



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

INGENIERO CIVIL

TEMA

**“MODELACIÓN ANALÍTICA DE ACCESORIOS TIPO CODO PARA EL
FLUJO DE TUBERÍAS A PRESIÓN”**

TUTOR

PhD. MARCIAL SEBASTIAN CALERO AMORES

AUTORES

**LUIS CECILIO CASTRO ROBLES
KARLA STEPHANIE MELGAR CHÁVEZ**

GUAYAQUIL

AÑO 2023



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TÍTULO Y SUBTÍTULO:

“Modelación analítica de accesorios tipo codo para el flujo de tuberías a presión.”

AUTOR/ES:

Castro Robles Luis Cecilio
Melgar Chávez Karla Stephanie

TUTOR:

Calero Amores Marcial Sebastián

INSTITUCIÓN:

**Universidad Laica Vicente
Rocafuerte de Guayaquil**

Grado obtenido:

Ingeniero Civil

FACULTAD:

Ingeniería, Industria y
Construcción

CARRERA:

Ingeniería Civil

FECHA DE PUBLICACIÓN:

2023

N. DE PÁGS:

191

ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción

PALABRAS CLAVE:

Accesorios hidráulicos, estructura hidráulica, flujo en tuberías, pérdidas localizadas, prototipo

RESUMEN:

El modelo analítico para accesorios tipo codo en redes de tuberías se basa en la aplicación de ecuaciones hidráulicas. Se realizan ensayos con diferentes tamaños de codos y tuberías, variando el caudal y midiendo la pérdida de presión resultante. Estos ensayos nos permiten obtener parámetros reales sobre la pérdida de presión en codos y tuberías de agua, lo que nos ayuda a seleccionar los componentes más eficientes para nuestras redes de distribución. Además, podemos comparar estos resultados con los valores teóricos calculados previamente para verificar su similitud. Es importante destacar que las constantes pérdidas de presión en las tuberías de distribución de agua dependen de múltiples factores, como rugosidad interna de las tuberías, velocidad del flujo de

accesorios, geometría de codos, entre otros. Por lo tanto, tener un modelo analítico para accesorios tipo codo nos brinda una herramienta invaluable para el diseño y optimización de estas redes. El objetivo de este trabajo investigativo es profundizar en una problemática específica y ofrecer una perspectiva basada en información técnica y experimental. Para lograr esto, se utilizarán los conocimientos adquiridos durante el trayecto de estudio y se aplicarán de manera correcta y adecuada a la realidad de los eventos que fueron analizados. Es importante resaltar que este trabajo no se limita a teorías abstractas, sino que busca una conexión con la realidad, examinando eventos reales y utilizando datos concretos. Esto implica que la investigación se llevará a cabo considerando tanto la teoría como la práctica, obteniendo de esta manera una visión más completa y sustentada.

N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (Web):		
ADJUNTO PDF:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
CONTACTO CON AUTOR/ES: Castro Robles Luis Castro Melgar Chávez Karla Stephanie	Teléfono: 0983346229 0998421204	E-mail: lcastror@ulvr.edu.ec kmelgarc@ulvr.edu.ec
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	Mgtr. Genaro Gaibor Spín Teléfono: (04)2596500 Ext. 241 E-mail: ggaibore@ulvr.edu.ec Mgtr. Alexis Valle Teléfono: (04)2596500 Ext. 242 E-mail: avalleb@ulvr.edu.ec	

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Modelación analítica de accesorios tipo codo para el flujo de tuberías a presión

INFORME DE ORIGINALIDAD

5%

INDICE DE SIMILITUD

5%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

etd.adm.unipi.it

Fuente de Internet

1%

2

Submitted to Universidad de Piura

Trabajo del estudiante

1%

3

repositorio.usm.cl

Fuente de Internet

<1%

4

www.lenhs.ct.ufpb.br

Fuente de Internet

<1%

5

www.coursehero.com

Fuente de Internet

<1%

6

repositorio.ulvr.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

7

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

8

operaciones1.files.wordpress.com

Fuente de Internet

<1%

9

www.slideshare.net

Fuente de Internet

		<1 %
10	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
11	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
12	Submitted to Universidad Francisco de Paula Santander Trabajo del estudiante	<1 %
13	Submitted to Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil Trabajo del estudiante	<1 %
14	bibdigital.epn.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
15	dspace.espol.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
17	www.eis.uva.es Fuente de Internet	<1 %
18	www.labdeurgencias.com.ar Fuente de Internet	<1 %
19	www.repositorio.usac.edu.gt Fuente de Internet	<1 %

20	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
21	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 %
22	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
23	repositorio.utc.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
24	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
25	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
26	repositorio.unesum.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
27	Submitted to Universidad Catolica de Trujillo Trabajo del estudiante	<1 %
28	Submitted to Universidad del Valle de Guatemala Trabajo del estudiante	<1 %
29	m.scirp.org Fuente de Internet	<1 %
30	www.cochranelibrary.com Fuente de Internet	<1 %
31	www.dspace.uce.edu.ec	

Fuente de Internet

<1 %

32 www.union.org.mx

Fuente de Internet

<1 %

33 www.zodiacpoolsystems.com

Fuente de Internet

<1 %

34 archive.org

Fuente de Internet

<1 %

35 repositorio.upch.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

36 slideplayer.es

Fuente de Internet

<1 %

37 www.oalib.com

Fuente de Internet

<1 %

38 www.yumpu.com

Fuente de Internet

<1 %

39 es.slideshare.net

Fuente de Internet

<1 %

40 huggingface.co

Fuente de Internet

<1 %

41 issuu.com

Fuente de Internet

<1 %

42 tubosacero.blogspot.com

Fuente de Internet

<1 %

43	www.eluniversal.com Fuente de Internet	<1 %
44	www.esi2.us.es Fuente de Internet	<1 %
45	www.thermal-engineering.org Fuente de Internet	<1 %
46	blogdelagua.com Fuente de Internet	<1 %
47	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %
48	repositorio.itm.edu.co Fuente de Internet	<1 %
49	repositorio.ucsg.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
50	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
51	transportesynegocios.wordpress.com Fuente de Internet	<1 %
52	worldwidescience.org Fuente de Internet	<1 %
53	www.acdivocabolivia.org Fuente de Internet	<1 %
54	www.icrc.org Fuente de Internet	<1 %

55	www.osinerg.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
56	www.sopo.gov.co Fuente de Internet	<1 %
57	"Inter-American Yearbook on Human Rights / Anuario Interamericano de Derechos Humanos, Volume 25 (2009)", Brill, 2013 Publicación	<1 %
58	ECO-MAPPING SOCIEDAD ANONIMA CERRADA. "ITS del Proyecto Implementación del Sistema Contra Incendios-IGA0020123", R.D. N° 225-2022-PRODUCE/DGAAMI, 2022 Publicación	<1 %
59	bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083 Fuente de Internet	<1 %
60	creativecommons.org Fuente de Internet	<1 %
61	dspace.unach.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
62	es.wikipedia.org Fuente de Internet	<1 %
63	kupdf.net Fuente de Internet	<1 %
64	lookformedical.com Fuente de Internet	<1 %

65	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
66	repositorio.unprg.edu.pe:8080 Fuente de Internet	<1 %
67	repozitorij.uni-lj.si Fuente de Internet	<1 %
68	upcommons.upc.edu Fuente de Internet	<1 %
69	www.esic.edu Fuente de Internet	<1 %
70	www.libble.eu Fuente de Internet	<1 %
71	www.polodelconocimiento.com Fuente de Internet	<1 %
72	www.risti.xyz Fuente de Internet	<1 %
73	zagan.unizar.es Fuente de Internet	<1 %
74	livrosdeamor.com.br Fuente de Internet	<1 %
75	www.elheraldo.com.ec Fuente de Internet	<1 %
76	Ángel Valentín Mercedes García. "Metodología de análisis para la mejora de los	<1 %

indicadores de sostenibilidad en las redes de distribución presurizadas mediante el uso de sistemas híbridos", Universitat Politecnica de Valencia, 2023

Publicación

77

baixardoc.com

Fuente de Internet

<1 %

78

qdoc.tips

Fuente de Internet

<1 %



Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Activo

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los estudiantes egresados **LUIS CECILIO CASTRO ROBLES Y KARLA STEPHANIE MELGAR CHÁVEZ**, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente Trabajo de Titulación, **Modelación analítica de accesorios tipo codo para el flujo de tuberías a presión**, corresponde totalmente a los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autores

Firma:



LUIS CECILIO CASTRO ROBLES

C.I. 0301887162

Firma:



KARLA STEPHANIE MELGAR CHÁVEZ

C.I. 0927817270

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de docente Tutor del Trabajo de Titulación **Modelación analítica de accesorios tipo codo para el flujo de tuberías a presión**, designado por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Trabajo de Titulación, titulado: **Modelación analítica de accesorios tipo codo para el flujo de tuberías a presión**, presentado por los estudiantes **LUIS CECILIO CASTRO ROBLES Y KARLA STEPHANIE MELGAR CHÁVEZ** como requisito previo, para optar al Título de **INGENIERO CIVIL**, encontrándose apto para su sustentación.

Firma:



MARCIAL SEBASTIÁN CALERO AMORES

C.C. 0905197869

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento primero a Dios por permitirme concluir mi etapa universitaria. Como no ser agradecido con mi familia mi amada esposa Mayra Gómez que junto a mis hijas Nadia y Paula han sido un pilar fundamental durante este periodo de estudios. A mis padres Luis (+) y Rosa que con sus oraciones y bendiciones siempre han estado presente en estos años de aprendizaje.

De igual manera a mi compañera de tesis Karla, que supo extender su mano para participar en este tema de titulación. Como no agradecer a nuestro tutor de tesis al Dr. Marcial Calero que siempre presento predisposición total para concluir con este proyecto. A mis docentes, amigos y apoyo durante todos mis estudios.

DEDICATORIA

A Dios por permitirme vivir toda esta experiencia universitaria que empecé como un sueño y paso a ser realidad, a mi Esposa que con su infinita paciencia ha sabido transmitir paz y tranquilidad, cuando más lo necesitaba. A los máspreciado que Dios me regalo, mis amadas Hijas; fuente de inspiración, motivación y regosijo en cada instante de mi vida.

A mi Padre que estuvo presente en el momento de empezar este sueño y que ya al finalizar tuvo que adelantarse al llamado de Dios, desde el cielo me guía y me cuida en cada paso que doy, a mi Madre que desde pequeño me enseñó a no rendirme, inculcandome siempre que ande por el camino del bien.

Luis Cecilio Castro Robles

AGRADECIMIENTO

Siendo un largo y desafiante camino, me dirijo para expresar mi más profundo agradecimiento. Primero y ante todo agradecer a Dios por darme sabiduría y perseverancia, mi gratitud a mi asesor de tesis PhD. Marcial Calero, sus conocimientos y la dedicación fueron una fuente de motivación.

También quiero agradecer a mis padres por su apoyo inquebrantable y también su sustento económico en todo el proceso, a mi compañero de tesis Luis Castro que ha estado en todo momento para esta investigación, quiero agradecer a todos mis docentes por su tiempo, sugerencias y comentarios que fueron ayudas de gran importancia en este trabajo. Mi agradecimiento se extiende a todos mis compañeros a lo largo de mi carrera, la camaradería compartida y los buenos momentos.

DEDICATORIA

Con gran cariño, dedico esta tesis a todas las personas e instituciones a quienes va dirigida mi agradecimiento. A mi familia, por su comprensión y sacrificio para seguir adelante en cada paso de mi formación académica.

A mi abuelo paterno quien lo llevare siempre en mi corazón siempre presente en cada paso que doy protegiéndome desde donde Dios se lo permite.

A mi abuela materna quien es mi refugio, mi hogar y mi paz con quien e pasado en las altas y las bajas y me ha dado ese apoyo incondicional que las abuelas dan, esta tesis es dedicada a ella con todo el amor.

Karla Stephanie Melgar Chávez

RESUMEN

El modelo analítico para accesorios tipo codo en redes de tuberías se basa en la aplicación de ecuaciones hidráulicas. Se realizan ensayos con diferentes tamaños de codos y tuberías, variando el caudal y midiendo la pérdida de presión resultante. Estos ensayos nos permiten obtener parámetros reales sobre la pérdida de presión en codos y tuberías de agua, lo que nos ayuda a seleccionar los componentes más eficientes para nuestras redes de distribución. Además, podemos comparar estos resultados con los valores teóricos calculados previamente para verificar su similitud. Es importante destacar que las constantes pérdidas de presión en las tuberías de distribución de agua dependen de múltiples factores, como rugosidad interna de las tuberías, velocidad del flujo, geometría de codos, entre otros. Por lo tanto, tener un modelo analítico para accesorios tipo codo nos brinda una herramienta invaluable para el diseño y optimización de estas redes. El objetivo de este trabajo investigativo es profundizar en una problemática específica y ofrecer una perspectiva basada en información técnica y teórica. Para lograr esto, se utilizarán los conocimientos adquiridos durante el trayecto de estudio y se aplicarán de manera correcta y adecuada a la realidad de los eventos que fueron analizados. Es importante resaltar que este trabajo no se limita a teorías abstractas, sino que busca una conexión con la realidad, examinando eventos reales y utilizando datos concretos. Esto implica que la investigación se llevará a cabo considerando tanto la teoría como la práctica, obteniendo de esta manera una visión más completa y sustentada.

(Palabras Claves de TESAURO – UNESCO)

Abastecimiento de agua, dinámica del fluido, estructura hidráulica, modelo, recursos hídricos.

RESUMEN – ABSTRACT

This analytical model for elbow type fittings in pipe networks is based on the application of hydraulic equations. Tests are performed with different sizes of elbows and pipes, varying the flow rate and measuring the resulting pressure loss. These tests allow us to obtain real parameters on the pressure loss in elbows and water pipes, which helps us to select the most efficient components for our distribution networks. Furthermore, we can compare these results with the previously calculated theoretical values to verify their similarity. It is important to note that the constant pressure losses in water distribution pipes depend on multiple factors, such as internal pipe roughness, flow velocity, elbow geometry, among others. Therefore, having an analytical model for elbow type fittings provides us with an invaluable tool for the design and optimization of these networks. The objective of this research work is to delve into a specific problem and offer a perspective based on technical and theoretical information. To achieve this, the knowledge acquired during the course of the study will be used and applied correctly and adequately to the reality of the events that were analyzed. It is important to emphasize that this work is not limited to abstract theories, but seeks a connection with reality, examining real events and using concrete data. This implies that the research will be carried out considering both theory and practice, thus obtaining a more complete and sustained vision.

(Keywords de TESAURO – UNESCO)

Fluid dynamics, hydraulic structure, model, water resources, water supply.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I.....	2
Diseño de la Investigación	2
1.1 Tema	2
1.2 Planteamiento del problema	2
1.3 Formulación del Problema.....	4
1.4 Objetivos	5
1.4.1 Objetivo General.....	5
1.4.2 Objetivos Específicos	5
1.4 Hipótesis.....	5
1.6 Línea de Investigación Institucional/Facultad.	5
CAPÍTULO II.....	6
2.1 Antecedentes.....	6
2.1.1 La importancia del laboratorio de hidráulica en el desarrollo del modelo analítico para accesorios tipo codo para el flujo de tuberías a presión.	6
2.1.2 La importancia de la experimentación del modelo analítico para accesorios tipo codo para flujo de tuberías a presión	7
2.1.3 Sistemas de Agua Potable.....	7
2.1.4 Tuberías y accesorios para Instalaciones Hidrosanitarias.....	8
2.1.5 Pérdidas de presión en tuberías de agua potable	11
2.2 Marco Referencial.....	15
2.3 Marco Legal	48
2.3.1 Constitución del Ecuador Art. 264.....	48
2.3.2 Constitución del Ecuador Art. 314.....	48
2.3.3 Constitución del Ecuador Art. 326.....	49
2.3.4 Constitución del Ecuador Art. 375.....	49
2.3.5 Ley Orgánica de Recursos Hídricos y aprovechamiento del agua Art. 01 al 09.....	50

2.3.6 Ley Orgánica de Recursos Hídricos y aprovechamiento del agua Art. 12	51
2.3.7 Ley Orgánica de Recursos Hídricos y aprovechamiento del agua Art. 18.	52
2.3.8 Ley Orgánica de Recursos Hídricos y aprovechamiento del agua Art. 32.	52
2.3.9 Ley Orgánica de Recursos Hídricos y aprovechamiento del agua Art. 36	53
2.3.10 Ley Orgánica de Recursos Hídricos y aprovechamiento del agua Art. 44.	53
2.3.11 Ley Orgánica de Recursos Hídricos y aprovechamiento del agua Art. 100.	53
2.3.12 Ley Orgánica de Recursos Hídricos y aprovechamiento del agua Art. 140- 141.	54
CAPÍTULO III	56
Marco Metodológico	56
3. 1 Enfoque de la investigación	56
3.2 Alcance de la investigación	57
3.3 Técnica e instrumentos para obtener los datos	57
3.4 Población y muestra	58
3. 5 Tipos de Muestra en Investigación Cuantitativa	58
3.6 Metodología para el análisis de datos y línea base	59
3.6.1 Operatividad del banco hidráulico para distribución del agua	59
3.6.2 Prueba de bomba para banco hidráulico	59
3.6.3 Medidores de Presión	60
3.6.4 Medidores de agua	61
3.6.5 Habilitación del banco hidráulico.....	61
3.6.6 Armado de modelo físico prototipo	62
3.6.7 Tuberías y accesorios.....	64

3.6.8 Pruebas en el modelo prototipo de los accesorios tipo codo (dos marcas a evaluar).....	64
CAPÍTULO IV.....	107
Propuesta o Informe.....	107
4.1 Presentación y análisis de resultados	107
4.1.1 Tabla para pruebas en accesorios tipo codo de 90° de 1/2" Plastigama	108
4.1.2 Tabla para pruebas en accesorios tipo codo de 90° de 1/2" Tigre ..	111
4.1.3 Evaluación entre marcas para accesorios tipo codo de 90° de 1/2" ..	114
4.1.4 Gráfica entre marcas para accesorios tipo codo de 90° de 1/2"	115
4.1.5 Tabla para pruebas en accesorios tipo codo de 45° de 1/2" Plastigama	116
4.1.6 Tabla para pruebas en accesorios tipo codo de 45° de 1/2" Tigre ..	119
4.1.7 Evaluación entre marcas para accesorios tipo codo de 45° de 1/2" ..	122
4.1.8 Gráfica entre marcas para accesorios tipo codo de 45° de 1/2"	123
4.1.9 Tabla para pruebas en accesorios tipo codo de 90° de 3/4" Plastigama	124
4.1.10 Tabla para pruebas en accesorios tipo codo de 90° de 3/4" Tigre ..	127
4.1.11 Evaluación entre marcas para accesorios tipo codo de 90° de 3/4"	130
4.1.12 Gráfica entre marcas para accesorios tipo codo de 90° de 3/4"	131
4.1.13 Tabla para pruebas en accesorios tipo codo de 45° de 3/4" Plastigama	132
4.1.14 Tabla para pruebas en accesorios tipo codo de 45° de 3/4" Tigre ..	135
4.1.15 Evaluación entre marcas para accesorios tipo codo de 45° de 3/4"	138
4.1.16 Gráficas entre marcas para accesorior tipo codo de 45° de 3/4" ...	139
4.1.17 Tabla para pruebas en accesorios tipo codo de 90° de 1" Plastigama	140

4.1.18	Tabla para pruebas en accesorios tipo codo de 90° de 1" Tigre ...	143
4.1.19	Evaluación entre marcas para accesorios tipo codo de 90° de 1" .	146
4.1.20	Gráfica entre marcas para accesorios tipo codo de 90° de 1"	147
4.1.21	Tabla para pruebas en accesorios tipo codo de 45° de 1" Plastigama	148
4.1.22	Tabla para pruebas en accesorios tipo codo de 45° de 1" Tigre ...	151
4.1.23	Evaluación entre marcas para accesorios tipo codo de 45° de 1" .	154
4.1.24	Gráfica entre marcas para accesorios tipo codo de 45° de 1"	155
4.2	Cuadro Comparativo de coeficientes de pérdidas (K) teóricas y calculadas	156
4.3	Propuesta	159
CONCLUSIONES		160
RECOMENDACIONES		162
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		163
ANEXOS.....		166

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Línea de Investigación	5
Tabla 2	Valores para λ según distintos valores de α	14
Tabla 3	Valores para λ según distintos valores de α	14
Tabla 4	Lista de accesorios del área 100.....	47
Tabla 5	Técnicas e Instrumentos en enfoque cuantitativo	58
Tabla 6	Población y Muestra	58
Tabla 7	Número de Reynolds para tubería de 1/2"	65
Tabla 8	Número de Reynolds para tuberías de 3/4"	66
Tabla 9	Número de Reynolds para tuberías de 1"	66
Tabla 10	K para Codo de 90° para tubería de 1/2" en Marca Plastigama.	71
Tabla 11	K para Codo de 90° para tubería de 1/2" en Marca Tigre.....	74
Tabla 12	K para Codo de 45° para tubería de 1/2" en Marca Plastigama	77
Tabla 13	K para Codo de 45° para tubería de 1/2" en Marca Tigre.....	80

Tabla 14	K para Codo de 90° para tubería de 3/4" en Marca Plastigama	83
Tabla 15	K para Codo de 90° para tubería de 3/4" en Marca Tigre.....	86
Tabla 16	K para Codo de 45° para tubería de 3/4" en Marca Plastigama	89
Tabla 17	K para Codo de 45° para tubería de 3/4" en Marca Tigre.....	92
Tabla 18	K para Codo de 90° para tubería de 1" en Marca Plastigama	95
Tabla 19	K para Codo de 90° para tubería de 1" en Marca Tigre.....	98
Tabla 20	K para Codo de 45° para tubería de 1" en Marca Plastigama	101
Tabla 21	K para Codo de 45° para tubería de 1" en Marca Tigre.....	104
Tabla 22	Presupuesto general del modelo analítico prototipo de accesorios tipo codo para el flujo de tuberías a presión.....	105
Tabla 23	Accesorios tipo codo 90° de 1/2" Plastigama	108
Tabla 24	Coeficiente "K" de 90° de 1/2" Plastigama	109
Tabla 25	Accesorio tipo codo de 90° de 1/2" Tigre	111
Tabla 26	Coeficiente "K" de 90° de 1/2" Tigre.....	112
Tabla 27	Evaluación entre marcas para accesorios tipo codo de 90° de 1/2"	114
Tabla 28	Accesorios tipo codo de 45° de 1/2" Plastigama	116
Tabla 29	Coeficiente "K" de 45° de 1/2" Plastigama	117
Tabla 30	Accesorios tipo codo de 45° de 1/2" Tigre.....	119
Tabla 31	Coeficiente "K" de 45° de 1/2" Tigre.....	120
Tabla 32	Evaluación entre marcas para accesorios tipo codo de 45° de 1/2"	122
Tabla 33	Accesorios tipo codo de 90° de 3/4" Plastigama	124
Tabla 34	Coeficiente "K" en accesorios tipo codo de 90° de 3/4" Plastigama	125
Tabla 35	Accesorios tipo codo de 90° de 3/4" Tigre.....	127
Tabla 36	Coeficiente "K" en accesorios tipo codo de 90° de 3/4" Tigre.....	128
Tabla 37	Evaluación entre marcas para accesorios tipo codo de 90° de 3/4"	130
Tabla 38	Accesorios tipo codo de 45° de 3/4" Plastigama	132
Tabla 39	Coeficiente "K" en accesorios tipo codo de 3/4" Plastigama	133
Tabla 40	Accesorios tipo codo en 45° de 3/4" Tigre.....	135
Tabla 41	Coeficiente "K" de accesorio tipo codo de 45° de 3/4" Tigre	136
Tabla 42	Evaluación entre marcas para accesorios tipo codo de 45° de 3/4"	138
Tabla 43	Accesorios tipo codo de 90° de 1".....	140
Tabla 44	Coeficiente "K" en accesorios tipo codo de 90° de 1".....	141
Tabla 45	Accesorios tipo codo de 90° de 1" Tigre.....	143
Tabla 46	Coeficiente "K" en accesorios tipo codo de 90° de 1" Tigre.....	144

