556	1.7866	1.5882
Rosca	FG	3/4"-1"	RED 3: Ampliación Campana	1.0927	1.0117	0.9291	0.8536	1.0117	1.0927	0.9986

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

**COMENTARIO:**

- ✓ Según la dirección del agua, estos accesorios vendrían a ser reducciones o ampliaciones. Pero observando los resultados es conveniente usarlos cuando deseemos una ampliación es decir el flujo ira del diámetro pequeño al diámetro mayor. Debido a que el coeficiente de resistencia “k” es menor, cuando va en esa dirección.

**4.4 RESULTADOS DEL VALOR DEL COEFICIENTE DE RESISTENCIA “K” PARA TEES DE PVC Y FIERRO GALVANIZADO DE 1/2", 3/4" Y 1" DE DIÁMETRO**

Para la obtención del valor del coeficiente de resistencia “k”, se usaron los datos obtenidos en el ensayo de pérdidas de carga local en accesorios.

Para ello usaremos la ecuación fundamental de pérdida de carga local en accesorios:

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

Despejamos “k”

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

Dónde:

hL = Pérdida de carga local en accesorios (m)

K = Coeficiente de resistencia

V<sup>2</sup>= Velocidad (m/s)

g = Gravedad específica (m/s<sup>2</sup>)

**EJEMPLO**

Para una Tee de 1/2" de diámetro, de material PVC, con un tipo de empalme a presión, se obtuvo el valor de "k" de la siguiente forma:

1. Para un caudal de 1000 lt/hr se obtuvo que:

$$hL (A-B)=0.0225 \text{ (paso directo)}$$

$$hL (A-C)=0.0675 \text{ (paso lateral)}$$

2. Para usar la ecuación fundamental de pérdida de carga local se halló la velocidad con la que el agua ingresaba a las redes.

Para ello se usó la siguiente ecuación:

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

Donde

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

2.1 El accesorio de PVC en análisis es de 1/2" diámetro, con un tipo de empalme a presión.

Por tanto para hallar el área, se consideró el diámetro interno del accesorio

$D_i=0.0174 \text{ m}$

$$A = \frac{\pi * 0.0174^2}{4}$$

$$A=0.00024 \text{ m}^2$$

2.2 El caudal con el que se trabajó fue 1000 lt/hr que es equivalente a 0.00028 ( $m^3/s$ )

Entonces:

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

$$V = \frac{0.00028}{0.00024}$$

$$V = 1.168 \text{ (m/s)}$$

3. Seguidamente se usó la ecuación fundamental de pérdida de carga local en accesorios:

### PASO DIRECTO

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

$$k = \frac{0.0225 * (2 * 9.81)}{1.168^2}$$

K = 0.3235 (valor de la pérdida de carga local en accesorios para 1000 lt/hr en el **PASO DIRECTO**)

### PASO LATERAL

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

$$k = \frac{0.0675 * (2 * 9.81)}{1.168^2}$$

K=0.9705 (valor de la pérdida de carga local en accesorios para 1000 lt/hr en el **PASO LATERAL**)

3.1 De la misma forma se obtuvieron los valores de “k” para caudales de 600 Lt/hr, 700 Lt/hr, 800 Lt/hr, 900 Lt/hr y 1000 Lt/hr).

3.2 Seguidamente se halló el valor de K recomendado a través de un promedio aritmético de los valores de “k” que se obtuvieron con los demás caudales:

$$K = \frac{0.3235 + 0.3106 + 0.2434 + 0.2934 + 0.2995 + 0.2875}{6} = 0.2930 \text{ m}$$

K= 0.2930 m (valor de “k” recomendado para la Tee de 1/2” de material PVC con un tipo de empalme a presión, en el **PASO DIRECTO**).

$$K = \frac{0.9705 + 0.9313 + 0.8424 + 0.8802 + 0.8986 + 0.8626}{6} = 0.8977 \text{ m}$$

K= 0.8977 m (valor de “k” recomendado para la Tee de 1/2” de material PVC con un tipo de empalme presión, en el **PASO LATERAL**).



TABLA 69: COEFICIENTE DE RESISTENCIA “K” EN TEES DE 1/2”, 3/4” Y 1” DE DIÁMETRO (PVC Y FIERRO GALVANIZADO)

CAUDAL (Lt/hr)				1000		900		800		700		600		500		Recomendado	
TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO (pulg)	ACCESORIO	K (paso directo)	K (salida lateral)	K (paso directo)	K (paso lateral)										
Presión	PVC	1/2"	Tee	0.3235	0.9705	0.3106	0.9319	0.2434	0.8424	0.2934	0.8802	0.2995	0.8986	0.2875	0.8626	<b>0.2930</b>	<b>0.8977</b>
Rosca	FG	1/2"	Tee	1.1897	4.0164	1.0984	4.3309	1.1121	4.0514	1.0894	4.3100	1.2710	4.3779	1.2202	3.9656	<b>1.1635</b>	<b>4.1754</b>
Rosca	PVC	1/2"	Tee	0.3349	1.2559	0.3549	1.2662	0.3707	1.1774	0.3702	1.0252	0.4070	1.1047	0.3684	1.2559	<b>0.3677</b>	<b>1.1809</b>
Rosca	FG	3/4"	Tee	0.7348	3.2874	0.8117	3.8516	1.0072	3.9280	1.1839	4.0780	1.4324	3.9392	1.5470	4.1254	<b>1.1195</b>	<b>3.8683</b>
Presión	PVC	3/4"	Tee	0.2516	0.8627	0.2663	0.9319	0.2808	1.0110	0.2934	0.9537	0.2995	0.5991	0.2588	0.5751	<b>0.2751</b>	<b>0.8222</b>
Rosca	PVC	3/4"	Tee	0.3600	1.1519	0.3555	1.1555	0.3375	1.2374	0.3624	1.1852	0.4000	1.1999	0.2880	1.0367	<b>0.3506</b>	<b>1.1611</b>
Rosca	PVC	1"	Tee	0.3695	0.8623	0.3954	0.9124	0.2887	0.8661	0.3268	0.9553	0.2395	1.0265	0.1478	0.7391	<b>0.2946</b>	<b>0.8936</b>
Presión	PVC	1"	Tee	0.3125	0.8789	0.3617	0.8439	0.2747	0.9155	0.2790	0.5979	0.2170	0.7053	0.0781	0.8594	<b>0.2538</b>	<b>0.8001</b>
Rosca	FG	1"	Tee	0.9301	2.1701	0.8420	2.4878	0.9688	2.3251	1.1388	2.8471	1.0334	2.1529	0.2480	1.8601	<b>0.8602</b>	<b>2.3072</b>

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

**COMENTARIO:**

- ✓ Comparando las tees de PVC, la tee a presión posee menor coeficiente de resistencia “k”, con respecto a la tee a rosca.
- ✓ Las tees de Fierro Galvanizado posee mayor coeficiente de resistencia “k” que una tee a rosca de PVC, debido a que poseen mayor diámetro interno que una tee de PVC.
- ✓ Las tees de 1”, son las que poseen menor coeficiente de resistencia “k”, entre todas las tees de 1/2” y 3/4” de diámetro.

#### 4.5 RESULTADOS DEL VALOR DE “Le/D” PARA LOS ACCESORIOS DE AGUA EN PVC Y FIERRO GALVANIZADO DE 1/2”, 3/4” Y 1” DE DIÁMETRO

1. Para ello primero se halló el valor de  $f$  (factor de fricción) para cada tipo de accesorio de agua con caudales 500 Lt/hr, 600 Lt/hr, 700 Lt/hr, 800 Lt/hr, 900 Lt/hr y 1000 Lt/hr, con la siguiente ecuación de P.K. Swamee y A. K. Jain:

$$f = \frac{0.25}{\left[ \log \left( \frac{\epsilon/D}{3.7} + \frac{5.74}{N_R^{0.9}} \right) \right]^2} \text{ (Flujo Turbulento)}$$

Si:

$$N_R = \frac{4Q}{\pi DV}$$

Dónde:

Le= Longitud equivalente (m)

K = Coeficiente de resistencia

$f$  = Factor de fricción

$\epsilon$  = Rugosidad del material del accesorio (m)

D = Diámetro del accesorio (m)

$N_R$  =Número de Reynolds

V = Viscosidad del agua (m<sup>2</sup>/s)

2. Seguidamente se halla el valor de la longitud equivalente en diámetros de tubería “Le/D” de los accesorios para cada caudal de 500 Lt/hr, 600 Lt/hr, 700 Lt/hr, 800 Lt/hr, 900 Lt/hr y 1000 Lt/hr, con la siguiente ecuación:

$$Le = \frac{K \times D}{f}$$

Valores usados:

RUGOSIDAD "ε"

ε FIERRO GALVANIZADO	1.5X10 <sup>-4</sup>	m
ε PVC	3X10 <sup>-7</sup>	m

VISCOSIDAD DEL AGUA "V"

A 20° C	1.02X10 <sup>-6</sup>	(m <sup>2</sup> /s)
---------	-----------------------	---------------------

TABLA 70: DIÁMETROS DE LAS TUBERÍAS DE AGUA (PVC)

DESCRIPCIÓN	DIÁMETRO NOMINAL (pulg)	DIÁMETRO EXTERIOR (mm)	ESPESOR DE PARED (mm)	DIÁMETRO INTERNO (mm)	DIÁMETRO INTERNO (m)
PVC-ROSCA	1/2"	21.0	2.9	15.2	0.0152
PVC-ROSCA	3/4"	26.5	2.9	20.7	0.0207
PVC-ROSCA	1"	33.0	3.4	26.2	0.0262
PVC-PRESIÓN	1/2"	21.0	1.8	17.4	0.0174
PVC-PRESIÓN	3/4"	26.5	1.8	22.9	0.0229
PVC-PRESIÓN	1"	33.0	1.8	29.4	0.0294

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

El diámetro que se tomo fue con respecto a tuberías de PVC, para ambos materiales de accesorios, ya que las instalaciones de sistemas de agua, suele combinar materiales de la misma forma.

TABLA 71: VALORES DEL FACTOR DE FRICCIÓN, PARA ACCESORIOS A PRESIÓN (PVC)

Q (Lt/hr)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Di(1/2") (m)	V (m <sup>2</sup> /s)	NR= 4Q/πDV	ε (m)	ε/D	NR <sup>0.9</sup>	f
500	0.0001	0.0174	0.00000102	9963.8734	0.0000003	1.72414E-05	3968.1253	0.0310
600	0.0002	0.0174	0.00000102	11956.6481	0.0000003	1.72414E-05	4675.7201	0.0295
700	0.0002	0.0174	0.00000102	13949.4228	0.0000003	1.72414E-05	5371.5623	0.0284
800	0.0002	0.0174	0.00000102	15942.1975	0.0000003	1.72414E-05	6057.4992	0.0274
900	0.0003	0.0174	0.00000102	17934.9722	0.0000003	1.72414E-05	6734.8920	0.0266
1000	0.0003	0.0174	0.00000102	19927.7469	0.0000003	1.72414E-05	7404.7837	0.0259

Q (Lt/hr)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Di(3/4") (m)	V (m <sup>2</sup> /s)	NR= 4Q/πDV	ε (m)	ε/D	NR <sup>0.9</sup>	f
500	0.0001	0.0229	0.00000102	7570.8034	0.0000003	1.31004E-05	3099.0442	0.0335
600	0.0002	0.0229	0.00000102	9084.9641	0.0000003	1.31004E-05	3651.6647	0.0318
700	0.0002	0.0229	0.00000102	10599.1248	0.0000003	1.31004E-05	4195.1066	0.0305
800	0.0002	0.0229	0.00000102	12113.2854	0.0000003	1.31004E-05	4730.8127	0.0294
900	0.0003	0.0229	0.00000102	13627.4461	0.0000003	1.31004E-05	5259.8460	0.0285
1000	0.0003	0.0229	0.00000102	15141.6068	0.0000003	1.31004E-05	5783.0210	0.0277

Q (Lt/hr)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Di(1") (m)	V (m <sup>2</sup> /s)	NR= 4Q/πDV	ε (m)	ε/D	NR <sup>0.9</sup>	f
500	0.0001	0.0294	0.00000102	5896.9863	0.0000003	1.02041E-05	2474.9539	0.0360
600	0.0002	0.0294	0.00000102	7076.3836	0.0000003	1.02041E-05	2916.2868	0.0342
700	0.0002	0.0294	0.00000102	8255.7808	0.0000003	1.02041E-05	3350.2895	0.0327
800	0.0002	0.0294	0.00000102	9435.1781	0.0000003	1.02041E-05	3778.1143	0.0315
900	0.0003	0.0294	0.00000102	10614.5754	0.0000003	1.02041E-05	4200.6100	0.0305
1000	0.0003	0.0294	0.00000102	11793.9726	0.0000003	1.02041E-05	4618.4272	0.0296

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 72: VALORES DEL FACTOR DE FRICCIÓN, PARA ACCESORIOS A ROSCA (PVC)

Q (Lt/hr)	Q (m³/s)	Di(1/2") (m)	V (m²/s)	NR= 4Q/πDV	ε (m)	ε/D	NR^0.9	f
500	0.0001	0.0152	0.00000102	11406.0130	0.0000003	1.97368E-05	4481.4698	0.0299
600	0.0002	0.0152	0.00000102	13687.2156	0.0000003	1.97368E-05	5280.6040	0.0285
700	0.0002	0.0152	0.00000102	15968.4182	0.0000003	1.97368E-05	6066.4652	0.0274
800	0.0002	0.0152	0.00000102	18249.6208	0.0000003	1.97368E-05	6841.1397	0.0265
900	0.0003	0.0152	0.00000102	20530.8234	0.0000003	1.97368E-05	7606.1648	0.0257
1000	0.0003	0.0152	0.00000102	22812.0260	0.0000003	1.97368E-05	8362.7184	0.0250

Q (Lt/hr)	Q (m³/s)	Di(3/4") (m)	V (m²/s)	NR= 4Q/πDV	ε (m)	ε/D	NR^0.9	f
500	0.0001	0.0207	0.00000102	8375.4298	0.0000003	1.44928E-05	3393.9575	0.0326
600	0.0002	0.0207	0.00000102	10050.5158	0.0000003	1.44928E-05	3999.1668	0.0310
700	0.0002	0.0207	0.00000102	11725.6018	0.0000003	1.44928E-05	4594.3241	0.0297
800	0.0002	0.0207	0.00000102	13400.6877	0.0000003	1.44928E-05	5181.0094	0.0287
900	0.0003	0.0207	0.00000102	15075.7737	0.0000003	1.44928E-05	5760.3868	0.0278
1000	0.0003	0.0207	0.00000102	16750.8597	0.0000003	1.44928E-05	6333.3486	0.0270

Q (Lt/hr)	Q (m³/s)	Di(1") (m)	V (m²/s)	NR= 4Q/πDV	ε (m)	ε/D	NR^0.9	f
500	0.0001	0.0262	0.00000102	6617.2289	0.0000003	1.14504E-05	2745.4184	0.0348
600	0.0002	0.0262	0.00000102	7940.6747	0.0000003	1.14504E-05	3234.9805	0.0331
700	0.0002	0.0262	0.00000102	9264.1205	0.0000003	1.14504E-05	3716.4113	0.0317
800	0.0002	0.0262	0.00000102	10587.5663	0.0000003	1.14504E-05	4190.9891	0.0305
900	0.0003	0.0262	0.00000102	11911.0121	0.0000003	1.14504E-05	4659.6554	0.0296
1000	0.0003	0.0262	0.00000102	13234.4578	0.0000003	1.14504E-05	5123.1319	0.0287

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 73: VALORES DEL FACTOR DE FRICCIÓN, PARA ACCESORIOS A ROSCA (FIERRO GALVANIZADO)

Q (Lt/hr)	Q (m³/s)	Di(1/2") (m)	V (m²/s)	NR= 4Q/πDV	ε (m)	ε/D	NR^0.9	f
500	0.0001	0.0210	1.02E-06	8255.7808	0.0002	0.0071	3350.2895	0.0420
600	0.0002	0.0210	1.02E-06	9906.9370	0.0002	0.0071	3947.7120	0.0410
700	0.0002	0.0210	1.02E-06	11558.0932	0.0002	0.0071	4535.2118	0.0401
800	0.0002	0.0210	1.02E-06	13209.2493	0.0002	0.0071	5114.3486	0.0395
900	0.0003	0.0210	1.02E-06	14860.4055	0.0002	0.0071	5686.2715	0.0390
1000	0.0003	0.0210	1.02E-06	16511.5617	0.0002	0.0071	6251.8613	0.0386

Q (Lt/hr)	Q (m³/s)	Di(3/4") (m)	V (m²/s)	NR= 4Q/πDV	ε (m)	ε/D	NR^0.9	f
500	0.0001	0.0265	1.02E-06	6542.3169	0.0002	0.0057	2717.4303	0.0420
600	0.0002	0.0265	1.02E-06	7850.7803	0.0002	0.0057	3202.0016	0.0407
700	0.0002	0.0265	1.02E-06	9159.2437	0.0002	0.0057	3678.5245	0.0397
800	0.0002	0.0265	1.02E-06	10467.7070	0.0002	0.0057	4148.2641	0.0389
900	0.0003	0.0265	1.02E-06	11776.1704	0.0002	0.0057	4612.1527	0.0382
1000	0.0003	0.0265	1.02E-06	13084.6338	0.0002	0.0057	5070.9043	0.0377

Q (Lt/hr)	Q (m³/s)	Di(1") (m)	V (m²/s)	NR= 4Q/πDV	ε (m)	ε/D	NR^0.9	f
500	0.0001	0.0330	1.02E-06	5253.6787	0.0002	0.0045	2230.5767	0.0427
600	0.0002	0.0330	1.02E-06	6304.4145	0.0002	0.0045	2628.3324	0.0411
700	0.0002	0.0330	1.02E-06	7355.1502	0.0002	0.0045	3019.4816	0.0399
800	0.0002	0.0330	1.02E-06	8405.8859	0.0002	0.0045	3405.0629	0.0389
900	0.0003	0.0330	1.02E-06	9456.6217	0.0002	0.0045	3785.8414	0.0381
1000	0.0003	0.0330	1.02E-06	10507.3574	0.0002	0.0045	4162.4033	0.0374

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)



TABLA 4. FACTOR DE FROSIÓN F, LONGITUD EQUIVALENTE EN DIÁMETROS DE TUBERÍA LE/D PARA ACCESORIOS DE PVC

CAUDAL (Lt/hr)				500	600	700	800	900	1000	500	600	700	800	900	1000	500	600	700	800	900	1000
TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO (pulg)	ACCESORIO	f	f	f	f	f	f	Le	Le	Le	Le	Le	Le	Le/D	Le/D	Le/D	Le/D	Le/D	Le/D
Rosca	PVC	1/2"	RED 10: Codo 90°	0.0299	0.0285	0.0274	0.0265	0.0257	0.0250	0.6806	0.7338	0.7035	0.7326	0.7694	0.8345	44.7760	48.2791	46.2807	48.1947	50.6190	54.9032
Presión	PVC	1/2"	RED 7: Codo 90°	0.0310	0.0295	0.0284	0.0274	0.0266	0.0259	0.5643	0.6195	0.6242	0.6898	0.7360	0.7572	32.4301	35.6056	35.8727	39.6443	42.2990	43.5160
Mixto	PVC	1/2"	RED 10: Codo 90°	0.0305	0.0290	0.0279	0.0269	0.0261	0.0255	1.6603	1.6649	1.7790	1.8267	1.9487	1.9480	101.8580	102.1412	109.1389	112.0681	119.5544	119.5099
Presión	PVC	1/2"	RED 7: Codo 45°	0.0310	0.0295	0.0284	0.0274	0.0266	0.0259	0.2418	0.2941	0.3001	0.3092	0.3196	0.3222	13.8986	16.9014	17.2465	17.7716	18.3667	18.5174
Presión	PVC	1/2"	RED 7: Unión Simple	0.0310	0.0295	0.0284	0.0274	0.0266	0.0259	0.1344	0.1412	0.1500	0.1427	0.1743	0.1692	7.7215	8.1127	8.6233	8.2023	10.0182	9.7217
Rosca	PVC	1/2"	RED 10: Unión Simple	0.0299	0.0285	0.0274	0.0265	0.0257	0.0250	0.2836	0.2894	0.3241	0.3318	0.3567	0.3558	18.6567	19.0396	21.3203	21.8318	23.4658	23.4105
Mixto	PVC	1/2"	RED 10: Unión	0.0305	0.0290	0.0279	0.0269	0.0261	0.0255	0.5660	0.5779	0.5684	0.6006	0.6790	0.7058	34.7243	35.4540	34.8728	36.8443	41.6566	43.3007
Rosca	PVC	1/2"	RED 10: Unión Universal	0.0299	0.0285	0.0274	0.0265	0.0257	0.0250	0.2978	0.2997	0.3241	0.3318	0.3567	0.3558	19.5895	19.7196	21.3203	21.8318	23.4658	23.4105
Rosca	PVC	3/4"	RED ÚNICA: Codo 90°	0.0326	0.0310	0.0297	0.0287	0.0278	0.0270	0.6224	0.8024	0.8196	0.9753	1.0597	1.2494	30.0685	38.7636	39.5949	47.1171	51.1912	60.3591
Presión	PVC	3/4"	RED 6: Codo 90°	0.0335	0.0318	0.0305	0.0294	0.0285	0.0277	0.5110	0.8477	0.6608	0.6556	0.5487	0.7417	22.3134	37.0175	28.8565	28.6300	23.9616	32.3875
Mixto	PVC	3/4"	RED 15: Codo 90°	0.0330	0.0314	0.0301	0.0290	0.0282	0.0274	1.5194	2.3318	1.9571	1.8906	1.9261	1.9241	69.6981	106.9655	89.7762	86.7263	88.3555	88.2627
Presión	PVC	3/4"	RED 11: Codo 45°	0.0335	0.0318	0.0305	0.0294	0.0285	0.0277	0.2948	0.4310	0.3304	0.3322	0.2779	0.3916	12.8731	18.8224	14.4283	14.5058	12.1364	17.1006
Presión	PVC	3/4"	RED 11: Unión Simple	0.0335	0.0318	0.0305	0.0294	0.0285	0.0277	0.2555	0.2155	0.1652	0.1486	0.1497	0.1365	11.1567	9.4112	7.2141	6.4895	6.5350	5.9593
Rosca	PVC	3/4"	RED 15: Unión Simple	0.0326	0.0310	0.0297	0.0287	0.0278	0.0270	0.1831	0.2675	0.2732	0.2763	0.3091	0.3124	8.8437	12.9212	13.1983	13.3498	14.9308	15.0898
Mixto	PVC	3/4"	RED 15: Unión	0.0330	0.0314	0.0301	0.0290	0.0282	0.0274	0.5318	0.5552	0.6807	0.6752	0.6604	0.6185	24.3943	25.4680	31.2265	30.9737	30.2933	28.3701
Rosca	PVC	3/4"	RED 15: Unión Universal	0.0326	0.0310	0.0297	0.0287	0.0278	0.0270	0.2441	0.2675	0.2732	0.2763	0.3311	0.3307	11.7916	12.9212	13.1983	13.3498	15.9972	15.9774
Presión	PVC	1"	RED 5: Codo 90°	0.0360	0.0342	0.0327	0.0315	0.0305	0.0296	0.3187	0.7004	0.7170	0.8547	0.6975	0.9689	10.8415	23.8235	24.3868	29.0720	23.7258	32.9557
Rosca	PVC	1"	RED ÚNICA: Codo 90°	0.0348	0.0331	0.0317	0.0305	0.0296	0.0287	0.7042	0.8679	0.7283	0.7437	1.0110	1.1005	26.8766	33.1264	27.7964	28.3856	38.5894	42.0048
Presión	PVC	1"	RED 5: Codo 45°	0.0360	0.0342	0.0327	0.0315	0.0305	0.0296	0.0000	0.0000	0.2151	0.3704	0.3488	0.3876	0.0000	0.0000	7.3160	12.5978	11.8629	13.1823
Mixto	PVC	1"	RED 13: Unión	0.0354	0.0336	0.0322	0.0310	0.0300	0.0292	0.6164	0.6943	0.6927	0.6350	0.7772	0.8490	22.1727	24.9751	24.9176	22.8430	27.9563	30.5411
Rosca	PVC	1"	RED 13: Unión Simple	0.0348	0.0331	0.0317	0.0305	0.0296	0.0287	0.3706	0.2983	0.3121	0.2975	0.2696	0.3369	14.1456	11.3872	11.9127	11.3542	10.2905	12.8586
Rosca	PVC	1"	RED 13: Unión Universal	0.0348	0.0331	0.0317	0.0305	0.0296	0.0287	0.1112	0.2441	0.3121	0.3636	0.4314	0.3930	4.2437	9.3168	11.9127	13.8774	16.4648	15.0017
Presión	PVC	1"	RED 5: Unión Simple	0.0360	0.0342	0.0327	0.0315	0.0305	0.0296	0.0000	0.0000	0.2509	0.4274	0.3488	0.2907	0.0000	0.0000	8.5354	14.5360	11.8629	9.8867

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)



TABLA 75. FACTOR DE FRICCION F, LONGITUD EQUIVALENTE EN DIAMETROS DE TUBERIA LE/D PARA ACCESORIOS DE PIERRO GALVANIZADO

CAUDAL (Lt/hr)				500	600	700	800	900	1000	500	600	700	800	900	1000
TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO (pulg)	ACCESORIO	f	f	f	f	f	f	Le	Le	Le	Le	Le	Le
Rosca	FG	1/2"	RED 1: Codo 90°	0.0420	0.0410	0.0401	0.0395	0.0390	0.0386	1.9807	2.0635	2.1165	2.1531	2.1897	2.0336
Rosca	FG	1/2"	RED 1: Codo 45°	0.0420	0.0410	0.0401	0.0395	0.0390	0.0386	1.9807	2.1287	1.9537	1.9631	2.1796	1.9506
Rosca	FG	1/2"	RED 1: Unión simple	0.0420	0.0410	0.0401	0.0395	0.0390	0.0386	0.9142	0.8688	0.8955	0.8232	0.8617	0.8301
Rosca	FG	1/2"	RED 1: Unión Universal	0.0420	0.0410	0.0401	0.0395	0.0390	0.0386	0.9142	0.9557	0.9280	0.9752	0.9935	0.9712
Rosca	FG	3/4"	RED1: Codo 90°	0.0420	0.0407	0.0397	0.0389	0.0382	0.0377	1.4628	1.3991	1.3178	1.4414	1.3897	1.3590
Rosca	FG	3/4"	RED1: Codo 45°	0.0420	0.0407	0.0397	0.0389	0.0382	0.0377	0.9752	1.3991	1.3178	1.4414	1.3235	1.3590
Rosca	FG	3/4"	RED 1: Unión Universal	0.0420	0.0407	0.0397	0.0389	0.0382	0.0377	0.8777	0.6996	0.9839	0.9472	0.9044	0.9332
Rosca	FG	3/4"	RED 1: Unión Simple	0.0420	0.0407	0.0397	0.0389	0.0382	0.0377	0.4876	0.6996	0.5974	0.5491	0.4963	0.5436
Rosca	FG	1"	RED 4: Codo 90°	0.0427	0.0411	0.0399	0.0389	0.0381	0.0374	1.4380	1.3836	1.0477	1.6442	1.9889	1.7758
Rosca	FG	1"	RED 4: Codo 45°	0.0427	0.0411	0.0399	0.0389	0.0381	0.0374	1.4380	1.0377	1.0477	0.8221	0.8287	0.9562
Rosca	FG	1"	RED 4: Unión Simple	0.0427	0.0411	0.0399	0.0389	0.0381	0.0374	0.7669	0.8993	0.7334	0.6166	0.5304	0.4644
Rosca	FG	1"	RED 1: Unión Universal	0.0427	0.0411	0.0399	0.0389	0.0381	0.0374	1.4380	1.1069	0.8906	0.7399	0.6298	0.8196
Rosca	FG	1"-3/4"	RED 3: Reducción Campana	0.0424	0.0409	0.0398	0.0389	0.0382	0.0376	2.5578	2.2084	2.9192	3.0476	3.0664	2.8113
Rosca	FG	3/4"-1/2"	RED 3: Reducción Campana	0.0420	0.0408	0.0399	0.0392	0.0386	0.0381	3.2133	3.2993	3.4181	3.6243	3.8475	3.8136
Rosca	FG	1"-1/2"	RED 3: Reducción Campana	0.0424	0.0410	0.0400	0.0392	0.0386	0.0380	4.6764	5.9096	5.3908	5.4525	6.0044	3.3537
Rosca	FG	1/2"-1"	RED 3: Ampliación Campana	0.0424	0.0410	0.0400	0.0392	0.0386	0.0380	0.5567	0.4792	0.6618	0.7521	0.6420	0.7755
Rosca	FG	1/2"-3/4"	RED 3: Ampliación Campana	0.0420	0.0408	0.0399	0.0392	0.0386	0.0381	0.7415	0.9427	0.8678	0.9665	1.0795	1.1123
Rosca	FG	3/4"-1"	RED 3: Ampliación Campana	0.0424	0.0409	0.0398	0.0389	0.0382	0.0376	0.7673	0.7361	0.6951	0.6531	0.7885	0.8650

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)



TABLA 76: FACTOR DE FRICCIÓN “f”, LONGITUD EQUIVALENTE “Le” PARA ACCESORIOS TEES DE PVC Y FIERRO GALVANIZADO

CAUDAL (Lt/hr)				1000	900	800	700	600	500	1000		900		800		700		600		500	
TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO (pulg)	ACCESORIO	f	f	f	f	f	f	Le											
										(Paso Directo)	(Paso Lateral)										
Presión	PVC	1/2"	Tee	0.0259	0.0266	0.0274	0.0284	0.0295	0.0310	0.2175	0.6525	0.2034	0.6101	0.1546	0.5352	0.1801	0.5402	0.1765	0.5294	0.1612	0.4837
Rosca	FG	1/2"	Tee	0.0386	0.0390	0.0395	0.0401	0.0410	0.0420	0.6474	2.1858	0.5914	2.3317	0.5910	2.1531	0.5698	2.2544	0.6516	2.2445	0.6094	1.9807
Rosca	PVC	1/2"	Tee	0.0250	0.0257	0.0265	0.0274	0.0285	0.0299	0.2033	0.7625	0.2099	0.7490	0.2129	0.6762	0.2055	0.5691	0.2171	0.5891	0.1872	0.6381
Rosca	FG	3/4"	Tee	0.0377	0.0382	0.0389	0.0397	0.0407	0.0420	0.5164	2.3102	0.5625	2.6691	0.6864	2.6769	0.7907	2.7234	0.9328	2.5651	0.9752	2.6006
Presión	PVC	3/4"	Tee	0.0277	0.0285	0.0294	0.0305	0.0318	0.0335	0.2077	0.7120	0.2138	0.7483	0.2185	0.7868	0.2203	0.7159	0.2155	0.4310	0.1769	0.3931
Rosca	PVC	3/4"	Tee	0.0270	0.0278	0.0287	0.0297	0.0310	0.0326	0.2756	0.8820	0.2649	0.8610	0.2438	0.8940	0.2527	0.8264	0.2675	0.8024	0.1831	0.6590
Rosca	PVC	1"	Tee	0.0287	0.0296	0.0305	0.0317	0.0331	0.0348	0.3369	0.7861	0.3505	0.8088	0.2479	0.7437	0.2705	0.7907	0.1899	0.8137	0.1112	0.5559
Presión	PVC	1"	Tee	0.0296	0.0305	0.0315	0.0327	0.0342	0.0360	0.3100	0.8720	0.3488	0.8138	0.2564	0.8547	0.2509	0.5377	0.1868	0.6070	0.0637	0.7012
Rosca	FG	1"	Tee	0.0287	0.0296	0.0305	0.0317	0.0331	0.0348	1.0680	2.4919	0.9401	2.7777	1.0478	2.5147	1.1873	2.9682	1.0317	2.1495	0.2350	1.7623

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)



TABLA 77: LONGITUD EQUIVALENTE EN DIÁMETRO DE TUBERÍA “Le/D” PARA TEES DE PVC Y FIERRO GALVANIZADO

CAUDAL (Lt/hr)				1000		900		800		700		600		500	
TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO (pulg)	ACCESORIO	Le/D											
				(Paso Directo)	(Paso Lateral)										
Presión	PVC	1/2"	Tee	12.4993	37.4978	11.6879	35.0636	8.8858	30.7585	10.3479	31.0437	10.1408	30.4225	9.2657	27.7972
Rosca	FG	1/2"	Tee	30.8308	104.0870	28.1601	111.0311	28.1447	102.5270	27.1352	107.3522	31.0299	106.8809	29.0207	94.3172
Rosca	PVC	1/2"	Tee	13.3774	50.1653	13.8113	49.2781	14.0053	44.4874	13.5202	37.4405	14.2797	38.7593	12.3134	41.9775
Rosca	FG	3/4"	Tee	19.4871	87.1791	21.2259	100.7191	25.9012	101.0147	29.8361	102.7689	35.1986	96.7962	36.8006	98.1349
Presión	PVC	3/4"	Tee	9.0685	31.0920	9.3357	32.6749	9.5433	34.3560	9.6188	31.2612	9.4112	18.8224	7.7239	17.1642
Rosca	PVC	3/4"	Tee	13.3145	42.6064	12.7978	41.5928	11.7793	43.1907	12.2084	39.9248	12.9212	38.7636	8.8437	31.8372
Rosca	PVC	1"	Tee	12.8586	30.0034	13.3777	30.8715	9.4619	28.3856	10.3244	30.1789	7.2464	31.0560	4.2437	21.2184
Presión	PVC	1"	Tee	10.5458	29.6601	11.8629	27.6800	8.7216	29.0720	8.5354	18.2901	6.3529	20.6470	2.1683	23.8513
Rosca	FG	1"	Tee	32.3627	75.5129	28.4892	84.1726	31.7517	76.2040	35.9785	89.9463	31.2649	65.1351	7.1203	53.4026

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

- Con los datos resultantes de los cuadros anteriores sobre el valor de “Le/D” por caudal, se obtuvo el promedio aritmético de ellos, para así obtener el valor recomendado de “Le/D” para cada accesorios de agua de PVC y FIERRO GALVANIZADO.

TABLA 78: VALORES RECOMENDADOS DE LA LONGITUD EQUIVALENTE EN DIÁMETROS DE TUBERÍA “Le/D” PARA ACCESORIOS DE PVC

TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO (pulg)	ACCESORIO	RECOMENDADO Le/D
Rosca	PVC	1/2"	RED 10: Codo 90°	48.8421
Presión	PVC	1/2"	RED 7: Codo 90°	38.2280
Mixto	PVC	1/2"	RED 10: Codo 90°	110.7117
Presión	PVC	1/2"	RED 7: Codo 45°	17.1170
Presión	PVC	1/2"	RED 7: Unión Simple	8.7332
Rosca	PVC	1/2"	RED 10: Unión Simple	21.2874
Mixto	PVC	1/2"	RED 10: Unión	37.8088
Rosca	PVC	1/2"	RED 10: Unión Universal	21.5562
Rosca	PVC	3/4"	RED ÚNICA: Codo 90°	44.5157
Presión	PVC	3/4"	RED 6: Codo 90°	28.8611
Mixto	PVC	3/4"	RED 15: Codo 90°	88.2974
Presión	PVC	3/4"	RED 11: Codo 45°	14.9778
Presión	PVC	3/4"	RED 11: Unión Simple	7.7943
Rosca	PVC	3/4"	RED 15: Unión Simple	13.0556
Mixto	PVC	3/4"	RED 15: Unión	28.4543
Rosca	PVC	3/4"	RED 15: Unión Universal	13.8726
Presión	PVC	1"	RED 5: Codo 90°	24.1342
Rosca	PVC	1"	RED ÚNICA: Codo 90°	32.7965
Presión	PVC	1"	RED 5: Codo 45°	7.4932
Mixto	PVC	1"	RED 13: Unión	25.5676
Rosca	PVC	1"	RED 13: Unión Simple	11.9915
Rosca	PVC	1"	RED 13: Unión Universal	11.8029
Presión	PVC	1"	RED 5: Unión Simple	7.4702

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

**COMENTARIO:**

- ✓ El “Le/D” se describe como la longitud a la que es equivalente un determinado accesorio en metros de tubería del mismo diámetro.

- ✓ Los valores de “Le/D” de accesorios de PVC, son menores en los accesorios a presión, seguidos por los accesorios a rosca y con valores mayores de “Le/D” se encuentran los accesorios mixtos.
- ✓ Comparando los codos de PVC, los codos de 45° poseen menor valor de “Le/D”, comparado con el codo de 90°, que por su geometría posee un mayor valor de “Le/D”.
- ✓ Las uniones universales de PVC poseen igual o mayor valor de “Le/D” que las uniones a rosca del mismo material, debido a tienen similar empalme y similar área de contacto con el fluido

TABLA 79: VALORES RECOMENDADOS DE LA LONGITUD EQUIVALENTE EN DIÁMETROS DE TUBERÍA “Le/D” PARA ACCESORIOS DE FIERRO GALVANIZADO

TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO (pulg)	ACCESORIO	RECOMENDADO Le/D
Rosca	FG	1/2"	RED 1: Codo 90°	99.5011
Rosca	FG	1/2"	RED 1: Codo 45°	96.4792
Rosca	FG	1/2"	RED 1: Unión simple	41.2178
Rosca	FG	1/2"	RED 1: Unión Universal	45.5379
Rosca	FG	3/4"	RED1: Codo 90°	52.6401
Rosca	FG	3/4"	RED1: Codo 45°	49.1572
Rosca	FG	3/4"	RED 1: Unión Universal	33.6223
Rosca	FG	3/4"	RED 1: Unión Simple	21.2174
Rosca	FG	1"	RED 4: Codo 90°	46.8596
Rosca	FG	1"	RED 4: Codo 45°	30.9616
Rosca	FG	1"	RED 4: Unión Simple	20.2578
Rosca	FG	1"	RED 1: Unión Universal	28.4076
Rosca	FG	1"-3/4"	RED 3: Reducción Campana	93.0577
Rosca	FG	3/4"-1/2"	RED 3: Reducción Campana	148.8841
Rosca	FG	1"-1/2"	RED 3: Reducción Campana	190.0456
Rosca	FG	1/2"-1"	RED 3: Ampliación Campana	23.8718
Rosca	FG	1/2"-3/4"	RED 3: Ampliación Campana	40.0720
Rosca	FG	3/4"-1"	RED 3: Ampliación Campana	25.2388

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

**COMENTARIO:**

- ✓ El “Le/D” es inversamente proporcional al diámetro y directamente proporcional al coeficiente de resistencia “k”.



- ✓ Comparando los codos de FIERRO GALVANIZADO, el codo de 45° poseen menor valor de “Le/D”, comparado con el codo de 90°, que por su geometría posee un mayor valor de “Le/D”.
- ✓ Comparando las uniones de FIERRO GALVANIZADO, la unión simple a rosca a comparación con la unión universal, poseen menor valor de “Le/D”.
- ✓ Las reducciones de FIERRO GALVANIZADO, poseen mayor valor de “Le/D”, a comparación de las ampliaciones de FIERRO GALVANIZADO, debido a la reducción de diámetros al que está sometido el flujo.

TABLA 80: VALORES RECOMENDADOS DE LA LONGITUD EQUIVALENTE EN DIÁMETROS DE TUBERÍA “Le/D” PARA ACCESORIOS TEES DE PVC Y FIERRO GALVANIZADO

TIPO	MATERIAL	DIÁMETRO (pulg)	ACCESORIO	RECOMENDADO	
				Le/D (Paso Directo)	Le/D (Paso Lateral)
Presión	PVC	1/2"	Tee	10.4712	32.0972
Rosca	FG	1/2"	Tee	29.0536	104.3659
Rosca	PVC	1/2"	Tee	13.5512	43.6847
Rosca	FG	3/4"	Tee	28.0749	97.7688
Presión	PVC	3/4"	Tee	9.1169	27.5618
Rosca	PVC	3/4"	Tee	11.9775	39.6526
Rosca	PVC	1"	Tee	9.5854	28.6190
Presión	PVC	1"	Tee	8.0311	24.8667
Rosca	FG	1"	Tee	27.8279	74.0622

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

**COMENTARIO:**

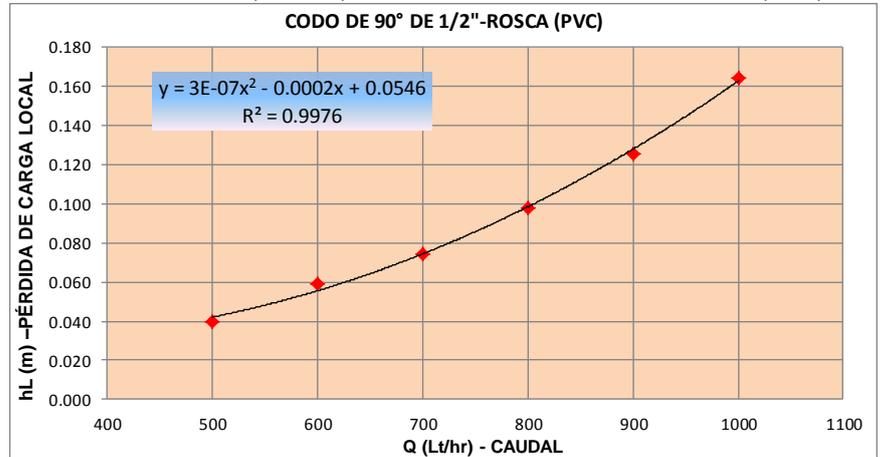
- ✓ El “Le/D” se describe como la longitud a la que es equivalente un determinado accesorio en metros de tubería del mismo diámetro.
- ✓ Los valores de “Le/D” de los accesorios de PVC de los accesorios a rosca son mayores, comparados con los accesorios a presión.

## 4.6 ÁBACOS (Q VS HL)

### 4.6.1 ÁBACOS PARA ACCESORIOS DE AGUA DE 1/2" (PVC)

TABLA 81: ÁBACO (Q vs hL) DEL CODO DE 90° DE 1/2"-ROSCA (PVC)

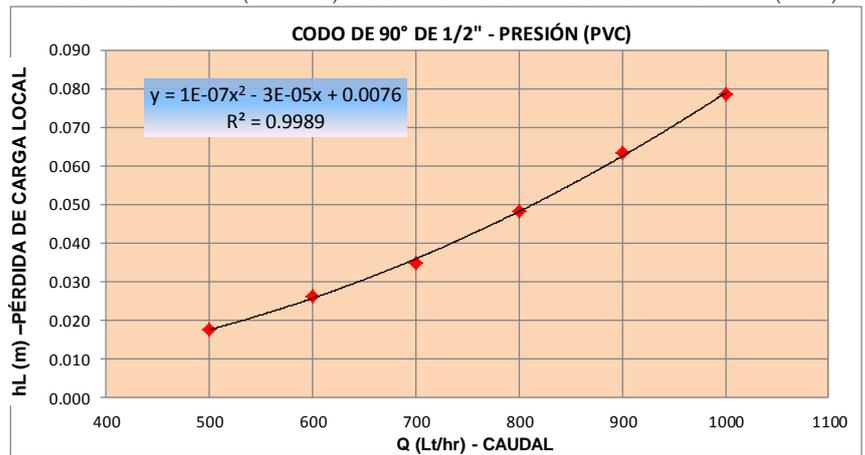
1/2"	CODO DE 90° (PVC)	
	hL (m)	Q (Lt/hr)
ROSCA	0.04	500
	0.06	600
	0.07	700
	0.10	800
	0.13	900
	0.16	1000



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 82: ÁBACO (Q vs hL) DEL CODO DE 90° DE 1/2"-PRESIÓN (PVC)

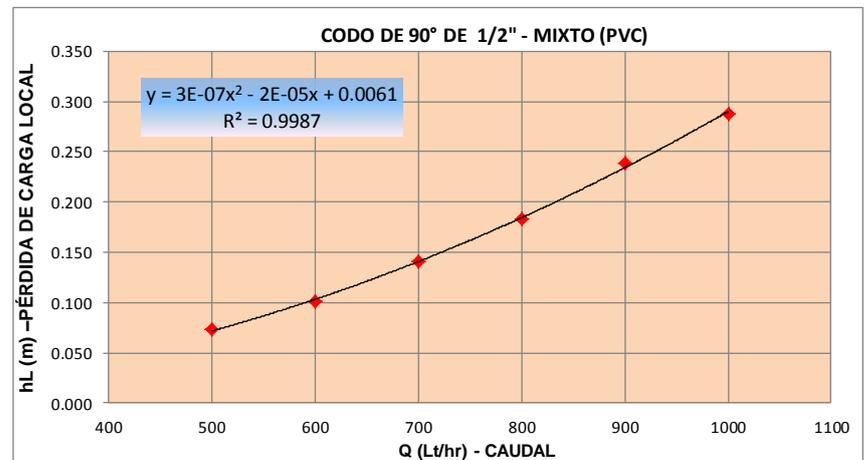
1/2"	CODO DE 90° (PVC)	
	hL (m)	Q (Lt/hr)
PRESIÓN	0.018	500
	0.026	600
	0.035	700
	0.048	800
	0.063	900
	0.078	1000



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 83: ÁBACO (Q vs hL) DEL CODO DE 90° DE 1/2"-MIXTO (PVC)

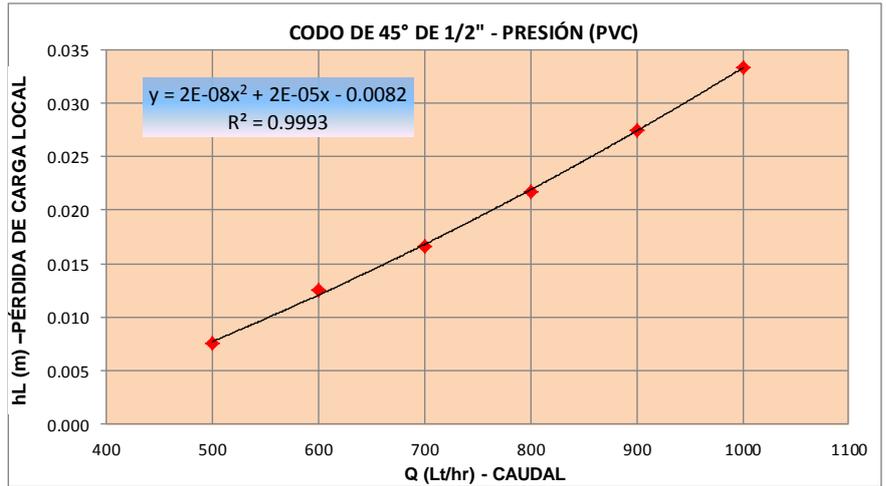
1/2"	CODO DE 90° (PVC)	
	hL (m)	Q (Lt/hr)
MIXTO	0.073	500
	0.101	600
	0.141	700
	0.183	800
	0.239	900
	0.288	1000



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 84: ÁBACO (Q vs hL) DEL CODO DE 45° DE 1/2"-PRESIÓN (PVC)

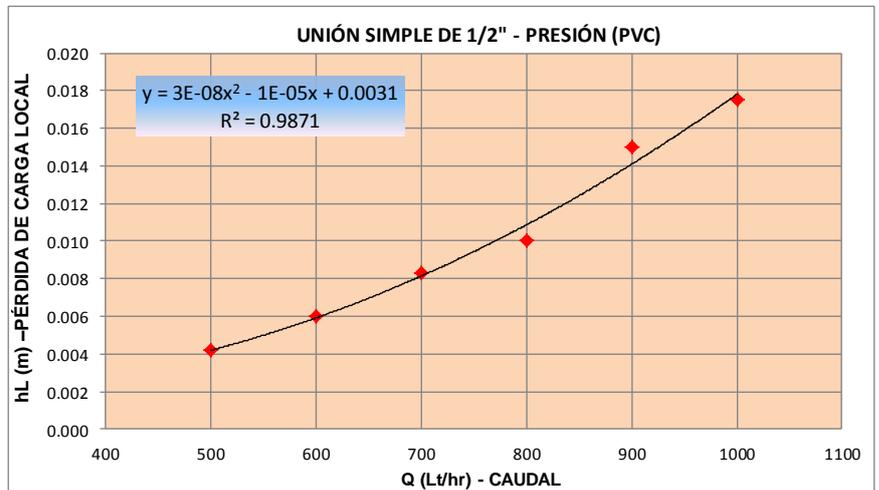
1/2"	CODO DE 45° (PVC)	
	hL (m)	Q (Lt/hr)
P R E S I O N	0.008	500
	0.013	600
	0.017	700
	0.022	800
	0.028	900
	0.033	1000



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 85: ÁBACO (Q vs hL) DE LA UNIÓN SIMPLE DE 1/2"-PRESIÓN (PVC)

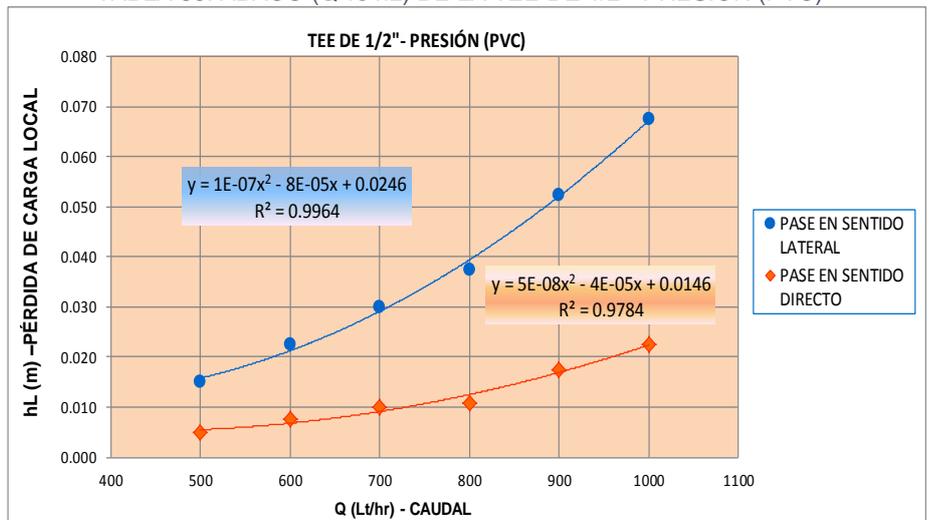
1/2"	UNIÓN SIMPLE (PVC)	
	hL (m)	Q (Lt/hr)
P R E S I O N	0.004	500
	0.006	600
	0.008	700
	0.010	800
	0.015	900
	0.018	1000



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 86: ÁBACO (Q vs hL) DE LA TEE DE 1/2"-PRESIÓN (PVC)