Tabla 47 Evaluación entre marcas para accesorios tipo codo de 90° de 1" ...	146
Tabla 48 Accesorios tipo codo de 45° de 1" Plastigama	148
Tabla 49 Coeficiente "K" en accesorios tipo codo de 45° de 1" Plastigama ...	149
Tabla 50 Accesorios tipo codo de 45° de 1" Tigre.....	151
Tabla 51 Coeficiente "K" en accesorios tipo codo de 45° de 1" Tigre.....	152
Tabla 52 Evaluación entre marcas para accesorios tipo codo de 45° de 1" ...	154
Tabla 53 Cuadro Comparativo de coeficientes de pérdidas (K) calculadas....	156
Tabla 54 Coeficiente de pérdidas (K) para tuberías en accesorios tipo codo (Munson. B. R. et al., 1990)	157
Tabla 55 Cuadro Comparativo de coeficientes de pérdidas (K) teóricas y calculadas.....	158

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Flujo en sistemas de tuberías en serie	3
Ilustración 2 Singularidades de pérdida de carga	12
Ilustración 3 Efecto del flujo en curvas.....	14
Ilustración 4 Ecuaciones para cálculo de pérdidas	39
Ilustración 5 Ecuación para cálculo de caídas de presión	46
Ilustración 6 Coeficientes de pérdidas adimensionales	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Sistema de agua potable.....	8
Figura 2 Elementos para instalaciones hidráulicas y sanitarias	9
Figura 3 Nodos de Una Red de Distribución de Agua Potable	11
Figura 4 Pérdidas de presión en tuberías.....	13
Figura 5 Hidrogeneradores-Linea SH11	26
Figura 6 Operatividad del banco hidráulico	59
Figura 7 Prueba de bomba para banco hidráulico	60
Figura 8 Medidores de Presión	60
Figura 9 Medidores de agua.....	61
Figura 10 Habilitación del banco hidráulico	61
Figura 11 Habilitación del banco hidráulico	62

Figura 12 Armado de modelo prototipo	63
Figura 13 Esquema de 90°	67
Figura 14 Esquema de 45°	67
Figura 15 Recolección de datos para cálculos y análisis	104

ÍNDICE DE FÓRMULAS

Fórmula 1 Pérdida de Carga	64
Fórmula 2 Número de Reynolds.....	65

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1 hL en accesorios tipo codo de 90° de 1/2" Plastigama.....	110
Gráfica 2 Coeficiente K en accesorios tipo codo de 90° de 1/2" Plastigama..	110
Gráfica 3 hL en accesorios tipo codo de 90° de 1/2" Tigre	113
Gráfica 4 Coeficiente K en accesorios tipo codo de 90° de 1/2" Tigre	113
Gráfica 5 Comparación de accesorios tipo codo de 45° de 1/2"	115
Gráfica 6 hL en accesorios tipo codo de 45° de 1/2" Plastigama	
Gráfica 7 Coeficiente K en accesorios tipo codo de 45° de 1/2" Plastigama..	118
Gráfica 8 hL en accesorios tipo codo de 45° de 1/2" Tigre	
Gráfica 9 Coeficiente K en accesorios tipo codo de 45° de 1/2" Tigre	121
Gráfica 10 Comparación de accesorios tipo codo de 45° de 1/2"	123
Gráfica 11 hL en accesorios tipo codo de 45° de 1/2" Plastigama.....	126
Gráfica 12 Coeficiente K en accesorios tipo codo de 45° de 1/2" Plastigama	126
Gráfica 13 hL en accesorios tipo codo de 90° de 3/4" Tigre	
Gráfica 14 Coeficiente K en accesorios tipo codo de 90° de 3/4" Tigre	129
Gráfica 15 Comparación de accesorios tipo codo de 90° de 3/4"	131
Gráfica 16 hL en accesorios tipo codo de 45° de 3/4" Plastigama.....	
Gráfica 17 Coeficiente K en accesorios tipo codo de 45° de 3/4" Plastigama	134
Gráfica 18 hL en accesorios tipo codo de 45° de 3/4" Tigre	
Gráfica 19 Coeficiente K en accesorios tipo codo de 45° de 3/4" Tigre	137
Gráfica 20 Comparación de accesorios tipo codo de 45° de 3/4"	139

Gráfica 21 hL en accesorios tipo codo de 90° de 1"	
Gráfica 22 Coeficiente K en accesorios tipo codo de 90° en 1"	142
Gráfica 23 Coeficiente K en accesorios tipo codo de 90° de 1" Tigre	145
Gráfica 24 h en accesorios tipo codo de 90° de 1" Tigre	145
Gráfica 25 Comparación de accesorios tipo codo de 90° de 1"	147
Gráfica 26 hL en accesorios tipo codo de 45° de 1" Plastigama	150
Gráfica 27 Coeficiente K en accesorios tipo codo de 45° de 1" Plastigama...	150
Gráfica 28 hL en accesorios tipo codo de 45° de 1" Tigre	153
Gráfica 29 Coeficiente K en accesorios tipo codo de 45° de 1" Tigre	153
Gráfica 30 Comparación de accesorios tipo codo de 45° de 1"	155

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Limpieza de Banco Hidráulico	166
Anexo 2 Armado de prototipo	166

INTRODUCCIÓN

Las pérdidas de presión en las tuberías de las redes de distribución se dan por diversos motivos. Estas pérdidas pueden ocurrir debido a fugas de agua en las tuberías, mantenimiento inadecuado en las redes de distribución, turbulencias y cambios graduales en la dirección del flujo. Dentro de estos últimos están las válvulas y accesorios (codos, reducciones, etc.). Realizar cálculos hidráulicos en los sistemas de distribución de agua es primordial para determinar la eficiencia y el rendimiento de dicha red.

Los libros de hidráulica proporcionan diferentes factores y fórmulas que nos ayudan a calcular estas pérdidas. Adicional a estos factores, varios textos de hidráulica proporcionan gráficas y tablas que ayudan a calcular pérdidas de presión en diferentes condiciones de flujo y tipos de tubería. Tales recursos son usados para el diseño y la optimización de recursos hidráulicos. Permiten tomar decisiones sobre la selección de componentes y configuraciones del sistema.

El objetivo final de este trabajo es mejorar la eficiencia y la precisión en el cálculo de las pérdidas de presión en los accesorios. Es especialmente importante en el sector de distribución de agua potable, donde es necesario asegurar un flujo constante y eficiente. El modelo analítico que se propone permitirá simular diferentes condiciones de flujo y presión, y obtener mediciones precisas de las pérdidas de presión en los codos.

El propósito de estas pruebas es determinar el comportamiento de los accesorios tipo codo en términos de flujo de agua y pérdida de presión en diferentes tamaños de tubería y grados de inclinación. Para llevar a cabo las pruebas, se utilizó el banco hidráulico existente en el Laboratorio de Hidráulica. El modelo analítico se adaptó al banco hidráulico, lo que permitió simular condiciones de flujo y medir los parámetros relevantes.

Al comparar los valores reales con los coeficientes que brindan los libros de hidráulica, se evalúa qué tan precisas son las predicciones teóricas. En conclusión, el análisis de los resultados obtenidos en la evaluación de la eficiencia de los accesorios nos brinda información valiosa para tomar decisiones informadas sobre su uso, identificar posibles mejoras en el diseño y evaluar la precisión de los valores teóricos.

CAPÍTULO I

Diseño de la Investigación

1.1 Tema

“Modelación analítica de accesorios tipo codo para el flujo de tuberías a presión”

1.2 Planteamiento del problema

Los modelos analíticos dan una comprensión más amplia de una ecuación del flujo del agua en un punto del espacio y para un tiempo dado. Por medio de la detección de la composición de las partes principales y el que existe una falta de estos modelos dan como consecuencia el no poder conocer de manera más exacta el problema del flujo. La falta de estos modelos analíticos se da porque este se enfoca en una lógica empírica y en la directa experimentación en el bombeo mediante la auscultación y seguimiento. Sin estos no se podrá recoger datos para poder calibrar espacial y temporalmente el modelo.

Los materiales elaborados y mercadeados de forma local convencionalmente tienen puntos débiles donde cabe la posibilidad de mejorar para que la comercialización vaya de la mano con la calidad, como es el tiempo de duración del producto y su resistencia al tipo de cargas que los accesorios se deben cambiar demasiado pronto, presiones e influencia química que se den. El accesorio tipo codo tiene la dificultad de la disminución de fuerza en la presión de los sistemas y en el ámbito de la construcción es un punto a mejorar para la transportación de fluidos o gases a todos los lugares posibles del edificio.

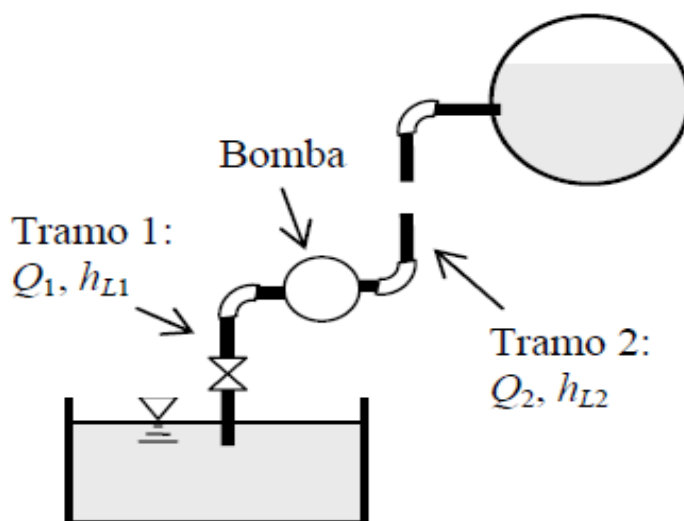
La calidad dentro de estos accesorios es de gran importancia y un problema a largo plazo es la resistividad del flujo que aguanta el accesorio, es decir, la resistencia que va a oponer el material pasado por las tuberías, dando un retardo por la fricción generada por el material que pasará en los sistemas. Ya que existen sólidos en el caso de las aguas residuales reducen el espacio de los sistemas de las tuberías, dando así un deterioro y desgaste del accesorio tipo codo. El desgaste

constante de estos accesorios que en su mayoría son hechos de PVC (policloruro de vinilo) da un impacto negativo ambiental porque no son degradables y puede llegar a soltar aditivos perjudiciales para el medio ambiente.

Al momento del cambio de dirección se dará una pérdida de fuerza y por ende una subpresión en el flujo y mientras esta baja siga aumentando, acrecentará la energía requerida en las bombas del sistema. Para poder compensar esta deficiencia se deberá aumentar la presión requerida de los impulsadores aumentando así el costo de operación, finalizada la obra también existirán cambios de accesorios tipo codo dependiendo del material del cual este hecho por ende habrá reemplazo, es decir podrá ser por fugas, corrosión o por desgaste. Y pueden darse porque los iones de un fluido se llegan a comer los materiales metálicos y este pitting reduce el flujo, también restringe y aumenta la presión dentro de la tubería.

Los modelos analíticos existentes en hidráulica de tuberías, aunque muchos de ellos son muy completos, no satisfacen de forma particular, detallada y especializada el análisis de accesorios tipo codo. En general, se basan en las características más relevantes de una red y en el análisis de presiones del sistema global. Estos modelos son aplicados en tuberías ramificadas, en serie, en paralelo y redes de tuberías a las cuales se les agregan leyes que se enfocan y representan sus conexiones, pero que no profundizan en ellas.

Ilustración 1 Flujo en sistemas de tuberías en serie



Fuente: Jean-François DULHOSTE, (s.f, p.1)

Los codos que tienen por objetivo el cambio de dirección del flujo dan una pérdida de carga habitualmente asociada a la transformación de la energía de presión de flujo. El régimen de flujo pasa abruptamente hacia otro y esto genera la disipación de la energía en otras formas como, por ejemplo, sonido. Por ende, se produce también una baja de presión en el flujo y mientras esta baja de presión siga expandiéndose, acrecentará la energía requerida en las bombas del sistema.

Para compensar la deficiencia se debe aumentar la presión requerida de los impulsores aumentando así el costo de operación, finalizada la obra también existirán cambios de accesorios tipo codo dependiendo del material del cual este hecho por ende habrá reemplazo, es decir podrá ser por fugas, corrosión o por desgaste. Y pueden darse porque los iones de un fluido pueden carcomer los materiales metálicos y esto produce fugas que reducen el flujo efectivo.

Existe un modelo matemático que relaciona las variables que intervienen en la pérdida de carga en accesorios tipo codo. De forma elemental explica que las pérdidas se producen por efecto de la fricción y son pérdidas localizadas. Sin embargo, son muy pocos los resultados que tienen validez y eso se debe a que el flujo en un accesorio tipo codo es muy difícil de analizar. Por esta razón las pérdidas se calculan de manera experimental.

Si el modelo analítico es hidráulico y gira en torno al agua potable como fluido circundante, el éxito en la aplicación del modelo y particularmente en modelo de tipo predictivo, estará basado en que todas las partes que se verán afectadas positiva o negativamente se involucren de manera directa. Esto se da porque en vista de que los sistemas de agua potable están destinados como instrumentos o herramientas para facilitar el consumo humano, la integración de nuevas formas de analizar los componentes de una red depende de lo bien que se acople el procesamiento de la información a través de las fases probatorias en las que muchas veces se necesita la perspectiva del consumidor final.

1.3 Formulación del Problema

¿Qué aportará la elaboración de modelos analíticos del flujo presurizado en accesorios tipo codo y como impactará técnicamente en los mercados del Ecuador?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Elaborar modelos analíticos para el flujo presurizado de accesorios tipo codos elaborados y mercadeados en Ecuador

1.4.2 Objetivos Específicos

- Identificar la relación entre las características del flujo y los codos.
- Desarrollar modelos analíticos para pérdida y flujo por accesorios tipo codo en sistemas a presión.
- Categorizar los accesorios tipo codo distribuidos de los datos del modelo analítico distribuidos en el país.

1.4 Hipótesis

La evaluación de modelos analíticos demostrará la eficacia en accesorios tipo codo para el flujo en sistemas a presión elaborados y mercadeados en Ecuador.

1.6 Línea de Investigación Institucional/Facultad.

Tabla 1 Línea de Investigación

Dominio	Línea Institucional	Línea de Facultad
Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de la construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energías renovables.	Territorio, medio	Territorio.

Fuente: Universidad Laica Vicente Rocafuerte, (s.f)

La presente línea de investigación está enfocada en territorio, la cual se justifica por la importancia y dificultad que presenta la falta de modelos analíticos para accesorios tipo codo para el flujo de tuberías a presión. Los mismos que son de sumo interés, ya que facilitan herramientas hidráulicas las cuales pueden ayudar a predecir el comportamiento de estos accesorios (pérdida de carga, resistencia al flujo). La cual permitirá tomar decisiones informadas y diseñar sistemas más eficientes para las tuberías en flujos a presión.

CAPÍTULO II

Marco Referencial

2.1 Antecedentes

2.1.1 La importancia del laboratorio de hidráulica en el desarrollo del modelo analítico para accesorios tipo codo para el flujo de tuberías a presión.

El laboratorio de hidráulica es de vital importancia en el desarrollo del modelo analítico para accesorios tipo codo para flujo de tuberías a presión.

En primer lugar, el laboratorio permite realizar pruebas experimentales en condiciones controladas, lo que permite obtener datos precisos y confiables sobre el comportamiento de los accesorios tipo codo en el flujo de tuberías a presión. Estas pruebas pueden incluir la medición de variables como la presión, el caudal y la pérdida de carga, entre otros, lo que proporciona información detallada sobre el rendimiento de los accesorios y la influencia del flujo en su desempeño.

Además, el laboratorio permite llevar a cabo diversas pruebas en diferentes condiciones de flujo y configuraciones de los accesorios, lo que permite realizar un análisis exhaustivo y comparativo de su rendimiento. Esto es fundamental para identificar los factores que afectan el comportamiento de los accesorios y para diseñar modelos analíticos que representen de manera efectiva su desempeño en diferentes situaciones.

Otro aspecto importante del laboratorio es que proporciona un entorno controlado para realizar pruebas de validación y verificación de los modelos analíticos desarrollados. Esto implica comparar los resultados de las pruebas experimentales realizadas en el laboratorio con los datos obtenidos a partir del modelo analítico. Si los resultados obtenidos se asemejan, esto indica que el modelo es válido y confiable, lo que permite utilizarlo en la predicción del comportamiento de los accesorios en diferentes situaciones.

2.1.2 La importancia de la experimentación del modelo analítico para accesorios tipo codo para flujo de tuberías a presión

La experimentación del modelo analítico para accesorios tipo codo en el flujo de tuberías a presión es de suma importancia debido a las siguientes razones:

Validación del modelo teórico: La experimentación permite validar los modelos analíticos desarrollados teóricamente. Al realizar pruebas en condiciones reales, se puede comparar los resultados experimentales con los valores predichos por la teoría. Esto ayuda a verificar y mejorar la precisión del modelo analítico.

Comportamiento real: La experimentación proporciona información sobre el comportamiento real de los accesorios tipo codo en el flujo de tuberías a presión. Aunque los modelos teóricos pueden proporcionar resultados aproximados, la experimentación permite observar los efectos reales de factores como la turbulencia, la viscosidad y la resistencia en el flujo de fluidos.

Diseño y optimización de accesorios: Los resultados experimentales ayudan a diseñar y optimizar los accesorios tipo codo utilizados en el flujo de tuberías a presión. La experimentación permite identificar los puntos débiles y las áreas de mejora, lo que lleva al desarrollo de accesorios más eficientes y seguros.

Evaluación de rendimiento: La experimentación permite evaluar el rendimiento de los accesorios tipo codo en diferentes condiciones de flujo y presión. Esto es especialmente importante en proyectos donde se requiere una alta eficiencia y se busca minimizar pérdidas de energía y presión.

Estudio de fenómenos de flujo: La experimentación también permite estudiar fenómenos de flujo complejos, como la formación de vórtices o la separación de capas de fluido en los codos. Estos fenómenos pueden tener un impacto significativo en el rendimiento y la eficiencia de los accesorios tipo codo.

2.1.3 Sistemas de Agua Potable

Los sistemas de agua potable que también se los puede definir como un sistema de abastecimiento de agua potable son los encargados de: captar, conducir,

operar, almacenar y distribuir el agua desde las fuentes superficiales o subterráneas y que llegan a las viviendas.

Dicho sistema si tiene un buen y correcto diseño para el suministro del agua potable implica un mejoramiento en la salud, calidad de vida y el desarrollo como población a ese sector y para ello el sistema debe tener aprobadas ciertas normas y regulaciones vigentes para poder garantizar el funcionamiento. (UNIVERSIDAD DE CUENCA, 2010)

Figura 1 Sistema de agua potable



Fuente: BID, (2020)

2.1.4 Tuberías y accesorios para Instalaciones Hidrosanitarias

Para ensamblar tuberías y poder darle cambio de dirección a dichas estructuras hay 4 fases que se deben cumplir. Una de ellas es la función principal en el sistema, métodos comunes para unir, juntas de expansión por el cambio de medidas al momento de juntar accesorios ya sea de mayor o menos tamaño a la tubería respectiva y el cierre o sello mecánico.

Las principales funciones son dos muy específicas: la unión de tramos de la tubería y cambiar el diámetro de la línea en la tubería, el cambio de la dirección de la línea y que el final de la línea.

Los métodos comunes para unir tramos de la tubería y accesorios dependerán de dos cosas: material de construcción y el espesor de la pared a construir o ya construida. Es decir, si es en soldadura existirán conexiones permanentes, líneas de alta presión y temperatura y también habrá la dificultad para realizar cambios. Si es en brida se podrán unir tuberías de diámetros mayores de 50-60mm, sirve para el cierre de la tubería y es una manera rápida de desarmar tuberías.

Y en los accesorios roscados son tuberías de pared gruesa, no son fuertes, están diseñados y normalizados hasta tuberías de 12 pulgadas y se emplean muy raramente para tuberías mayores de 3 pulgadas.

En lo que respecta a juntas de expansión el instrumento está diseñado para la absorción de las tensiones originadas por la extensión de tuberías largas y que en este caso estarán sometidas a un cambio de presión, aunque también será por el cambio de temperatura. Amortiguan y reducen sonido, ondas (vibraciones), y desaparece la tensión.

El cierre mecánico es un instrumento que es unido de una parte que es movable con una parte que es fija, cerrando herméticamente su unión y así posibilitar la libertad de los movimientos teniendo como objetivo la disminución de fugas.