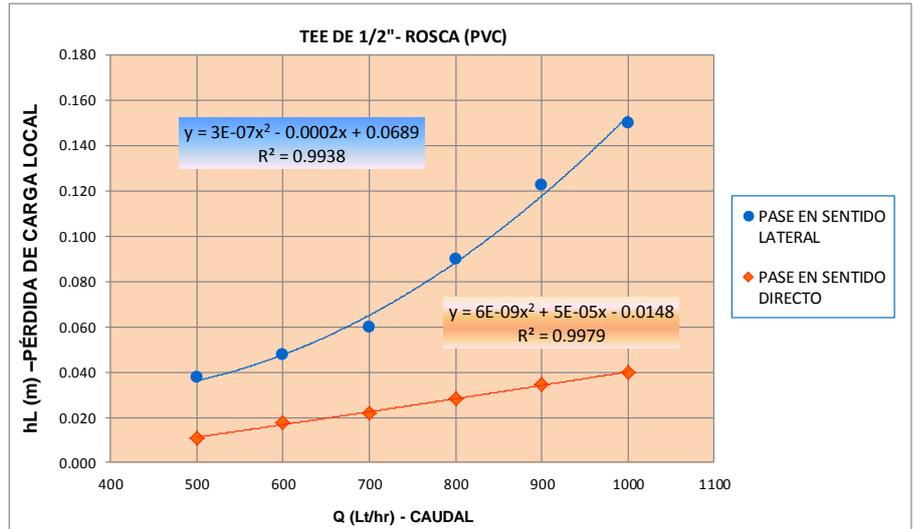
1/2"	TEE (PVC)		
	hL (m)	hL (m)	Q (Lt/hr)
	Paso Directo	Paso Lateral	
P R E S I O N	0.005	0.015	500
	0.008	0.023	600
	0.010	0.030	700
	0.011	0.038	800
	0.018	0.053	900
	0.023	0.068	1000



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 87: ÁBACO (Q vs hL) DE LA TEE DE 1/2"-ROSCA (PVC)

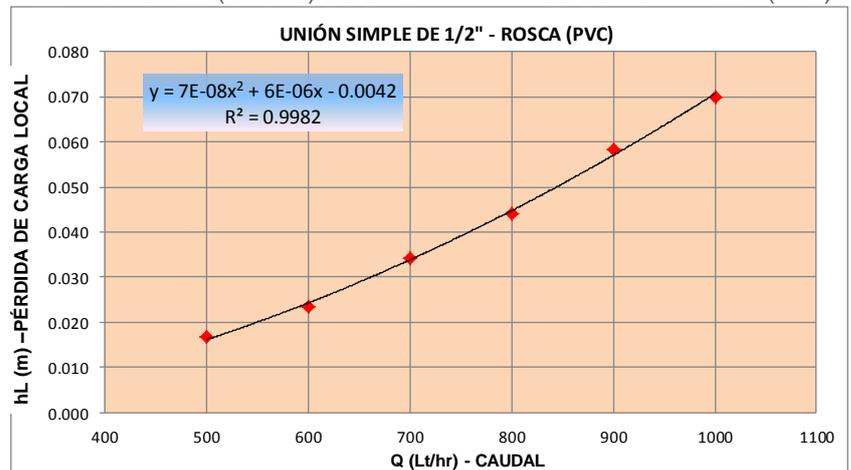
1/2"	TEE (PVC)		
	hL (m) Paso Directo	hL (m) Paso Lateral	Q (Lt/hr)
ROSCA	0.011	0.038	500
	0.018	0.048	600
	0.022	0.060	700
	0.028	0.090	800
	0.034	0.123	900
	0.040	0.150	1000



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 88: ÁBACO (Q vs hL) DE LA UNIÓN SIMPLE DE 1/2"-ROSCA (PVC)

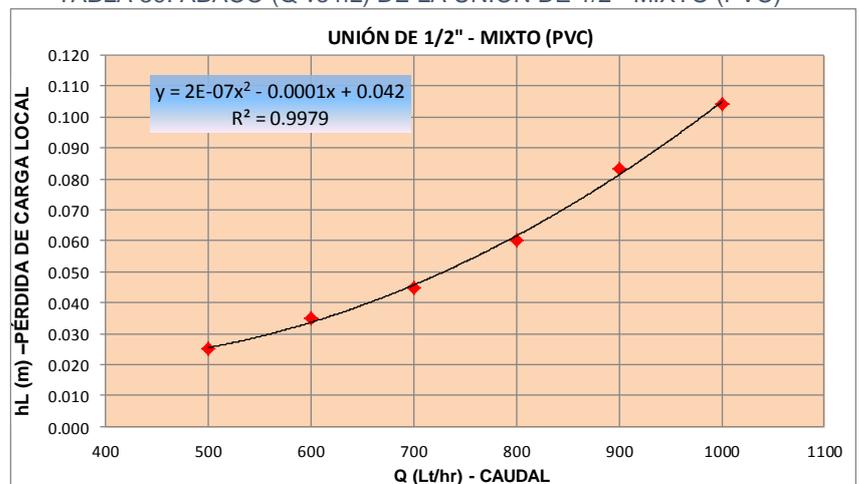
1/2"	UNIÓN SIMPLE (PVC)	
	hL (m)	Q (Lt/hr)
ROSCA	0.017	500
	0.023	600
	0.034	700
	0.044	800
	0.058	900
	0.070	1000



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 89: ÁBACO (Q vs hL) DE LA UNIÓN DE 1/2"-MIXTO (PVC)

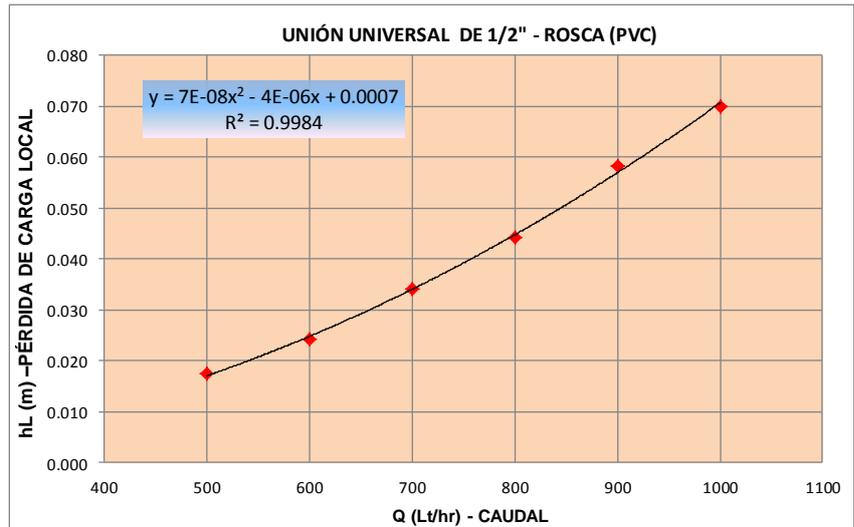
1/2"	UNIÓN (PVC)	
	hL (m)	Q (Lt/hr)
MIXTO	0.025	500
	0.035	600
	0.045	700
	0.060	800
	0.083	900
	0.104	1000



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 90: ÁBACO (Q vs hL) DE LA UNIÓN UNIVERSAL DE 1/2" (PVC)

1/2"	UNIÓN UNIVERSAL (PVC)	
	hL (m)	Q (Lt/hr)
R O S C A	0.018	500
	0.024	600
	0.034	700
	0.044	800
	0.058	900
	0.070	1000

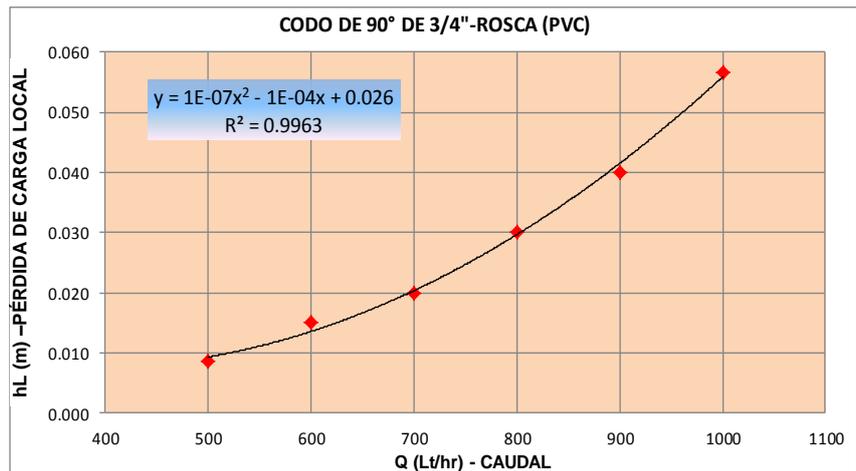


FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

### 4.6.2 ÁBACOS PARA ACCESORIOS DE AGUA DE 3/4" (PVC)

TABLA 91: ÁBACO (Q vs hL) DEL CODO DE 90° DE 3/4"-ROSCA (PVC)

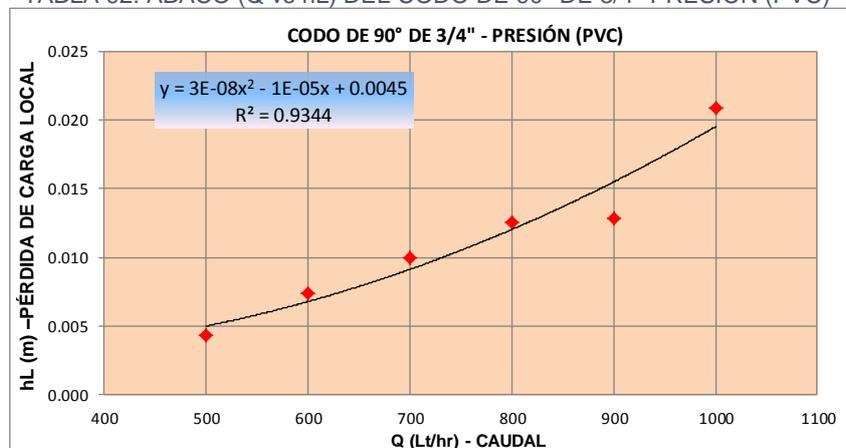
3/4"	CODO DE 90° (PVC)	
	hL (m)	Q (Lt/hr)
R O S C A	0.009	500
	0.015	600
	0.020	700
	0.030	800
	0.040	900
	0.057	1000



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 92: ÁBACO (Q vs hL) DEL CODO DE 90° DE 3/4"-PRESIÓN (PVC)

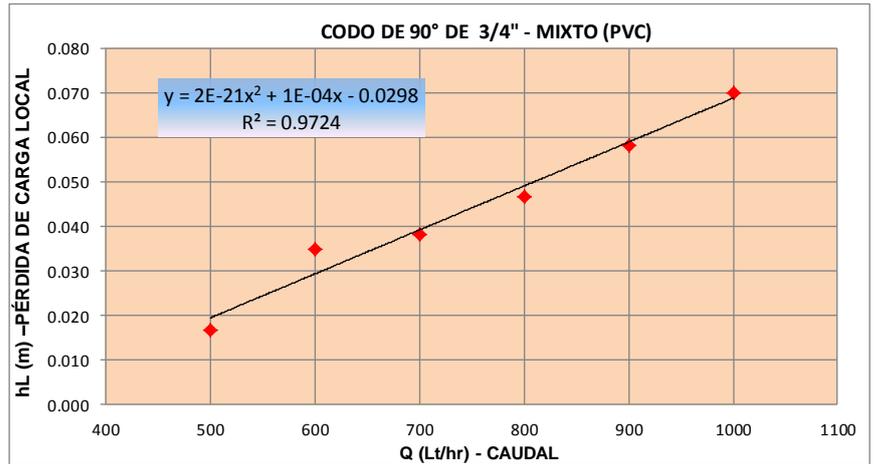
3/4"	CODO DE 90° (PVC)	
	hL (m)	Q (Lt/hr)
P R E S I O N	0.004	500
	0.007	600
	0.010	700
	0.013	800
	0.013	900
	0.021	1000



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

3/4"	CODO DE 90° (PVC)	
	hL (m)	Q (Lt/hr)
MIXTO	0.017	500
	0.035	600
	0.038	700
	0.047	800
	0.058	900
	0.070	1000

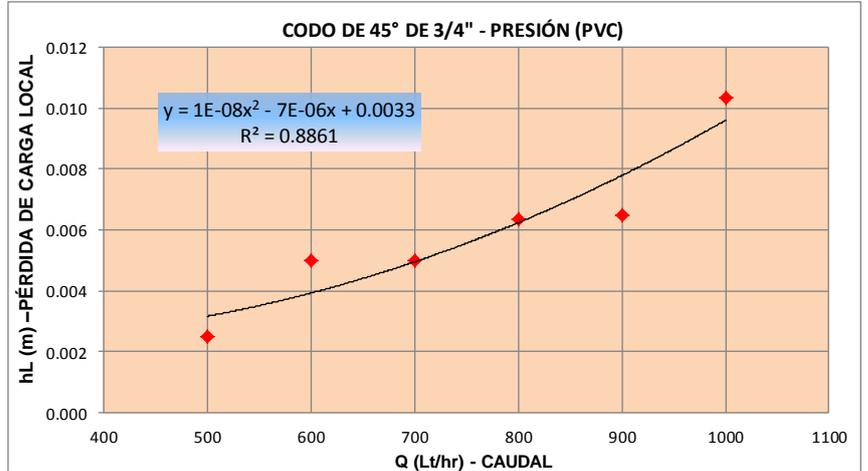
TABLA 93: ÁBACO (Q vs hL) DEL CODO DE 90° DE 3/4"-MIXTO (PVC)



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

3/4"	CODO DE 45° (PVC)	
	hL (m)	Q (Lt/hr)
PRESIÓN	0.003	500
	0.005	600
	0.005	700
	0.006	800
	0.007	900
	0.010	1000

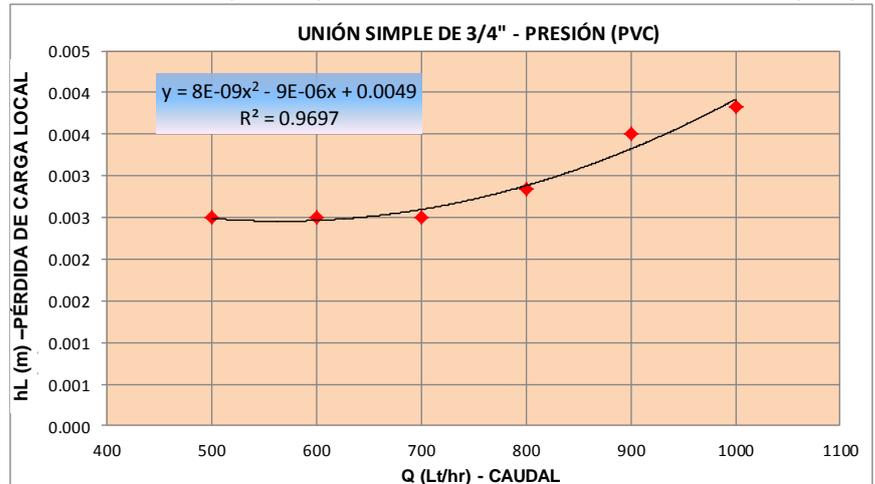
TABLA 94: ÁBACO (Q vs hL) DEL CODO DE 45° DE 3/4"-PRESIÓN (PVC)



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

3/4"	UNIÓN SIMPLE (PVC)	
	hL (m)	Q (Lt/hr)
PRESIÓN	0.003	500
	0.003	600
	0.003	700
	0.003	800
	0.004	900
	0.004	1000

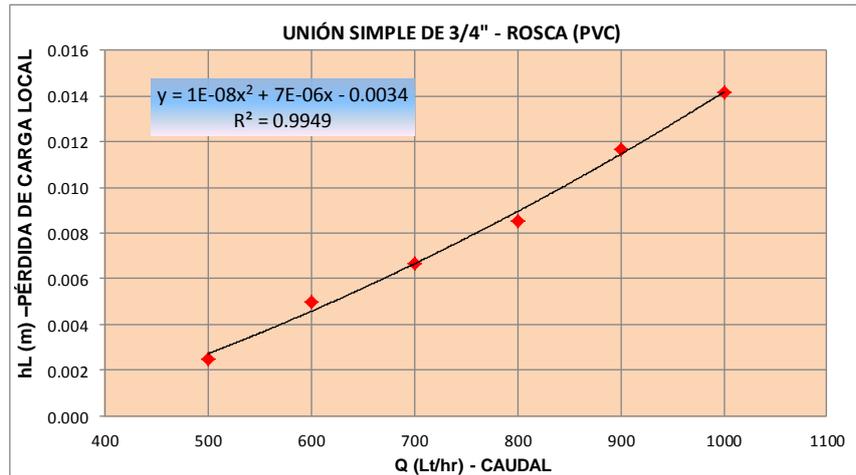
TABLA 95: ÁBACO (Q vs hL) DE LA UNIÓN SIMPLE DE 3/4"-PRESIÓN (PVC)



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 96: ÁBACO (Q vs hL) DE LA UNIÓN SIMPLE DE 3/4"-ROSCA (PVC)

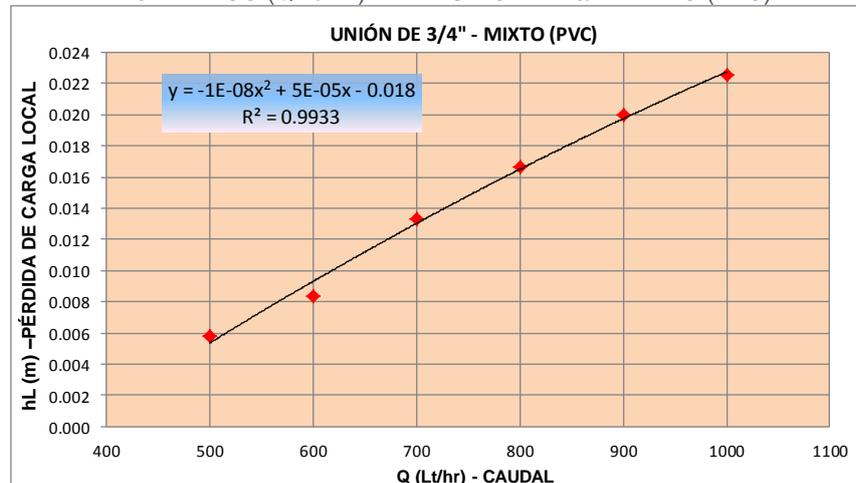
3/4"	UNIÓN SIMPLE (PVC)	
	hL (m)	Q (Lt/hr)
R O S C A	0.003	500
	0.005	600
	0.007	700
	0.009	800
	0.012	900
	0.014	1000



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 97: ÁBACO (Q vs hL) DE LA UNIÓN DE 3/4"-MIXTO (PVC)

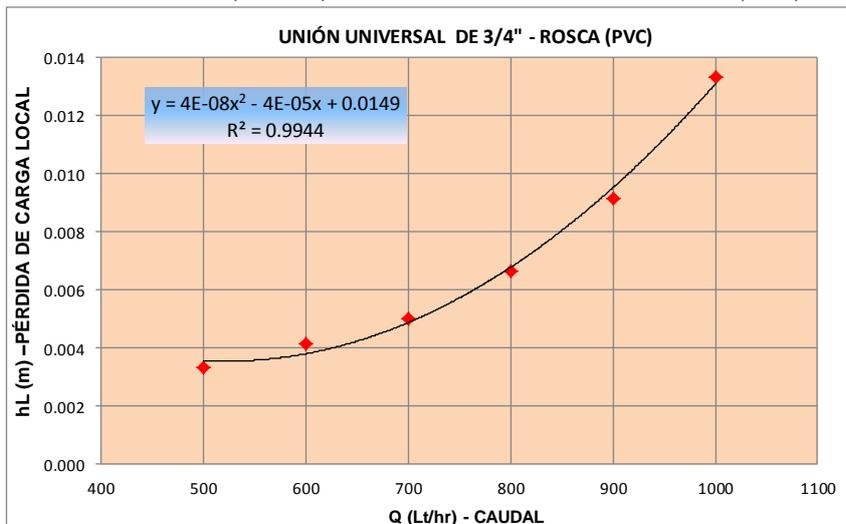
3/4"	UNIÓN (PVC)	
	hL (m)	Q (Lt/hr)
M I X T O	0.006	500
	0.008	600
	0.013	700
	0.017	800
	0.020	900
	0.023	1000



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 98: ÁBACO (Q vs hL) DE LA UNIÓN UNIVERSAL DE 3/4"- (PVC)

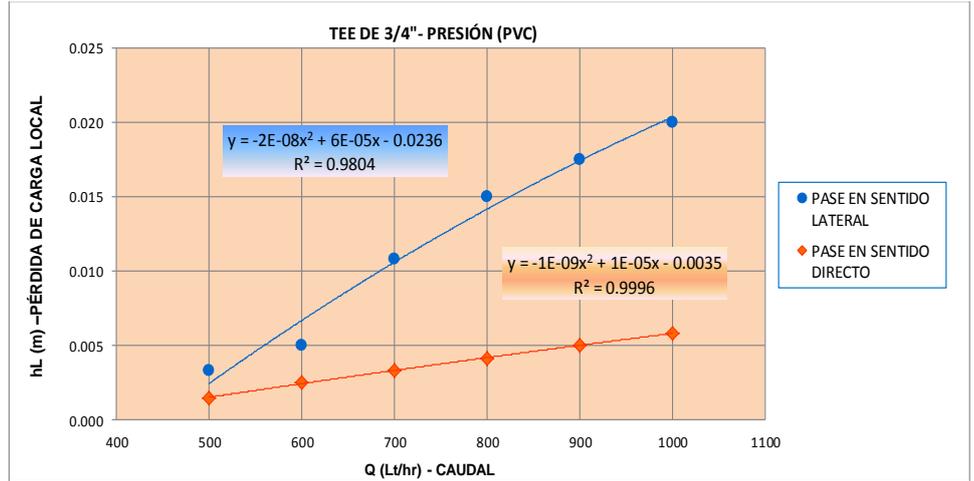
3/4"	UNIÓN UNIVERSAL (PVC)	
	hL (m)	Q (Lt/hr)
R O S C A	0.003	500
	0.004	600
	0.005	700
	0.007	800
	0.009	900
	0.013	1000



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 99: ÁBACO (Q vs hL) DE LA TEE DE 3/4"- PRESIÓN (PVC)

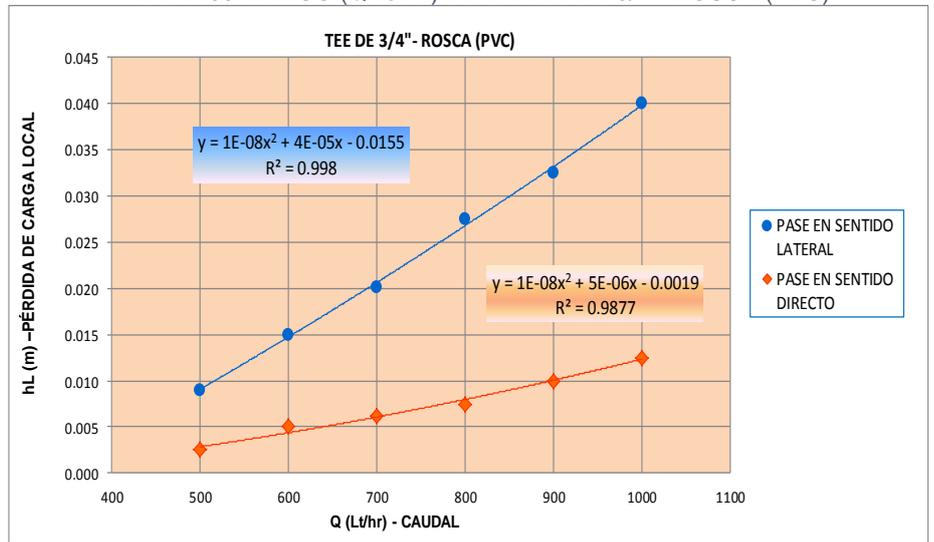
3/4"	TEE (PVC)		
	hL (m) Paso Directo	hL (m) Paso Lateral	Q (Lt/hr)
PRESIÓN	0.002	0.003	500
	0.003	0.005	600
	0.003	0.011	700
	0.004	0.015	800
	0.005	0.018	900
	0.006	0.020	1000



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 100: ÁBACO (Q vs hL) DE LA TEE DE 3/4"- ROSCA (PVC)

3/4"	TEE (PVC)		
	hL (m) Paso Directo	hL (m) Paso Lateral	Q (Lt/hr)
ROSCA	0.003	0.009	500
	0.005	0.015	600
	0.006	0.020	700
	0.008	0.028	800
	0.010	0.033	900
	0.013	0.040	1000

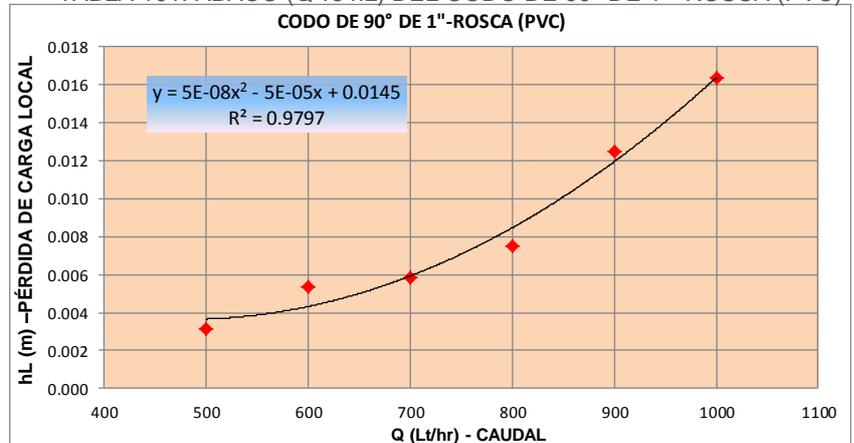


FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

#### 4.6.3 ÁBACOS PARA ACCESORIOS DE AGUA DE 1" (PVC)

TABLA 101: ÁBACO (Q vs hL) DEL CODO DE 90° DE 1"- ROSCA (PVC)