Figura 2 Elementos para instalaciones hidráulicas y sanitarias



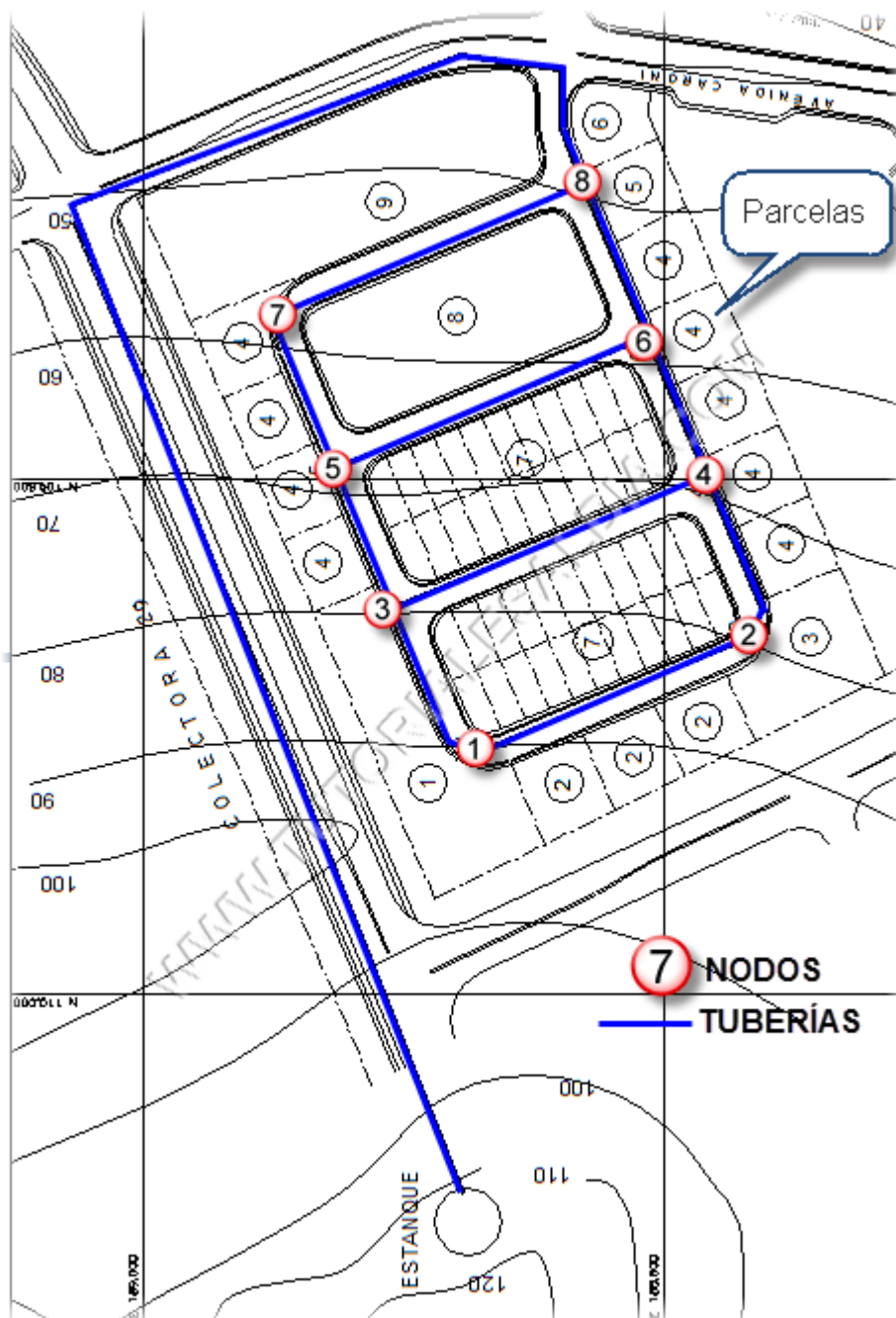
Fuente: Gonzalez, (2011)

Para Dominguez, S. (1999) el avance en el campo de la construcción en los últimos años ha dado pasos gigantescos con la aparición de nuevas herramientas tanto tecnológicas como de trabajo en obra y que hace algún tiempo atrás parecía ser solo algo inalcanzable. En este punto menciona cómo en las instalaciones de redes de distribución de agua han aumentado los diferentes tipos de materiales para el desarrollo de estos. Así como existen estos avances, también hay problemáticas que no desaparecen o no se encuentra un adecuado camino de estudio.

Relacionando lo expuesto por el autor con el caso de estudio presente, que se enfoca en la modelación analítica en la resistencia o pérdida por los accesorios tipo codo para flujo de tuberías a presión, se antepondrá cierta información para un mejor entendimiento del proceso a desarrollar. Para esto se concentrarán esfuerzos en los fenómenos que se presentan en los conductos del flujo de líquido vital, como son control de empuje y por tal motivo las cañerías que transportan el fluido no cumplen con su único propósito que es el de dotar de manera satisfactoria a los usuarios de la malla.

Tomando en consideración lo estudiado por el autor que son circuitos de redes cerradas, es decir, se conectan entre varias tuberías, pueden existir varios factores que influyan dentro la cometida de dotación para su pérdida de presión. Estos factores pueden ser de tipo persistente o cambiantes. En el primer grupo podemos citar a las tuberías con sus accesorios, diámetro de estas y su elevación, la segunda sería por coeficiente de rugosidad de los distintos tipos de materiales para tuberías.

Figura 3 Nodos de Una Red de Distribución de Agua Potable



Fuente: Anónimo, (s.f)

2.1.5 Pérdidas de presión en tuberías de agua potable

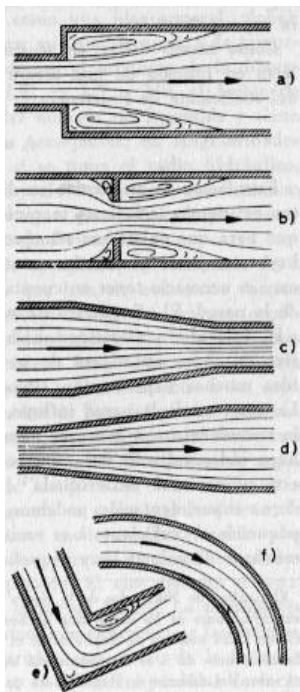
El autor describe las pérdidas de carga en general, así como pérdidas de carga singulares y la ecuación de corrientes permanentes e impermanentes. Manifieste que la pérdida de presión es la impregnación de energías dimensionadas por unidades de peso que se pueden validar en los cursos hidráulicos y que las pérdidas de cargas

universales son producidas por las fricciones que van en completa circulación. Estas también son medidas en energía por unidad.

También señaló que la Hidráulica es la única ciencia que realiza el análisis lógico de las pérdidas de carga singulares y que estas se vienen estudiando desde hace más de un siglo, sean en los circuitos abiertos o cerrados las cuales a su vez se clasifican en tres patrones:

- Cambios bruscos de sección o ensanchamientos bruscos.
- Cambios continuos de sección a lo largo de la corriente, que pueden disminuir la misma.
- Cambios graduales en la dirección de la corriente.

Ilustración 2 Singularidades de pérdida de carga



Fuente: Domínguez, S. (1999).

Según el autor la forma de calcular estas singularidades tanto para las redes abiertas o cerrados es una sola. Esta radica en aplicar la teoría de las cuantías de desplazamientos a la masa fluida limitada por las etapas finales que apresa el fenómeno. Menciona para que sea eficaz solo depende del saber de los empujes que actúan sobre ese volumen. Las problemáticas que se dan en estos fenómenos es que algunos casos no se pueden resolver, para esto plantea que lo ejecuten con hipótesis pequeñas que dan respuestas acordes al estudio.

También dice en su libro sobre las singularidades en contorno cerrado para la cual definió el concepto de circuito cerrado que es la corriente que pasa por dentro de los diques fuertes que la bordean totalmente, como tal un agujero por el que sale el flujo o un codo de tubería. Señalaba que en esta parte del libro se estudiaban las pérdidas en tramos sellados por el escurrimiento por agujeros o los desperdicios de fuerza singular. La segunda se puede comprobar dentro de las tuberías debido a los cambios drásticos o lentos en sus secciones o de dirección.

Figura 4 Pérdidas de presión en tuberías

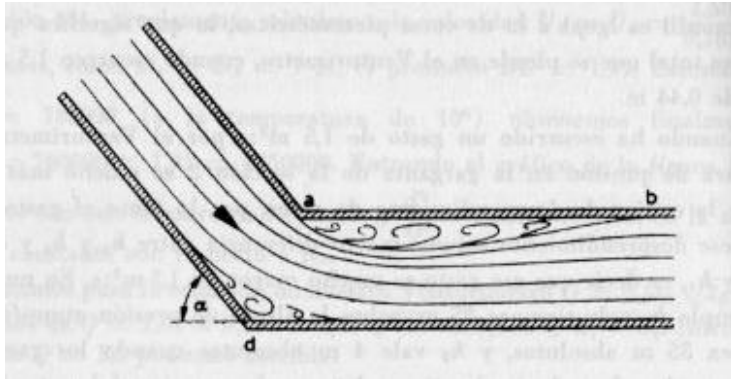


Fuente: Redondo, (2022)

Encontrando una similitud entre el estudio del autor y esta investigación, dentro de este último se abarcan los accesorios tipo codo como una causal de la pérdida de presión en un flujo de tuberías. Y dentro del otro motivo que producen las pérdidas de carga que son los cambios graduales en la dirección de la corriente, ya sean brusco (codos) y bien graduales (curvas), existe la coincidencia de los codos. Manifiesta que el líquido al ponerse en contacto en un ángulo se propone a seguir una rectitud por

su pasividad estando en un estado turbulento considerando el grupo de filetes medios locales produciendo una salida de la parte interna y una acumulación en el exterior.

Ilustración 3 Efecto del flujo en curvas



Fuente: Domínguez, S. (1999).

En la figura el autor presenta un caso sobre el efecto que se produce en las curvas. En ella se visualiza una presencia de vorágine focalizada de gran tamaño en la parte superior derecha que no es partícipe en la escorrentía central y en la zona inferior también presenta un fenómeno similar, pero en menor escala. Se puede definir que el fenómeno nace en el ángulo externo de la parte inferior. Además, señala que las investigaciones o estudios sobre las pérdidas producidas por las alteraciones no han sido victoriosas como se esperaban por su complejidad para realizar una evaluación en distribución de la presión. Basado en experiencias de autores describen tablas de coeficiente de resistencia:

Tabla 2 Valores para λ según distintos valores de α .

$\alpha =$	0°	15°	30°	45°	60°	90°	120°	150°	180°
$\lambda =$	0	0.028	0.076	0.189	0.385	1.00	1.87	2.66	3.00

Fuente: Weisbach (1845), como se citó en Domínguez Solar, (1999).

Tabla 3 Valores para λ según distintos valores de α .

$\alpha =$	15°	30°	45°	60°	90°
$\lambda =$	0.04	0.111	0.263	0.492	1.20

Fuente: Gibson, (1931) como se citó en Domínguez Solar, (1999)

2.2 Marco Referencial

Aranea y Segovia, (2020) desarrollaron el tema sobre la modelación física y analítica haciendo énfasis en identificadores que eran de tipo económicos e hidráulicos para evaluar las posibles pérdidas de agua en redes de agua potable. Utilizaron varios tipos de estudios que les permitieron instalar un equipo de trabajo basado en los principios hidráulicos a presión para facilitar los objetivos de la investigación.

Esta a su vez brinda resultados de las pérdidas de presión y caudal del agua que ingresaban al dispositivo. Una vez que obtuvieron la información requerida crearon una base de estudios, la cual permitirá obtener resultados apegados a los enfoques sociales, económicos, ambientalistas, legales y futuristas.

La metodología de los autores se basó en la de tipo analítica, experimental y científica comenzando por establecer las bases y fundamentos para hacer ciencia como la reproductibilidad para que otros investigadores logren replicar el experimento y también la refutabilidad que permite someter a prueba la hipótesis para confirmarla o desmentirla según los resultados observados, es decir, si convergen o difieren de lo esperado.

Entrando en materia, la metodología experimental de los autores fue utilizada para realizar físicamente un modelo hidráulico, obtener indicadores y datos como, por ejemplo, diferencias de caudal y presión las cuales dicho sea de paso constituyen las variables dependientes. Por su parte, la metodología científica y a la vez la experimental fue aplicada en la realización de un análisis de datos obtenidos estudiando atributos como las causas, su naturaleza y las consecuencias dentro del comportamiento de la red frente a las pérdidas de agua.

Luego, plantearon la elaboración de un prototipo que sirva de modelo para la red de tuberías que tenían elementos distintos tales como equipos de medición, variación, programación y bombeo para poder evaluar cómo se comportaría el sistema hidráulico considerando las pérdidas de agua. Todo esto con el fin de

generar una base de datos que permitiera analizar la red. Los resultados se utilizaron para analizar cómo se comportaba la red en circunstancias de pérdida de agua para obtener factores económicos e hidráulicos asociados con los costos por metro cúbico del agua potable.

El enfoque de su investigación fue de tipo cuantitativo ya que este enfoque les permitió analizar cómo se comportaba el flujo en las redes de tuberías mientras se realizaban las simulaciones y, además, también les permitió darles a los fenómenos una naturaleza medible. Siguieron un proceso secuencial a la vez que generalizaron los resultados a través de las propias simulaciones para generar registros de los datos presentes y así encontrar la aproximación lo más precisa posible a la realidad.

La población estadística que eligieron los autores fue el conjunto de redes de agua potable en cuyas amplias variaciones estaban en atributos tales como materiales, diámetros y longitudes; y que podían presentar algún tipo de pérdida de agua en la infraestructura de la red de tuberías. Por consiguiente, la muestra la seleccionaron de acuerdo con el subconjunto que presentó la mejor representatividad de las redes de distribución y con un margen de error que ya era conocido.

Aguayo Aguayo y Heras Pincay (2022) realizaron un estudio de un sistema para distribuir y bombear agua aplicando su diseño específicamente para abastecer de agua potable a el recinto Blanca Flor en Guayas. Basados en la información que recolectaron mediante el estudio investigativo ideal para solventar la demanda de agua potable de un determinado lugar. Crearon un bosquejo de como satisfacer esa necesidad. Para saber si este prototipo cumplía con sus requerimientos en cuanto al actuar del líquido vital dentro del tejido de distribución. Usaron el programa computacional llamado EPANET. Obteniendo resultados favorables que facilitaba la implantación del prototipo creado.

En el tercer capítulo de su tesis presentaron aspectos asociados directamente con el método científico, los tipos de investigación, la metodología, el enfoque, las técnicas, la población estadística, así como la descripción del sitio donde se

desarrolló el proyecto. En este sentido, los autores dijeron que el método científico es un conjunto de pasos estructurados que debían seguirse para obtener conocimientos nuevos. El método comenzó con la observación, luego la formulación de hipótesis, posteriormente experimentos para someter a prueba dicha hipótesis, desarrollaron una teoría que se acercaba más a la realidad y para terminar las conclusiones.

En cambio, el método conceptual que utilizaron partió en el diseño de la investigación y fue basado en el estudio del problema en donde requirieron mayor información de tipo teórica para alcanzar los objetivos del estudio. En general, la metodología aplicada fue analítica valiéndose de los métodos conceptual y científico para acopiar la información requerida. Además, se apoyaron con la ayuda de Epanet que es un programa que les permitió elaborar el diseño de abastecimiento y bombeo de agua potable.

El tipo de investigación que aplicaron fue de tipo científico y teórico. El tipo científico les permitió analizar y estudiar el problema para adquirir datos, conocimientos e información verídica. En contraste, el tipo teórico les permitió centrarse en los principios y atributos básicos del objeto de estudio al tiempo que buscaba ampliar los fundamentos del conocimiento científico. En este mismo sentido, su enfoque fue cuantitativo ya que se evidenció la utilización de técnicas de análisis estadístico y la obtención de datos de tipo numérico utilizando programas como AutoCAD y el ya mencionado Epanet. AutoCAD fue usando principalmente para la realización del plano planimétrico.

En la presentación de sus resultados se describió el diseño de un sistema de distribución y bombeo de agua potable que serviría a los habitantes del recinto Blanca Flor ubicado en la provincia del Guayas. Su diseño alcanzó la cualidad de eficaz en gran parte por el uso del programa Epanet que les facilitó la creación de una red cerrada y así determinar caudales y presiones. También se presentaron cálculos importantes como el de la proyección matemática para la población futura y parámetros como caudal y consumos máximos horarios para definir de esta forma los niveles de servicio necesarios cuando se trata de sistemas de agua potable.

Fuentes y Macías, (2019) trabajaron su tema de tesis y elaboraron un modelo matemático para así poder calcular pérdidas de carga que se dan por fricción de manera específica en tuberías PEAD y PVC trabajando en diámetros de 32 mm. Ellos crearon una conceptualización de criterios relacionados con los fluidos. Proporcionaron esta información para que pueda ser utilizada analizando el comportamiento de los líquidos dentro de un sistema de tuberías. También facilitaron una serie de enunciados teorizados para el cálculo del desgaste energético entre un par de trazos de la red de agua. Mencionaron las diferenciaciones tomadas de los productos sobre la práctica de desperdicio por frotación.

Básicamente, en su trabajo se describió un proyecto de experimentación que tuvo como fin el definir un modelo matemático para que a través de este se logren cuantificar las pérdidas de energía que se producen en tuberías haciendo uso de procesos rápidos y actuales. También buscaron generar tablas o modelos que asocien las pérdidas de carga con los parámetros de flujo en tuberías a presión. Su estudio se enfocó en la descripción de los procesos que se usaron para obtener los datos de pérdidas en tuberías con diámetros menores a 32 mm.

Además, construyeron un mecanismo que les permitió medir la divergencia en la presión entre dos puntos de control y conectar tuberías de cierta longitud. Esto les proporcionó la información requerida para poder calcular las pérdidas energéticas en las tuberías.

El propósito de la investigación de los autores fue el de verificar cuantitativa y cualitativamente la información obtenida mediante los cálculos con ecuaciones enfocadas en las pérdidas por rozamiento en las tuberías. En este aspecto, emplearon técnicas teóricas y prácticas, así como tablas para presentar los resultados. Por su parte, la metodología fue de dos tipos, deductiva e inductiva y estuvo dirigida a analizar la información y compararla con los valores que las ecuaciones habían arrojado.

El experimento en cambio estuvo enfocado en medir las pérdidas de energía para tuberías, como bien se mencionó, con diámetros menores a 32 mm y cuyo fluido circulante era el agua. Midieron el volumen de suministro y emplearon una bomba

hidráulica volumétrica para la impulsión del agua por la tubería. Añadieron distintas tablas con presiones y caudales que fueron observados en los ensayos para cada diámetro analizado.

Luego, compararon las pérdidas observadas entre los ensayos y aquellas que fueron calculadas mediante las ecuaciones de Hazen Williams y Darcy Weisbach. Además, resaltaron la importancia que implicaba mantener de forma horizontal la mayor parte del tiempo posible en el momento de tomar lecturas de presión. De esta forma se aseguraba que la divergencia entre presiones sea debida únicamente a la variación en los puntos de medición.

Arguello y Velez, (2022) analizaron técnicamente los precios unitarios de métodos que permitieran unir tuberías de material PEAD en redes para agua para consumo y conducción de gas natural y desechos industriales. Se basaron en los tipos de materiales usados en Ecuador para las instalaciones de tuberías de agua potable. Dentro de sus análisis se dieron cuenta que el polietileno de alta densidad (PEAD), era desconocido por la mayor parte de constructores ecuatorianos. Se enfocaron en brindar toda la información con respecto a este material que es usado con anterioridad en otros países del mundo detallando sus características técnicas y de precios sobre el producto mencionado.

Los investigadores realizaron una investigación que tuvo como propósito atacar la falta de conocimiento particularmente acerca de dos métodos de soldadura para tuberías. Fue un estudio exploratorio en el que incluyeron entrevistas y observación para la obtención de datos necesarios para orientar el proceso investigativo. Utilizaron como base dos proyectos para extraer datos relevantes sobre las cualidades, beneficios, desventajas, procesos y utilidades económicas de dichos métodos de soldadura.

La metodología giró en torno a tres ejes principalmente que fueron primero obtener y registrar los datos mediante parámetros definidos claramente. Segundo, observar la ejecución de las tareas para identificar cualidades como fallas, beneficios, desventajas y otras características más. Tercero, realizar un análisis técnico – económico de la información recolectada considerando las entrevistas

realizadas a los profesionales constructores y la experiencia. La referencia estuvo centrada en los proyectos ejecutados con el fin de realizar un análisis comparativo de las características económicas y técnicas mediante la realización de un presupuesto y cronograma de obra, de los métodos de soldadura previamente mencionados.

Además, realizaron un seguimiento de la ejecución de los proyectos con la atención puesta a las soldaduras y a la instalación de las tuberías de HDPE. La observación realizada de la ejecución y sus procesos estuvo basada en protocolos encaminados a garantizar fusiones de calidad y que cumplan las normas y requisitos vigentes establecidos. Con esto lograron facilitar la identificación de las características más importantes en la ejecución de las tareas como ventajas y desventajas complementando los datos mediante las entrevistas ya mencionadas.

En cuanto a la clasificación de la propia investigación se pudo observar que se encaja en el tipo de exploratoria y concluyente debido a que existieron análisis técnicos y económicos acerca de los métodos de soldadura al comparar los procesos de ejecución y los costos. También elaboraron un presupuesto para sustentar la información económica y se extrajeron características técnicas con el propósito de evaluar si los métodos de soldadura eran idóneos en otros ámbitos de aplicación como la conducción de gas natural y desechos naturales.

Leones, C. (2022) realizó un trabajo investigativo para analizar comparativamente materiales utilizados en la conducción de agua en el sector Puertas del Sol en Guayaquil en el cual hizo un estudio de verificación de los diversos elementos que se utilizan para llevar el flujo de líquidos provenientes de las precipitaciones, la misma que le permitiría elaborar un manual efectivo para el uso de dichos materiales para los profesionales y no profesionales de la construcción. Basado siempre en brindar una documentación técnica apegado a las normativas vigentes y tratando del sector constructivo economice sus recursos.

En el trabajo el autor describió una investigación cuyo enfoque fue cuantitativo el cual buscó recolectar información acerca del costo, eficiencia y tiempo de ejecución entre dos sistemas de conducción de aguas pluviales del sector. El primero

de los sistemas fue de PVC, mientras el segundo de hormigón armado. El trabajo recopiló información de tipo numérica tales como análisis de precios unitarios para poder profundizar mejor en el problema y tener la capacidad de toma de decisiones sobre las mejoras en el sistema o la sustitución completa del mismo que estaba en análisis.

Se recopiló información en campo acerca del tiempo y costo de la ejecución de las tareas para los sistemas mencionados. Esto permitió al autor comprender las variaciones que existía al realizar obras usando materiales con cada material. Se hizo uso del enfoque correlacional ya que los conceptos sometidos a comparación y dependencia fueron los costos y tiempos de ejecución considerando el comportamiento de estos entre sí.

La técnica por otro lado fue la observación la cual facilitó contar con una percepción mejorada del estado de situación actual del problema, explorar visualmente el campo y así poder verificar qué tipo de tuberías se encontraban instaladas en aquel sector. Mientras, los instrumentos fueron libretas de anotación y planillas para realizar el registro de características como las longitudes y dimensiones de las tuberías en el sistema.

La población en cambio era de un tamaño tan relativamente pequeño que implicó que no fuese necesario el establecimiento de una muestra representativa. Según el autor, la población y la muestra eran del mismo tamaño. Los resultados por otro lado se centraron en los objetivos de investigación y se buscó probar la hipótesis en base a estos. Determinó entonces que el tiempo estimado para la instalación de tuberías cuyo material fue de hormigón armado aumentó en la misma proporción que el diámetro, además el costo aumenta de forma súbita en diámetros de 1100 mm. Para las tuberías de PVC el tiempo de instalación también aumento en la proporción que lo hacía el diámetro, pero el aumento de costo súbito se dio en diámetros de 1150 mm.

Salinas, M. (2018) presentó su tema de investigación para analizar una propuesta que incluía un regulación y control de presiones en sistemas de agua potable en la parroquia Juan Gómez Rendón (Progreso). Aplicó un prototipo

metódico el cual le permitió crear un plan para atender la problemática con respecto a las presiones en un tramo sobre la red de agua potable de un determinado sector. Dentro de este prototipo detallaba el área donde se encontraba el problema, así como las fugas de agua, sus pérdidas de presión y daños dentro de la infraestructura.

En el marco metodológico describió el proceso de recopilación de datos en donde se tomarían presiones y caudal dentro de un periodo de tiempo de 3 días. Basándose en estos resultados indicó que existía una pérdida de caudal de 9.70 l/s al tiempo que mencionó que durante el día existió un valor de presión de 3.3 bar en promedio de exceso. Por la noche el promedio ascendió a 5 bar.

Sin embargo, fue interesante notar que estos valores superaron la presión establecida mínima por el ente regulador que fue fijada en 1.5 bar. Además, proporcionó información acerca del requerimiento de hacer un estudio en campo para de esta forma proveerle un dimensionamiento correcto a una válvula reductora de presión y lo importante que resultará considerar los requerimientos actuales y también futuros de consumo junto a la posibilidad de construcción por módulos y la flexibilidad.

Sumado a esto el autor destacó que, en el momento de seleccionar válvulas reductoras de presión, una práctica común es enfocar el control que se tiene sobre las variables a solo una o dos máximos que en este caso serían la presión de entrada y el caudal. No obstante, existen más variables a tener en cuenta como las presiones mínimas y presiones máximas de entrada, así como los caudales mínimos y caudales máximos, también la presión de salida o de calibración y la relación existente entre la presión de salida y la presión máxima de entrada.

El autor también mencionó que el caudal guardaba relación con la velocidad del flujo de agua a través de la válvula y que la velocidad para la cual se diseñaron las válvulas de modelo S300 era de hasta 5.5 m/s. De manera que conforme la velocidad se acercaba a este valor las pérdidas de carga aumentaban, aunque sí existía un caso en el que las pérdidas de presión eran necesarias y era para las válvulas reductoras de presión. Pese a esto algunos expertos realizaban la recomendación de no superar los 3.5 m/s.

Además, fue importante la aseveración que realizó el autor en el aspecto comercial ya que, dada la dificultad que las válvulas reductoras de presión presentan para la regulación a caudales bajos, los fabricantes prestan mucha atención a esto a tal punto de proponer dispositivos para restringir el flujo tales como U-port y los V-port. Sin embargo, según el autor, estos dispositivos no resuelven el problema existente de regulación a caudales bajos y ante esto los fabricantes también han realizado una propuesta sugiriendo que se coloquen válvulas de menor tamaño en baipás para los momentos de operación a demandas bajas.

Finalmente, se mencionaron dos aspectos importantes como la elección del modelo adecuado de válvula dada la importancia de la presión máxima de entrada en la determinación de la presión nominal de operación. Mientras, el segundo aspecto fue la cavitación y su relación con la velocidad y los fluidos líquidos. Esta ocurre cuando se produce un considerable salto de presión en una válvula entre su entrada y salida. Esto puede ocasionar que la presión baje hasta incluso valores menores al valor de la tensión de vapor del fluido con lo que puede implicar que se formen burbujas de vapor y posteriormente estas experimenten una implosión.

Alarcón Quintanilla y Chuqui Jami (2022) propusieron el estudio de un diseño de tablero el cual permitiera la visualización de las pérdidas de carga en tuberías implementado en el laboratorio de hidráulica de la UPS en su campus ubicado al sur de Guayaquil. Desarrollaron un modelo utilizando distintos tipos de componentes como es el PVC y el cobre que les permitieron ver y estudiar los desgastes energéticos por fricción y componentes que se encuentran en las redes de tuberías de aguas.

La modelización la ejecutaron mediante el uso del programa computacional WATERCAD. Concluyendo que los coeficientes de fricción obtenidos en el practica no se acercaban a los de citas bibliográficas. En sus resultados, para el caso 1 de experimentación se evidenció un análisis de laboratorio que incluyó cálculos de coeficientes de fricción, resistencia local y de presión obtenidos gracias a la modelación digital mediante el software. Particularmente el caso 1 se enfocó en la disminución presentada de carga de presión. Esto debido a cambios en el diámetro del tubo que estuvo expuesto a un caudal constante. Para este se establecieron

varias condiciones para asegurar su correcto funcionamiento dentro de la experimentación que fueron tales como:

- Se debieron ajustar las uniones universales para evitar fugas.
- Se asegura que la válvula de compuerta este abierta completamente, que estén cerradas las válvulas de bola, que solo el esquema 1 esté en funcionamiento y se activa el sistema.
- Usando la válvula de compuerta cerca del tanque se regula a 15 Psi la presión en el manómetro.

Una vez cumplidas estas condiciones procedieron a tomar los datos sobre la presión en cada punto en donde estaban los manómetros móviles en los acoples rápidos. Todo esto les permitió observar cómo ocurren las pérdidas en la tubería la cual tenía una longitud de 94 cm.

Para el caso 2 estudiaron las pérdidas por fricción sobre una tubería de media pulgada de diámetro de material PVC. En este sentido se plantearon la determinación de las pérdidas de energía por el material usado y su visualización de cambio de presión, así como también verificar los coeficientes de fricción f de Darcy - Weisbach y C de Hazen – Williams. Además, describen que antes de tomar los datos debieron cumplir condiciones iniciales como en el caso 1.

Leon, R. (2020) presentó su tesis de grado sobre una línea de conducción a gravedad diseñando está a través de la aplicación de una hoja de cálculo programada. Idealizó una página computacional para el boceto de un sistema de tuberías de agua, para un flujo estable, así como para un flujo pasajero. Adicional dentro de esta hoja indicó las distintas presiones que existen dentro las tuberías y cuál era el diámetro adecuado para su trabajo. Utilizó la ecuación de Hazen Williams para la cuenta de pérdidas de carga. También consideró otros tipos de pérdidas por accesorios que existen dentro de las redes de distribución de agua.

En su metodología de diseño se enfocaron en el estudio del flujo estacionario y también en el transitorio de una línea de conducción. analizaron tanques rompe presión, válvulas de desagüe, válvulas de aire, accesorios y válvulas de control. Las

válvulas de aire las colocaron en los puntos más altos de la tubería con el fin de evitar una probable acumulación de burbujas y así asegurar un funcionamiento hidráulico correcto.

Las válvulas de desagüe por otro lado se implementaron en los puntos más bajos y así permitir el vaciado durante las labores de limpieza de la tubería. Mientras, las válvulas de control se instalaron al inicio, a intervalos regulares y al final de la tubería para facilitar su mantenimiento. Se colocaron tanques rompe presión en ciertos puntos particulares para de modo que disipen la energía y aseguren una presión residual adecuada. Todo esto debido a que se presentó un desnivel de 143.62 m en la línea de conducción.

En el análisis del flujo estacionario cabe recalcar que se hizo para determinar parámetros tales como cargas piezométricas y estáticas todo a lo largo de la línea de conducción la cual se encontraba en condiciones normales de operación. Aumentado en un 10% se usó el caudal máximo diario siguiendo las recomendaciones del Código Ecuatoriano de la Construcción a tal modo de dimensionar la línea de conducción. Dicho caudal máximo diario fue calculado considerando algo conocido como coeficiente de variación de consumo máximo y además la dotación media diaria. Al tiempo que establecieron criterios particulares a fin de determinar valores como el clima del área de estudio y el número de habitantes.

Carrera, G. (2019) realizó un prototipo a través de la modelación numérica para estudiar unión que se requería en dos tuberías conductoras a presión y que poseían diferente geometría y para ello se ayudó aplicando el programa ANSYS CFX. Ella trabajó con modelos numéricos sobre un proyecto hidráulico que tenía un sistema de interconexión de flujos. El objetivo principal fue estudiar la conducta e interacción de los líquidos. También determinó los factores de déficit energéticos en el encuentro de dos flujos a presión. Instaló tecnología informática la misma que le permitió tener productos numéricos apegados a la realidad.

Su proyecto consistió en el aprovechamiento dual de dos hidro generadores que usaban la cascada aledaña para conjuntamente ofrecer una energía anual de

1100 GWh con una capacidad instalada de 253 MW. También se usó una minicentral aparte de las centrales principales para aprovechar el caudal ecológico al tiempo que estas estaban en la base de la presa Toachi. Este aprovechamiento dual implicó una captación en el río Pilatón, casa de máquinas y por supuesto obras de conducción. Todo esto para la parte de Pilatón – Sarapullo, pero para la parte Toachi – Alluriquín involucró a las obras anexas de la presa Toachi y a la misma presa como tal.

Figura 5 Hidrogeneradores-Linea SH11



Fuente: WEG, (s.f)

Dentro del estudio realizó un modelo hidráulico de escala 1:20 para la estructura de unión entre Toachi y Sarapullo. Y una vez más se evidenció la inclusión del software ANSYS CFX para la simulación numérica en calibración con el modelo físico ya existente. También mencionó criterios que se deben cumplir en el modelo físico tales como geometría, cinemática y dinámica. Además, condiciones tales como relaciones de magnitud que garanticen la compatibilidad, profundidades mínimas para el agua y la similitud entre el modelo y el prototipo.

Falco, A. (2022) presentó el plan para optimizar la eficiencia energética, hidráulica y física para la red de agua potable del proyecto llamado Parque Logístico GD". Primero trabajó con una metodología cuantitativa in situ. Con las conclusiones obtenidas en campo realizó una modelación hidráulica de una red de distribución del líquido vital para el consumo humano. Este modelo a su vez le permitía aparentes situaciones reales. Como producto final decidió aplicar una planta estabilizadora de

presión para disminuir o eliminar las varianzas internas de presión optimizando todos los recursos existentes dentro de la red de distribución.

El proceso de obtención de datos incluyó una medición que abarcó la recolección de registros de presiones existentes en la red, variaciones de la demanda de agua, caudales suministrados, verificación de medidores, levantamiento de infraestructura existente, detección de fugas, medición de parámetros hidráulicos y eléctricos de los equipos de bombeo y un levantamiento topográfico. Todo para determinar la eficiencia del proyecto de forma física y se realizó en distintas etapas de las cuales en la primera estableció un periodo de análisis y elaboró con el último año de registro una hoja de cálculo.

En la segunda midió el abastecimiento de agua al tiempo de cuantificar los consumos no medidos y también los medidos. Además, estimó los egresos descartados, reconocidos y los egresos probables absolutos. En la tercera etapa en cambio definió el consumo reducible y estableció para la reducción de pérdidas su utilidad como tal mediante el tiempo y el costo necesario para disminuir las fugas.

También llevó a cabo una evaluación de cómo se encontraba la situación actual de las fugas mediante la identificación de las causas y además diseño medidas preventivas en este sentido, así como acciones para su eliminación y un programa de monitoreo y control. Sin embargo, en el sentido hidráulico de la eficiencia realizó un diagnóstico así mismo de su situación actual.

Esto implicó que se determinara el consumo por parte de los usuarios del agua potable en los aspectos doméstico y no doméstico, la continuidad del servicio, las dotaciones individuales, el caudal requerido por usuarios, el caudal suministrado por la red, la presión media de la propia red, gastos de dotación, gastos de operación, cálculos de consumo y los balances volumétricos.

Salazar y Zúñiga, (2022) en su proyecto de titulación se enfocó en mejorar la operación de una red de agua potable a través de la modelación numérica para un sector rural andino. Específicamente crearon una idea de mejoramiento en la red

para dotación de agua potable del Municipio de Guamote, provincia de Chimborazo basados en un sistema numérico de la línea de distribución en el software EPANET.

El mismo les daba como resultados la forma presente del sistema y como podían renovar la misión de esta. También se ayudaron con información hídrica del departamento de AAPP – AS municipal de Guamote, el cual les permitía calcular la productividad volumétrica, presiones y pérdidas de la red.

En el trabajo del autor se describió una investigación enfocada en la gestión y control de las presiones de sistemas de agua potable para ubicaciones rurales andinas. La metodología del proyecto comenzó con la revisión bibliográfica mediante la utilización de motores de búsqueda web académicos para lograr la obtención de datos actualizados con respecto a los sistemas de distribución de agua.

En este sentido, el diseño de la red estaba pensado para una vida útil de 25 años con lo que la proyección se extendió hasta 2039. A partir de un estudio realizado en 2016 denominado Plan Maestro de Agua Potable se realizaron mejoras a las infraestructuras de captación, conducción, distribución, instalación de medidores nuevos domiciliarios y planta de tratamiento.

El autor especificó, además, la división por sectores de la red de agua potable, los tanques de reserva de cada sector y las fuentes de abastecimiento, así como el tipo de tuberías usadas en la distribución y conducción junto con las conexiones domiciliarias. En este aspecto, la cobertura llegó al 97.24% y se elaboró una tabla que indicaba las tarifas de pago, así como la presentación de datos acerca del caudal de agua potabilizado y bombeado a través de la red y el consumo efectivo de ese caudal.

La Subdirección de Agua Potable y Alcantarillado proporcionó estos últimos datos con los que se presentó dicha información. También se mostraron gráficas y tablas que contenían los registros de facturación y consumo en un periodo determinado.

Finalmente, se estableció un indicador muy importante que fue el rendimiento de la red y se definió como un cociente entre volumen facturado y volumen inyectado. Ante esto, se determinó que un valor de 70% de rendimiento era el adecuado para la red y, además, el autor mostró un table con información de un espacio temporal de rendimiento entre septiembre de 2020.

Álava, M. (2019) presentó el trabajo para modelar y a su vez ampliar la red de agua potable en la comuna Joa en el cantón Jipijapa. El enfoque de esta investigación fue la modelación hidráulica del sistema de dotación de agua potable de la mencionada comunidad. La autora hizo una investigación de campo donde recolectó información con respecto a la red del flujo del líquido vital.

Adicional se elaboró encuestas a la población que le ayudó a definir la problemática real que existía sobre la dotación del agua potable. Con todos los datos obtenidos y la ayuda del programa WaterCad ejecutó el modelaje hídrico obteniendo velocidades y presiones muy bajas. Esto le sirvió para definir la repotenciación del sistema de AAPP.

Describió en el estudio como se desarrolló la red de distribución con el objetivo de determinar los parámetros de diseño requeridos para que se pueda garantizar, de acuerdo a las normas vigentes, su adecuado funcionamiento y en su metodología especificó el método usado el cual fue de análisis y síntesis.

Sumado a esto la forma en cómo se recolectó la información fue mediante el instrumento de la encuesta, a través de una investigación bibliográfica de donde se obtuvieron los datos para elaborar el diseño y un levantamiento topográfico con estación total modelo Nikon Nivo 5C para determinar la cantidad de habitantes del área y si estos tenían o no acceso al agua potable.

En general, la metodología se basó en una red de distribución de agua potable y la modelación hidráulica de esta a través del software WaterCAD siguiendo varias etapas que incluyeron, entre otras cosas, la elaboración y posterior aplicación de las bases de diseño junto con la de planos y presupuesto referencial.

Obteniendo como parte de los resultados que la comuna Joa contaba con un almacenamiento por tanque de una capacidad de 72.5 m³ de los que 60 m³ eran distribuidos hidráulicamente y cuya altura sobre el nivel del mar era de 216 m con abastecimiento mediante línea de conducción de origen en el mirador San Antonio en Jipijapa.

Por su parte, los datos más relevantes de resultados obtenidos fueron dotación futura con 180 l/hab/día, densidad poblacional futura de 9.10 hab/Ha, mientras en los valores de caudales estaban caudal medio con 1.74 l/s, caudal máximo diario con 2.18 l/s, caudal máximo horario de 5.22 l/seg el caudal de diseño quedó en un valor de 5.22 l/s ya que es el mismo de caudal máximo horario.

Samaniego, B. (2020) elaboro una tesis que trataba acerca de diseñar un modelo hidráulico para redes de tuberías dispuestas en serie, en paralelo y cerradas. El autor de esta investigación presentó un informe detallado del tipo de modelos de redes que existen tanto para agua potable como para riego.

Señalaba también que las presiones deben ser uniformes y que la matriz de la red debería generar circuitos. Indicaba que con el avance tecnológico las presiones y caudales pueden ser regularizadas para cualquier tipo de infraestructura. Con toda la información recaudada creó un modelo hidráulico el cual se implementó en el aula de investigaciones hidráulicas para que los estudiantes tengan un mejor aprendizaje.

Con respecto a las pérdidas de energía debido a los accesorios como válvulas, conexiones y codos dijo que estos interrumpían el flujo y que esto derivaba en pérdidas adicionales por la separación de mezcla en el flujo mismo. Sin embargo, resaltó que estas pérdidas eran menores comparadas con las que ocurrían por fricción, pero era importante tomarlas en cuenta.

Precisamente para estas pérdidas menores se realizan ensayos experimentales en los estudios de los fabricantes debido a que desde la teoría no se ha podido abordar un análisis por el flujo tan complejo en uniones y válvulas. Un coeficiente de pérdidas es el parámetro que expresa las pérdidas menores que, de hecho, también se conoce como coeficiente de resistencia.

El coeficiente de resistencia es función del número de Reynolds y de la geometría del accesorio, pero el autor especificó que en la práctica no depende de Reynolds porque en la mayoría de los flujos analizados intervienen flujos con número de Reynolds bastante grandes. Por otro lado, la longitud equivalente también es una expresión de las pérdidas menores. En esta, la pérdida de carga que causa el accesorio es equivalente a la pérdida que se produce en una tubería de longitud equivalente colocada como tramo adicional.

Según el autor, aunque los accesorios son elementos necesarios dentro de un sistema de conducción que resuelven problemas tales como cambios de elevaciones, direcciones, derivaciones, pendientes y acoplamientos, causan disipaciones locales de energía denominadas como pérdidas por accesorios o pérdidas locales.

La pérdida de energía cuando un fluido está en movimiento se causa por la fricción y es transformada en energía calorífica. Cabe recalcar que la pérdida no se debe a fricción entre las paredes internas de la tubería y el fluido, más bien se debe a fricción entre las mismas partículas de este último o también se debe a que al momento de impactar las moléculas que se mueven a diferentes velocidades pierden energía cinética.

Bravo, P. (2020) entregó un trabajo de titulación en donde calculó las pérdidas en distintos accesorios que se usaron en tuberías a presión dentro del laboratorio de hidráulica de UNESUM. La finalidad de este estudio fue valorar los desgastes de las cargas que existían en los componentes de las tuberías a presión en el laboratorio hidráulico.

En el mismo artículo presento las consecuencias producidas por estas limitaciones de presión dentro de una red de agua. Así como también tuvo la intención de plasmar un recurso técnico hidráulico para el buen funcionamiento y respectivo mantenimiento del mencionado salón de prácticas.

En el texto el autor realizó el cálculo de valores de caída de presión en tuberías mediante herramientas y procedimientos enfocados a obtener la mayor precisión. Los resultados demostraron una variación en las pérdidas de presión de acuerdo con cada accesorio. En este sentido, los valores más elevados fueron los referidos a válvulas de bola y globo.

Ante esto se mencionaron distintas causas por las que se produjeron las pérdidas de carga en el laboratorio tales como el material de las tuberías, el material de los propios accesorios, el diámetro, la velocidad de flujo y el estado físico de las tuberías. Además, se destacó que entre los valores experimentales y los teóricos los errores fueron sensibles a la medida del observador y debido a esto se expresó la importancia de utilizar equipos con precisiones mayores.

El autor también enfatizó lo importante que es considerar las pérdidas de carga que se dan por rugosidad en las paredes de las tuberías. En este sentido planteó la elaboración de una guía práctica para los procesos en la instalación de las tuberías y sugirió la adquisición de accesorios siempre que el fabricante provea datos necesarios para cada elemento para realizar la adecuada instalación.

Justamente con respecto a esto señaló que también resulta muy importante durante la instalación verificar las uniones con el propósito de evitar fugas en el futuro y así también evitar que la suciedad se acumule en las redes de tuberías. Además, la manipulación fue también uno de los criterios que resaltó el autor ya que se debió tener cuidado al abrir y cerrar válvulas para que durante los ensayos se pueda tener un correcto funcionamiento del sistema.

Andrade y Escobar, (2018) analizaron el flujo permanente de los factores influyen directamente a disminuir la capacidad hidráulica en la conducción del sistema La Mica – Quito Sur. Para la realización de este trabajo investigativo tuvieron que recopilar toda la información que existió sobre dicho tramo de agua potable y verificar en el sitio si es real o no.

Una vez recabada toda la documentación ejecutaron la creación, medición y aprobación del modelo hidráulico utilizado. El mismo arrojó respuestas sobre el poco

cuidado a la red, pérdidas desde el lugar de captación, y taponamientos por la presencia de materiales extraños al agua. Luego de estos estudios propusieron una nueva red de distribución con mejores condiciones técnicas hidráulicas.

Los autores mencionaron que el sistema está destinado al abastecimiento cuyo inicio radicó en la fuente en la provincia de Napo y su fase final de entrega y conducción fue en el Distrito Metropolitano de Quito para suministrar de agua potable al sur de la ciudad y su rango estaba entre la Av. Morán Valverde y el límite cantonal del sur. Los beneficiados del suministro fueron los habitantes residenciales quienes del total de usuarios representaron el 95.60%. La capacidad máxima de este sistema era de 1750 l/s y pudo alcanzar 4000 ha de área de servicio en el sector mencionado.

En la topografía del terreno se determinaron elevaciones que generaban que el clima variara significativamente ya que, por ejemplo, el embalse La Mica se ubicaba a 3917 m.s.n.m. Evidentemente esto generaba que las temperaturas se encontraran en un rango de 4 a 8 grados centígrados mientras que por otro lado en la planta de tratamiento llamada El Troje la temperatura oscilaba dentro de un rango de 12 a 20 grados centígrados y ante esto recalcaron que se trataban de aspectos para tomar en consideración.

Entre las fuentes hídricas para el abastecimiento del sistema se encontraban varios afluentes como los ríos Alabrado, Socavón, Sarpache y Moyas cuyos caudales medios de varios años fueron 0.082 m³/s, 0.028m³/s, 0.320 m³/s y 0.011 m³/s de forma respectiva y con esto los aportes sumaron 0.441 m³/s considerando aguas superficiales. Sin embargo, estimaron que un caudal de 0.266 m³/s provenía de aguas subterráneas y al sumarse el aporte total ascendió a 0.707 m³/s. Adicionalmente a los ríos mencionados los afluentes I, J y Piedra de Azufre contribuyeron con un caudal total entre ellos de 1.70 m³/s.

Muñoz, P. (2021) ejecutó un estudio de simulación aplicada con el fin de analizar anticipadamente el comportamiento del flujo cuando se produce su transporte en tuberías. La idea principal del trabajo realizado fue de modelar el comportamiento del líquido dentro una red de distribución. Esta modelización se la llevo a cabo mediante un programa utilitario estudiantil llamada ANSYS Fluente el

cual presentaba las conductas del flujo de una manera activa en un periodo de tiempo real. También detallaba que otro de los enfoques del estudio realizado fue dar a conocer aplicaciones que demuestran las pérdidas de carga y presiones de una manera más eficaz.

En el texto se habló acerca de la importancia de tener en cuenta la hidrodinámica externa e interna de las redes de tuberías al momento de analizar el diseño de productos. En este sentido ANSYS Fluent ofreció una simulación del comportamiento del fluido para la construcción del sistema de tuberías de tal forma que se puedan predecir las variantes.

La CFD es una simulación que resulta una combinación del cálculo numérico y la mecánica de fluidos. En esta, para poder tener una descripción del flujo se usan ecuaciones, así como otros fenómenos relacionados como la transferencia de calor y es mediante métodos de discretización o de modelos numéricos que se resuelven dichas ecuaciones.

También se dijo que durante todas las etapas de un proyecto se puede usar la mecánica de fluidos computacional, es decir, desde la parte conceptual hasta la parte de producción en sí. Esto para la determinación de mejores soluciones al producto e incluso la variabilidad. Con respecto a esto el inicio se da en la definición de las condiciones de aquel objeto que se va a estudiar y la construcción de una malla.