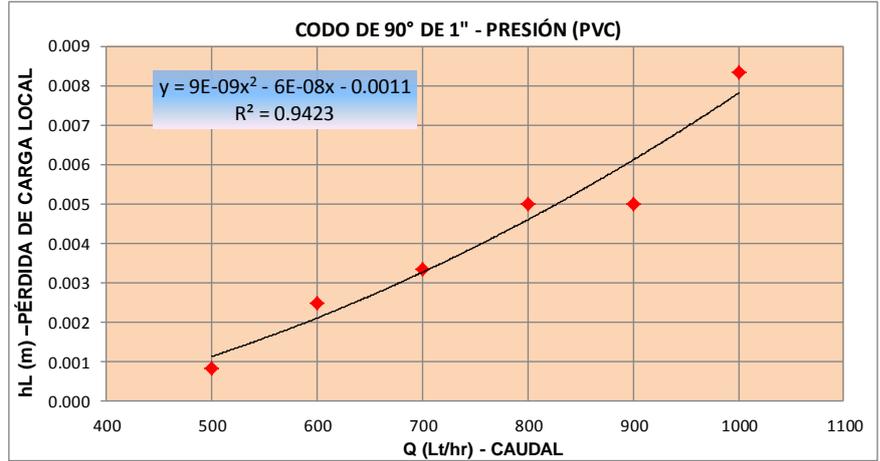
1"	CODO DE 90° (PVC)	
	hL (m)	Q (Lt/hr)
ROSCA	0.003	500
	0.005	600
	0.006	700
	0.008	800
	0.013	900
	0.016	1000



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 102: ÁBACO (Q vs hL) DEL CODO DE 90° DE 1"- PRESIÓN (PVC)

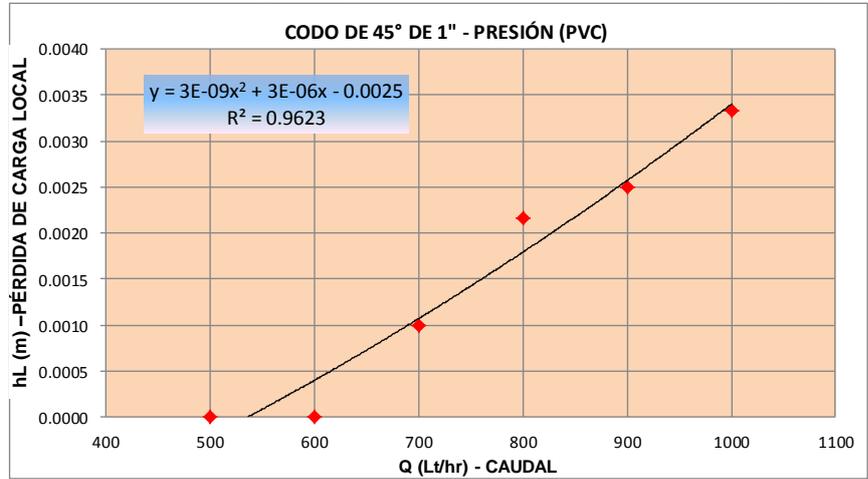
1"	CODO DE 90° (PVC)	
	hL (m)	Q (Lt/hr)
P R E S I Ó N	0.001	500
	0.003	600
	0.003	700
	0.005	800
	0.005	900
	0.008	1000



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 103: ÁBACO (Q vs hL) DEL CODO DE 45° DE 1"- PRESIÓN (PVC)

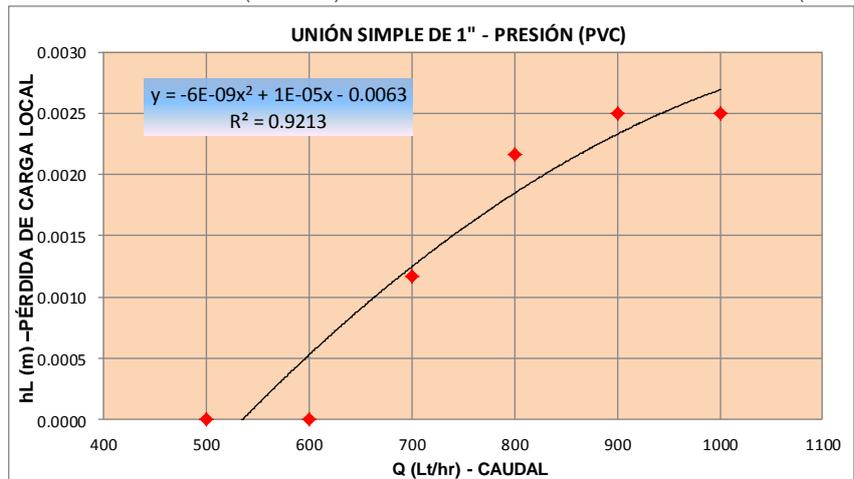
1"	CODO DE 45° (PVC)	
	hL (m)	Q (Lt/hr)
P R E S I Ó N	0.000	500
	0.000	600
	0.001	700
	0.002	800
	0.003	900
	0.003	1000



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 104: ÁBACO (Q vs hL) DE LA UNIÓN SIMPLE DE 1"- PRESIÓN (PVC)

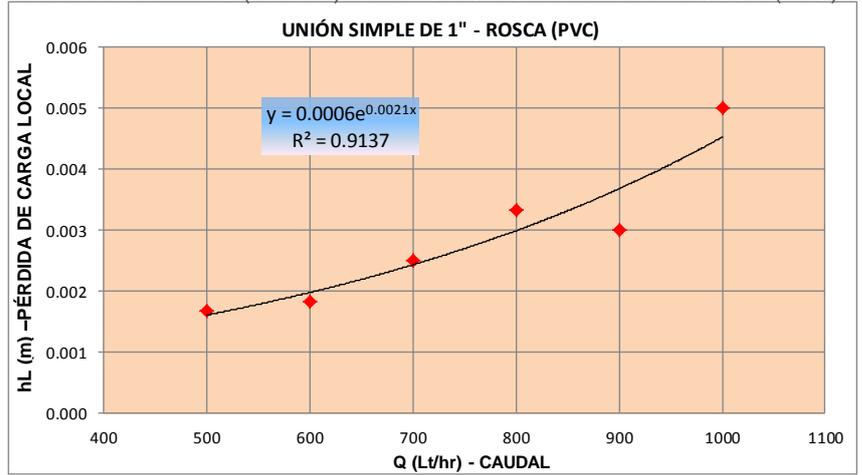
1"	UNIÓN SIMPLE (PVC)	
	hL (m)	Q (Lt/hr)
P R E S I Ó N	0.000	500
	0.000	600
	0.001	700
	0.002	800
	0.003	900
	0.003	1000



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

1"	UNIÓN SIMPLE (PVC)	
	hL (m)	Q (Lt/hr)
R O S C A	0.002	500
	0.002	600
	0.003	700
	0.003	800
	0.003	900
	0.005	1000

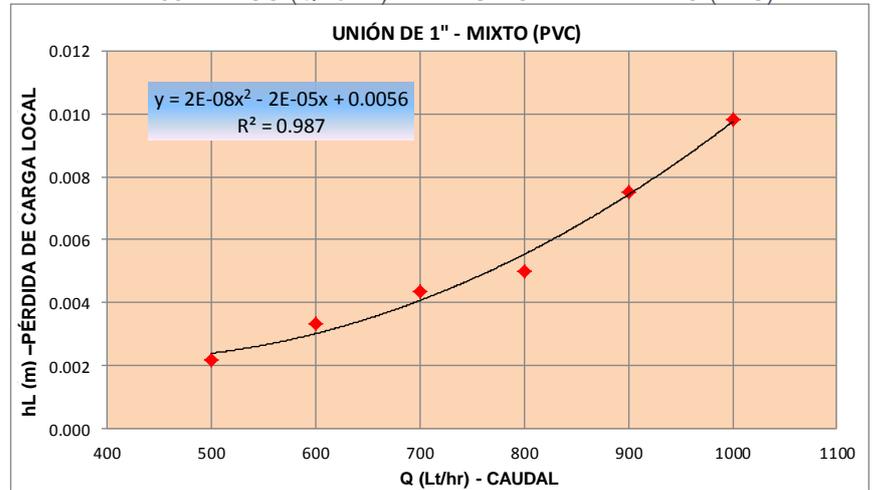
TABLA 105: ÁBACO (Q vs hL) DE LA UNIÓN SIMPLE DE 1" - ROSCA (PVC)



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

1"	UNIÓN (PVC)	
	hL (m)	Q (Lt/hr)
M I X T O	0.002	500
	0.003	600
	0.004	700
	0.005	800
	0.008	900
	0.010	1000

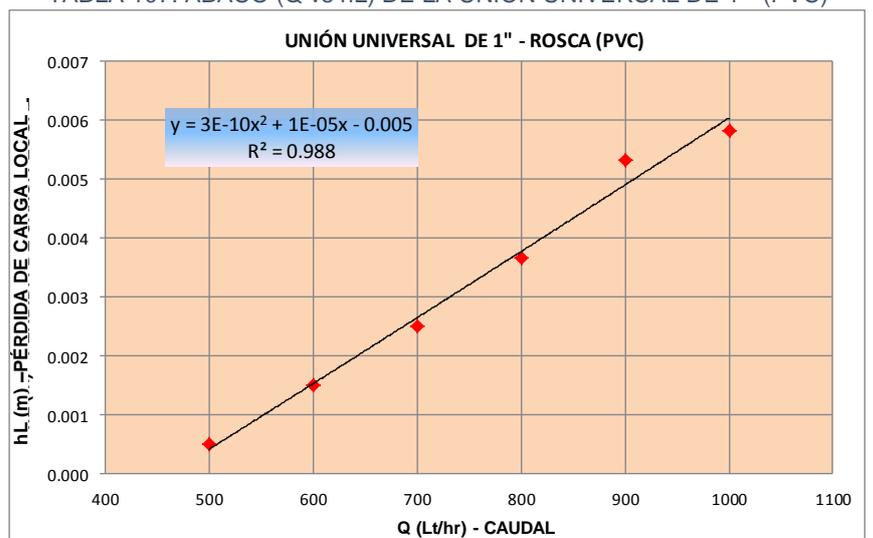
TABLA 106: ÁBACO (Q vs hL) DE LA UNIÓN DE 1" - MIXTO (PVC)



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

1"	UNIÓN UNIVERSAL (PVC)	
	hL (m)	Q (Lt/hr)
R O S C A	0.001	500
	0.002	600
	0.003	700
	0.004	800
	0.005	900
	0.006	1000

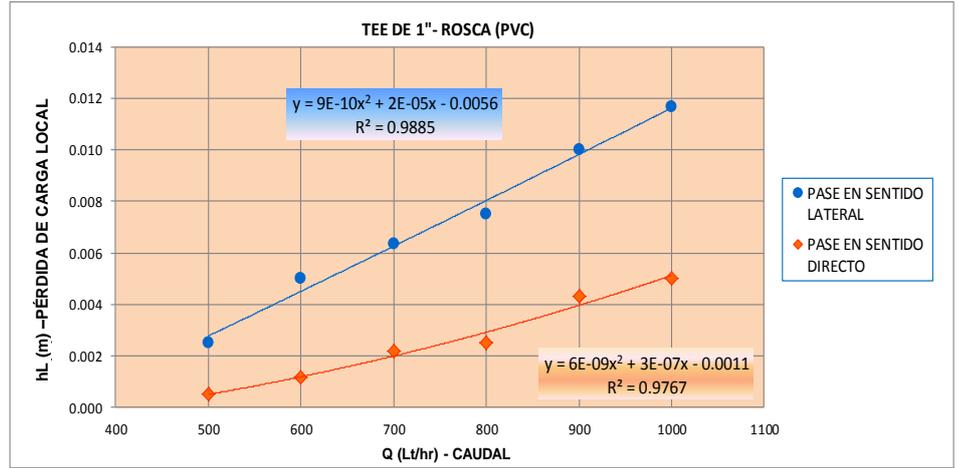
TABLA 107: ÁBACO (Q vs hL) DE LA UNIÓN UNIVERSAL DE 1" - ROSCA (PVC)



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 108: ÁBACO (Q vs hL) DE LA UNIÓN UNIVERSAL DE 1"- (PVC)

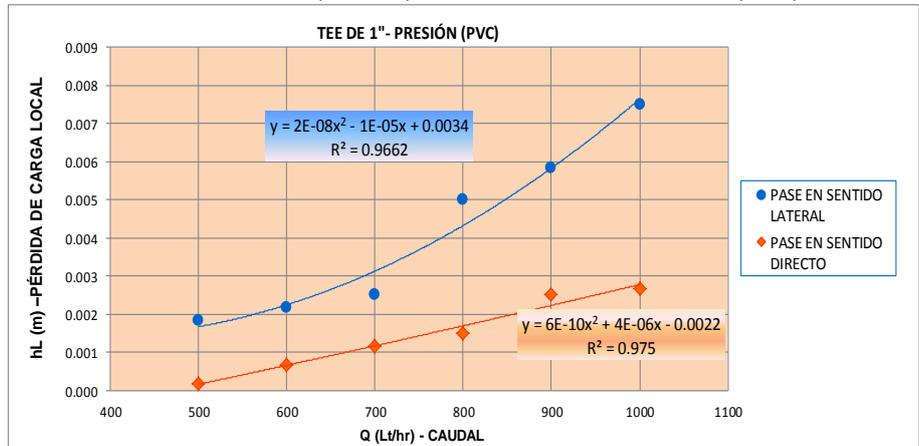
1"	TEE (PVC)		
	hL (m) Paso Directo	hL (m) Paso Lateral	Q (Lt/hr)
R O S C A	0.001	0.003	500
	0.001	0.005	600
	0.002	0.006	700
	0.003	0.008	800
	0.004	0.010	900
	0.005	0.012	1000



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 109: ÁBACO (Q vs hL) DE LA TEE DE 1"-PRESIÓN (PVC)

1"	TEE (PVC)		
	hL (m) Paso Directo	hL (m) Paso Lateral	Q (Lt/hr)
P R E S I O N	0.000	0.002	500
	0.001	0.002	600
	0.001	0.003	700
	0.002	0.005	800
	0.003	0.006	900
	0.003	0.008	1000

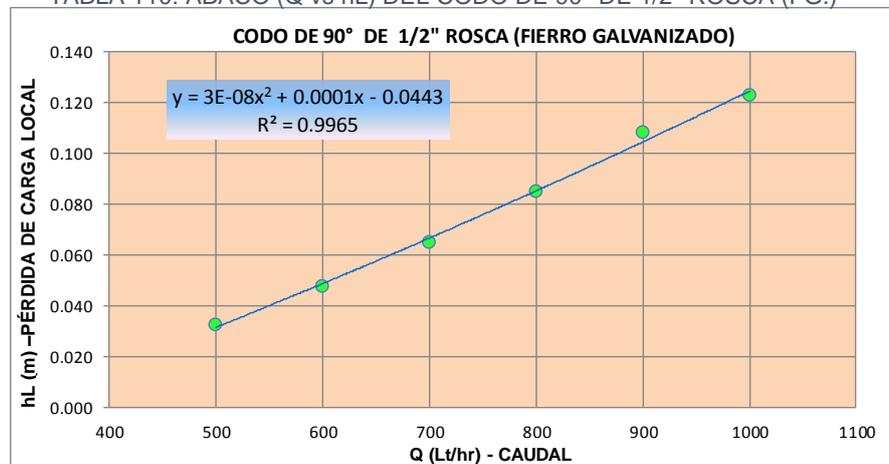


FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

#### 4.6.4 ÁBACOS PARA ACCESORIOS DE AGUA DE 1/2" (FIERRO GALVANIZADO)

TABLA 110: ÁBACO (Q vs hL) DEL CODO DE 90° DE 1/2"-ROSCA (FG.)

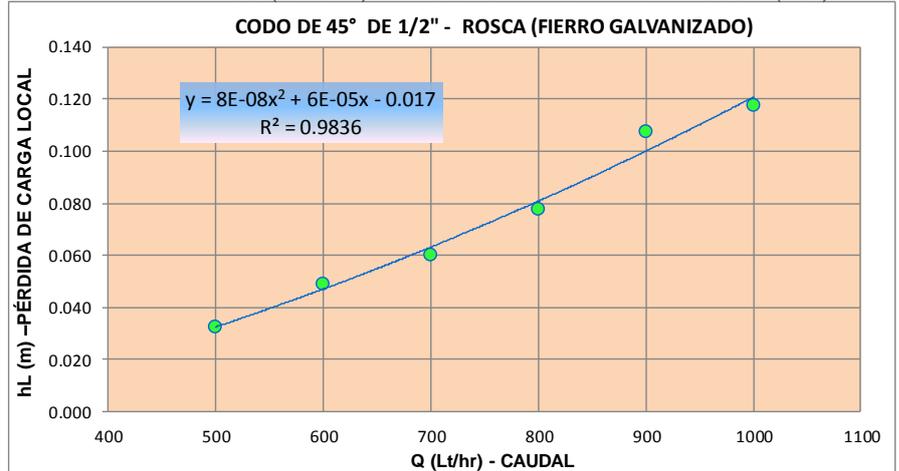
1/2"	CODO DE 90° (FG)	
	hL (m)	Q (Lt/hr)
R O S C A	0.033	500
	0.048	600
	0.065	700
	0.085	800
	0.108	900
	0.123	1000



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

1/2"	CODO DE 45° (FG)	
	hL (m)	Q (Lt/hr)
R O S C A	0.033	500
	0.049	600
	0.060	700
	0.078	800
	0.108	900
	0.118	1000

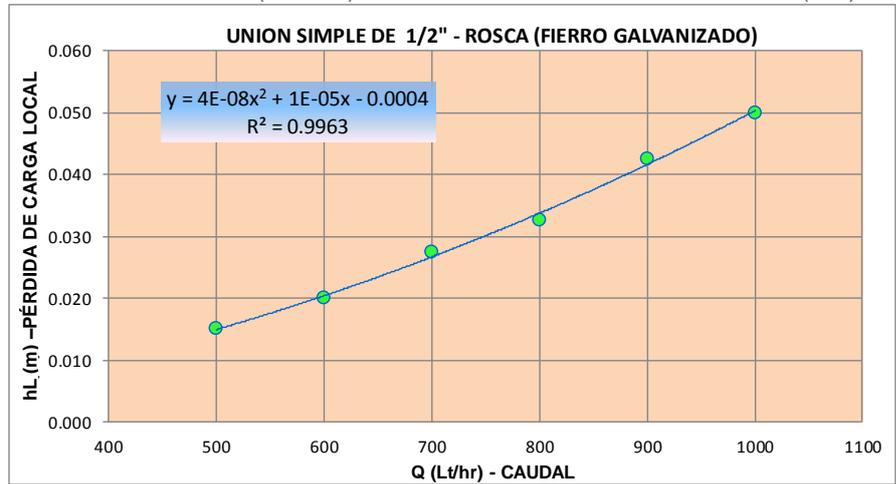
TABLA 111: ÁBACO (Q vs hL) DEL CODO DE 45° DE 1/2"-ROSCA (FG.)



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

1/2"	UNIÓN SIMPLE (FG)	
	hL (m)	Q (Lt/hr)
R O S C A	0.015	500
	0.020	600
	0.028	700
	0.033	800
	0.043	900
	0.050	1000

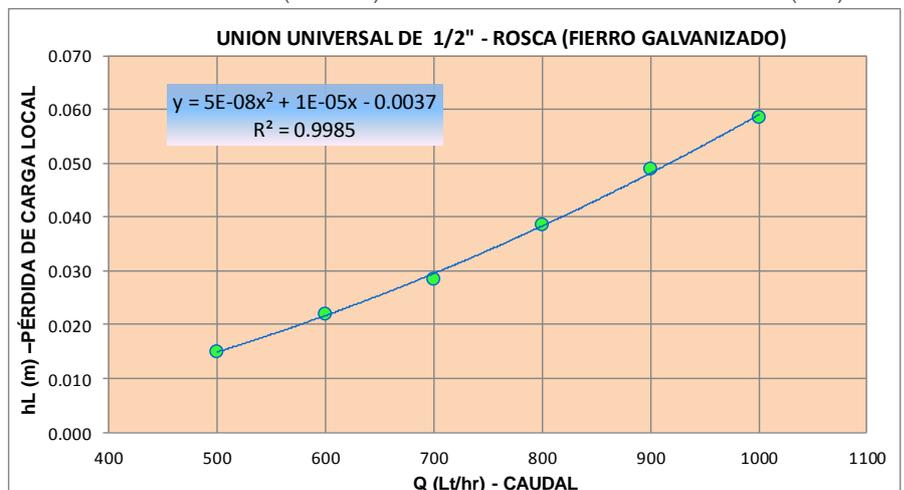
TABLA 112: ÁBACO (Q vs hL) DE LA UNIÓN SIMPLE DE 1/2"-ROSCA (FG.)



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

1/2"	UNIÓN UNIVERSAL (FG)	
	hL (m)	Q (Lt/hr)
R O S C A	0.015	500
	0.022	600
	0.029	700
	0.039	800
	0.049	900
	0.059	1000

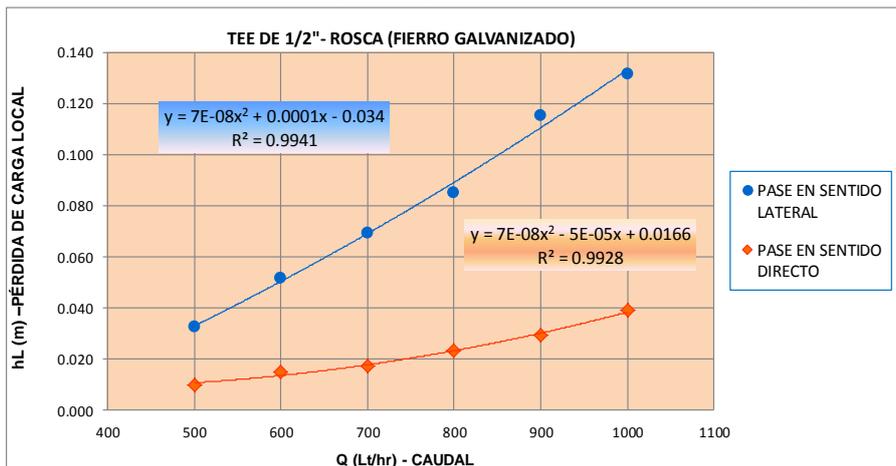
TABLA 113: ÁBACO (Q vs hL) DE LA UNIÓN UNIVERSAL DE 1/2"- (FG.)



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 114: ÁBACO (Q vs hL) DE LA TEE DE 1/2"-ROSCA (FG.)

1/2"	TEE (FG)		
	hL (m) Paso Directo	hL (m) Paso Lateral	Q (Lt/hr)
ROSCA	0.010	0.033	500
	0.015	0.052	600
	0.018	0.069	700
	0.023	0.085	800
	0.029	0.115	900
	0.039	0.132	1000

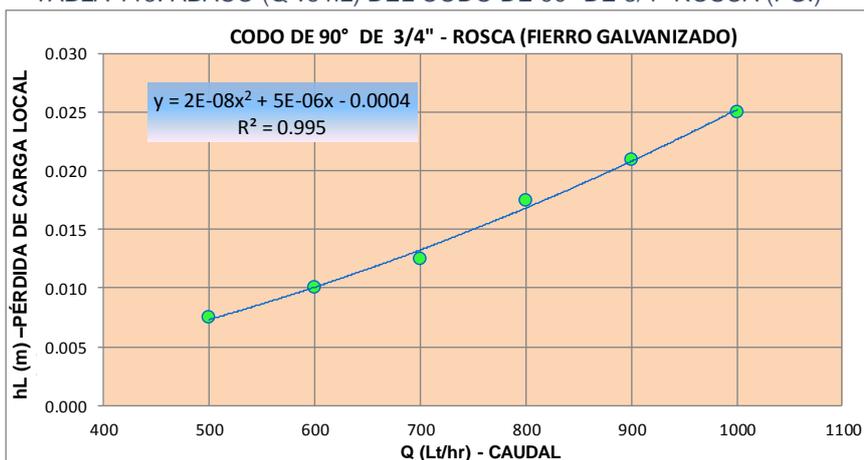


FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

#### 4.6.5 ÁBACOS PARA ACCESORIOS DE AGUA DE 3/4" (FIERRO GALVANIZADO)

TABLA 115: ÁBACO (Q vs hL) DEL CODO DE 90° DE 3/4"-ROSCA (FG.)

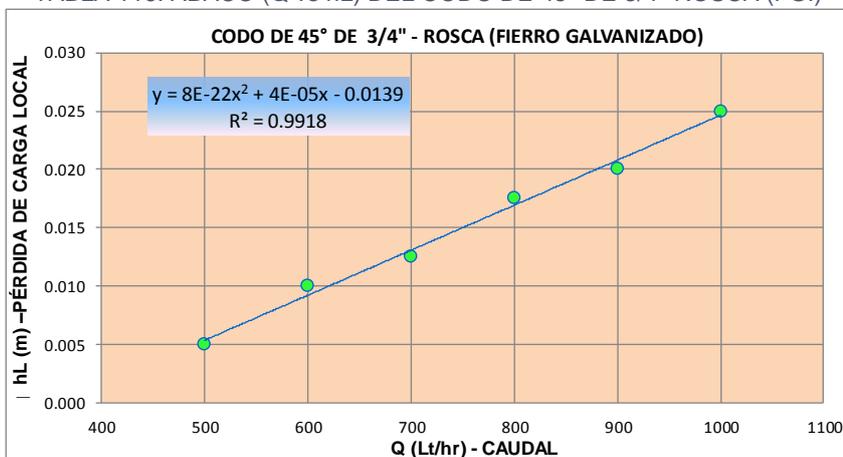
3/4"	CODO DE 90° (FG)	
	hL (m)	Q (Lt/hr)
ROSCA	0.008	500
	0.010	600
	0.013	700
	0.018	800
	0.021	900
	0.025	1000



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 116: ÁBACO (Q vs hL) DEL CODO DE 45° DE 3/4"-ROSCA (FG.)