Las propiedades del entorno y del fluido se modelan en aspectos tales como la cantidad de movimiento, cantidad de energía y conservación de la masa. Además, de las mallas existen algunas clases como las hexagonales que son usadas para geometrías simples, las triangulares que se usan en geometrías complejas y las mallas híbridas que se usan para aumentar la precisión y la eficiencia del modelo.

Además, también se mencionaron los modelos de simulación multifase tal como el modelo mixture que es un modelo que se usa en problemas de fase múltiple en donde existen diferentes velocidades para las fases y es un modelo simplificado. También estaba el modelo euleriano el cual es más completo y da cobertura a un

gran espectro de flujos multifase para acoplar entre sí mismas y resolver ecuaciones de conservación.

Por otro lado, estaba el modelo VOF que es usado para simular flujos inmiscibles en los cuales dos fases coexisten separadas por una frontera lo suficientemente bien definida físicamente. No obstante, este modelo en cuestión de transferencias de masa cabe resaltar que no las considera y esto genera que el tiempo de iteración en la simulación se reduzca.

Guilcamaigua, G. (2018) indagó sobre implementar módulos didácticos con el fin de determinar las pérdidas en tuberías y curvas provistas para bombas de torbellino usadas en el desarrollo de prácticas de laboratorio. Su idea fue la de crear módulos de ensayos que permitieron desarrollar una manera más dinámica de aprendizaje sobre la materia mecánica de suelos. Estos determinaron las pérdidas que existieron en las cargas de la red y demás componentes del artefacto de torbellino.

También señaló todos los pasos constructivos de su modelización con materiales de PVC. Teniendo como objetivo final la comparativa entre la teoría con el resultado de las practicas. En el texto se mencionó la elaboración de un módulo experimental para alumnos y docentes con el fin estudiar el acoplamiento de bombas en serie o paralelo en el sentido de su eficiencia con lo que se esperaba mejorar el nivel académico de los estudiantes. Para obtener datos se llevó a cabo prácticas la curva característica de una bomba individual, en paralelo y serie entró en análisis.

En cuestión de precios se especificó que para este proyecto los valores obtenidos al revisar las ganancias fueron para el primer año \$4200, el valor actual neto fue de \$18994.43 y 51% de tasa interna de retorno. Un análisis de costos fue realizado detallando los elementos intervinientes en la elaboración de módulos incluyendo aspectos como mano de obra, materiales, transporte, costos de ingeniería, soldadura, pintura, etc. \$3372.38 fue el costo total en las instalaciones realizadas, pero cabe resaltar que al ser un proyecto académico los recursos en muchos sentidos fueron proporcionados por la misma universidad por una cifra de

\$2000.90. Por lo tanto, el valor real total fue de \$1371.48 para poder implementar los módulos.

Entre los resultados obtenidos se mencionaron coeficientes de pérdidas locales en codos y válvulas con un 95% de relación entre los coeficientes planteados y los resultados experimentales. Las curvas de comportamiento de caída de presión fueron obtenidas en diferentes diámetros de tubos con lo que se confirmó la relación existente entre un menor diámetro da una mayor pérdida de presión.

Además, el cambio de diámetro del tubo afectó el coeficiente de rozamiento y el gradiente de velocidad visibles en las curvas de comportamiento. El auto demostró también que se incrementó la altura de elevación cuando se conectaron bombas en serie, pero en cambio el caudal de entrega se incrementó al conectar las mismas en paralelo.

Paguay, G. (2018) presentó, en un estudio el análisis sobre parámetros hidráulicos con el objetivo de ubicar las fugas en redes de agua potable utilizando modelos hidráulicos. Con dichos modelos realizó el cálculo de caudal y ubicación de fugas de agua en la red. A partir de esta modelización creo una propuesta que permitió detectar dichos fenómenos. Todas estas ideas las trabajo juntamente con la herramienta tecnológica EPANET. La implementación de estudios sobre calibraciones de modelos hidráulicos fue fundamental para el desarrollo de esta.

En el texto se realizó una descripción del proceso de calibración y esquematización de un modelo hidráulico usando EPANET. El autor mencionó que se simplificó el modelo con un seguimiento de la topografía del terreno y se realizó un reemplazo de las tuberías por otros tramos equivalentes. El resultado de esto fue un esquema que incluyó nudos, tanque, tuberías y válvulas reductoras de presión y válvulas de compuerta.

También se realizó mediciones de presión en la red de tuberías y para verificar la precisión del modelo se comparó dicha presión con registros anteriores. Así, como también se practicó una simulación en régimen permanente para obtener velocidades, caudales y presiones; y sus valores fueron comparados con los que

fueron calculados manualmente y al observar que los resultados coincidían se dieron por validadas las velocidades simuladas.

Usando parámetros hidráulicos se estimaron fugas dentro de la red, así como se dio el analizar presiones simuladas y observadas en el modelo y estimaciones de caudales y sus presiones con el fin de aproximar el modelo a la realidad. Para el estudio se eligió un subsector determinado y la información técnica relevante fue levantada, es decir, datos como la elevación de los nudos, configuración de la red, consumo de agua y material de tuberías.

Usando el método del área influencia se determinaron las demandas en los nudos y se realizó en régimen permanente una simulación del modelo. Además, verificando los resultados de velocidades y presiones simuladas; y los datos de entrada se calibró la red, al tiempo que se realizaron medidas de presión en campo para tener material de comparación son las simulaciones y detectar probables zonas de fuga en la red de distribución. Finalmente, todo esto hizo que se logre validar los datos del modelo.

Otro aspecto de esta investigación fue que se usó una metodología de tipo iterativa para poder calcular el caudal de las fugas fundamentada en modelizarlas teniendo en consideración la longitud de las tuberías y la presión en los nudos. Se realizaron varias iteraciones y al menos cuatro escenarios de aplicación de fugas en distintos lugares puntuales de la red.

Fueron desarrollados y se identificaron 3 puntos de fuga al momento de llevar a cabo un análisis de las variaciones en las presiones simuladas. Estos puntos de fuga presentaron el mejor ajuste entre las presiones observadas y simuladas; y su ubicación fue al tercio de la longitud de las tuberías que estaban afectadas aproximadamente.

Llangarí, D. (2019) en su tema de investigación de maestría publicado modeló hidráulicamente la red de agua potable del cantón Alausí, provincia de Chimborazo – Ecuador para diagnosticar la situación actual y así proponer mejoras. Presento una

modelización calculista sobre la red existente de agua potable de dicho cantón el cual permitió efectuar reproducciones de trabajo en distintos escenarios de la red.

Obtuvo irregularidades en ubicación en tiempo real, las cuales le permitieron crear una serie de contenido técnico sobre el sistema de distribución del flujo vital existente. Analizó todos los problemas negativos adquiridos en su investigación para proponer un nuevo diseño de una red distributiva de agua potable.

La misma que cumpla todas las normas técnicas y logre satisfacer las necesidades de la comunidad. El fin de la investigación fue practicar simulaciones para analizar y evaluar, en diferentes escenarios, el funcionamiento, extraer criterios técnicos para el mejoramiento del desempeño e identificar anomalías en la red de distribución. La red era un sistema compuesto de otras redes independientes que formaban una terna. Una red destinaba a la conducción principal y dos adicionales. Los materiales de estas redes eran asbesto cemento y PVC; y para el abastecimiento existían alrededor de 5 fuentes de agua cuyo suministro era hacia una planta convencional de tratamiento y otra compacta.

La red contaba con 6 tanques para almacenar el agua y estos estaban distribuidos de tal manera que 1 tanque por cada área abastecía sectores específicos y para un total de 10210 habitantes que a su vez determinaban 7 conexiones para hospital e instituciones educativas; y 1929 conexiones domiciliarias. El modelo fue desarrollado mediante los programas EPANET 2.0 y ArcMAP 10.2.2 y para obtener la información necesaria para procesar en el modelo se contó con la colaboración del GAD Municipal del cantón Alausí.

El rendimiento volumétrico del sistema fue considerado en el modelo y los caudales incontrolados y registrados se asignaron presumiendo sobre estos la cifra de 50% para el incontrolado consumido y el restante para fugas. Además, al analizar el modelo se descubrió que se presentaban sobrepresiones en el 72.96% en el sistema y esto evidentemente no estaba en concordancia con la norma ecuatoriana para este sentido. Ante esto, se propusieron correcciones a las anomalías que incluían instalar válvulas reductoras, realizar una nueva sectorización, reemplazar

las tuberías de asbesto cemento por PVC e implementar un sistema de medición de caudales.

Barreto y Castañeda, (2021) presentaron su trabajo para diseñar y simular un módulo de laboratorio y utilizarlo en la asignatura de mecánica de fluidos. Realizaron un bosquejo de un modelo sugerido para el uso de la materia en el aula de investigación.

Luego de que ejecutaron una serie de pruebas elaboraron un manual de usuario dirigido a los estudiantes de mecánica de fluidos. Con los cálculos matemáticos que obtuvieron en la modulación y procesados en la plataforma de SIMULINK concluyeron que el modelo hidráulico les permitió tener datos críticos del número de REYNOLDS.

Resaltaron la importancia de diferenciar y calcular las pérdidas de carga causadas en tuberías las cuales también son conocidas como pérdidas primarias y pérdidas por accesorios que se conocen como pérdidas secundarias. La suma de estos dos tipos de pérdidas constituye las pérdidas totales en la instalación y las ecuaciones para poder estimarlas son:

Ilustración 4 Ecuaciones para cálculo de pérdidas

$$h_{L, total} = h_{L, primarias} + h_{s, secundarias}$$

$$h_{L, total} = \sum_i f_i \frac{L_i V_i^2}{D_i 2g} + \sum_j K_{s,j} \frac{V_j^2}{2g}$$

Fuente: Barreto P y Castañeda G, (2021)

Tuberías de 1 y 2 pulgadas, codos de 90°, reductores, cruces, tes, válvulas de pie y uniones universales fueron los accesorios utilizados en el trabajo de los autores. Además, optaron por usar el material de PVC tanto para los accesorios

como para las tuberías con el objetivo de aliviar el peso del módulo y para que las uniones estén mejor aseguradas sugirieron el uso de accesorios y tuberías roçadas.

Montalvan, P. (2021) dedicó su estudio a modelar numéricamente el flujo y el comportamiento del Sifón Piura utilizando ANSYS. La idea principal de este tema fue el estudio sobre el conducto del flujo del mencionado sifón mediante un análisis numérico. Evaluó las diversas características del conducto mediante el uso de procedimientos tales como: argumentos, ensayos y cálculos. Luego, verificó y comprobó que el modelo de la tubería cumplía con los parámetros hidráulicos. Con los resultados matemáticos validó estos últimos en la herramienta computacional ANSYS CFX donde obtuvo los puntos críticos de acceso en la red. En cuanto a métodos numéricos el autor expresó que para ecuaciones diferenciales el proceso de discretización es un sistema de ecuaciones algebraicas. El primer paso en dicho proceso es seleccionar el modelo matemático, posterior a esto se elige un método adecuado para discretizar.

En los aspectos, los más importantes enfoques son los métodos de volúmenes finitos, diferencias y elementos finitos. Para el texto del autor se escogió el método de volúmenes finitos para modelizar numéricamente. Dentro de este método se realiza la separación del dominio en volúmenes de control más pequeños en los cuales las variables en los nodos son almacenadas. Dichos nodos son ubicados generalmente en los centros de los volúmenes o en los vértices de una malla y posteriormente son utilizados para generar una aproximación de la solución para lo que resta del dominio. El autor destaca que este método es particularmente versátil y se puede utilizar tanto en mallas no estructuras como las que sí lo son.

Con respecto a las simulaciones con volúmenes finitos el autor comentó que estas se determinan a través de 3 pasos llamados como residuales, imbalances y evolución de puntos de monitoreo. Los residuales siempre se encuentran presentes y son propios de una simulación. Con el programa ANSYS CFX para terminar la simulación se pueden usar 2 residuales que son el residuo promedio y residuo máximo de los volúmenes de control. Para una simulación estacionaria al menos 0.001 debe ser el residuo máximo y 0.0001 los volúmenes de control (RMS) en sus

variables. Mientras, en simulación transitoria los residuales deben tener valores menores al que se le asigne a los volúmenes de control.

Por su parte los imbalances se centran en evaluar el principio de conservación de masa, energía y momentum en toda la extensión de su dominio. Se resta al flujo de salida el flujo de entrada y se divide entre el flujo máximo para realizar su cálculo. Cuando el flujo de entrada es igual al de salida se dice que se tiene una simulación de convergencia perfecta y por lo tanto el imbalances toma el valor de 0% y para terminar la simulación, un criterio es que el valor de estos sea menos del 1%.

Vera, P. (2018) expuso su tema investigativo para evaluar el comportamiento hidráulico de redes de agua potable a través de métodos computacionales convencionales para el Distrito de Chupuca. Para la realización de este tema el autor uso tres tipos de programas informáticos: EPANET, WaterCad y WatDIS. Así como también distintas metodologías educativas. Todo esto le permitió obtener la rapidez del flujo y el empuje de las cargas respectivas dentro de la red de reparto de agua mencionada. Concluyo que la red actual de agua de Chupuca presentaba tuberías y nudos que no cumplían las características requeridas en las normas y que urgía un rediseño para un mejor desempeño.

Se describe cómo evaluar el comportamiento hidráulico y el transporte de fluidos en una red de distribución. Mencionó que las tuberías al ser conductos cerrados y con nodos presentes en su sección transversal, para analizar el comportamiento de la red se debe realizar la determinación de cargas de presión en dichos nodos y para los tubos las velocidades de flujo. En este aspecto, por razones técnicas las velocidades de circulación deben mantener valores límites ya que si las velocidades son muy elevadas se puede generar erosión o ruidos en las tuberías. Por el contrario, si las velocidades son muy bajas se pueden producir sedimentaciones.

Se mencionó la expresión de Mariotte en la que guardan relación la tensión a tracción con el espesor de las paredes de la tubería. Sin embargo, el diseño de las redes de distribución se propuso una condición la cual fue que si en la situación operacional mayormente desfavorable el sistema funcionaba se asumía que podía

funcionar también en eventos menormente desfavorables. Además, se mencionó la necesidad de calcular un parámetro conocido como choque violento que se producía al observar una parada de funcionamiento brusca de las bombas impulsoras y de ahí se derivaron dos situaciones desfavorables de las cuales la primera fue estacionaria que sirvió para calcular la capacidad hidráulica y la segunda fue transitoria que sirvió para calcular la resistencia mecánica en la tubería.

Se reconoció que fue complicada la determinación de la situación más desfavorable dentro de una red de distribución porque existían muchas y variadas condiciones operativas. No obstante, estas situaciones desfavorables fueron representadas por esquemas de funcionamiento para garantizar la buena operación de la red.

Gómez et al. (2020) realizaron un artículo investigativo basado en la modelación numérica para la detección de fugas en una red de tuberías. El primer aporte que hicieron con este trabajo fue la simulación del desgaste de la capacidad de agua con la ayuda del software OpenFoam. Con la ayuda del teorema de Reynolds crearon una serie de algoritmos numéricos que ayudaban a señalar filtraciones en la red de distribución, esto como su segundo aporte. La finalidad del plan de indagación permitió la locación de desperdicios usando solo dos manómetros lo que facilitó el trabajo en redes de acceso complicado. El documento abordó los sistemas de tuberías de agua, la detección de fugas y su negativo impacto sobre la protección de recursos naturales. Se mencionó que entre un 20 y un 30 por ciento del agua es perdida por las fugas y que la cifra podría alcanzar un 50% debido a las redes de distribución más antiguas.

Las fugas pueden ocurrir por varias razones como, por ejemplo, durante la instalación una mano de obra no calificada, corrosión, cambios repentinos y bruscos en la presión, falta de mantenimiento o grietas. Los autores también dijeron que las cargas superficiales también afectan las tuberías y los nodos de las redes de agua pública e incluso las cargas por el tráfico también pueden provocar fugas y además se pueden generar agujeros por corrosión. Los métodos de detección de fugas que han sido desarrollados están basados en mecanismos, modelos, monitoreo computacional también conocido este último como CPM, es decir, la tecnología se

incluye a través de softwares que mediante sus algoritmos reconocen fugas en línea. En este aspecto, el balance de masa en estado permanente es uno de los métodos usados para ubicar las fugas.

La prueba hidrostática es otro método y en este particularmente se requiere extraer de operación la tubería. En esta prueba se usan dispositivos electrónicos para detectar las fugas mediante ondas sonoras que emiten sonidos distintos cuando se tratan de fugas. Finalmente, se menciona que también se usan programas de detección basados en modelos como el método de desviación del flujo.

Gómez, L. (2021) aplicó, técnicas de Machine Learning para detectar fugas en una tubería que transportaba una mezcla de glicerol y agua. En la investigación que realizó presentó la manera eficaz de determinar las fugas que existían en las redes de agua. Para ello utilizó métodos fundamentados en la inteligencia artificial. El mismo que con la ayuda de valores numéricos ingresados al computador pudo cumplir con el objetivo principal de su exploración. De este modo demostró que con conocimientos técnicos hidráulicos más ayuda tecnológica se obtuvo un ahorro de tiempo y dinero.

Python 3.85 y Jupyter fueron implementados para generar los algoritmos junto con el acceso de la red internet y Scopus, IEEE o WoS como bases de datos mientras que Word, Excel y Mendeley para la documentación bibliográfica de su investigación. Por su parte, el grupo de datos usado en el trabajo del autor provino de un artículo investigativo acerca del flujo de glicerol y agua por una tubería en posición horizontal y que podía tener o no fugas. Dichos datos estaban comprendidos por mediciones de flujo y presión máscas que fueron tomadas a lo largo de la tubería en cinco puntos distintos durante un tiempo equivalente a 1200 segundos. Las mediciones del flujo cuando este era compuesto solo de glicerol se dieron durante los primeros 300 segundos. En cambio, el resto de datos fueron obtenidos cuando el agua y el glicerol eran ambas partes de la mezcla.

El experimento tuvo un prototipo que consistió en una tubería de acero que tenía 0.0762 m endiámetro y una longitud de 54 m. también el sistema contenía una bomba de cavidad progresiva con una potencia de 40 HP, sensor de flujo máscico, 5 puntos de medición de presión colocados intermedios, y un tanque separador. Se

empleó para simular fugas una válvula. Con esto se pudo evidenciar que los datos pudieron ser usados para validación de enfoques sobre fugas similares y su diagnóstico. Basados en los datos recolectados, los algoritmos de aprendizaje supervisado y de clasificación Support Vector Machines y Decision Trees fueron escogidos. Se depuraron en una hoja de cálculo de Excel los datos contenidos en el dataset del artículo y se hizo una propuesta de una solución que incluía 3 fases para alcanzar el fin de la investigación.

La primera fase era un análisis del estado de las teorías acerca de modelos analíticos de datos para diagnosticar fugas. La segunda era implementar machine learning en detección de fugas. La tercera fue validar las técnicas de machine learning mediante la medición de la evaluación de desempeño.

Sancho, M. (2020) indagó cómo modelar, analizar y optimizar energéticamente la red de agua potable de Sinarcas en Valencia. El estudio consistió en crear un sistema numérico en la malla de distribución del líquido vital de dicha ciudad. Para eso tuvo que pedir información técnica hidráulica a la municipalidad respectiva.

Una vez que obtuvo los datos aritméticos realizó el prototipo matemático en el programa EPANET. Teniendo como resultados valores hidráulicos y energéticos del agua que se transportaba en las tuberías del sistema. Adicional contribuyo con un instructivo que le permitió crear patrones algebraicos en el software QGIS.

En Sinarcas la red de distribución de agua se componía de ramificaciones principalmente pese a que se formaban mallas en algunas áreas determinadas. El autor mostró de forma genérica el sector central con malla la que permitía discernir entre las ramificaciones de abastecimiento hacia las granjas y la zona urbana. Por su parte, se formó un bucle en la red de alimentación de agua de tal forma que se conectaban los depósitos Nuevo y Viejo con el manantial de Ranera.

Cabe resaltar que los depósitos Concejil y Relamina eran alimentados por los pozos la Laguna y la Relamina de mismo nombre. El agua era bombeada nuevamente desde el depósito concejil hasta Viejo. Para esto la red de tuberías tenía

una longitud total de suministro de 75.12 km dentro de los cuales 40.05 km eran de pertenencia del ayuntamiento, mientras el resto de los 32.07 km pertenecían en cambio a las granjas que se ubicaban en la periferia del ayuntamiento.

Se menciona que una representación matemática de algún elemento real es de por sí un modelo matemático y este permite que su comportamiento sea analizado para de esta forma predecir cómo se realizarán modificaciones en la respuesta ante los cambios y que incluso podría proveer de información adicional que en el elemento real puede ser desconocida. No obstante, para la red de agua potable se usó el programa EPANET y Toolkit de EPANET para poder construir el modelo matemático. La herramienta Toolkit de EPANET permiten que escenarios donde no se puede simular sean programados y se pueden importar de forma rápida y automatizada resultados obtenidos a hojas de Excel.

Se mencionó que tanto EPANET como su Toolkit eran software de código abierto y que fueron desarrollados por la APAEU. Su utilidad radica en que permiten realizar análisis hidráulicos de redes de distribución a presión de agua o de otros fluidos no compresibles.

Chuquín et al. (2019) explicaron en su libro aspectos técnicos relacionados con los accesorios de tuberías. Dijeron que el flujo que pasa a través de un accesorio no está completamente definido dado que el cambio en la dirección se da de forma abrupta. Encontraron que existen una caída en la presión, pero es bastante difícil determinarla de forma local, es decir, en cada uno de los accesorios localizados puntualmente. Para determinar estas pérdidas explicaron que el método tradicionalmente se basa en la determinación global y con el coeficiente de resistencia k previamente deducido. Además, definieron bajo el nombre de “pérdidas menores” a las pérdidas ocasionadas por accesorios.

Una de las ubicaciones más importantes en las que definieron que se pueden dar esas caídas de presión fue precisamente en accesorios como codos, tees, curvas de distintos grados, etc. Por último y no menos importante mostraron las ecuaciones requeridas para cálculos locales de pérdidas y el ábaco de coeficientes k .

Ilustración 5 Ecuación para cálculo de caídas de presión

$$h_{acc} = k \frac{V^2}{2g}$$

$$h_{acc} = \frac{8 k Q^2}{\pi^2 g D_{acc}^4}$$

Nota: Coeficiente de pérdida local k es dependiente del accesorio y diámetro nominal.

Fuente: Biblus.us, (s.f)

Ilustración 6 Coeficientes de pérdidas adimensionales

ACCESORIO	k	ACCESORIO	k
Rejilla de entrada	0,80	Tee con flujo en línea recta	0,10
Válvula de pie	3,00	Tee con flujo en ángulo	1,50
Entrada cuadrada	0,50	Tee con salida bilateral	1,80
Entrada abocinada	0,10	Válvula de compuerta abierta	5,00
Ampliación gradual	0,30	Válvula de ángulo abierta	5,00
Ampliación brusca	0,20	Válvula de globo abierta	10,00
Reducción gradual	0,25	Válvula de retención	2,50
Reducción Brusca	0,35	Válvula de mariposa abierta	0,24
Codo corto de 90	0,90	Boquillas	2,75
Codo corte de 45	0,40	Controlador de gasto	2,50
Codo largo de 90	0,40	Medidor Venturi	2,50
Codo largo de 45°	0,20	Bifurcación	0,10
Codo largo de 22 – 30°	0,10	Pequeña derivación	0,03

Fuente: Chuquín et al, (2019)


Vam Industry, (s.f) describe que los accesorios son piezas moldeadas que van unidas a las tuberías para garantizar una correcta distribución del fluido que se decida transportar. Explicó que los accesorios pueden ser clasificados en varias categorías de acuerdo con la función que tienen dentro de un circuito y sus características más importantes para tomar en consideración son el diámetro nominal, espesor y dimensiones de los accesorios, resistencia y material del que estén fabricados.

Proporciona una definición de los accesorios más usados en plantas industriales y del que se rescató el que constituye el eje de esta investigación el cual es el codo. Según el autor, el codo es una pieza que tiene una curvatura de 90° utilizada para desviar la dirección del flujo.

En el sentido de las definiciones sostuvo que:

- Codo (C): Es un accesorio que hace una curva de grados X, es decir, los grados pueden ser variados y dicha curva se emplea para desviar la dirección del flujo.
- Cruz (X): Es un accesorio que une 4 pasos de flujo que también toma las denominaciones de T con salida lateral, T de 4 pasos o racor en cruz.
- Te (T): Es un accesorio que tiene forma de T y que permite la realización de conexiones a 3 bandas y sus diámetros pueden ser distintos en entrada y salida.
- Reducciones/expansiones (R/E): Son accesorios que tienen una forma cónica y es esta forma la que permite que se aumenten los diámetros de las tuberías del otro lado que se unen. En este sentido, existen las reducciones/expansiones tanto excéntricas como concéntricas.
- Filtros (F): Son accesorios destinados para la seguridad ya que retienen o controlan la contaminación de las redes por partículas no deseadas

Tabla 4 Lista de accesorios del área 100

	LISTADO DE ACCESORIOS	PLANTA DE PRODUCCIÓN DE VAM	ÁREA 100	
		MARTORELL	29/01/2016	
			Hoja 1 de 1	
Área 100: Zona de almacenamiento de los reactivos				
NPS	MATERIAL	TIPO ACCESORIO	PN	NOMENCLATURA
1 1/2	AceroCT	F	1.11	1.5-P-F-10001
1 1/2	AceroCT	C	1.11	1.5-P-C-10001
1 1/2	AceroCT	T	2.20	1.5-P-T-10002
1 1/2	AceroCT	C	2.20	1.5-P-C-10002
1 1/2	AceroCT	C	2.20	1.5-P-C-10002
10	AceroCT	C	1.11	10-P-C-10003
10	AceroCT	C	1.11	10-P-C-10003
8	AISI 316 L	C	1.11	8-I-C-10004
2 1/2	AceroCT	C	1.11	2.5-P-C-10005
2 1/2	AceroCT	C	1.11	2.5-P-C-10005

Fuente: Vam Industry (s.f.)

2.3 Marco Legal

La parte legal del proyecto fue la que brinda información con leyes, normativas, requerimientos que se necesitan y permiten trabajar en el flujo de tuberías y sus accesorios de manera especial los de tipo codo. Se detallan las bases legales que tienen relación directa e indirecta con los accesorios tipo codo para tuberías que se han utilizado en las instalaciones de redes de distribución.

2.3.1 Constitución del Ecuador Art. 264

En este aspecto, en la Constitución del Ecuador se pudieron encontrar artículos relacionados directamente con el ámbito de la investigación en el artículo 264 que establece las competencias exclusivas de los gobiernos municipales y sujetas a otras dispuestas por la ley, pero en su inciso 4 decía “Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley”.

Este inciso se relacionó con esta investigación desde el punto de vista de la gestión eficiente, diseño y planificación de los sistemas de distribución de agua, es decir, investigar sobre modelos analíticos de accesorios tipo codo podría resultar una herramienta bastante útil para la prestación de los servicios públicos. Al usar modelaciones analíticas se podrían obtener simulaciones y se podrán evaluar entonces distintas configuraciones para optimizar el rendimiento de las redes de agua potable.

2.3.2 Constitución del Ecuador Art. 314

Más adelante, el artículo 314 de la Constitución proporcionó al estado los principios y responsabilidades que deberá cumplir con relación a la provisión de servicios públicos al establecer:

Art. 314.- El Estado será responsable de la provisión de los servicios públicos de agua potable y de riego, saneamiento, energía eléctrica, telecomunicaciones,

vialidad, infraestructuras portuarias y aeroportuarias, y los demás que determine la ley.

El Estado garantizará que los servicios públicos y su provisión respondan a los principios de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad y calidad. El Estado dispondrá que los precios y tarifas de los servicios públicos sean equitativos, y establecerá su control y regulación.

Para la investigación este fue un artículo muy útil dado que la modelación analítica estará enfocada en los aspectos técnicos del diseño y análisis para generar soluciones y que se enmarcará en el contexto legal de dicho artículo al resolver problemas que puedan ayudar a garantizar el servicio público.

2.3.3 Constitución del Ecuador Art. 326

Mientras tanto, en el artículo 326 se establecieron principios que fundamentaron el derecho al trabajo y en su inciso 15 mencionó el agua potable como parte intrínseca de este al establecerlo como un servicio público ya que, de esta forma, se permitió el correcto desenvolvimiento de las actividades económicas derivadas del suministro. Mencionó:

Se prohíbe la paralización de los servicios públicos de salud y saneamiento ambiental, educación, justicia, bomberos, seguridad social, energía eléctrica, agua potable y alcantarillado, producción hidrocarburífera, procesamiento, transporte y distribución de combustibles, transportación pública, correos y telecomunicaciones. La ley establecerá límites que aseguren el funcionamiento de dichos servicios”

2.3.4 Constitución del Ecuador Art. 375

Una vez más en el artículo 375 de la misma Constitución, mencionando previamente como obligación del estado, se evidenció su relación con el respaldo desde el parte científico – técnica que brindó esta investigación en la consecución de cumplimiento de los deberes del estado y en su inciso sexto enunció “Garantizará la

dotación ininterrumpida de los servicios públicos de agua potable y electricidad a las escuelas y hospitales públicos”.

2.3.5 Ley Orgánica de Recursos Hídricos y aprovechamiento del agua Art. 01 al 09.

La Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua. En el Título I dio las disposiciones preliminares. Siguiendo el Capítulo I donde señaló los principios de esta ley. Desde el artículo 01 hasta llegar al artículo 09; donde indicó que el recurso hídrico será pieza principal del patrimonio natural del Estado. El cual tendrá derecho único sobre este valioso recurso natural. Igualmente, su trabajo será mancomunado entre el Gobierno Central del Ecuador con los distintos GAD del país. Todo basado y respetando las leyes establecidas.

Por esta razón se tuvo en cuenta que será un bien fundamental de la Nación. De uso cotidiano, irrenunciable; esencial para poder vivir y permitirá asegurar la soberanía alimentaria del pueblo ecuatoriano.

Esta ley se aplicó en todo el territorio patrio, donde las personas sean naturales, jurídicas, nacionales y extranjeros estarán sometidas bajo su jurisdicción. Garantizando al libre acceso al agua al hombre, controlando el buen uso del líquido vital. Asegurando el buen vivir a las personas que habitan dentro del territorio patrio. Este poseía varios principios:

- La unión de todos los líquidos vitales sea estos que se encuentren en la parte superior de una montaña o en el pozo profundo de una vivienda.
- El agua debe ser cuidada y resguardada aplicando procesos que aseguren su estancia y buena condición.
- El recurso hídrico es una posesión estatal, intransferible, imprescriptible y no se puede embargar.
- El líquido vital es patrimonio nacional y estratégico que satisfacen las necesidades de los ecuatorianos.
- Su acceso al uso del agua es un derecho que todo ser humano a nivel mundial posee.

- El Gobierno asegura el libre acceso al recurso hídrico, una buena gestión integral. Su mandato es público o comunitario.

Como será un patrimonio natural del estado, este no se podrá privatizar. Como se mencionó anteriormente los prestadores de servicios del agua serán entes públicos o comunitarios. El gobierno nacional tanto como los seccionales serán las únicas entidades responsables de la buena gestión de este recurso. Garantizando derechos y leyes públicas para su buen uso.

2.3.6 Ley Orgánica de Recursos Hídricos y aprovechamiento del agua Art. 12

Más específicamente, en el artículo 12 de esta ley se estableció la corresponsabilidad entre el estado y agrupaciones como juntas de agua potable para proteger las fuentes. Esto sin duda indujo a que el involucramiento en estos temas que se debía plasmar en toda la sociedad ecuatoriana y respaldó jurídicamente el ámbito de la investigación. La ley fue clara y dijo en su parte más esencial:

El Estado, los sistemas comunitarios, juntas de agua potable y juntas de riego, los consumidores y usuarios, son corresponsables en la protección, recuperación y conservación de las fuentes de agua y del manejo de páramos, así como la participación en el uso y administración de las fuentes de aguas que se hallen en sus tierras, sin perjuicio de las competencias generales de la Autoridad Única del Agua de acuerdo con lo previsto en la Constitución y en esta Ley.

No menos importante fue lo que se encontró más adelante dentro del mismo artículo como prosigue “El Estado en sus diferentes niveles de gobierno destinará los fondos necesarios y la asistencia técnica para garantizar la protección y conservación de las fuentes de agua y sus áreas de influencia”. Parte del artículo que podrá dar apertura al gobierno central a destinar recursos financieros para la investigación en general sobre temas relacionados al agua y dentro de estos a aquellas inmiscuidas en las redes de suministro como para de las áreas de influencia.

2.3.7 Ley Orgánica de Recursos Hídricos y aprovechamiento del agua Art. 18.

Por su parte el artículo 18 de la presente ley se adentró en los aspectos técnicos de las atribuciones y competencias que tendrá la Autoridad Única del Agua y en el inciso -m- señaló “Emitir informe técnico de viabilidad para la ejecución de los proyectos de agua potable, saneamiento, riego y drenaje” dejando con esto otra puerta abierta para que entes gubernamentales puedan en el futuro dirigir su atención sobre los proyectos de investigación en materia de recursos hídricos.

Posteriormente dentro del mismo artículo se señaló el establecimiento de parámetros basados en lo técnico para fijar tarifas. Esto es muy importante ya que la modelación analítica de accesorios tipo codo planteará una mejor parametrización del flujo de agua. Por lo cual el inciso -p- establece:

Establecer los parámetros generales, en base a estudios técnicos y actuariales, para la fijación de las tarifas por la prestación del servicio público de agua potable y saneamiento, riego y drenaje, y fijar los montos de las tarifas de las autorizaciones de uso y aprovechamiento productivo del agua, en los casos determinados en esta Ley

2.3.8 Ley Orgánica de Recursos Hídricos y aprovechamiento del agua Art. 32.

En el artículo 32 con referencia a la gestión del agua se presentaron dos entes responsables, pero la más ajustada a la línea de infraestructura dijo:

La gestión comunitaria la realizarán las comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades y juntas de organizaciones de usuarios del servicio, juntas de agua potable y juntas de riego. Comprende, de conformidad con esta Ley, la participación en la protección del agua y en la administración, operación y mantenimiento de infraestructura de la que se beneficien los miembros de un sistema de agua y que no se encuentre bajo la administración del Estado.

Cabe recalcar que esta fue tan solo una parte y que el artículo en sí llevaba consigo un primer enunciado mismo que por cuestiones de relevancia no fue

enunciado. En síntesis, el artículo enmarca la gestión del agua tanto a la parte pública como la comunitaria y en esta parte que sí fue mencionada el artículo adjudicó la gestión a lo comunitario que incluía algo de mucha importancia como la operación y mantenimiento de la infraestructura. Esto permitió evidenciar cómo la investigación podría aportar con su modelo desde el análisis de los problemas referentes a la infraestructura.

2.3.9 Ley Orgánica de Recursos Hídricos y aprovechamiento del agua Art. 36

Por su parte el artículo 36 en su párrafo segundo dejó ver la importancia de asumir por parte del estado la gestión completa del agua porque implica una serie de componentes de un sistema destinado al suministro. Por esa razón enuncia “La provisión de agua potable comprende los procesos de captación y tratamiento de agua cruda, almacenaje y transporte, conducción, impulsión, distribución, consumo, recaudación de costos, operación y mantenimiento”. Con lo cual quedó demostrado el proceso como un conjunto de acciones en donde es importante el análisis y el planteamiento de modelos para su correcta gestión.

2.3.10 Ley Orgánica de Recursos Hídricos y aprovechamiento del agua Art. 44.

En lo posterior al establecimiento de las juntas administradoras de agua potable como entes prestadores del servicio público, en el artículo 44 se establecieron sus deberes y atribuciones. El inciso 2 decía “Rehabilitar, operar y mantener la infraestructura para la prestación de los servicios de agua potable” dejando con esto una forma de que dichos entes sean los receptores de las investigaciones que logren mejorar el proceso que se les atribuye.

2.3.11 Ley Orgánica de Recursos Hídricos y aprovechamiento del agua Art. 100.

El artículo 100 de la presente ley protegerá en el marco normativo la integridad de las redes de abastecimiento. Con esto se abrirá la oportunidad de realizar, por ejemplo, investigaciones de campo ya que, aunque con previa autorización se podrían realizar estudios sobre infraestructura de redes con las facilidades físicas necesarias. En su primer párrafo el artículo dijo:

La Autoridad Única del Agua y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, en el ámbito de sus competencias, no autorizarán actividades agropecuarias o construcciones y, en general, obras nuevas en los espacios laterales del acueducto o conducciones de sistemas de agua potable.

Se prohíbe a los dueños de los predios sirvientes apacentar animales junto a la acequia o acueductos abiertos que atraviesen sus terrenos, verter desechos o aguas contaminadas en las zonas de protección hídrica.

Se prohíbe actividades forestales en el área sirviente o en las zonas de protección hídrica, cuando los acueductos estén entubados o embaulados.

2.3.12 Ley Orgánica de Recursos Hídricos y aprovechamiento del agua Art. 140-141.

El artículo 140 en cambio tuvo un aspecto más técnico al establecer al marco tarifario como dependiente de un parámetro técnico y en su párrafo segundo dijo “Cuando el volumen que se entregue a los prestadores del servicio exceda de la cantidad mínima vital determinada, se aplicará la tarifa que corresponda, conforme con lo estipulado en esta Ley y su Reglamento”. No menos técnico fue el artículo 141 pues en el mismo sentido expresó:

Los criterios para fijación de la tarifa hídrica volumétrica del agua para riego que garantice la soberanía alimentaria, son los siguientes:

- a) Volumen utilizado;
- b) Cantidad de tierra cultivada y tipo de suelo; y,
- c) Contribución a la conservación del recurso hídrico

Finalmente, en las disposiciones transitorias se mencionó:

La Autoridad Única del Agua, en un plazo de hasta dos años contados a partir de la publicación de la presente Ley, realizará un inventario de las juntas administradoras de agua potable y alcantarillado y juntas de riego para evaluar su funcionamiento técnico y financiero y el cumplimiento de los servicios prestados a sus miembros. Dicha información servirá para el fortalecimiento de las juntas de agua potable y riego y de los servicios que prestan, mediante las alianzas público-comunitarias.

Con esta disposición se muestra el interés de mejorar y fortalecer el servicio de agua potable al realizar una evaluación seguida de un inventario del funcionamiento de los entes encargados de la gestión del agua. Esto es un paso importante para identificar en qué áreas se necesita mejorar y en este sentido las investigaciones pueden generar su aporte apoyadas por este marco normativo.

CAPÍTULO III

Marco Metodológico

3. 1 Enfoque de la investigación

El presente proyecto de investigación es de enfoque cuantitativo, por los datos obtenidos y cómo afecta la pérdida de flujo de presión en los accesorios tipo codo en tuberías a presión y como está impacta a nivel nacional.

Por otro lado, se utiliza el método cuantitativo, la razón es que el tipo de enfoque es a que es un trabajo experimental y exploratorio, para obtener resultados mediante cálculos numéricos y estos a su vez serán comparados entre sí.

De esta forma se obtendrá como resultado una evolución comparativa del estudio realizado. También mediante el traslado mecánico del método de investigación cuyo propósito es buscar explicación analítica sobre los fenómenos que se producen en las uniones de tuberías conocidas también como nodos.

Los nodos compuestos por accesorios que pueden ser del mismo material de la tubería. Los enfoques tomados en cuenta se justifican por la escasa producción de artículos y también investigaciones en el campo de la hidráulica y mucha de la responsabilidad radica la complejidad del análisis del flujo en un accesorio.

La finalidad del enfoque incluye los hechos observables los cuales son de naturaleza objetiva en cuanto a los datos que se darán en los resultados del modelo analítico o herramienta hidráulica y mediante la comprobación y experiencia se busca plantear un modelo que permita analizar mediante hechos y realidades las principales características de un flujo en estos puntos críticos.

También existirán datos que arrojen hechos de naturaleza subjetiva al momento de encuestas a personas con casas y también que preferencia si es que existe entre ambas marcas (Plastigama y Tigre) y si existe diferencias entre ambas

marcas y en cuanto a la entrevista dará el punto de vista de un profesional en la materia.

3.2 Alcance de la investigación

El alcance de esta investigación guarda una estrecha relación con los resultados que se esperan obtener. Mediante un prototipo físico se buscan extraer los principales parámetros hidráulicos de una red de tuberías cuyo fluido circundante será agua potable.

Los resultados estarán condicionados a partir del método escogido y por lo tanto es de gran relevancia definir o identificar el alcance para que la investigación desarrolle dentro del espacio temporal escogido la fluidez de los datos para su posterior análisis.

De esta forma se puede definir que el alcance de esta investigación será de tipo exploratorio ya que se llegarán a determinar modelos analíticos para fenómenos que se presentarán en las redes de distribución domiciliaria de agua potable por el uso de accesorios tipo codo.

El punto que se busca es la mayor posibilidad de estudio en la materia mediante las funciones de caudal, presión, pérdida de carga cálculos de caudales con los modelos analíticos y determinar el cumplimiento o no de la hipótesis. Dejando una puerta abierta para próximas investigaciones acerca del tema del proyecto.

3.3 Técnica e instrumentos para obtener los datos

En la primera fase que son los ensayos en el Laboratorio de Hidráulica se recopilaron los datos del modelo analítico a estudiar. Se realizará el armado de dicho modelo prototipo y se recaudará la información pertinente para la segunda fase que son los cálculos para que se pueda extraer resultados. Siendo este tema de investigación experimental las variables jugarán un papel fundamental al momento de la toma de datos. Cuando la presión a la entrada y a la salida del accesorio de la

herramienta hidráulica generará una pérdida de presión, es decir, la presión inicial siempre será mayor a la presión de salida del accesorio.

Tabla 5 Técnicas e Instrumentos en enfoque cuantitativo

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Ensayos en Laboratorio de Hidráulica	Ensayos
Experimento	Prueba de variables

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

3.4 Población y muestra

La población determinada para el modelo analítico son los accesorios tipo codo que son elaborados y mercadeados en el Ecuador para las pruebas hechas en el laboratorio de hidráulica. La muestra a experimentar son dos tipos de marca que son elaborados y mercadeados en el país, siendo: la marca plastigama en las medidas de 1/2", 3/4", y 1" y del mismo modo de la marca tigre en las mismas medidas.

Para que la comparativa proyecte un mejor resultado, siendo una investigación cuantitativa se dará un profundo análisis y existirá una mayor profundización en los accesorios tipo codo.

3. 5 Tipos de Muestra en Investigación Cuantitativa

Tabla 6 Población y Muestra

POBLACIÓN	MUESTRA
Accesorios tipo codo elaborados y mercadeados en el Ecuador.	Dos marcas de accesorios Plastigama y Tigre, siendo un muestreo deliberado, crítico o por juicio.

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

Siendo una investigación experimental existe un procedimiento con técnica y estrategia de trabajo, para ello se sugiere seguir los siguientes pasos:

3.6 Metodología para el análisis de datos y línea base

3.6.1 Operatividad del banco hidráulico para distribución del agua

Inicialmente se realizó la limpieza del banco hidráulico usando los diferentes utensilios tales como espátula, desoxidante, cepillo de cerdas metálicas y guantes.

Con los guantes puestos comenzar a cepillar el banco hidráulico para aflojar la corrosión, posterior colocar el desoxidante y esperando 15 minutos como mínimo para el óptimo desprendimiento del óxido, continuamos cepillando hasta que toda la parte corroída salga, limpiamos con agua el fondo del banco y finalmente retiramos el agua y con todas las impurezas.

Figura 6 Operatividad del banco hidráulico



Tomada por: Castro y Melgar, (2023)

3.6.2 Prueba de bomba para banco hidráulico

Se probó la bomba eléctrica de 1 HP (caballos fuerza) de potencia con el que se realizó el estudio de los fluidos, en el cual se realizó la prueba de funcionamiento que es mantener la manguera de pie en posición vertical y encender la bomba para

saber si la presión era la correcta, se obtiene un resultado favorable por lo que se determina que su funcionamiento es óptimo y adecuado para las siguientes pruebas.

Figura 7 Prueba de bomba para banco hidráulico



Tomada por: Castro y Melgar, (2023)

3.6.3 Medidores de Presión

Los manómetros son instrumentos para medir presión y calcular con el modelo analítico ya instalado. Se trabajó con manómetros de 5 PSI y 60 PSI siendo utilizados los de mayor capacidad.

Figura 8 Medidores de Presión



Tomada por: Castro y Melgar, (2023)

3.6.4 Medidores de agua

Los medidores de agua sirven para medir la capacidad o volumen que registra y pasa y con ello calcular caudal y pérdidas de cargas.

Figura 9 Medidores de agua



Fuente: Ditecna, (s.f)

3.6.5 Habilitación del banco hidráulico

Los materiales a utilizar son: chova, cemento asfáltico, pistola de calor, serrucho, soldadora fría, desengrasante y brocha.

Figura 10 Habilitación del banco hidráulico



Tomada por: Castro y Melgar, (2023)

Se utilizó el desengrasante para las paredes del tanque debido a que las paredes contenían residuos de grasa, se dejó el desengrasante por media hora, luego se procedió a remojar y secar la superficie. Después se aplicó una capa de pintura de color plomo y se dejó secar por 24 horas.

Se llenó el tanque para revisión de banco hidráulico, pero se detectó filtraciones, se usó chova y cemento asfáltico con brocha y se aplicó una capa de cemento asfáltico y se dejó secar por el lapso de 15 minutos para luego aplicar la chova y volver aplicar una capa de cemento asfáltico para dejar secar por 24 horas, luego de este proceso no se detectaron filtraciones. Al día siguiente se hizo la prueba de filtración llenando el tanque y se obtuvo respuesta favorable al no filtrarse el banco hidráulico.

Figura 11 Habilitación del banco hidráulico



Tomada por: Castro y Melgar, (2023)

3.6.6 Armado de modelo físico prototipo

Fue necesario una terraja, aceite de motor, tubería PVC ½", accesorios tipo codo de ½", uniones, neplos, neplo perdido, cinta teflón, llave francesa, llave de presión y flexómetro.