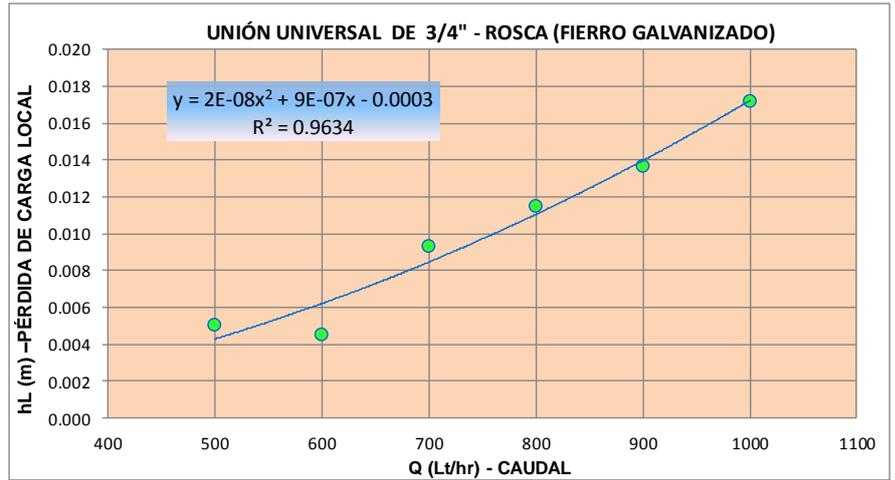
3/4"	CODO DE 45° (FG)	
	hL (m)	Q (Lt/hr)
ROSCA	0.005	500
	0.010	600
	0.013	700
	0.018	800
	0.020	900
	0.025	1000



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

3/4"	UNIÓN UNIVERSAL (FG)	
	hL (m)	Q (Lt/hr)
R O S C A	0.005	500
	0.005	600
	0.009	700
	0.012	800
	0.014	900
	0.017	1000

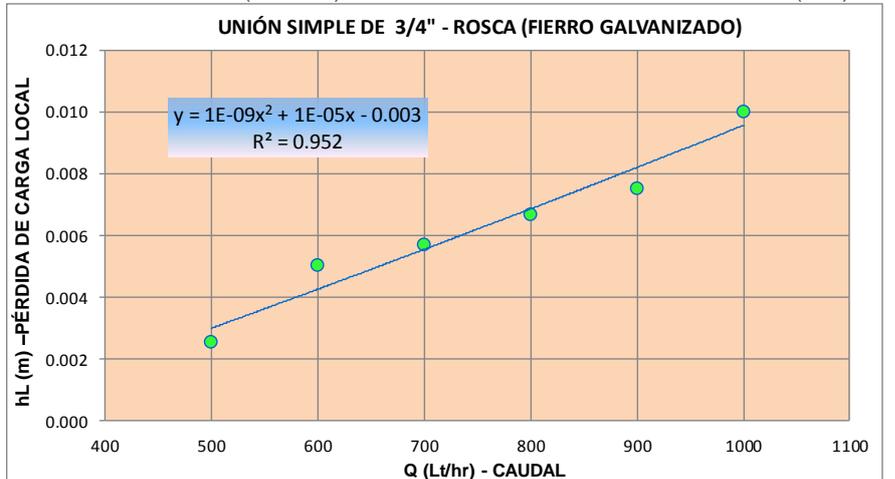
TABLA 117: ÁBACO (Q vs hL) DE LA UNIÓN UNIVERSAL DE 3/4" - (FG.)



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

3/4"	UNIÓN SIMPLE (FG)	
	hL (m)	Q (Lt/hr)
R O S C A	0.003	500
	0.005	600
	0.006	700
	0.007	800
	0.008	900
	0.010	1000

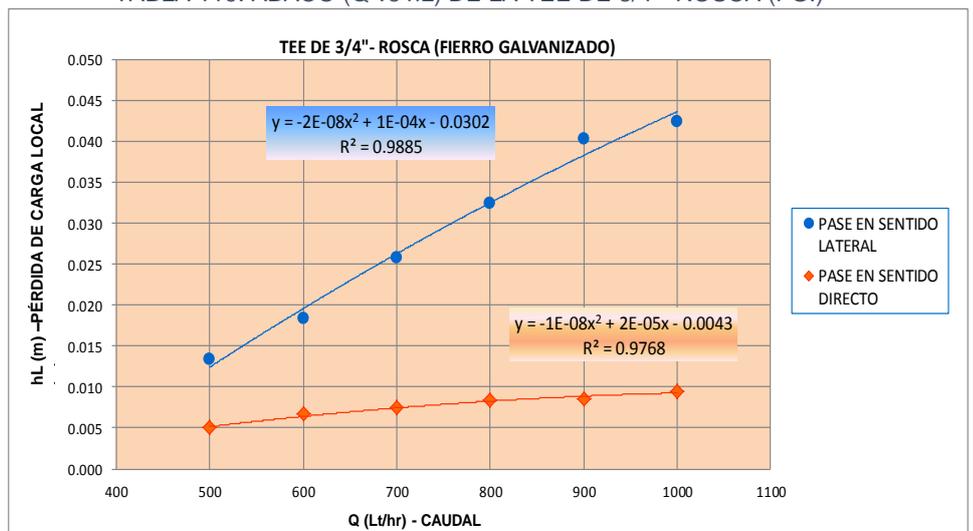
TABLA 118: ÁBACO (Q vs hL) DE LA UNIÓN SIMPLE DE 3/4" - ROSCA (FG.)



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

3/4"	TEE (FG)		
	hL (m) Paso Directo	hL (m) Paso Lateral	Q (Lt/hr)
R O S C A	0.005	0.013	500
	0.007	0.018	600
	0.008	0.026	700
	0.008	0.033	800
	0.009	0.040	900
	0.010	0.043	1000

TABLA 119: ÁBACO (Q vs hL) DE LA TEE DE 3/4" - ROSCA (FG.)

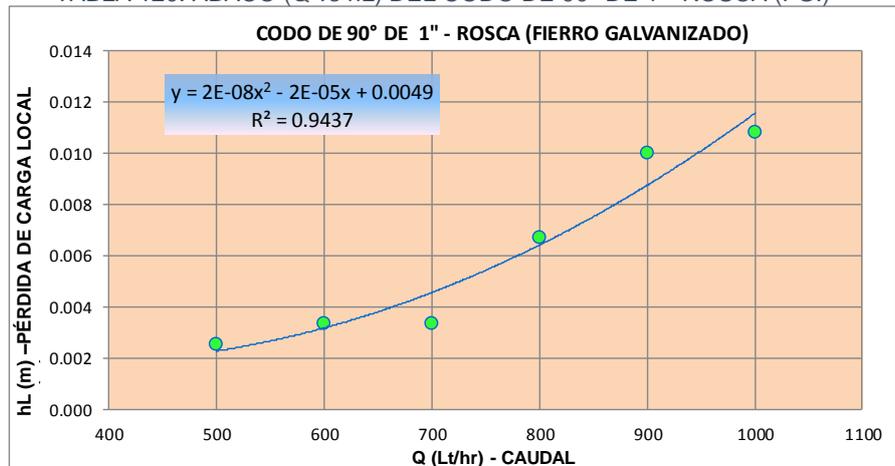


FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

4.6.6 ÁBACOS PARA ACCESORIOS DE AGUA DE 1" (FIERRO GALVANIZADO)

TABLA 120: ÁBACO (Q vs hL) DEL CODO DE 90° DE 1"- ROSCA (FG.)

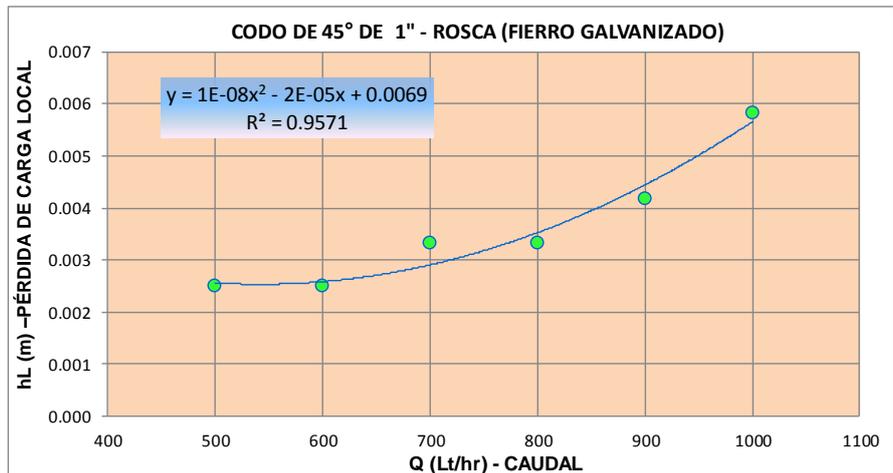
1"	CODO DE 90° (FG)	
	hL (m)	Q (Lt/hr)
R O S C A	0.003	500
	0.003	600
	0.003	700
	0.007	800
	0.010	900
	0.011	1000



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 121: ÁBACO (Q vs hL) DEL CODO DE 45° DE 1"- ROSCA (FG.)

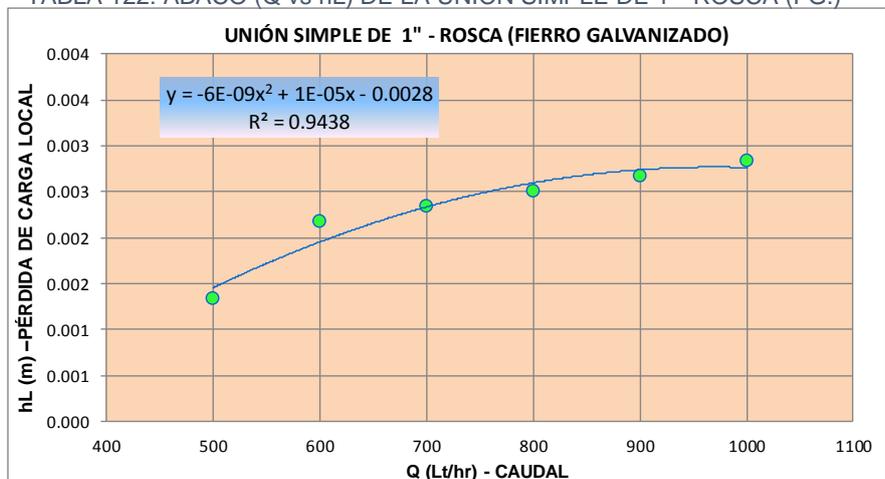
1"	CODO DE 45° (FG)	
	hL (m)	Q (Lt/hr)
R O S C A	0.003	500
	0.003	600
	0.003	700
	0.003	800
	0.004	900
	0.006	1000



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 122: ÁBACO (Q vs hL) DE LA UNIÓN SIMPLE DE 1"- ROSCA (FG.)

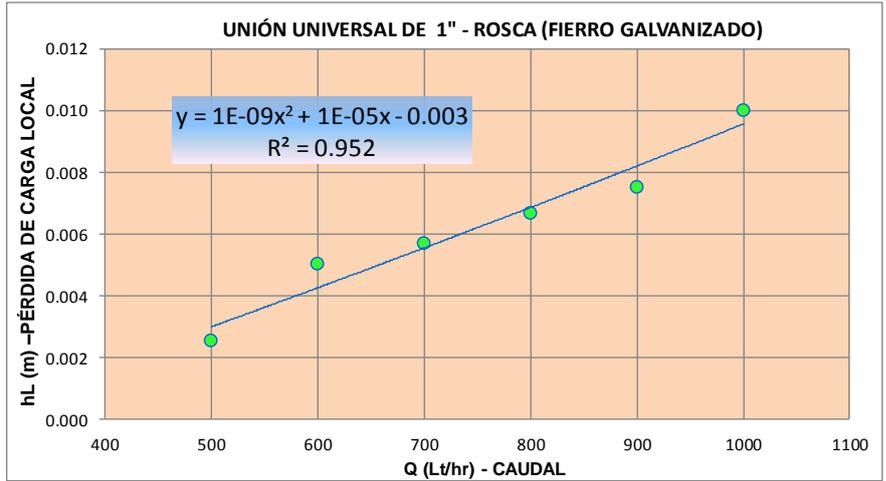
1"	UNIÓN SIMPLE (FG)	
	hL (m)	Q (Lt/hr)
R O S C A	0.001	500
	0.002	600
	0.002	700
	0.003	800
	0.003	900
	0.003	1000



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

1"	UNIÓN UNIVERSAL (FG)	
	hL (m)	Q (Lt/hr)
R O S C A	0.0025	500
	0.0028	600
	0.0033	700
	0.0025	800
	0.0032	900
	0.0050	1000

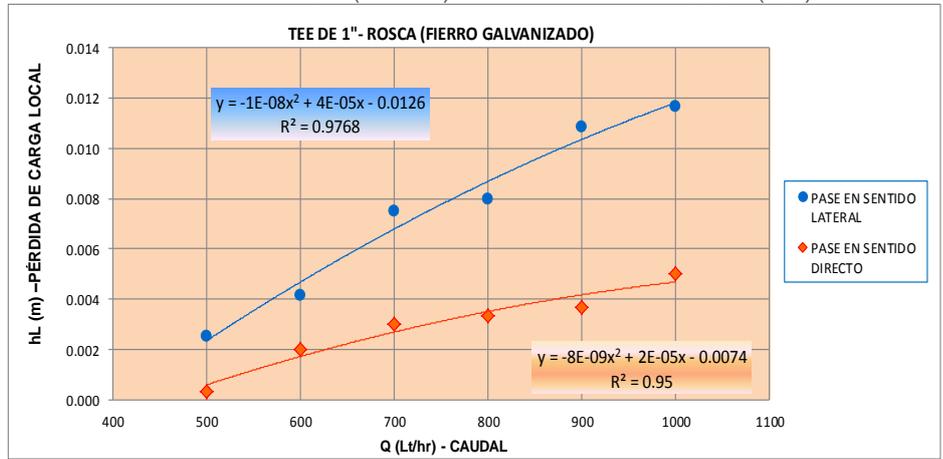
TABLA 123: ÁBACO (Q vs hL) DE LA UNIÓN UNIVERSAL DE 1" - ROSCA (FG.)



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

1"	TEE (FG)		
	hL (m) Paso Directo	hL (m) Paso Lateral	Q (Lt/hr)
R O S C A	0.000	0.003	500
	0.002	0.004	600
	0.003	0.008	700
	0.003	0.008	800
	0.004	0.011	900
	0.005	0.012	1000

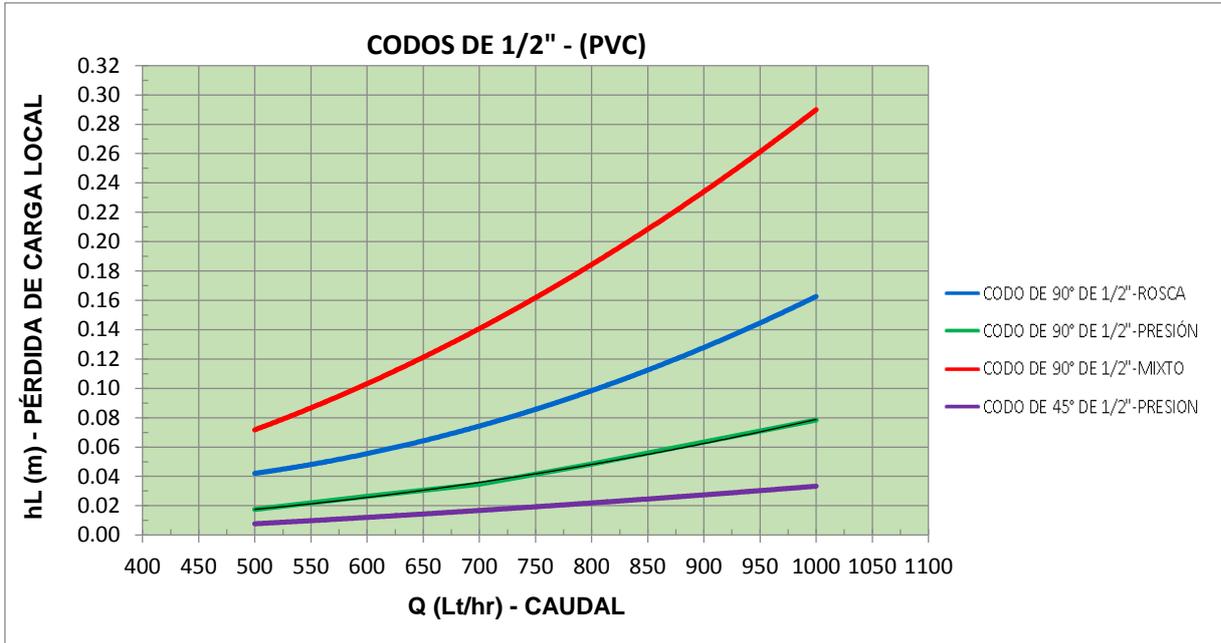
TABLA 124: ÁBACO (Q vs hL) DE LA TEE DE 1" - ROSCA (FG.)



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

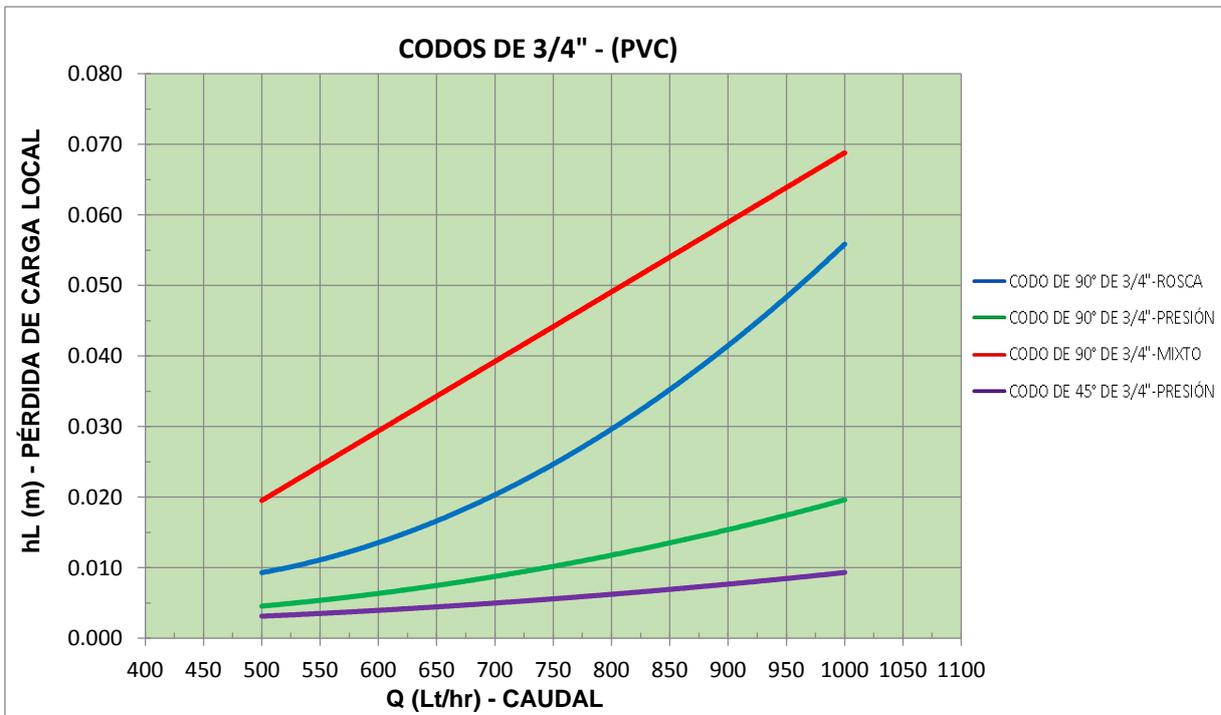
**4.6.7 ÁBACOS GENERALES PARA ACCESORIOS DE AGUA DE 1/2", 3/4" Y 1" DE DIÁMETRO EN PVC**

TABLA 125: ÁBACO (Q,hL) PARA CODOS DE 1/2" EN PVC



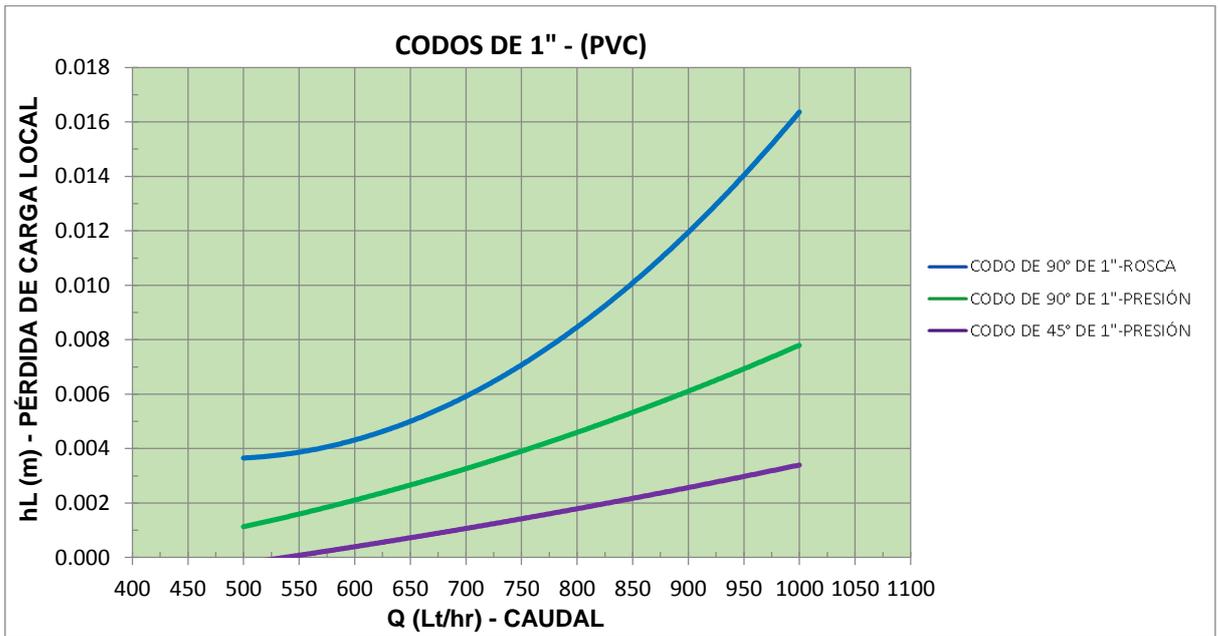
FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 126: ÁBACO (Q,hL) PARA CODOS DE 3/4" EN PVC



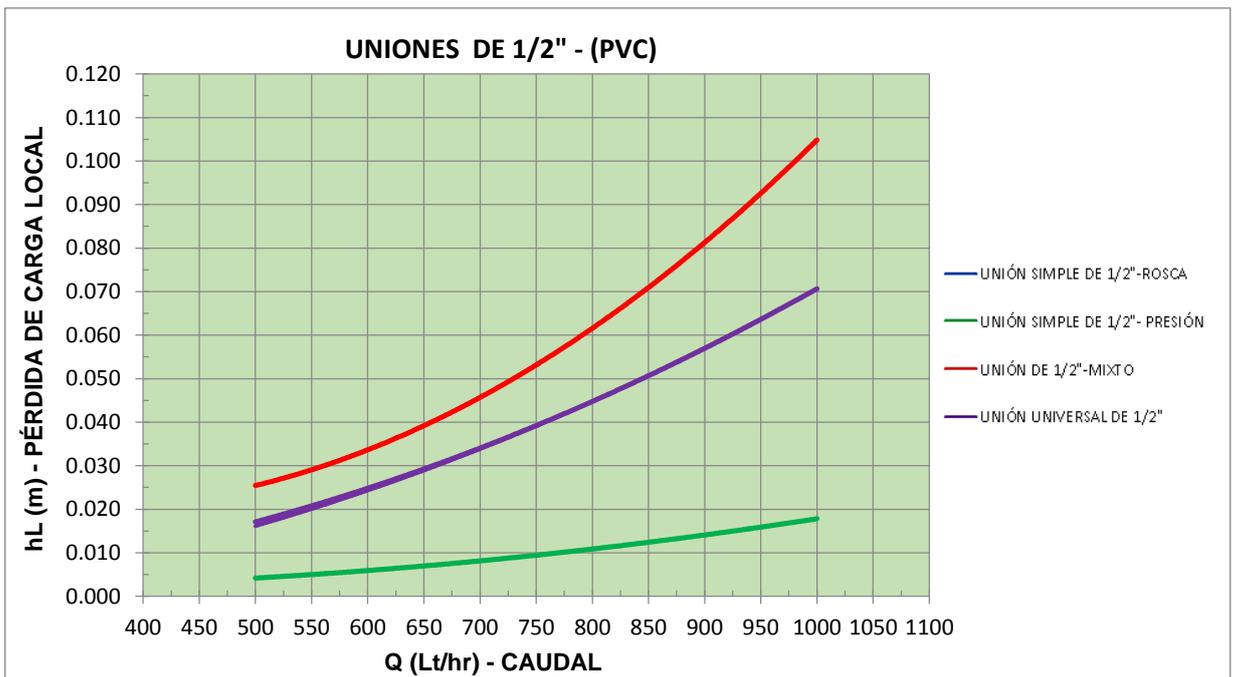
FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 127: ÁBACO (Q,hL) PARA CODOS DE 1" EN PVC