Se da comienzo con tomar medidas de los espacios para el corte de la tubería y luego se utiliza la terraja con el aceite de motor para darle rosca a la tubería y con la cinta aislante se une a los accesorios tipo codo que se deberán utilizar para el ensamblaje del modelo analítico.

Figura 12 Armado de modelo prototipo



Tomada por: Castro y Melgar, (2023)

Luego de enroscar tubería para la herramienta hidráulica con los codos, neplós y uniones necesarias para ello (no son los codos a estudiar) se atornillan con los medidores de agua para acometidas domiciliarias y los manómetros siendo un manómetro y medidor de entrada, luego el accesorio tipo codo a estudiar y después el medidor y manómetro para la llegada, salida o reingreso del agua al banco hidráulico.

3.6.7 Tuberías y accesorios

En base al alcance de la investigación y la disponibilidad en el mercado se monitorea accesorios tipos codo en diferentes diámetros de las marcas Plastigama y Tigre en los ángulos de 90° y 45° y en las medidas de ½”, ¾” y 1” de ambas marcas.

En cuanto a la tubería se cambiará cierta parte del modelo analítico que es desde el medidor de agua tubería manómetro tubería accesorio a estudiar tubería manómetro y medidor de agua. Siendo también tubería de ½”, ¾” y 1”

3.6.8 Pruebas en el modelo prototipo de los accesorios tipo codo (dos marcas a evaluar)

La toma de datos se las obtiene mediante la realización de pruebas en el banco hidraulico que se adapto para nuestro modelo analitico. En el procedimiento se lo separa o se lleva a cabo por marcas de accesorios tipo codo, grado de inclinación del mismo y medida del diametro de la tuberia. Se efectua 7 ensayos con la ayuda de la valvula de paso, que nos permite hacer giros de la siguiente manera: ½ vuelta, ¾ vuelta, 1 vuelta, 1 ½ vuelta, 1 ¾ vuelta, 2 vueltas, 2 ½ vueltas y llave abiertamente completa.

3.6.8.1 Ecuación desarrollada para cada accesorio (codos de 90° y 45°) y diámetros (1/2”, 3/4” y 1”).

Fórmula 1 Pérdida de Carga

$$E_L = E_2 + h_L$$

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_L$$

$$\frac{P_1}{\gamma} - \frac{P_2}{\gamma} = h_L$$

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

3.6.8.1.1 Cálculos del número de Reynolds

Hallar el número de Reynolds (Re), nos permite determinar en grosor modo el tipo de flujo que se transporta por las distintas tuberías de diferente diámetro (1/2, 3/4, 1 pulgada) que estamos utilizando en nuestro modelo analítico.

Existen dos tipos de flujo:

- * El flujo laminar: $Re < 2300$
- * El flujo turbulento: $Re > 2300$

Fórmula 2 Número de Reynolds

$$Re = \frac{V \cdot \phi}{\nu}$$

Eborado por: Castro L y Melgar K, (2023)

Donde:

V= Velocidad del flujo (m/s)

D (\emptyset)= Diámetro de la tubería (m)

ν = Viscosidad cinemática del fluido (m^2/s)

PARA TUBERÍA DE 1/2"

(\emptyset)= 0.0127m

ν = 0.000000654 m^2/s

Tabla 7 Número de Reynolds para tubería de 1/2"

CAUDAL DEL FLUJO EN TUBERÍA (Q) m^3/s	VELOCIDAD DEL FLUJO EN TUBERÍA (V) m/s	DIÁMETRO DE LA TUBERÍA (\emptyset)m	VISCOSIDAD DEL AGUA - 20°C (ν) m^2/s	Re
0,000342	2,699	0,0127	0,000000654	52408,50
0,000354	2,794	0,0127	0,000000654	54263,67234
0,000357	2,819	0,0127	0,000000654	54748,16941
0,000362	2,858	0,0127	0,000000654	55491,35723
0,000370	2,924	0,0127	0,000000654	56775,87939
0,000376	2,965	0,0127	0,000000654	57575,53966
0,000385	3,036	0,0127	0,000000654	58959,56706

Eborado por: Castro y Melgar, (2023)

PARA TUBERÍA DE 3/4"

(Ø)= 0.01905m

v= 0.000000654m²/s

Tabla 8 Número de Reynolds para tuberías de 3/4"

CAUDAL DEL FLUJO EN TUBERÍA (Q) m ³ /s	VELOCIDAD DEL FLUJO EN TUBERÍA (V) m/s	DIAMETRO DE LA TUBERÍA (Ø)m	VISCOSIDAD DEL AGUA - 20°C (ν) m ² /s	Re
0,000327	1,146	0,01905	0,000000654	33370,31
0,000339	1,189	0,01905	0,000000654	34642,90946
0,000360	1,264	0,01905	0,000000654	36827,59744
0,000372	1,305	0,01905	0,000000654	38026,6355
0,000385	1,349	0,01905	0,000000654	39306,37804
0,000388	1,363	0,01905	0,000000654	39687,99336
0,000392	1,376	0,01905	0,000000654	40077,09133

Eborado por: Castro y Melgar, (2023)

PARA TUBERÍA DE 1"

(Ø)= 0.0254m

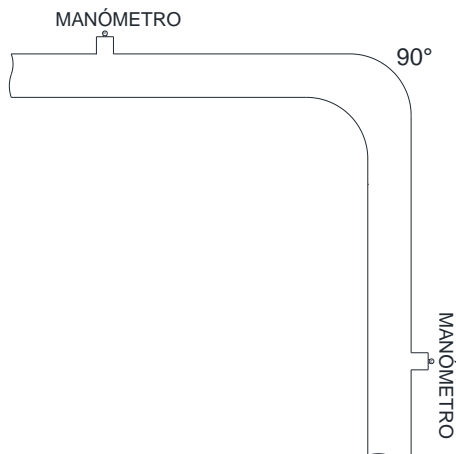
v= 0.000000654m²/s

Tabla 9 Número de Reynolds para tuberías de 1"

CAUDAL DEL FLUJO EN TUBERÍA (Q) m ³ /s	VELOCIDAD DEL FLUJO EN TUBERÍA (V) m/s	DIAMETRO DE LA TUBERÍA (Ø)m	VISCOSIDAD DEL AGUA - 20°C (ν) m ² /s	Re
0,000390	0,770	0,0254	0,000000654	29911,19
0,000402	0,793	0,0254	0,000000654	30813,04007
0,000419	0,827	0,0254	0,000000654	32103,63861
0,000430	0,849	0,0254	0,000000654	32966,63964
0,000442	0,872	0,0254	0,000000654	33877,3203
0,000455	0,897	0,0254	0,000000654	34839,74417
0,000468	0,923	0,0254	0,000000654	35858,45014

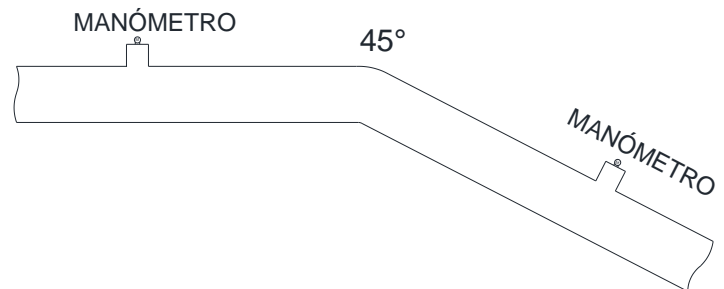
Eborado por: Castro y Melgar, (2023)

Figura 13 Esquema de 90°



Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

Figura 14 Esquema de 45°



Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

3.6.8.1.2 Accesorio Tipo Codo de 90° para tubería de 1/2" Marca Plastigama

Primeramente, tomaremos las lecturas de los medidores que nos van a permitir obtener el volumen neto del agua que ingresa a la tubería.

Lectura de medidor en litros:

Lectura Inicial (L_i):	Lectura Final (L_F):
76	83
83	91
91	99
100	108
108	116
116	124
124	132

Para calcular el volumen neto del liquido que ingresa al sistema, restamos la lectura final con la lectura inicial:

Lectura Final (LF) - Lectura Inicial (LI) = Volumen en litros

$$83 - 76 = 7 \text{ litros}$$

$$91 - 83 = 8 \text{ litros}$$

$$99 - 91 = 8 \text{ litros}$$

$$108 - 100 = 8 \text{ litros}$$

$$116 - 108 = 8 \text{ litros}$$

$$124 - 116 = 8 \text{ litros}$$

$$132 - 124 = 8 \text{ litros}$$

Una vez obtenidos los volúmenes en litros procedemos a convertir en m³, de la siguiente manera:

Volumen en litros * (1m/1000 litros)

$$7 \text{ litros} * (1\text{m}/1000 \text{ litros}) = 0.007 \text{ m}^3$$

$$8 \text{ litros} * (1\text{m}/1000 \text{ litros}) = 0.008 \text{ m}^3$$

Como el resto de volúmenes se repite se copia el mismo valor, luego de la respectiva conversión de volúmenes y con la ayuda del tiempo tomado de cada volumen procedemos hallar el respectivo caudal, de la siguiente manera:

Tiempo de toma en segundos (s):

23.4

22.6

22.4

22.1

21.6

21.3

20.1

Fórmula para hallar caudal: $Q = \text{Volumen}(\text{m}^3) / \text{tiempo}(\text{s})$

$$Q = 0.007 \text{ m}^3 / 23.4\text{s} = 0.000299 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0.008 \text{ m}^3 / 22.6\text{s} = 0.000354 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0.008 \text{ m}^3 / 22.4\text{s} = 0.000357 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0.008 \text{ m}^3 / 22.1\text{s} = 0.000362 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0.008 \text{ m}^3 / 21.6\text{s} = 0.000370 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0.008 \text{ m}^3 / 21.3\text{s} = 0.000376 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0.008 \text{ m}^3 / 20.1\text{s} = 0.000398 \text{ m}^3/\text{s}$$

Continuando con el proceso encontramos la velocidad del caudal de la siguiente manera:

$$V = Q/A$$

V= Velocidad

Q= Caudal del flujo

A= Área de la tubería

Recordemos que es para una tubería de media pulgada su medida en metros es 0.0127m y su radio respectivo es de 0.00635.

$$A = \pi * r^2$$

$$A = \pi * (0.00635)^2 = 0.00013m^2$$

$$V = 0.000299m^3/s / 0.00013m^2 = 2.361m/s$$

$$V = 0.000354m^3/s / 0.00013m^2 = 2.794m/s$$

$$V = 0.000357m^3/s / 0.00013m^2 = 2.819m/s$$

$$V = 0.000362m^3/s / 0.00013m^2 = 2.858m/s$$

$$V = 0.000370m^3/s / 0.00013m^2 = 2.924m/s$$

$$V = 0.000376m^3/s / 0.00013m^2 = 2.965m/s$$

$$V = 0.000398m^3/s / 0.00013m^2 = 3.142m/s$$

Luego de haber encontrado los respectivos caudales y velocidades, procedemos a calcular las perdidas respectivas con los datos obtenidos de las lecturas realizados en los manómetros de presión colocados en nuestro sistema:

Lectura de manómetros de presión en psi.:

p1: **p2:**

3.7 2.6

3.6 2.4

3.5 2.2

3.4 2

3.3 1.8

3.2 1.6

3.1 1.4

La diferencia entre estas dos lecturas nos dará nuestra respectiva perdida para cada uno de los caudales hallados anteriormente:

$\rho_1 - \rho_2$

$$3.7 - 2.6 = 1.1$$

$$3.6 - 2.4 = 1.2$$

$$3.5 - 2.2 = 1.3$$

$$3.4 - 2 = 1.4$$

$$3.3 - 1.8 = 1.5$$

$$3.2 - 1.6 = 1.6$$

$$3.1 - 1.4 = 1.7$$

Estas perdidas obtenidas son en **psi** (libras por pulgada cuadrada), ahora las transformamos en **mca** (metros columnas de agua):

Mca = 0.704

$$1.1 * 0.704 = 0.7744$$

$$1.2 * 0.704 = 0.8448$$

$$1.3 * 0.704 = 0.9152$$

$$1.4 * 0.704 = 0.9856$$

$$1.5 * 0.704 = 1.056$$

$$1.6 * 0.704 = 1.1264$$

$$1.7 * 0.704 = 1.1968$$

Con los datos de caudal (**Q**), velocidad (**V**) y el diámetro (**d**) de la tubería al que corresponde cada ensayo en este caso sería de **media pulgada**, se procede a realizar nuestro calculo de **K** con la siguiente formula:

Cálculos para **K** con la siguiente formula:

$$\mathbf{K = (2g * h_L) / V^2}$$

Donde;

$$\mathbf{2g = 9.81 * 2 = 19.62}$$

h_L = Perdidas de presión

V² = Velocidad al cuadrado

Tabla 10 K para Codo de 90° para tubería de ½" en Marca Plastigama.

Nº	$(2g * h_L) / (V^2) = K$	VELOCIDAD ²
1	(19.62 * 0.352) / 2,699 ²	= 0,948
2	(19.62 * 0.422) / 2,794 ²	= 1,061
3	(19.62 * 0.493) / 2,819 ²	= 1,216
4	(19.62 * 0.563) / 2,858 ²	= 1,353
5	(19.62 * 0.634) / 2,924 ²	= 1,454
6	(19.62 * 0.704) / 2,965 ²	= 1,571
7	(19.62 * 0.774) / 3,036 ²	= 1,648

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

3.6.8.1.3 Accesorio Tipo Codo de 90° para tubería de ½" Marca Tigre

Para todos los accesorios es el mismo procedimiento, lectura de medidor en litros:

Lectura Inicial (L_i): **Lectura Final (L_F):**

138	145
145	153
153	161
161	169
169	177
177	185
185	193

Lectura Final (LF) - Lectura Inicial (LI) = Volumen en litros

145 - 138= 7 litros

153 - 145= 8 litros

161 - 153= 8 litros

169 - 161= 8 litros

177 - 169= 8 litros

185 - 177= 8 litros

193 - 185= 8 litros

Volumen en litros * (1m/1000 litros)

$$7 \text{ litros} * (1\text{m}/1000 \text{ litros}) = 0.007 \text{ m}^3$$

$$8 \text{ litros} * (1\text{m}/1000 \text{ litros}) = 0.008 \text{ m}^3$$

Tiempo de toma en segundos (s):

23.1

22.3

22.05

21.85

21.4

21.05

19.8

Fórmula para hallar caudal: $Q = \text{Volumen}(\text{m}^3) / \text{tiempo}(\text{s})$

$$Q = 0.007 \text{ m}^3 / 23.1\text{s} = 0.000303 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0.008 \text{ m}^3 / 22.3\text{s} = 0.000358 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0.008 \text{ m}^3 / 22.05\text{s} = 0.000362 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0.008 \text{ m}^3 / 21.85\text{s} = 0.000366 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0.008 \text{ m}^3 / 21.4\text{s} = 0.0003738 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0.008 \text{ m}^3 / 21.05\text{s} = 0.000380 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0.008 \text{ m}^3 / 19.8\text{s} = 0.0004040 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = Q/A$$

V= Velocidad

Q= Caudal del flujo

A= Área de la tubería

$$A = \pi * r^2$$

$$A = \pi * (0.00635)^2 = 0.00013\text{m}^2$$

$$V = 0.000303 \text{ m}^3/\text{s} / 0.00013\text{m}^2 = 2.330 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000358 \text{ m}^3/\text{s} / 0.00013\text{m}^2 = 2.754 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000362 \text{ m}^3/\text{s} / 0.00013\text{m}^2 = 2.785 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000366 \text{ m}^3/\text{s} / 0.00013\text{m}^2 = 2.815 \text{ m/s}$$

$$V = 0.0003738 \text{ m}^3/\text{s} / 0.00013\text{m}^2 = 2.875 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000380 \text{ m}^3/\text{s} / 0.00013 \text{ m}^2 = 2.908 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000404 \text{ m}^3/\text{s} / 0.00013 \text{ m}^2 = 3.107 \text{ m/s}$$

Lectura de manómetros de presión en psi.:

ρ_1 : ρ_2 :

3.7 2.4

3.6 2.2

3.5 2

3.4 1.8

3.3 1.6

3.2 1.4

3.1 1.2

$\rho_1 - \rho_2$

$$3.7 - 2.4 = 1.3$$

$$3.6 - 2.3 = 1.3$$

$$3.5 - 2 = 1.5$$

$$3.4 - 1.8 = 1.6$$

$$3.3 - 1.6 = 1.7$$

$$3.2 - 1.4 = 1.8$$

$$3.1 - 1.2 = 1.9$$

Mca= 0.704

$$1.3 * 0.704 = 0.9152$$

$$1.3 * 0.704 = 0.9152$$

$$1.5 * 0.704 = 1.056$$

$$1.6 * 0.704 = 1.1264$$

$$1.7 * 0.704 = 1.1968$$

$$1.8 * 0.704 = 1.2672$$

$$1.9 * 0.704 = 1.3376$$

Cálculos para **K** con la siguiente formula:

$$K = (2g \cdot h_L) / V^2$$

Donde;

$$2g = 9.81 \cdot 2 = 19.62$$

h_L = Perdidas de presión

V^2 = Velocidad al cuadrado

Tabla 11 K para Codo de 90° para tubería de ½" en Marca Tigre

Nº	$(2g \cdot h_L)$	/	VELOCIDAD ² $(V^2) =$	=	K
1	(19.62 * 0.493)	/	2,734 ²	=	1,294
2	(19.62 * 0.563)	/	2,832 ²	=	1,378
3	(19.62 * 0.634)	/	2,864 ²	=	1,515
4	(19.62 * 0.704)	/	2,890 ²	=	1,653
5	(19.62 * 0.774)	/	2,951 ²	=	1,745
6	(19.62 * 0.845)	/	3,000 ²	=	1,842
7	(19.62 * 0.915)	/	3,096 ²	=	1,874

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

3.6.8.1.4 Accesorio Tipo Codo de 45° para tubería de ½" Marca Plastigama

Lectura de medidor en litros:

Lectura Inicial (L _i):	Lectura Final (L _F):
201	208
208	216
216	224
224	232
232	240
240	248
248	256

Lectura Final (LF) - Lectura Inicial (LI) = Volumen en litros

208 - 201 = 7 litros

216 - 208 = 8 litros

224 - 216 = 8 litros

232 - 224 = 8 litros

240 - 232= 8 litros

248 - 240= 8 litros

256 - 248= 8 litros

Volumen en litros * (1m/1000 litros)

7 litros * (1m/1000 litros) = 0.007 m³

8 litros * (1m/1000 litros) = 0.008 m³

Tiempo de toma en segundos (s):

23.1

22.4

21.9

21.6

21.3

20.8

19.8

Fórmula para hallar caudal: Q= Volumen(m³) / tiempo(s)

Q= 0.007 m³ / 23.1s= 0.000303 m³/s

Q= 0.008 m³ / 22.4s= 0.000357 m³/s

Q= 0.008 m³ / 21.9s= 0.000365 m³/s

Q= 0.008 m³ / 21.6s= 0.000370 m³/s

Q= 0.008 m³ / 21.3s= 0.0003756 m³/s

Q= 0.008 m³ / 20.8s= 0.0003846 m³/s

Q= 0.008 m³ / 19.8s= 0.0004040 m³/s

V= Q/A

V= Velocidad

Q= Caudal del flujo

A= Área de la tubería

A= π*r²

A= π*(0.00635)²= 0.00013m²

$$V = 0.000303 \text{ m}^3/\text{s} / 0.00013 \text{ m}^2 = 2.330 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000357 \text{ m}^3/\text{s} / 0.00013 \text{ m}^2 = 2.746 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000365 \text{ m}^3/\text{s} / 0.00013 \text{ m}^2 = 2.808 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000370 \text{ m}^3/\text{s} / 0.00013 \text{ m}^2 = 2.846 \text{ m/s}$$

$$V = 0.0003756 \text{ m}^3/\text{s} / 0.00013 \text{ m}^2 = 2.892 \text{ m/s}$$

$$V = 0.0003846 \text{ m}^3/\text{s} / 0.00013 \text{ m}^2 = 2.958 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000404 \text{ m}^3/\text{s} / 0.00013 \text{ m}^2 = 3.107 \text{ m/s}$$

Lectura de manómetros de presión en psi.:

ρ_1 : ρ_2 :

3.6 2.9

3.5 2.7

3.4 2.5

3.3 2.3

3.2 2.1

3.1 1.9

3 1.7

$\rho_1 - \rho_2$

$$3.6 - 2.9 = 0.7$$

$$3.5 - 2.7 = 0.8$$

$$3.4 - 2.5 = 0.9$$

$$3.3 - 2.3 = 1$$

$$3.2 - 2.1 = 1.1$$

$$3.1 - 1.9 = 1.2$$

$$3 - 1.7 = 1.3$$

$M_{ca} = 0.704$

$$0.7 * 0.704 = 0.4928$$

$$0.8 * 0.704 = 0.5632$$

$$0.9 * 0.704 = 0.6336$$

$$1 * 0.704 = 0.704$$

$$1.1 * 0.704 = 0.7744$$

$$1.2 * 0.704 = 0.8448$$

$$1.3 * 0.704 = 0.9152$$

Cálculos para **K** con la siguiente formula:

$$K = (2g \cdot h_L) / V^2$$

Donde;

$$2g = 9.81 \cdot 2 = 19.62$$

h_L = Perdidas de presión

V^2 = Velocidad al cuadrado

Tabla 12 K para Codo de 45° para tubería de ½" en Marca Plastigama

Nº	$(2g \cdot h_L)$	/	VELOCIDAD ² $(V^2) =$	=	K
1	(19.62 * 0.141)	/	2,734 ²	=	0,370
2	(19.62 * 0.211)	/	2,819 ²	=	0,521
3	(19.62 * 0.282)	/	2,884 ²	=	0,664
4	(19.62 * 0.352)	/	2,924 ²	=	0,808
5	(19.62 * 0.422)	/	2,965 ²	=	0,943
6	(19.62 * 0.493)	/	3,036 ²	=	1,049
7	(19.62 * 0.563)	/	3,190 ²	=	1,086

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

3.6.8.1.5 Accesorio Tipo Codo de 45° para tubería de ½" pulgada Marca Tigre

Lectura de medidor en litros:

Lectura Inicial (L _i):	Lectura Final (L _F):
264	271
271	279
279	287
287	295
295	303
303	311
311	319

Lectura Final (LF) - Lectura Inicial (LI) = Volumen en litros

271 - 264 = 7 litros

279 - 271 = 8 litros

287 - 279 = 8 litros

295 - 287 = 8 litros

303 - 295 = 8 litros

311 - 303= 8 litros

319 - 311= 8 litros

Volumen en litros * (1m/1000 litros)

7 litros * (1m/1000 litros) = 0.007 m³

8 litros * (1m/1000 litros) = 0.008 m³

Tiempo de toma en segundos (s):

22.8

21.9

21.6

21.1

20.7

20.3

19.2

Fórmula para hallar caudal: Q= Volumen(m³) / tiempo(s)