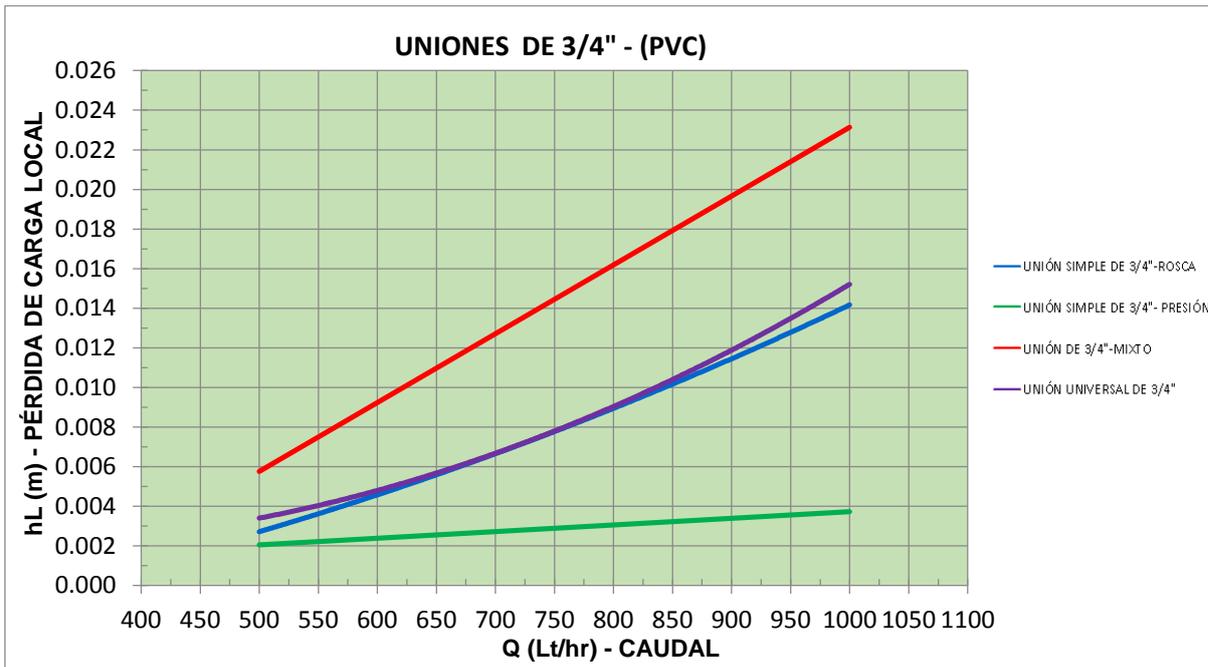
FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 128: ÁBACO (Q,hL) PARA UNIONES DE 1/2" EN PVC



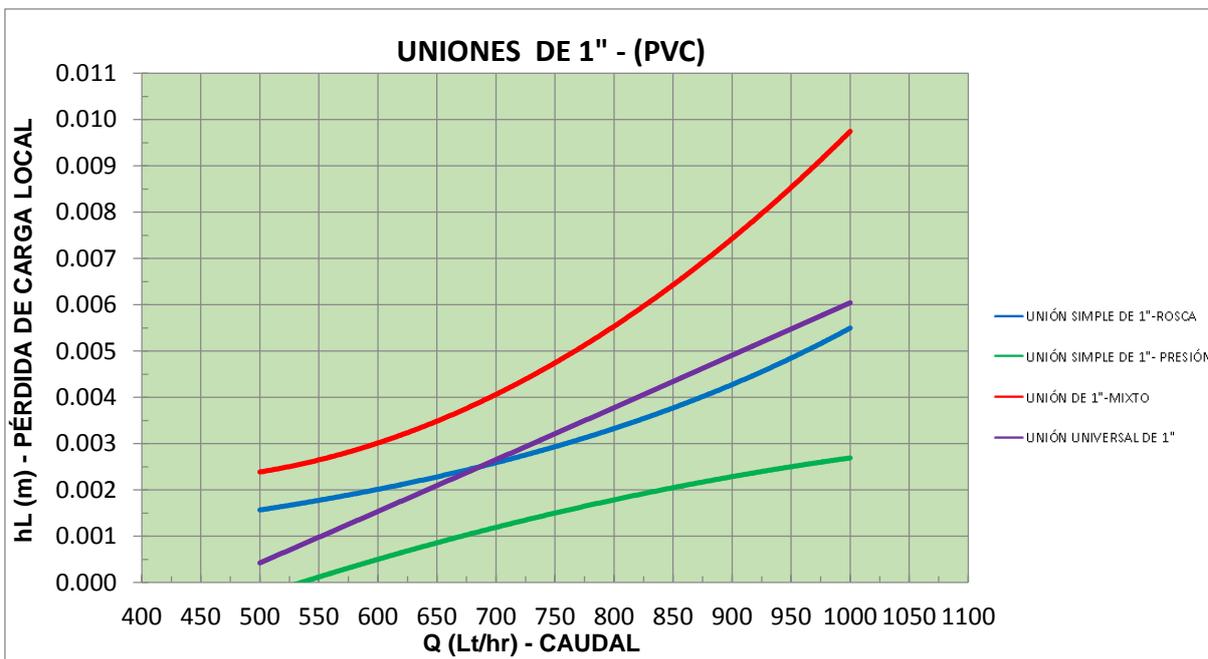
FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 129: ÁBACO (Q,hL) PARA UNIONES DE 3/4" EN PVC



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

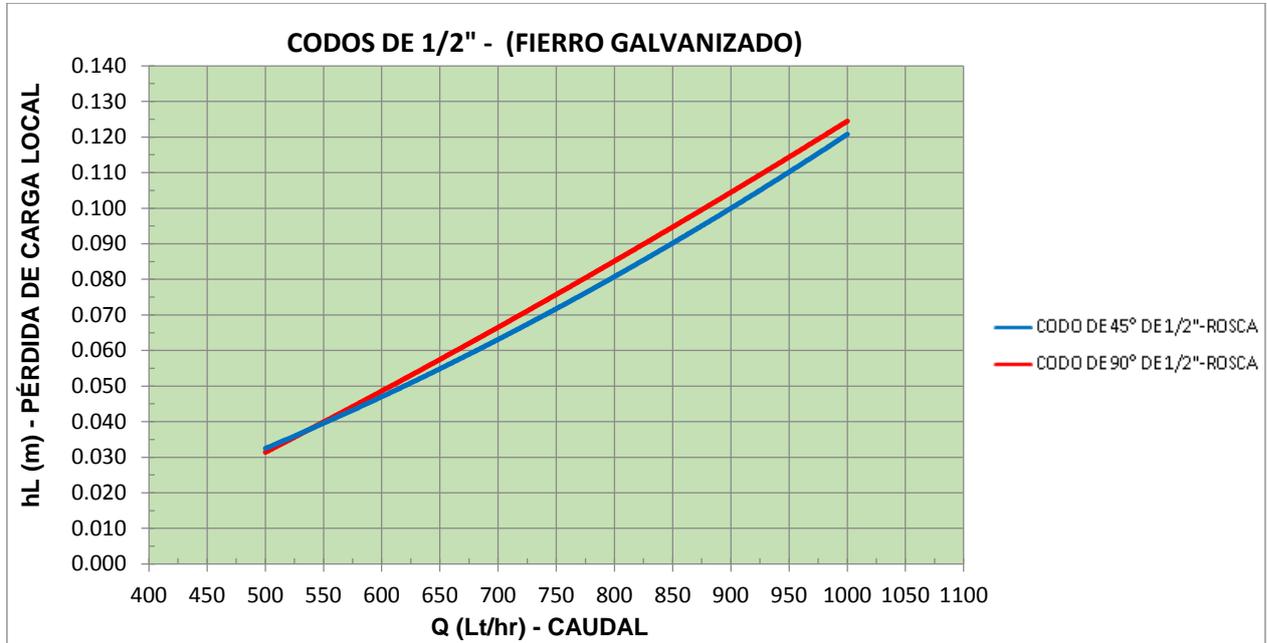
TABLA 130: ÁBACO (Q,hL) PARA UNIONES DE 1" EN PVC



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

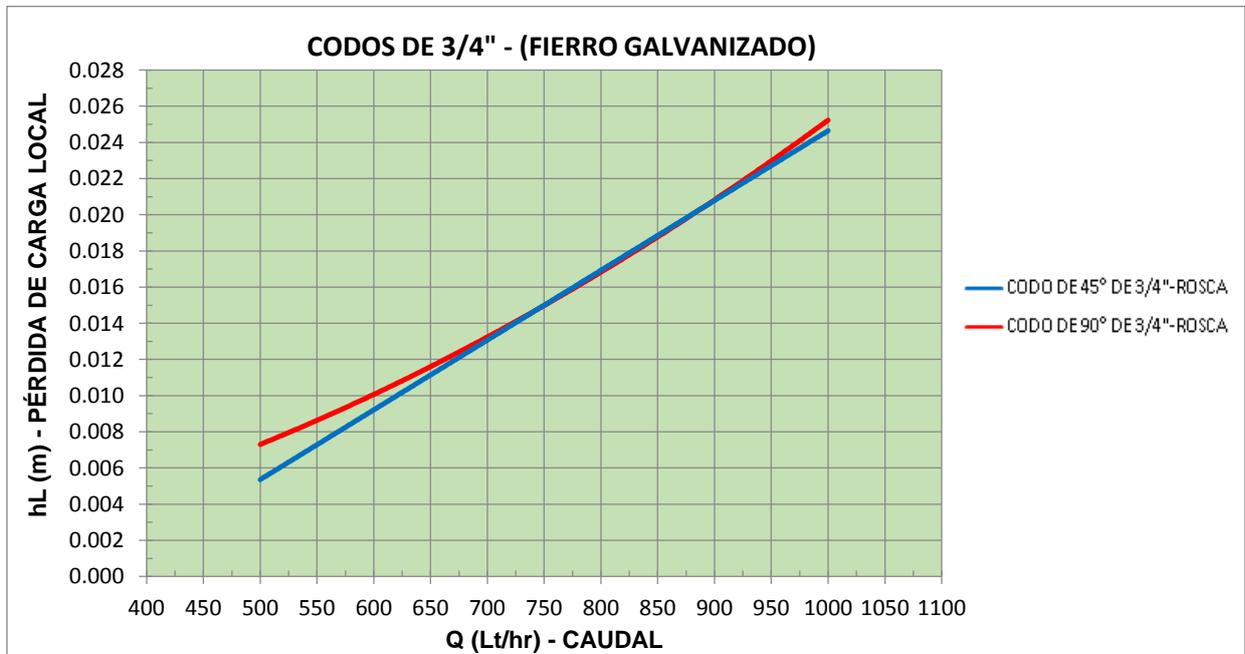
**4.6.8 ÁBACOS GENERALES PARA ACCESORIOS DE AGUA 1/2", 3/4" Y 1" DE DIÁMETRO EN PVC FIERRO GALVANIZADO**

TABLA 131: ÁBACO (Q,hL) PARA CODOS DE 1/2" EN FIERRO GALVANIZADO



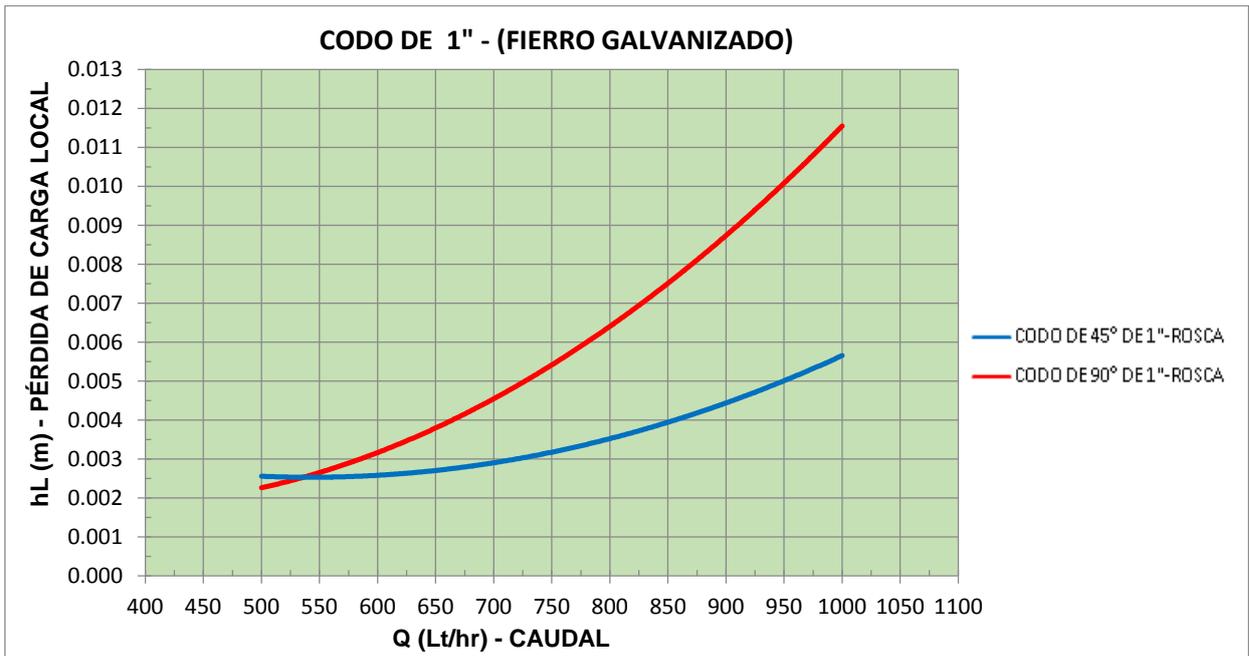
FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 132: ÁBACO (Q,hL) PARA CODOS DE 3/4" EN FIERRO GALVANIZADO



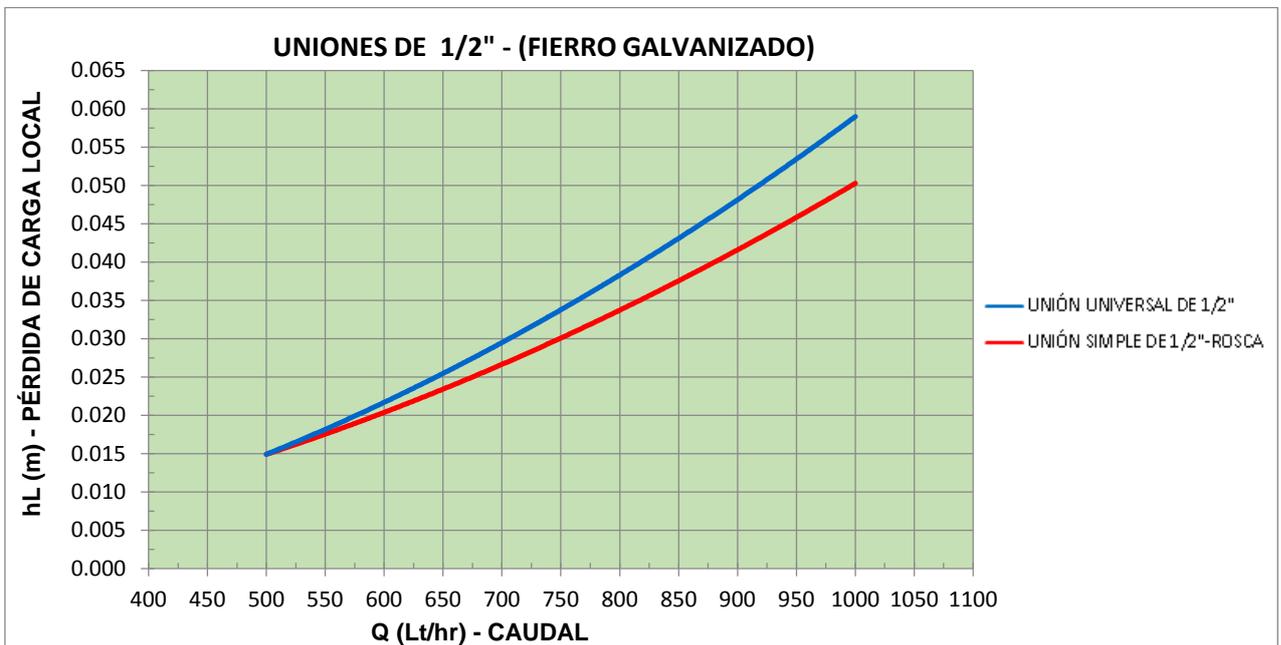
FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 133: ÁBACO (Q,hL) PARA CODOS DE 1" EN FIERRO GALVANIZADO



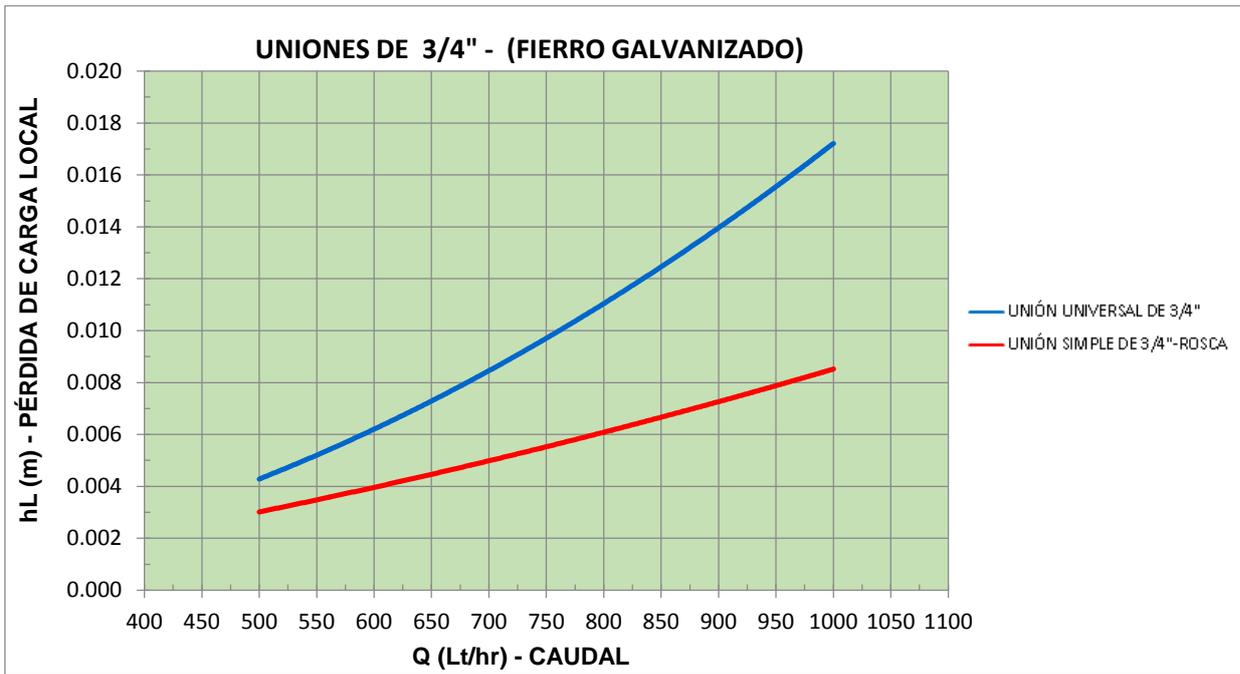
FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 134: ÁBACO (Q,hL) PARA UNIONES DE 1/2" EN FIERRO GALVANIZADO



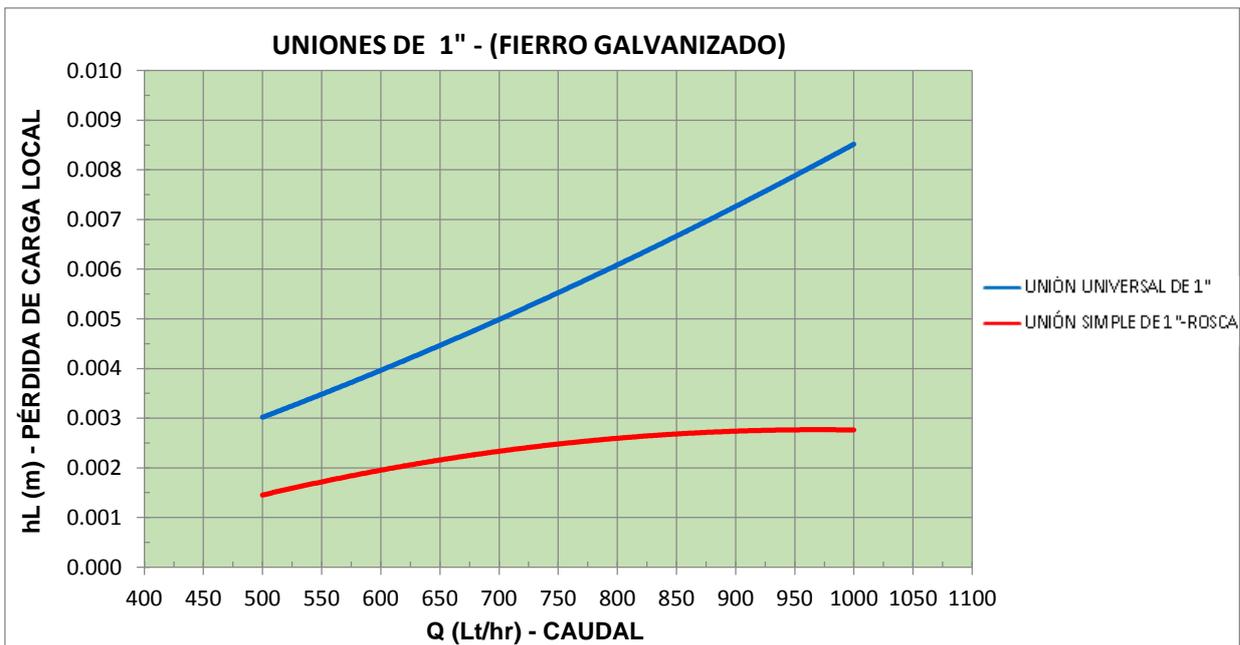
FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 135: ÁBACO (Q,hL) PARA UNIONES DE 3/4" EN FIERRO GALVANIZADO



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

TABLA 136: ÁBACO (Q,hL) PARA UNIONES DE 1" EN FIERRO GALVANIZADO



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

## CAPÍTULO V. DISCUSIÓN

### 5.1 ¿POR QUÉ SE REALIZÓ ESTE ESTUDIO?

Porque en la actualidad los valores de “K” que se toman para la determinación de pérdidas de carga local en accesorios, son datos que escasamente se encuentran en bibliografías y si se encuentran estas bibliografías son ajenas a las condiciones de nuestro medio. Por dicha razón es que se realizó este tema de estudio, para brindar datos reales y aplicables a nuestra ciudad del Cusco.

### 5.2 ¿CUÁL ES LA DIFERENCIA PORCENTUAL QUE EXISTE ENTRE LOS VALORES DE “K” HALLADOS CON RESPECTO A LOS OBTENIDOS EN LAS BIBLIOGRAFÍAS (MUNSON B. R., HÉCTOR ALFONSO Y AZEVEDO NETTO)?

Para dicho análisis se realizó el siguiente cuadro comparativo entre valores del coeficiente de resistencia “k” de pérdida de carga local, obtenidos mediante el tema de investigación con respecto a los valores obtenidos de las bibliografías de (MUNSON B. R., HÉCTOR ALFONSO Y AZEVEDO NETTO).

TABLA 137: CUADRO COMPARATIVO DEL COEFICIENTE DE RESISTENCIA "K"

ACCESORIO	Munson.B.R	Hector Alfonso	J.M. de Azevedo	RESULTADOS DE LA TESIS						VARIACIÓN	
	K	k	k	K(PVC)			K(FG°)			%Δ	%Δ
				1/2"	3/4"	1"	1/2"	3/4"	1"	PVC	FG
Codo de 90° (presion)	0.3	0.9	0.9	1.060	0.872	0.770				76.00%	
Codo de 90° (rosca)	1.5	0.9	0.9	1.322	1.293	1.021	3.980	2.083	1.850	42.23%	>100%
Codo de 45° (presion)	0.2		0.4	0.479	0.453	0.231				27.89%	
Codo de 45° (rosca)	0.4						3.863	1.938	1.238		>100%
Tee (presion)											
paso directo	0.2	0.14	0.6	0.293	0.275	0.254				15.30%	
paso lateral	1	0.8	1.8	0.898	0.822	0.800				9.80%	
Tee (rosca)											
paso directo	0.9	0.15	0.6	0.368	0.351	0.295	1.163	1.120	0.860	21.80%	>100%
paso lateral	2	0.9	1.8	1.181	1.161	0.894	4.175	3.868	2.307	28.10%	>100%
Union (rosca)	0.08			0.575	0.381	0.379	1.652	0.774	0.811	49.50%	>100%

(AUTOR, PROPIO)

Para analizar la comparación se comparó el valor más bajo de “k” que las bibliografías nos daban, comparado con el valor más alto obtenido en el tema de investigación

#### COMENTARIO:

Con respecto a los accesorios de PVC, se indica lo siguiente “Los valores de “k” hallados en esta tesis, resultaron variar en más de un 20% con respecto al de las bibliografías”

Con respecto a los accesorios de FIERRO GALVANIZADO, se indica lo siguiente “Los valores de “k” hallados en esta tesis, resultaron variar en más de un 100% con respecto al de las bibliografías”

### 5.3 ¿LOS VALORES HALLADOS DE LA LONGITUD EQUIVALENTE EN DIÁMETROS DE TUBERÍA "Le/D", PARA LOS ACCESORIOS DE AGUA TRABAJADOS, DIFIEREN CON RESPECTO A LOS ENCONTRADOS EN LAS BIBLIOGRAFÍAS (L. MOTT Y FOX R. W.)?

Para dicho análisis se realizó el siguiente cuadro comparativo entre valores de la “Le/D”, obtenidos mediante el tema de investigación con respecto a los valores obtenidos de las bibliografías de (L. MOTT Y FOX R. W.).

TABLA 138: COMPARACIÓN DE LOS VALORES DE "Le/D"

MATERIAL	TIPO	DIÁMETRO (pulg)	ACCESORIO	TESIS	L. MOTT	FOX. R. W.
				Le/D	Le/D	Le/D
PVC	Rosca	1/2"	Codo 90°	48.84	50	30
PVC	Rosca	3/4"	Codo 90°	44.52		
PVC	Rosca	1"	Codo 90°	32.80		
PVC	Presión	1/2"	Codo 90°	38.23	30	
PVC	Presión	3/4"	Codo 90°	28.86		
PVC	Presión	1"	Codo 90°	24.13		
PVC	Presión	1/2"	Codo 45°	17.12		16
PVC	Presión	3/4"	Codo 45°	14.98		
PVC	Presión	1"	Codo 45°	7.49		
PVC	Mixto	1/2"	Codo 90°	110.71		
PVC	Mixto	3/4"	Codo 90°	88.30		
PVC	Rosca	1/2"	Tee- Paso Directo	13.55	20	20
PVC	Rosca	3/4"	Tee- Paso Directo	11.98		
PVC	Rosca	1"	Tee- Paso Directo	9.59		
PVC	Rosca	1/2"	Tee- Paso Lateral	43.68	60	60
PVC	Rosca	3/4"	Tee- Paso Lateral	39.65		
PVC	Rosca	1"	Tee- Paso Lateral	28.62		
PVC	Presión	1/2"	Tee- Paso Directo	10.47	20	20
PVC	Presión	3/4"	Tee- Paso Directo	9.12		
PVC	Presión	1"	Tee- Paso Directo	8.03		
PVC	Presión	1/2"	Tee- Paso Lateral	32.10	60	60
PVC	Presión	3/4"	Tee- Paso Lateral	27.56		
PVC	Presión	1"	Tee- Paso Lateral	24.87		

(AUTOR, PROPIO)

#### COMENTARIO:

Al realizar la comparación se pudo constatar que si existe variación entre los valores de “Le/D” determinados con la tesis, con respecto a los valores obtenidos de autores como L. Mott y Azevedo Netto, ya que en la comparación se demostró que los valores de “Le/D” varía, según sea el diámetro, el tipo de material y el tipo de empalme del accesorio, lo cual nos indica que al momento de usar estos valores debemos poner en consideración estas diferencias a la



hora de realizar un diseño de sistemas de agua para obtener cálculos certeros y exactos.

#### **5.4 ¿POR QUÉ HAY DIFERENCIA ENTRE LOS VALORES HALLADOS EXPERIMENTALMENTE Y LOS HALLADOS EN BIBLIOGRAFÍAS?**

Esto se da según varios aspectos como son:

- Caudales con los cuales se realizó la experimentación
- Materiales de los accesorios de agua
- Tipo de empalme de los accesorios evaluados (rosca y presión)
- Marca de los accesorios
- Equipos necesarios para los ensayos
- El laboratorista

#### **5.5 ¿CUAL LLEGA A SER EL APORTE DE LA INVESTIGACIÓN?**

El aporte principal es dar a conocer valores reales experimentalmente del coeficiente de resistencia “k” y de la longitud equivalente por diámetro de tubería “Le/D” que nos servirán para hallar la pérdida de carga local en accesorio de agua de 1/2", 3/4" y 1" de diámetro en PVC y FIERRO, para su correcta aplicación en el cálculo de diseño de redes de sistemas de agua en edificaciones de la ciudad del Cusco.

#### **5.6 ¿CUÁL ES EL APORTE SOCIOECONÓMICO DE ESTA INVESTIGACIÓN?**

El aporte social es que dando a conocer los valores de “hL”, “k” y “Le/D” para accesorios de agua, la sociedad podrá informarse de que accesorios conviene ser usados para su correcta aplicación, y de esta forma evitar problemas como la falta de caudal y la falta de presión, por la presencia de mucha pérdida de carga en el sistema de agua. Otro factor importante es el económico, ya que teniendo datos reales, se podrá elegir que accesorios conviene ser usados para un determinado diseño de redes de agua y de una forma u otra esto cooperara de forma ahorrativa en el requerimiento que se necesite para la instalación del sistema de agua.



## GLOSARIO

**PRESIÓN ATMOSFÉRICA:** Es la debida al peso del aire en un sitio particular de la superficie terrestre, por lo que su valor depende de la ubicación, altitud y latitud del lugar.

**PRESIÓN ABSOLUTA:** Es la presión que se mide con relación al cero absoluto de presión, donde no existe presencia de aire, o en su defecto es igual a la suma de la presión manométrica más la atmosférica.

**PRESIÓN BAROMÉTRICA:** Es la presión ejercida por la atmósfera terrestre medida mediante un barómetro, a nivel del mar. Esta presión es próxima a 14,7 PSI

**PRESIÓN MANOMÉTRICA:** Es la determinada por cualquier instrumento que mide la diferencia entre cualquier presión absoluta por encima de la atmosférica y la presión atmosférica del lugar donde se efectúa la medición.

**CAUDAL:** Es el volumen por unidad de tiempo que atraviesa una sección transversal de un conducto. Se pueden relacionar el caudal ( $Q$ ) con la velocidad ( $v$ ) a través del área transversal de flujo

**ENERGÍA CINÉTICA:** La energía cinética de la masa del fluido es la medida de la capacidad del fluido de hacer un trabajo en virtud de su velocidad.

Su magnitud es comúnmente expresada en unidades de energía por unidad de peso.

**ENERGÍA POTENCIAL:** La energía de presión es la medida del trabajo realizado por la fuerza debido a la presión en la masa del fluido. Su magnitud es comúnmente expresada en unidades de energía por unidad de peso.

**ENERGÍA DE POSICIÓN O ELEVACIÓN:** La energía de elevación contenida en la masa de un fluido en movimiento se mide respecto de un plano o altura de referencia. Es la energía requerida para elevar el fluido a esa posición.

Y expresada en unidades de energía por unidad de peso tenemos.

**FLUJO LAMINAR:** Es aquel en el cual las partículas del fluido siguen trayectorias paralelas, formando junto de ellas capas o laminas. La velocidad de estas partículas es mayor cuando están más alejadas de las paredes del conducto, o sea que la velocidad de dichas partículas está en función de la distancia a las paredes del conducto.



**FLUJO TURBULENTO:** Es aquel en el cual las partículas del fluido no siguen trayectorias paralelas, es decir se mueven en forma desordenada en todas las direcciones.

**PÉRDIDAS DE CARGA POR FRICCIÓN EN TUBERÍAS:** La pérdida de energía por fricción es la debida al rozamiento del fluido con las paredes de la tubería o del conducto. Esta pérdida, continúa en la dirección del flujo, puede resultar considerable en tramos largos y, por el contrario, ser despreciable en tramos cortos.

**COEFICIENTE DE FRICCIÓN (F):** El coeficiente de fricción ( $f$ ) es variable y depende de la geometría de la tubería, el número de Reynolds y la rugosidad absoluta de la misma. Se puede deducirse matemáticamente en el caso de régimen laminar y en el caso de flujo turbulento no se dispone de relaciones matemáticas sencillas.

**PÉRDIDAS DE CARGA POR ACCESORIOS:** Es la pérdida de energía, producida en una pequeña región cercana al sitio donde se presenta cambio en la geometría del conducto o cambio en la dirección del flujo (codos, bifurcaciones, válvulas, etc.), que se traduce en una alteración de las condiciones de flujo.

**RED ELABORADA MANUALMENTE:** Vienen a ser circuitos de accesorios de FIERRO GALVANIZADO o PVC empalmados a través de niples de PVC que poseen pistones para la evaluación de dicha red.

**RUGOSIDAD ABSOLUTA:** Es el conjunto de irregularidades de diferentes formas y tamaños que pueden encontrarse en el interior de los tubos comerciales, cuyo valor medio se conoce como rugosidad absoluta ( $K$ ), y que puede definirse como la variación media del radio interno de la tubería.



## CONCLUSIONES

### CONCLUSIÓN 1:

Se logró demostrar, mediante procesos experimentales, la Hipótesis general que al texto dice: “La diferencia porcentual que existe al analizar comparativamente los valores “k” de pérdida de carga local en accesorios de agua de 3/4”, 1/2” y 1” de diámetro de Fierro Galvanizado y PVC, dados por las bibliografías (Munson B. R., Héctor Alfonso y Azevedo Netto) con respecto a los hallados experimentalmente, es de un 20%”. Debido a que los valores de “k” hallados experimentalmente en el tema de estudio difieren en más de un 20% con los valores de las bibliografías como se demuestra en la tabla Nro. 137, perteneciente al CAPITULO V.

### CONCLUSIÓN 2:

Se logró demostrar la sub-hipótesis N° 1, que al texto dice: “El valor de “K”, para los accesorios de agua de 1/2”, 3/4” y 1” de diámetro en Fierro Galvanizado, viene a ser mayor que aquellos accesorios que son de PVC”. Debido a que se logró demostrar que los accesorios de agua de FIERRO GALVANIZADO tienen un valor de “k” mayor a comparación de los accesorios de PVC, por poseer un diámetro interno mayor. Dichos resultados se encuentran en las tablas del Nro. 56 al Nro. 69, pertenecientes al CAPITULO IV.

### CONCLUSIÓN 3:

No se logró demostrar la sub-hipótesis N° 2, que al texto dice: “Los accesorios de agua roscados de PVC presentan menor pérdida de carga local en accesorios a comparación de los que funcionan a presión.”. Debido a que según datos y resultados del ensayo de pérdidas de carga local en accesorios de agua, se concluyó que los accesorios con tipo de empalme a presión, poseen casi un 50% menos de pérdida de carga local que un accesorio a rosca.

**CONCLUSIÓN 4:**

Se logró demostrar la sub-hipótesis N° 3, que al texto dice: “Los factores más incidentes en las pérdidas de carga local en accesorios de agua, son el tipo de material, tipo de empalme y diámetro”. Se logró afirmar que la pérdida de carga local en accesorios de agua dependió de todos esos factores, principalmente del diámetro, puesto que para accesorios con mayor diámetro interno, la pérdida de carga fue menor. Ya que como se vieron los resultados, los accesorios de agua de FIERRO GALVANIZADO resultaron con menor pérdida de carga que los accesorios de agua de PVC, debido a que poseían un diámetro interno mayor.

**CONCLUSIÓN 5:**

Se logró demostrar la sub-hipótesis N° 4, que al texto dice: “El valor de “Le/D” para los accesorios de agua de FIERRO GALVANIZADO resulta ser mayor a comparación del “Le/D” para los accesorios de PVC”. Debido a que según los resultados obtenidos en las tablas Nro. 78, Nro. 79 y Nro. 80, pertenecientes al CAPÍTULO IV, se indica que el valor de “Le/D” es mayor para los accesorios de agua de FIERRO GALVANIZADO, con respecto a los accesorios de PVC.

**CONCLUSIÓN 6:**

No se logró demostrar la sub-hipótesis N° 5, que al texto dice: “Los Ábacos de la relación Caudal vs Pérdida de Carga local en accesorios de agua, para accesorios con tipo de empalme rosca, serán iguales al de los accesorios con empalme a presión”. Debido a que según los Ábacos demostrados en las tablas de la Nro. 125 a la Nro. 136, pertenecientes al CAPÍTULO IV, se observó que la curva del Caudal vs Pérdida de Carga local en accesorios de agua, varía según el tipo de empalme y según el tipo de material del accesorio, observándose a ello que los accesorios a rosca resultaron con mayor pérdida de carga local, por tanto su gráfica estará por encima de los valores de los accesorios a presión.



## RECOMENDACIONES

### RECOMENDACIÓN 1:

Se recomienda usar valores reales de “k” y “Le/D” hallados experimentalmente, para su correcta aplicación en el diseño de redes de agua fría, para obtener así cálculos más certeros y aplicables a nuestro medio local.

### RECOMENDACIÓN 2:

No se recomienda el uso de uniones universales de Fierro Galvanizado, debido a que su empalme es complejo y comúnmente estos accesorios poseen múltiples deformaciones de fábrica, provocando ello la existencia de constantes fugas de agua.

### RECOMENDACIÓN 3:

En cuanto a tiempos de vida y facilidad de instalación, se recomienda el uso de accesorios de PVC, ya que estos poseen un tiempo de vida mayor a comparación de los accesorios de FIERRO GALVANIZADO, que con el pasar del tiempo se corroen y oxidan.

### RECOMENDACIÓN 4:

Se recomienda el uso de los Ábacos (Q vs hL) para la obtención de pérdidas de carga local en accesorios, trabajados con otros caudales de flujo.

### RECOMENDACIÓN 5:

Se recomienda el presente trabajo para todos aquellos que deseen datos certeros de “k” y “Le/D” para la determinación de pérdidas de carga local en accesorios y su posterior aplicación en el diseño de redes de sistemas de agua en edificaciones.



**RECOMENDACIÓN 6:**

Se recomienda que los resultados hallados en este tema de investigación, sean enviados y tomados por las empresas como PAVCO VINDUIT y MAGNUM, para así poder implementar líneas de investigación con respecto al tema de estudio

**RECOMENDACIÓN 7:**

Se recomienda para futuros trabajos de investigación que el estudio de pérdidas de carga local se realice en accesorios de cobre, o con accesorios de PVC y FIERRO GALVANIZADO con diámetros distintos al de esta tesis.

**RECOMENDACIÓN 8:**

Se recomienda para futuros trabajos de investigación que el estudio de pérdidas de carga local se realice en los distintos tipos de válvulas con diferentes grados de abertura, para el paso del flujo.

**REFERENCIAS**

- APARICIO MIJARES, F. (1992). FUNDAMENTOS DE HIDROLOGÍA DE SUPERFICIE. MEXICO: LIMUSA S.A.
- AZEVEDO NETTO, J. M. (1975). MANUAL DE HIDRÁULICA. SAO PAULO: HARLA.
- CHEREQUE MORAN, W. (1989). HIDROLOGÍA PARA ESTUDIANTE DE INGENIERIA CIVIL. LIMA: PONTIFICIA UNIVERCIDAD CATÓLICA DEL PERÚ.
- GALLEGO SUÁREZ, B. (S.F.). EFECTOS DEL TIEMPO EN LA RUGOSIDAD DE LAS TUBÉRIAS. RECUPERADO EL 02 DE OCTUBRE DE 2015, DE [HTTP://FLUIDOS.EIA.EDU.CO/HIDRAULICA/ARTÍCULOSES/FLUJOENTUBERIAS/EFECTOTIEMPORUGOSTUB/EFECTOTIEMPORUGOSTUB.HTML](http://FLUIDOS.EIA.EDU.CO/HIDRAULICA/ARTÍCULOSES/FLUJOENTUBERIAS/EFECTOTIEMPORUGOSTUB/EFECTOTIEMPORUGOSTUB.HTML)
- GUTIERREZ. (2003). "DISEÑOS HIDRÁULICOS SANITARIOS Y DE GAS EN EDIFICACIONES"
- HERNÁNDEZ, R. F. (1997). METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN. COLOMBIA.
- KARINA. (S.F.). COEFICIENTE DE RUGOSIDAD. RECUPERADO EL 03 DE 10 DE 2015, DE [HTTP://WWW.TODOMONOGRAFÍAS.COM/ARQUITECTURA-OBRAS-Y-CONSTRUCCIÓN/ABASTECIMIENTO-DE-AGUAS/](http://WWW.TODOMONOGRAFÍAS.COM/ARQUITECTURA-OBRAS-Y-CONSTRUCCIÓN/ABASTECIMIENTO-DE-AGUAS/)
- L. MOTT, R. (2006). MECÁNICA DE FLUIDOS. MEXICO: PEARSON EDUCACIÓN.
- MATAIX, C. (1986). MECÁNICA DE FLUIDOS Y MÁQUINAS HIDRÁULICAS. MADRID: EDICIONES DEL CASTILLO S.A.
- NTP E 0.30, N. T. (S.F.).
- ORDOÑEZ VIÑAN, M. A., & QUISNANCELA SALAZAR, K. G. (2013). TESIS "AUTOMATIZACIÓN DEL BANCO DE PÉRDIDAS DEL LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA DE LA FACULTAD DE MECÁNICA". RIOBAMBA: ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA.
- PÉRDIDAS DE CARGA POR FRICCIÓN. (S.F.). RECUPERADO EL 03 DE 10 DE 2015, DE [HTTP://FISICA2.WIKISPACES.COM/FILE/VIEW/P%C3%89RDIDAS+DE+CARGA+FRICCIONALES.PDF](http://FISICA2.WIKISPACES.COM/FILE/VIEW/P%C3%89RDIDAS+DE+CARGA+FRICCIONALES.PDF)
- RODRÍGUEZ DÍAZ, H. A. (2009). DISEÑOS HIDRAÚLICOS, SANITARIOS Y DE GAS EN EDIFICACIONES. COLOMBIA: ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA.
- TOLENTINO GARCÍA, K. I. (2013). TESIS "PÉRDIDAS DE ENERGIA EN CRUCES DE TUBERIAS". MÉXICO D.F.: UNIVERIDAD AUTONOMA DE MÉXICO.



- UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE, C. (2011). ENSAYOS DE LABORATORIO. CAJAMARCA: LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES.
- V. GILES, R. (2003). MECÁNICA DE FLUIDOS E HIDRÁULICA. ESPAÑA: MCGRAW-HILL.
- VARIOS, A. (2008). APORTES DE LA INGENIERIA PERUANA CESEL S.A. LIMA - PERÚ: CESEL INGENIEROS.
- VILLASEÑOR CONTRERAS, J. (1978). PROYECTOS DE OBRAS HIDRÁULICAS. CHAPINGO, MÉXICO: ESCUELA NACIONAL DE AGRICULTURA.
- YAMBOMBO GUANUTAXI, J. G. (2012). TESIS "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA ENSAYOS DE PÉRDIDAS DE CARGA EN TUBERÍAS Y ACCESORIOS". QUITO: UNIVERISDAD CENTRAL DEL ECUADOR.

## REFERENCIAS DE INTERNET

- Beatriz Gallego Suárez “EFECTOS DEL TIEMPO EN LA RUGOSIDAD DE LAS TUBERÍAS” obtenido de:  
<http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulosos/flujoentuberias/efectotiemporugos tub/efectotiemporugostub.html>
- ACCESORIOS DE TUBERÍAS “FOSA”, obtenido de:  
[http://www.fosa.com.mx/detalle\\_prod.php?p=91](http://www.fosa.com.mx/detalle_prod.php?p=91)
- ACCESORIOS DE TUBERÍAS “POLARIA”, obtenido de:  
<http://www.poolaria.com/accesorios-de-pvc/1061-reduccion-conica-pvc-encolar.html>
- ACCESORIOS DE TUBERÍAS, obtenido de:  
<http://www.inyectoplast.com.pe/a6.htm>.
- ACCESORIOS DE TUBERÍAS “TECNIHOGAR”, obtenido de:  
<http://tecnihogar.es/295-tuberias-pvc-evacuacion-y-presion>



ANEXOS

ANEXO 01:MATRIZ

TABLA 139: MATRIZ

"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS VALORES "K", DE PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS DE 3/4", 1/2" Y DE 1" DE DIÁMETRO DE FIERRO GALVANIZADO Y PVC, DADOS POR LAS BIBLIOGRAFÍAS CON RESPECTO A LOS HALLADOS EXPERIMENTALMENTE EN EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO"						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	INSTRUMENTO	FUENTE
<p><b>1. PROBLEMA GENERAL</b> ¿Qué diferencia porcentual existe al analizar comparativamente los valores "k" de pérdida de carga local en accesorios de 1/2", 3/4" y 1" de diámetro de FIERRO GALVANIZADO y PVC, dados por las bibliografías (Munson B. R., Héctor Alfonso y Azevedo Netto) con respecto a los hallados experimentalmente?</p> <p><b>2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b></p> <p>1. ¿Qué valor toma "k" para los accesorios de 1/2", 3/4" y 1" de diámetro en FIERRO GALVANIZADO y PVC ?</p> <p>2. ¿Qué accesorio de PVC entre uno roscado y uno a presión, presenta mayor pérdida de carga local?</p> <p>3. ¿Qué factores inciden de mayor manera en el valor de las pérdidas de carga local en accesorios de FIERRO GALVANIZADO y PVC?</p> <p>4. ¿Cuáles son los valores de "Le/D" para los distintos accesorios de 1/2", 3/4" y 1" de diámetro de FIERRO GALVANIZADO y PVC?</p> <p>5. ¿Existen ábacos de curvas características del Caudal vs Pérdida de Carga local en accesorios de FIERRO GALVANIZADO y PVC, de 1/2", 3/4" y 1" de diámetro?</p>	<p><b>1. OBJETIVO GENERAL</b> Analizar comparativamente los valores "k" de pérdida de carga local en accesorios de 1/2", 3/4" y 1" de diámetro de FIERRO GALVANIZADO y PVC, dados por las bibliografías (Munson B. R., Héctor Alfonso y Azevedo Netto), con respecto a los hallados experimentalmente.</p> <p><b>2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <p>2. Determinar la pérdida de carga local en accesorios roscados y a presión, tanto en PVC como en FIERRO GALVANIZADO.</p> <p>3. Determinar los factores de los cuales dependen las pérdidas de carga local en accesorios de FIERRO GALVANIZADO y PVC.</p> <p>Calcular el valor de "Le/D" para los distintos accesorios de 1/2", 3/4" y 1" de diámetro de FIERRO GALVANIZADO y PVC</p> <p>Graficar los ábacos de la relación Caudal vs Pérdida de Carga local en accesorios de FIERRO GALVANIZADO y PVC de 1/2", 3/4" y 1" de diámetro.</p>	<p><b>• HIPÓTESIS GENERAL</b> La diferencia porcentual que existe a analizar comparativamente los valores "k" de pérdida de carga local en accesorios de 1/2", 3/4" y 1" de diámetro de FIERRO GALVANIZADO y PVC, dados por las bibliografías (Munson B. R., Héctor Alfonso y Azevedo Netto), con respecto a los hallados experimentalmente, es de un 20 %.</p> <p><b>• SUB-HIPÓTESIS</b></p> <p>1. El valor de "K", para los accesorios de 1/2", 3/4" y 1" de diámetro en FIERRO GALVANIZADO, viene a ser mayor que aquellos accesorios que son de PVC</p> <p>2. Los accesorios roscados de PVC presentan menor pérdida de carga local a comparación de aquellos accesorios que funcionan a presión.</p> <p>3. Los factores más incidentes en las pérdida de carga por accesorios son el tipo de material, tipo de empalme y el diámetro.</p> <p>4. El valor de "Le/D" para los accesorios de FIERRO GALVANIZADO resulta ser mayor a comparación del "Le/D" para los accesorios de PVC.</p> <p>5. Los ábacos de la relación Caudal vs Pérdida de Carga Local en accesorios, para los accesorios con tipo de empalme rosca, serán iguales al de los accesorios con empalme a presión.</p>	<p><b>VARIABLES INDEPENDIENTES</b></p> <p>1. Diámetro</p> <p>2. Accesorios</p> <p>3. Caudal</p> <p><b>VARIABLES DEPENDIENTES</b></p> <p>4. Coeficiente de fricción "f" de</p> <p>5. Velocidad</p> <p>6. Coeficientes de resistencia "k" de</p> <p>7. Pérdidas de carga en accesorios "h<sub>L</sub>"</p> <p>8. Longitud equivalente en diámetros de tubería "Le/D"</p> <p>9. Ábacos (Caudal vs Pérdida de Carga Local en Accesorios)</p>	<p><b>INDICADORES INDEPENDIENTES</b></p> <p>10. (m)</p> <p>11. Tipo</p> <p>12. (Lt/s)</p> <p><b>VARIABLES DEPENDIENTES</b></p> <p>13. Adimensional</p> <p>14. (m/s)</p> <p>15. Adimensional</p> <p>16. (m)</p> <p>17. (m)</p> <p>18. Ábacos (Q, h<sub>L</sub>)</p>	<p>1. Fichas de laboratorio</p> <p>2. Campo</p> <p>3. Pruebas de laboratorio</p> <p>4. Ensayos</p>	

(AUTOR, PROPIO)

## ANEXO 02. ESTUDIO REFERENCIAL

Metodología de Evaluación de Medidores  
y su Aplicación en Diversas Condiciones  
Operativas y de Consumo

gtz

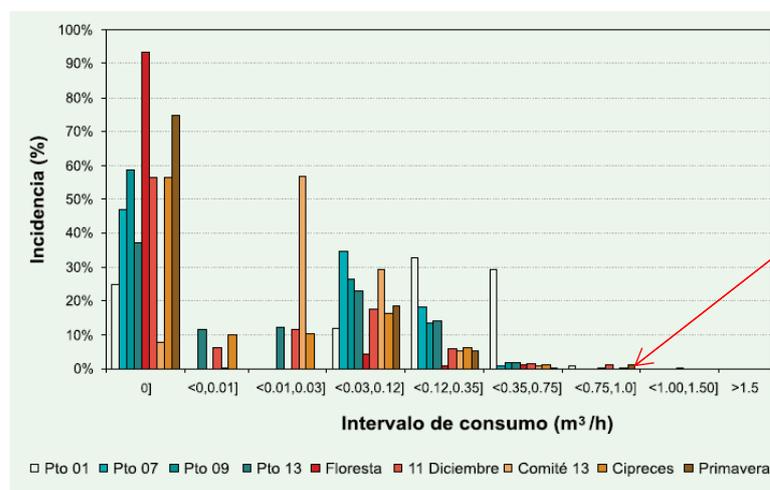
COOPERACION  
REPUBLICA DEL  
PERU  
  
REPUBLICA FEDERAL  
DE ALEMANIAPrograma de Agua Potable  
y Alcantarillado

## PRESENTACIÓN

.....Así, entre los meses de marzo y septiembre del año 2008, GTZ/PROAGUA, desarrolló el presente estudio con el objetivo de contribuir con criterios y procedimientos para que las EPS puedan seleccionar los tipos de micromedidores que respondan mejor a sus respectivas condiciones. Con esta finalidad, el equipo de asesores del Programa de Medidas de Rápido Impacto (PMRI) encargados de la asistencia técnica a 12 EPS del país, **realizó un análisis del comportamiento de micromedidores instalados en el ámbito de cinco EPS de ciudades pertenecientes al programa (Moquegua, Selva Central, Huánuco, Moyobamba y Chavín).**

## CONCLUSIONES

...Los resultados de la evaluación de consumos horarios mostraron que los **caudales con mayor incidencia fueron de 350 a 750 L/h. Y en periodos cortos y puntuales los medidores operaron hasta 1.500 L/h.**

Caudal máximo,  
con mayor  
incidencia

ANEXO 05. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS-ACCESORIOS DE FIERRO

GALVANIZADO



**CONEXIONES GALVANIZADAS DE ALTA CALIDAD PARA 150 LBS.**

Proceso de galvanizado en caliente de alta resistencia  
 Rosca NPT perfectamente alineadas  
 En medidas de 1/4" a 6"  
 Libre de óxido y porosidad, corte final para no dañar el empaque  
 Calidad garantizada  
 La fabricación china más reconocida en el mundo con más de 50 años de experiencia



		
BUSHING	CODO	CODO
		
RED.CAMPANA	TEE	TAPON HEMBRA
		
TAPON MACHO	UNION SIMPLE	UNION UNIVERSAL CON ASIENTO DE BRONCE

## Tuberías y conexiones de PVC

# TUBERIAS Y CONEXIONES DE PVC

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA TUBERÍA PARA AGUA FRÍA CON ROSCA NTP 399.166 : 2008

Diámetro Exterior		Longitud			Rosca NPT	Clase 10 SDR 21 145 PSI (10 Bar)	
Nominal (Pulg)	Real (mm)	Total (metros)	Rosca (mm)	Util (Metros)	Hilos	Espesor (mm)	Peso Aprox. (Kg x tubo)
½"	21.0	5.00	17.2	4.98	14	2.9	1.268
¾"	26.5	5.00	17.5	4.98	14	2.9	1.652
1"	33.0	5.00	21.8	4.98	11 ½	3.4	2.427
1 ¼"	42.0	5.00	22.4	4.98	11 ½	3.6	3.331
1 ½"	48.0	5.00	22.8	4.98	11 ½	3.7	3.948
2"	60.0	5.00	23.7	4.98	11 ½	3.9	5.268

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA TUBERÍA PARA AGUA FRÍA PRESIÓN NTP 399.002 : 2009

Diámetro Exterior		Longitud		Clase 5 SDR 41 72 PSI (5 bar)		Clase 7.5 SDR 27.7 108 Psi (7.5 bar)		Clase 10 SDR 21 145 PSI (10 bar)		Clase 15 SDR 14.3 215 PSI (15 bar)	
Nominal (Pulg)	Real (mm)	Total (metros)	Util (metros)	Espesor (mm)	Peso (Kg/tubo)	Espesor (mm)	Peso (Kg/tubo)	Espesor (mm)	Peso (Kg x tubo)	Espesor (mm)	Peso (Kg x tubo)
½"	21.0	5.00	4.97	-	-	-	-	1.8	0.836	1.8	0.836
¾"	26.5	5.00	4.96	-	-	-	-	1.8	1.075	1.8	1.075
1"	33.0	5.00	4.96	-	-	-	-	1.8	1.356	2.3	1.705
1 ¼"	42.0	5.00	4.96	-	-	1.8	1.746	2.0	1.931	2.9	2.736
1 ½"	48.0	5.00	4.96	-	-	1.8	2.007	2.3	2.537	3.3	3.560
2"	60.0	5.00	4.95	1.8	2.527	2.2	3.067	2.9	3.995	4.2	5.654
2 ½"	73.0	5.00	4.94	1.8	3.091	2.6	4.414	3.5	5.866	5.1	8.351
3"	88.5	5.00	4.93	2.2	4.577	3.2	6.581	4.2	8.536	6.2	12.303
4"	114.0	5.00	4.90	2.8	7.512	4.1	10.872	5.4	14.149	8.0	20.461
6"	168.0	5.00	4.86	4.1	16.218	6.1	23.836	8.0	30.893	11.7	44.138
8"	219.0	5.00	4.82	5.3	27.337	7.9	40.253	10.4	52.364	15.3	75.228
10"	273.0	5.00	4.77	6.7	43.066	9.9	62.870	13.0	81.586	19.0	116.493
12"	323.0	5.00	4.73	7.9	60.086	11.7	75.084	15.4	97.455	22.5	163.213

Soluciones Múltiples para Edificaciones

Diseño y fabricación de tuberías y accesorios de PVC, CPVC y PE en la Planta Machem Peru y su Comercialización

Producción y comercialización de Tubos y conexiones de PVC, CPVC, PE y Comercialización de Geotextiles

Producción y comercialización de Tubos y conexiones de PVC, CPVC, PE y Comercialización de Geotextiles

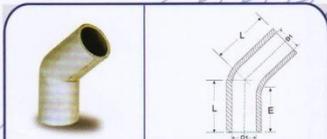
NORMAS TÉCNICAS PARA LA FABRICACION DE TUBERIAS					
CLASIFICACIÓN DE USO	NORMA TÉCNICA	DESCRIPCIÓN	PRODUCTO	MATERIAL DE FABRICACIÓN	TIPO DE EMPALME
Tuberías Para Edificaciones	NTP 399.002	Norma Técnica Peruana	Tubos a presión para Agua Fría	PVC	Simple Presión
	NTP 399.166	Norma Técnica Peruana	Tubos a presión para Agua Fría	PVC	Roscado
	ASTM-D-2846	American Standard for Testing Materials	Tubos para Agua Caliente	CPVC	Simple Presión

Agua Fría Presión PVC

TUBERÍAS Y CONEXIONES PARA AGUA FRÍA PRESIÓN SEGÚN NTP 399.002 : 2009 / NTP 399.019 : 2004 / NTE 002

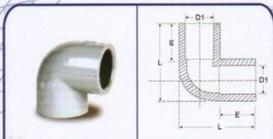
Contamos con tuberías en medidas desde 1/2" hasta 12" para presiones de Trabajo de 5, 7.5, 10 y 15 bar respectivamente. Asimismo contamos con mas de 90 conexiones Clase 10 con campanas para ser soldadas. Las Conexiones PAVCO-VINDUIT tienen mayor resistencia a la presión (43% mas espesor en promedio), mayor seguridad en el embone (tienen 31% mas área de embone en promedio) y no tienen restricciones al flujo de agua, minimizando así las pérdidas de carga.

CODOS 45° SP



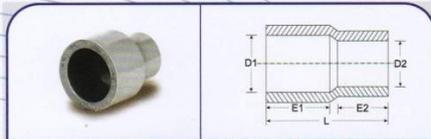
Diámetro Nominal (Pulg)	D1 (mm)	L (mm)	E (mm)	Peso APROX (Kg)	F
1/2"	21.2	35	25	0.018	T
3/4"	26.7	43	30	0.030	T
1"	33.3	51	35	0.040	T
1 1/4"	42.3	63	42	0.085	T
1 1/2"	48.3	72	48	0.115	T
2"	60.3	90	60	0.160	T
2 1/2"	73.3	109	73	0.270	T
3"	84.0	133	89	0.450	T
4"	114.4	171	114	0.800	T
6"	168.5	252	168	3.250	T
8"	220.0	328	219	8.400	T
10"	274.0	409	273	12.000	T
12"	324.0	484	323	17.200	T

CODOS A 90° SP



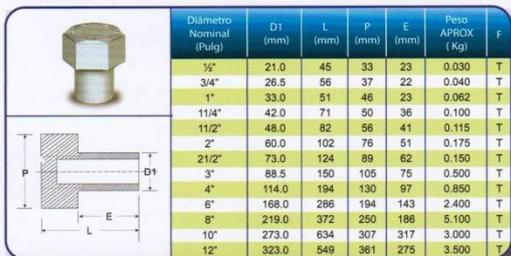
Diámetro Nominal (Pulg)	D1 (mm)	L (mm)	E (mm)	Peso APROX (Kg)	F
1/2"	21.2	48	23	0.028	I
3/4"	26.7	57	25	0.047	I
1"	33.2	68	29	0.068	I
1 1/4"	42.4	83	33	0.090	I
1 1/2"	48.2	93	33	0.225	I
2"	60.2	115	45	0.251	I
2 1/2"	73.6	155	62	0.500	T
3"	88.7	143	62	0.502	I
4"	114.8	242	97	1.000	T
6"	169.0	356	143	3.500	T
8"	220.3	465	186	10.000	T
10"	274.6	579	232	18.300	T
12"	324.6	685	275	30.000	T

REDUCCIONES SP



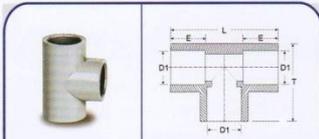
Diámetro Nominal (Pulg)	D1 (mm)	D2 (mm)	L (mm)	E1 (mm)	E2 (mm)	Peso APROX (Kg)	F
3/4" a 1/2"	26.7	21.2	51	25	20	0.025	I
1" a 1/2"	33.2	21.2	53	28	18	0.030	I
1" a 3/4"	33.2	26.7	56	28	22	0.030	I
1 1/4" a 1/2"	42.0	21.0	62	36	18	0.050	T
1 1/4" a 3/4"	42.0	26.5	67	36	23	0.055	T
1 1/4" a 1"	42.0	33.0	73	36	28	0.060	T
1 1/2" a 1/2"	48.0	21.0	67	41	18	0.075	T
1 1/2" a 3/4"	48.0	26.5	73	41	23	0.075	T
1 1/2" a 1"	48.0	33.0	79	41	28	0.075	T
1 1/2" a 1 1/4"	48.0	42.0	88	41	36	0.100	T
2" a 1/2"	60.0	21.0	79	51	18	0.095	T
2" a 3/4"	60.0	26.5	85	51	23	0.100	T
2" a 1"	60.0	33.0	91	51	28	0.100	T
2" a 1 1/4"	60.0	42.0	100	51	36	0.098	T
2" a 1 1/2"	60.0	48.0	106	51	41	0.100	T
2 1/2" a 1/2"	73.0	21.0	118	62	18	0.160	T
2 1/2" a 3/4"	73.0	26.5	118	62	23	0.160	T
2 1/2" a 1"	73.0	33.0	118	62	28	0.170	T
2 1/2" a 1 1/4"	73.0	42.0	118	62	36	0.200	T
2 1/2" a 1 1/2"	73.0	48.0	118	62	41	0.203	T
2 1/2" a 2"	73.0	60.0	130	62	51	0.175	T
3" a 1/2"	88.5	21.0	133	75	18	0.250	T
3" a 3/4"	88.5	26.5	133	75	23	0.520	T
3" a 1"	88.5	33.0	133	75	28	0.275	T
3" a 1 1/2"	88.5	48.0	133	75	41	0.300	T
3" a 2"	88.5	60.0	145	75	51	0.300	T
3" a 2 1/2"	88.5	73.0	158	75	62	0.305	T
4" a 2"	114.0	60.0	170	97	51	0.575	T
4" a 2 1/2"	114.0	73.0	183	97	62	0.550	T
4" a 3"	114.0	88.5	198	97	75	0.585	T
6" a 4"	168.0	114.0	276	143	97	2.000	T
8" a 6"	219.0	168.0	378	186	143	1.000	T

TAPÓN MACHO SP



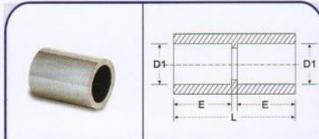
Diámetro Nominal (Pulg)	D1 (mm)	L (mm)	P (mm)	E (mm)	Peso APROX (Kg)	F
1/2"	21.0	45	33	23	0.030	T
3/4"	26.5	56	37	22	0.040	T
1"	33.0	51	46	23	0.062	T
1 1/4"	42.0	71	50	36	0.100	T
1 1/2"	48.0	82	56	41	0.115	T
2"	60.0	102	76	51	0.175	T
2 1/2"	73.0	124	89	62	0.150	T
3"	88.5	150	105	75	0.500	T
4"	114.0	194	130	97	0.850	T
6"	168.0	286	194	143	2.400	T
8"	219.0	372	250	198	5.100	T
10"	273.0	634	307	317	3.000	T
12"	323.0	549	361	275	3.500	T

TEES SP



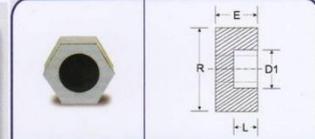
Diámetro Nominal (Pulg)	D1 (mm)	L (mm)	T (mm)	E (mm)	Peso APROX (Kg)	F
1/2"	21.2	67	48	23	0.036	I
3/4"	26.7	79	57	26	0.054	I
1"	33.2	94	68	29	0.094	I
1 1/4"	42.4	123	88	36	0.275	I
1 1/2"	48.2	123	88	36	0.308	I
2"	60.2	153	109	46	0.345	I
2 1/2"	73.6	240	184	62	0.550	T
3"	88.1	320	230	75	0.912	T
4"	114.8	418	328	97	1.700	T
6"	169.0	576	443	143	6.500	T
8"	220.3	750	577	186	13.000	T
10"	274.6	936	722	232	23.600	T
12"	324.6	510	827	275	30.000	T

UNIONES SP



Diámetro Nominal (Pulg)	D1 (mm)	L (mm)	E (mm)	Peso APROX (Kg)	F
1/2"	21.2	48	22	0.028	I
3/4"	26.7	53	26	0.040	I
1"	33.2	60	29	0.052	I
1 1/4"	42.3	77	33	0.065	I
1 1/2"	48.2	77	33	0.109	I
2"	60.2	97	46	0.184	I
2 1/2"	73.3	130	62	0.210	T
3"	88.8	158	75	0.370	T
4"	114.3	203	97	0.650	T
6"	168.5	300	143	2.500	T
8"	219.6	391	186	5.400	T
10"	273.8	487	232	9.500	T
12"	323.9	577	275	12.500	T

TAPÓN HEMBRA SP



Diámetro Nominal (Pulg)	D1 (mm)	L (mm)	E (mm)	Peso APROX (Kg)	F
1/2"	21.2	33	22	0.020	I
3/4"	26.7	37	22	0.022	I
1"	33.2	46	22	0.032	I
1 1/4"	42.4	49	36	0.045	T
1 1/2"	48.4	57	41	0.055	T
2"	60.5	59	51	0.125	T
2 1/2"	73.6	82	62	0.150	T
3"	89.1	101	75	0.270	T
4"	114.8	116	97	0.450	T
6"	169.0	190	143	0.946	T
8"	220.3	217	186	2.100	T
10"	274.6	240	323	3.000	T
12"	324.6	294	275	3.500	T

F = Proceso de Fabricación  
I = Inyección  
T = Termoformado

**¡NUEVO!**  
Accesorio Inyectado



TEE DE 3/4" CON REDUCCIÓN A 1/2"

Nota: Todas las dimensiones y pesos son referenciales. Las dimensiones son para diseño y pueden variar por el proceso de fabricación de Termoformado.

Propiedades Físicas y Mecánicas del PVC

PROPIEDADES	NORMA	UNIDADES
Peso Especifico a 25°C	ASTM D-792	1.41gr/cm3
coeficiente de Dilatación Térmica	ASTM D-696	0.06 mm / m / °C
Constante Dieléctrica	ASTM D-150	A 10 <sup>3</sup> -10 <sup>6</sup> Hz:3.0 - 3.8
Inflamabilidad	NTP 399.007	Autoextinguible
Coefficiente de Fricción	-	n=0.009 Manning; C= 150 Hazen-Williams
Tensión de Diseño	-	100 bar
Resistencia a la Tracción	ASTM D-638	48 Mpa

Propiedades y Ventajas de las Tuberías y Conexiones

- Tuberías diseñadas, fabricadas y comercializadas bajo la garantía de sistema de calidad ISO 9001:2008.
- Materia prima: PVC virgen sin estabilizantes de plomo, lo cual reduce el impacto ambiental.
- Fabricado por la empresa N° 1 de Latinoamérica en Tubosistemas, lo cual brinda un respaldo de calidad internacional.
- Mexichem desarrolla sus actividades enmarcadas en valores como la integridad, que se refleja en un comportamiento ético con responsabilidad social y ambiental; la innovación constante en el mejoramiento de nuestros productos; y a búsqueda de soluciones completas que nos permite ofrecerle la mayor variedad de tuberías y conexiones en el Perú.

Agua Fría con Rosca PVC

TUBERÍAS Y CONEXIONES PARA AGUA FRÍA CON ROSCA SEGÚN NTP 399.166 : 2008 / NTP 399.019 : 2004 / NTE 002

Son fabricadas en diámetros desde 1/2" hasta 2" para una presión de trabajo de 10 bar (145 psi). Las roscas usadas son NTP y contamos con más de 80 conexiones en diversos tamaños y variedades de las cuales mas de 30 son inyectadas. Todos nuestros accesorios son fabricados en color Gris orgánico y blanco.

CODOS 90° CON ROSCA

Diámetro Nominal (Pulg)	DE (mm)	R (mm)	PESO (Kg)	F
1/2"	45	17	0.020	I
3/4"	55	17	0.052	I
1"	64	21	0.074	I
1 1/4"	90	22	0.200	I
1 1/2"	90	22	0.168	I
2"	115	24	0.289	I

UNIÓN UNIVERSAL CON ROSCA

Diámetro ref.	A (mm)	B (mm)	C (mm)	F
1/2"	43	46.5	16	I
3/4"	46	52	17.5	I
1"	53	62	20.5	I

REDUCCIONES CON ROSCA EXTERNA

Diámetro Nominal (Pulg)	D1 (mm)	D2 (mm)	L (mm)	R1 (mm)	R2 (mm)	PESO (Kg)	F
3/4" - 1/2"	26.7	21.3	63	17	17	0.021	I
1" - 1/2"	23.4	21.3	53	21	17	0.025	T
1" - 3/4"	33.4	26.7	58	21	17	0.028	T
1 1/4" a 1/2"	42.2	21.3	67	22	17	0.047	T
1 1/4" a 3/4"	42.2	26.7	67	22	17	0.045	T
1 1/4" a 1"	42.2	33.4	73	22	21	0.050	T
1 1/2" a 1/2"	48.3	21.3	79	22	17	0.055	T
1 1/2" a 3/4"	48.3	26.7	79	22	17	0.060	T
1 1/2" a 1"	48.3	33.4	79	22	21	0.070	T
1 1/2" a 1 1/4"	48.3	42.2	88	22	22	0.050	T
2" a 1"	60.3	33.4	91	24	21	0.100	T
2" a 1/2"	60.3	21.3	100	24	17	0.100	T
2" a 3/4"	60.3	26.7	100	24	17	0.010	T
2" a 1 1/4"	60.3	42.2	100	24	22	0.115	T
2" a 1/2"	60.3	48.3	106	24	22	0.125	T

TEES CON ROSCA

Diámetro Nominal (Pulg)	D1 (mm)	T (mm)	L (mm)	R (mm)	PESO (Kg)	F
1/2"	18.4	44	82	17	0.025	I
3/4"	23.8	53	73	17	0.041	I
1"	29.9	64	88	21	0.063	I
1 1/4"	38.7	86	122	22	0.280	I
1 1/2"	44.8	86	122	22	0.350	I
2"	56.8	109	153	24	0.404	I

CODOS CACHIMBA

Diámetro Nominal (Pulg)	D1 (mm)	E (mm)	Z (mm)	R (mm)	PESO APROX. (Kg)	F
1/2"	21.2	21.3	48.5	20.3	0.020	I
3/4"	26.7	21.8	59.1	21.4	0.060	I

ADAPTADORES UNIÓN PRESIÓN-ROSCA

Diámetro Nominal (Pulg)	D1 (mm)	L (mm)	E (mm)	R (mm)	PESO APROX. (Kg)	F
1/2"	21.2	46	23	17	0.017	I
3/4"	26.7	50	27	17	0.023	I
1"	33.2	57	29	21	0.040	I
1 1/4"	42.4	66	36	22	0.050	T
1 1/2"	48.4	72	41	22	0.075	T
2"	60.5	89	51	23	0.130	T
2 1/2"	73.6	107	62	35	0.145	T
3"	89.1	128	75	36	0.250	T
4"	114.9	157	97		0.500	T
6"	169.0	300	143		1.500	T
8"	220.3	391	186		3.600	T
10"	274.8	487	232		5.900	T
12"	324.6	577	275		7.000	T

BUSHINGS CON ROSCA

Diámetro Nominal (Pulg)	DE (mm)	D1 (mm)	L (mm)	RE (mm)	RI (mm)	PESO (Kg)	F
3/4" - 1/2"	18.4	26.7	23	14	15	0.009	I
1" - 1/2"	18.4	33.4	30	21	17	0.021	I
1" - 3/4"	23.8	33.4	30	21	17	0.017	I
1 1/4" - 3/4"	23.8	42.2	75	22	17	0.056	T
1 1/4" - 1"	29.9	42.2	82	22	21	0.070	T
1 1/2" - 1"	29.9	48.3	70	22	21	0.057	T
1 1/2" - 1 1/4"	38.7	48.3	70	22	22	0.085	T
2" - 1/2"	18.4	60.3	104	24	27	0.108	T
2" - 3/4"	23.8	60.3	110	24	17	0.105	T
2" - 1"	29.9	60.3	92	24	21	0.124	T
2" - 1 1/2"	44.8	60.3	90	24	22	0.113	T

UNIONES CON ROSCA INTERNA

Diámetro Nominal (Pulg)	D1 (mm)	L (mm)	R (mm)	PESO (Kg)	F
1/2"	21.3	40	17	0.010	I
1/2" REX	18.4	48	17	0.029	I
3/4" RI	23.8	53	17	0.042	I
1" RI	29.9	56	21	0.053	I
1 1/4" RI	38.7	77	22	0.167	I
1 1/2" RI	44.8	77	22	0.130	I
2" RI	56.8	97	24	0.125	I

UNIÓN SOQUET (ROSCA HEMBRA)

Diámetro Nominal (Pulg)	D1 (mm)	L (mm)	E (mm)	R (mm)	PESO APROX. (Kg)	F
1/2"	21.2	48	21	17	0.027	I
3/4"	26.7	53	21	17	0.043	I
1"	33.2	56	23	21	0.052	I
1 1/2"	48.4	77	33	22	0.134	T
2"	60.5	97	46	23	0.203	I
3"	89.1	158	75	36	0.370	T

TAPÓN HEMBRA CON ROSCA

Diámetro Nominal (Pulg)	D1 (mm)	L (mm)	T (mm)	R (mm)	PESO (Kg)	F
1/2"	18.4	32	22	17	0.020	I
3/4"	23.8	36	22	17	0.023	I
1"	29.9	46	22	17	0.034	I
1 1/4"	38.7	53	36	22	0.045	T
1 1/2"	44.8	60	41	22	0.055	T
2"	56.8	74	51	24	0.075	T

TAPÓN MACHO CON ROSCA

Diámetro Nominal (Pulg)	D1 (mm)	L (mm)	T (mm)	P (mm)	R (mm)	PESO (Kg)	F
1/2"	21.3	30	8	33	17	0.030	I
3/4"	26.7	28	8	16	17	0.010	I
1"	33.4	34	10	19	21	0.016	I
1 1/4"	42.2	71	33	50	22	0.090	T
1 1/2"	48.3	82	41	56	22	0.100	T
2"	60.3	102	48	69	24	0.165	T

NIPLE CON ROSCA

Diámetro Nominal (Pulg)	D1 (mm)	L (mm)	T (mm)	R (mm)	PESO (Kg)	F
1/2"	18.4	40	7	16	0.010	I

**¡NUEVA!**

**UNIÓN DE REPARACIÓN**

**1/2", 3/4" y 1"**

*Con Unión Flexible*

F= Proceso de Fabricación  
I= Inyección  
T=Termoformado

Nota: Todas las dimensiones y pesos son referenciales. Las dimensiones son para diseño y pueden variar por el proceso de fabricación de Termoformado.

## ANEXO FOTOGRAFICO

FIGURA 72: DETERMINACIÓN DE LOS ENSAYOS A REALIZARSE CON LA GUÍA Y  
ASESORAMIENTO DEL ING. ÁLVARO FLORES BOZA

FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

**REDES ELABORADOS MANUALMENTE CON ACCESORIOS DE PVC Y FIERRO  
GALVANIZADO**

Red Nro. 1 compuesta por accesorios de FIERRO GALVANIZADO tales como: unión simple a rosca de 1/2", reducción campana a rosca de 3/4" a 1" y unión universal de 1"

FIGURA 73: RED NRO. 1



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

Red Nro. 2 compuesta por accesorios tales como: tee con rosca de 3/4"(FIERRO GALVANIZADO) y un codo mixto de 3/4" (PVC).

FIGURA 74: RED NRO. 2



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

Red Nro. 3 compuesta por accesorios de FIERRO GALVANIZADO tales como: reducción de 1" a 3/4", reducción de 3/4" a 1/2" y ampliación de 1/2" a 1".

FIGURA 75: RED NRO. 3



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

Red Nro. 4 compuesta por accesorio tee a presión de PVC de 1/2"

FIGURA 76: RED NRO. 4



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

Red Nro. 5 compuesta por accesorios a presión de PVC tales como: unión simple a presión de 3/4", codo de 90° a presión de 3/4" y codo de 45° a presión de 3/4".



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

Red Nro. 6 compuesta por accesorio tee a presión de PVC de 1”.

FIGURA 78: RED NRO. 6



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

Red Nro. 7 compuesta por accesorios a presión de PVC tales como: unión simple de 1/2”, codo de 90° de 1/2” y codo de 45° de 1/2”.

FIGURA 79: RED NRO. 7



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

Red Nro. 8 compuesta por accesorio tee a presión de PVC de 1”.

FIGURA 80: RED NRO. 8



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

Red Nro. 9 compuesta por accesorio tee de FIERRO GALVANIZADO de 3/4"

FIGURA 81: RED NRO. 9



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)

Red Nro. 10 compuesta por accesorios de PVC tales como: codo de 90° mixto de 3/4", unión simple a rosca de 3/4", codo de 90° con rosca de 3/4" y unión mixto de 3/4".

FIGURA 82: RED NRO. 10



FUENTE: (AUTOR, PROPIO)