Q= 0.007 m³ / 22.8s= 0.000307 m³/s

Q= 0.008 m³ / 21.9s= 0.000365 m³/s

Q= 0.008 m³ / 21.6s= 0.0003703 m³/s

Q= 0.008 m³ / 21.1s= 0.000379m³/s

Q= 0.008 m³ / 20.7s= 0.000386 m³/s

Q= 0.008 m³ / 20.3s= 0.000394 m³/s

Q= 0.008 m³ / 19.2s= 0.000416 m³/s

V= Q/A

V= Velocidad

Q= Caudal del flujo

A= Área de la tubería

A= π*r²

A= π*(0.00635)²= 0.00013m²

V= 0.000307 m³/s/0.00013m²= 2.361 m/s

$$V = 0.000365 \text{ m}^3/\text{s} / 0.00013 \text{ m}^2 = 2.807 \text{ m/s}$$

$$V = 0.0003703 \text{ m}^3/\text{s} / 0.00013 \text{ m}^2 = 2.848 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000379 \text{ m}^3/\text{s} / 0.00013 \text{ m}^2 = 2.915 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000386 \text{ m}^3/\text{s} / 0.00013 \text{ m}^2 = 2.969 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000394 \text{ m}^3/\text{s} / 0.00013 \text{ m}^2 = 3.031 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000416 \text{ m}^3/\text{s} / 0.00013 \text{ m}^2 = 3.2 \text{ m/s}$$

Lectura de manómetros de presión en psi.:

ρ_1 : ρ_2 :

3.6 2.7

3.5 2.5

3.4 2.3

3.3 2.1

3.2 1.9

3.1 1.7

3 1.5

$\rho_1 - \rho_2$

$$3.6 - 2.7 = 0.9$$

$$3.5 - 2.5 = 1$$

$$3.4 - 2.3 = 1.1$$

$$3.3 - 2.1 = 1.2$$

$$3.2 - 1.9 = 1.3$$

$$3.1 - 1.7 = 1.4$$

$$3 - 1.5 = 1.5$$

Mca = 0.704

$$0.9 * 0.704 = 0.6336$$

$$1 * 0.704 = 0.704$$

$$1.1 * 0.704 = 0.7744$$

$$1.2 * 0.704 = 0.8448$$

$$1.3 * 0.704 = 0.9152$$

$$1.4 * 0.704 = 0.9856$$

$$1.5 * 0.704 = 1.056$$

Cálculos para **K** con la siguiente fórmula:

$$K = (2g \cdot h_L) / V^2$$

Donde;

$$2g = 9.81 \cdot 2 = 19.62$$

h_L = Perdidas de presión

V^2 = Velocidad al cuadrado

Tabla 13 K para Codo de 45° para tubería de ½" en Marca Tigre

Nº	$(2g \cdot h_L)$	/	VELOCIDAD ² $(V^2) =$	=	K
1	(19.62 * 0.317)	/	2,770 ²	=	0,810
2	(19.62 * 0.387)	/	2,884 ²	=	0,914
3	(19.62 * 0.458)	/	2,924 ²	=	1,050
4	(19.62 * 0.528)	/	2,993 ²	=	1,156
5	(19.62 * 0.598)	/	3,051 ²	=	1,261
6	(19.62 * 0.669)	/	3,111 ²	=	1,356
7	(19.62 * 0.739)	/	3,239	=	1,383

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

3.6.8.1.6 Accesorio Tipo Codo de 90° para tubería de ¾" Marca Plastigama

Lectura de medidor en litros:

Lectura Inicial (L _i):	Lectura Final (L _F):
326	333
333	341
341	349
349	357
357	365
365	373
373	381

Lectura Final (LF) - Lectura Inicial (LI) = Volumen en litros

333 - 326 = 7 litros

341 - 333 = 8 litros

349 - 341 = 8 litros

357 - 349 = 8 litros

365 - 357 = 8 litros

373 - 365 = 8 litros

381 - 373= 8 litros

Volumen en litros * (1m/1000 litros)

$$7 \text{ litros} * (1\text{m}/1000 \text{ litros}) = 0.007 \text{ m}^3$$

$$8 \text{ litros} * (1\text{m}/1000 \text{ litros}) = 0.008 \text{ m}^3$$

Tiempo de toma en segundos (s):

21.5

23.6

22.2

21.5

20.8

20.6

20.4

Fórmula para hallar caudal: $Q = \text{Volumen}(\text{m}^3) / \text{tiempo}(\text{s})$

$$Q = 0.007 \text{ m}^3 / 21.5\text{s} = 0.0003255 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0.008 \text{ m}^3 / 23.6\text{s} = 0.000296 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0.008 \text{ m}^3 / 22.2\text{s} = 0.000315 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0.008 \text{ m}^3 / 21.5\text{s} = 0.000326 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0.008 \text{ m}^3 / 20.8\text{s} = 0.000336 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0.008 \text{ m}^3 / 20.6\text{s} = 0.0003398 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0.008 \text{ m}^3 / 20.4\text{s} = 0.000343 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = Q/A$$

V= Velocidad

Q= Caudal del flujo

A= Área de la tubería

$$A = \pi * r^2$$

$$A = \pi * (0.00953)^2 = 0.000091\text{m}^2$$

$$V = 0.0003255 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000091\text{m}^2 = 3.577 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000296 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000091\text{m}^2 = 3.25 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000315 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000091 \text{ m}^2 = 3.461 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000326 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000091 \text{ m}^2 = 3.582 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000336 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000091 \text{ m}^2 = 3.692 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000398 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000091 \text{ m}^2 = 4.37 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000343 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000091 \text{ m}^2 = 3.769 \text{ m/s}$$

Lectura de manómetros de presión en psi.:

ρ_1 : ρ_2 :

3.6 1.7

3.5 1.5

3.5 1.3

3.4 1.1

3.3 0.9

3.2 0.75

3.1 0.555

$\rho_1 - \rho_2$

$$3.6 - 1.7 = 1.9$$

$$3.5 - 1.5 = 2$$

$$3.5 - 1.3 = 2.2$$

$$3.4 - 1.1 = 2.3$$

$$3.3 - 0.9 = 2.4$$

$$3.2 - 0.75 = 2.45$$

$$3.1 - 0.555 = 2.545$$

Mca= 0.704

$$1.9 * 0.704 = 1.3376$$

$$2 * 0.704 = 1.408$$

$$2.2 * 0.704 = 1.5488$$

$$2.3 * 0.704 = 1.6192$$

$$2.4 * 0.704 = 1.6896$$

$$2.45 * 0.704 = 1.7248$$

$$2.545 * 0.704 = 1.7917$$

Cálculos para **K** con la siguiente fórmula:

$$K = (2g \cdot h_L) / V^2$$

Donde;

$$2g = 9.81 \cdot 2 = 19.62$$

h_L = Perdidas de presión

V^2 = Velocidad al cuadrado

Tabla 14 K para Codo de 90° para tubería de 3/4" en Marca Plastigama

Nº	$(2g \cdot h_L)$	/	VELOCIDAD ² $(V^2) =$	=	K
1	(19.62 * 0.422)	/	1,146 ²	=	6,314
2	(19.62 * 0.493)	/	1,189 ²	=	6,836
3	(19.62 * 0.634)	/	1,264 ²	=	7,777
4	(19.62 * 0.704)	/	1,305 ²	=	8,105
5	(19.62 * 0.774)	/	1,349 ²	=	8,344
6	(19.62 * 0.845)	/	1,363 ²	=	8,928
7	(19.62 * 0.915)	/	1,376 ²	=	9,485

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

3.6.8.1.7 Accesorio Tipo Codo de 90° para tubería de 3/4" Marca Tigre

Lectura de medidor en litros:

Lectura Inicial (L_I): **Lectura Final (L_F):**

388	395
395	403
403	411
411	419
419	427
427	435
435	443

Lectura Final (LF) - Lectura Inicial (LI) = Volumen en litros

395 - 388 = 7 litros

403 - 395 = 8 litros

411 - 403 = 8 litros

419 - 411 = 8 litros

427 - 419 = 8 litros

435 - 427 = 8 litros

443 - 435= 8 litros

Volumen en litros * (1m/1000 litros)

$$7 \text{ litros} * (1\text{m}/1000 \text{ litros}) = 0.007 \text{ m}^3$$

$$8 \text{ litros} * (1\text{m}/1000 \text{ litros}) = 0.008 \text{ m}^3$$

Tiempo de toma en segundos (s):

20.9

23.2

21.9

21.2

20.3

20

19.7

Fórmula para hallar caudal: $Q = \text{Volumen}(\text{m}^3) / \text{tiempo}(\text{s})$

$$Q = 0.007 \text{ m}^3 / 20.9\text{s} = 0.000335 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0.008 \text{ m}^3 / 23.2\text{s} = 0.000345 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0.008 \text{ m}^3 / 21.9\text{s} = 0.000365 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0.008 \text{ m}^3 / 21.2\text{s} = 0.000377 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0.008 \text{ m}^3 / 20.3\text{s} = 0.000394 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0.008 \text{ m}^3 / 20\text{s} = 0.000400 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0.008 \text{ m}^3 / 19.7\text{s} = 0.000406 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = Q/A$$

V= Velocidad

Q= Caudal del flujo

A= Área de la tubería

$$A = \pi * r^2$$

$$A = \pi * (0.00953)^2 = 0.000091\text{m}^2$$

$$V = 0.000335 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000091\text{m}^2 = 3.681 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000345 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000091\text{m}^2 = 3.791 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000365 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000091 \text{ m}^2 = 4.011 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000377 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000091 \text{ m}^2 = 4.143 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000394 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000091 \text{ m}^2 = 4.239 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000400 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000091 \text{ m}^2 = 4.396 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000406 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000091 \text{ m}^2 = 4.461 \text{ m/s}$$

Lectura de manómetros de presión en psi.:

ρ_1 : ρ_2 :

3.5 1.5

3.4 1.3

3.5 1.1

3.3 0.85

3.2 0.55

3.1 0.35

3 0.2

$\rho_1 - \rho_2$

3.5 - 1.5 = 2

3.4 - 1.3 = 2.1

3.4 - 1.1 = 2.3

3.3 - 0.85 = 2.45

3.2 - 0.55 = 2.65

3.1 - 0.35 = 2.75

3 - 0.2 = 2.8

Mca = 0.704

2 * 0.704 = 1.408

2.1 * 0.704 = 1.4784

2.3 * 0.704 = 1.6192

2.45 * 0.704 = 1.7248

2.65 * 0.704 = 1.8656

2.75 * 0.704 = 1.936

2.8 * 0.704 = 1.9712

Cálculos para **K** con la siguiente formula:

$$K = (2g \cdot h_L) / V^2$$

Donde;

$$2g = 9.81 \cdot 2 = 19.62$$

h_L = Perdidas de presión

V^2 = Velocidad al cuadrado

Tabla 15 K para Codo de 90° para tubería de 3/4" en Marca Tigre

Nº	$(2g \cdot h_L)$	/	VELOCIDAD ² $(V^2) =$	=	K
1	(19.62 * 0.563)	/	1,160 ²	=	8,214
2	(19.62 * 0.634)	/	1,210 ²	=	8,493
3	(19.62 * 0.774)	/	1,282 ²	=	9,250
4	(19.62 * 0.845)	/	1,324 ²	=	9,456
5	(19.62 * 0.915)	/	1,383 ²	=	9,393
6	(19.62 * 0.986)	/	1,403 ²	=	9,818
7	(19.62 * 1.056)	/	1,425 ²	=	10,207

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

3.6.8.1.8 Accesorio Tipo Codo de 45° para tubería de 3/4" Marca Plastigama

Lectura de medidor en litros:

Lectura Inicial (L _i):	Lectura Final (L _F):
448	455
455	463
463	471
471	479
479	487
487	495
495	503

Lectura Final (LF) - Lectura Inicial (LI) = Volumen en litros

455 - 448 = 7 litros

463 - 455 = 8 litros

471 - 463 = 8 litros

479 - 471 = 8 litros

487 - 479 = 8 litros

495 - 487 = 8 litros

503 - 495 = 8 litros

Volumen en litros * (1m/1000 litros)

7 litros * (1m/1000 litros) = 0.007 m³

8 litros * (1m/1000 litros) = 0.008 m³

Tiempo de toma en segundos (s):

21.1

23.2

21.8

21.4

20.5

20.1

19.8

Fórmula para hallar caudal: Q= Volumen(m³) / tiempo(s)

Q= 0.007 m³ / 21.1s= 0.000332 m³/s

Q= 0.008 m³ / 23.2s= 0.000345 m³/s

Q= 0.008 m³ / 21.8s= 0.000321 m³/s

Q= 0.008 m³ / 21.4s= 0.000327 m³/s

Q= 0.008 m³ / 20.5s= 0.000341 m³/s

Q= 0.008 m³ / 20.1s= 0.000348 m³/s

Q= 0.008 m³ / 19.8s= 0.000353 m³/s

V= Q/A

V= Velocidad

Q= Caudal del flujo

A= Área de la tubería

A= π*r²

A= π*(0.00953)²= 0.000091m²

V= 0.000332 m³/s/0.000091m²= 3.648 m/s

$$V = 0.000345 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000091 \text{ m}^2 = 3.791 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000321 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000091 \text{ m}^2 = 3.527 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000327 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000091 \text{ m}^2 = 3.593 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000341 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000091 \text{ m}^2 = 3.747 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000348 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000091 \text{ m}^2 = 3.824 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000353 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000091 \text{ m}^2 = 3.879 \text{ m/s}$$

Lectura de manómetros de presión en psi.:

ρ_1 : ρ_2 :

3.4 2.9

3.3 2.7

3.2 2.5

3.1 2.3

3 2.1

2.9 1.9

2.8 1.7

$\rho_1 - \rho_2$

$$3.4 - 2.9 = 0.5$$

$$3.3 - 2.7 = 0.6$$

$$3.2 - 2.5 = 0.7$$

$$3.1 - 2.3 = 0.8$$

$$3 - 2.1 = 0.9$$

$$2.9 - 1.9 = 1$$

$$2.8 - 1.7 = 1.1$$

Mca= 0.704

$$0.5 * 0.704 = 0.352$$

$$0.6 * 0.704 = 0.4224$$

$$0.7 * 0.704 = 0.4928$$

$$0.8 * 0.704 = 0.5632$$

$$0.9 * 0.704 = 0.6336$$

$$1 * 0.704 = 0.704$$

$$1.1 * 0.704 = 0.7744$$

Cálculos para **K** con la siguiente formula:

$$K = (2g \cdot h_L) / V^2$$

Donde;

$$2g = 9.81 \cdot 2 = 19.62$$

h_L = Perdidas de presión

V^2 = Velocidad al cuadrado

Tabla 16 K para Codo de 45° para tubería de 3/4" en Marca Plastigama

Nº	$(2g \cdot h_L)$	/	VELOCIDAD ² $(V^2) =$	=	K
1	(19.62 * 0.352)	/	1,165 ²	=	5,092
2	(19.62 * 0.422)	/	1,210 ²	=	5,662
3	(19.62 * 0.493)	/	1,288 ²	=	5,833
4	(19.62 * 0.563)	/	1,312 ²	=	6,423
5	(19.62 * 0.634)	/	1,369 ²	=	6,631
6	(19.62 * 0.704)	/	1,396 ²	=	7,083
7	(19.62 * 0.774)	/	1,418 ²	=	7,561

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

3.6.8.1.9 Accesorio Tipo Codo de 45° para tubería de 3/4" Marca Tigre

Lectura de medidor en litros:

Lectura Inicial (L_I): **Lectura Final (L_F):**

509	516
516	524
524	532
532	540
540	548
554	562
562	570

Lectura Final (LF) - Lectura Inicial (LI) = Volumen en litros

516 - 509 = 7 litros

524 - 516 = 8 litros

532 - 524 = 8 litros

540 - 532 = 8 litros

548 – 540= 8 litros

562 - 554= 8 litros

570 - 562= 8 litros

Volumen en litros * (1m/1000 litros)

7 litros * (1m/1000 litros) = 0.007 m³

8 litros * (1m/1000 litros) = 0.008 m³

Tiempo de toma en segundos (s):

20.6

22.8

21.5

20.9

20.1

19.8

19.5

Fórmula para hallar caudal: Q= Volumen(m³) / tiempo(s)

Q= 0.007 m³ / 20.6s= 0.000340 m³/s

Q= 0.008 m³ / 22.8s= 0.000307 m³/s

Q= 0.008 m³ / 21.5s= 0.000326 m³/s

Q= 0.008 m³ / 20.9s= 0.000335 m³/s

Q= 0.008 m³ / 20.1s= 0.000348 m³/s

Q= 0.008 m³ / 19.8s= 0.000353 m³/s

Q= 0.008 m³ / 19.5s= 0.000359 m³/s

V= Q/A

V= Velocidad

Q= Caudal del flujo

A= Área de la tubería

A= π*r²

A= π*(0.00953)²= 0.000091m²

$$V = 0.000340 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000091 \text{ m}^2 = 3.736 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000307 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000091 \text{ m}^2 = 3.37 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000326 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000091 \text{ m}^2 = 3.58 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000335 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000091 \text{ m}^2 = 3.68 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000348 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000091 \text{ m}^2 = 3.82 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000353 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000091 \text{ m}^2 = 3.879 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000359 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000091 \text{ m}^2 = 3.94 \text{ m/s}$$

Lectura de manómetros de presión en psi.:

ρ_1 : ρ_2 :

3.3 2.6

3.2 2.4

3.1 2.2

3 2

2.9 1.8

2.8 1.6

2.7 1.4

$\rho_1 - \rho_2$

3.3 – 2.6 = 0.7

3.2 – 2.4 = 0.8

3.1 – 2.2 = 0.9

3 – 2 = 1

2.9 – 1.8 = 1.1

2.8 – 1.6 = 1.2

2.7 – 1.4 = 1.3

Mca = 0.704

0.7 * 0.704 = 0.4928

0.8 * 0.704 = 0.5632

0.9 * 0.704 = 0.6336

1 * 0.704 = 0.704

1.1 * 0.704 = 0.7744

1.2 * 0.704 = 0.8448

1.3 * 0.704 = 0.9152

Cálculos para **K** con la siguiente formula:

$$K = (2g \cdot h_L) / V^2$$

Donde;

$$2g = 9.81 \cdot 2 = 19.62$$

h_L = Perdidas de presión

V^2 = Velocidad al cuadrado

Tabla 17 K para Codo de 45° para tubería de 3/4" en Marca Tigre

Nº	$(2g \cdot h_L)$	/	VELOCIDAD ² $(V^2) =$	=	K
1	(19.62 * 0.493)	/	1,184 ²	=	6,894
2	(19.62 * 0.563)	/	1,231 ²	=	7,291
3	(19.62 * 0.634)	/	1,305 ²	=	7,294
4	(19.62 * 0.704)	/	1,343 ²	=	7,659
5	(19.62 * 0.774)	/	1,396 ²	=	7,792
6	(19.62 * 0.845)	/	1,418 ²	=	8,248
7	(19.62 * 0.915)	/	1,439 ²	=	8,667

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

3.6.8.1.10 Accesorio Tipo Codo de 90° para tubería de 1" Marca Plastigama

Lectura de medidor en litros:

Lectura Inicial (L _i):	Lectura Final (L _F):
577	584
584	592
592	600
608	616
616	624
624	632
632	640

Lectura Final (LF) - Lectura Inicial (LI) = Volumen en litros

584 - 577 = 7 litros

592 - 584 = 8 litros

600 - 592 = 8 litros

616 - 608 = 8 litros

624 - 616 = 8 litros

632 - 624= 8 litros

640 - 632= 8 litros

Volumen en litros * (1m/1000 litros)

7 litros * (1m/1000 litros) = 0.007 m³

8 litros * (1m/1000 litros) = 0.008 m³

Tiempo de toma en segundos (s):

20.1

21.8

21.3

21.05

20.3

20

19.5

Fórmula para hallar caudal: Q= Volumen(m³) / tiempo(s)

Q= 0.007 m³ / 20.1s= 0.000348 m³/s

Q= 0.008 m³ / 21.8s= 0.000321 m³/s

Q= 0.008 m³ / 21.3s= 0.000329 m³/s

Q= 0.008 m³ / 21.05s= 0.000332 m³/s

Q= 0.008 m³ / 20.3s= 0.000345 m³/s

Q= 0.008 m³ / 20s= 0.000350 m³/s

Q= 0.008 m³ / 19.5s= 0.000359 m³/s

V= Q/A

V= Velocidad

Q= Caudal del flujo

A= Área de la tubería

A= π*r²

A= π*(0.0127)²= 0.000161m²

V= 0.000348 m³/s/0.000161m²= 2.161 m/s

$$V = 0.000321 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000161 \text{ m}^2 = 1.994 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000329 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000161 \text{ m}^2 = 2.043 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000332 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000161 \text{ m}^2 = 2.062 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000345 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000161 \text{ m}^2 = 2.143 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000350 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000161 \text{ m}^2 = 2.174 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000359 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000161 \text{ m}^2 = 2.230 \text{ m/s}$$

Lectura de manómetros de presión en psi.:

ρ_1 : ρ_2 :

3.2 1.9

3.1 1.7

3 1.5

2.9 1.3

2.8 1.1

2.7 0.9

2.6 0.7

$\rho_1 - \rho_2$

$$3.2 - 1.9 = 0.7$$

$$3.1 - 1.7 = 0.8$$

$$3 - 1.5 = 0.9$$

$$2.9 - 1.3 = 1$$

$$2.8 - 1.1 = 1.1$$

$$2.7 - 0.9 = 1.2$$

$$2.6 - 0.7 = 1.3$$

Mca = 0.704

$$0.7 * 0.704 = 0.4928$$

$$0.8 * 0.704 = 0.5632$$

$$0.9 * 0.704 = 0.6336$$

$$1 * 0.704 = 0.704$$

$$1.1 * 0.704 = 0.7744$$

$$1.2 * 0.704 = 0.8448$$

$$1.3 * 0.704 = 0.9152$$

Cálculos para **K** con la siguiente formula:

$$K = (2g \cdot h_L) / V^2$$

Donde;

$$2g = 9.81 \cdot 2 = 19.62$$

h_L = Perdidas de presión

V^2 = Velocidad al cuadrado

Tabla 18 K para Codo de 90° para tubería de 1" en Marca Plastigama

Nº	$(2g \cdot h_L)$	/	VELOCIDAD ² $(V^2) =$	=	K
1	(19.62 * 0.528)	/	0,770 ²	=	17,465
2	(19.62 * 0.598)	/	0,793 ²	=	18,652
3	(19.62 * 0.669)	/	0,827 ²	=	19,204
4	(19.62 * 0.739)	/	0,849 ²	=	20,129
5	(19.62 * 0.810)	/	0,872 ²	=	20,877
6	(19.62 * 0.880)	/	0,897 ²	=	21,456
7	(19.62 * 0.950)	/	0,923 ²	=	21,874

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

3.6.8.1.11 Accesorio Tipo Codo de 90° para tubería de 1" Marca Tigre

Lectura de medidor en litros:

Lectura Inicial (L_I): **Lectura Final (L_F):**

645	652
652	660
660	668
668	676
676	684
684	692
692	700

Lectura Final (LF) - Lectura Inicial (LI) = Volumen en litros

652 - 645= 7 litros

660 - 652= 8 litros

668 - 660= 8 litros

676 - 668= 8 litros

684 - 676= 8 litros

692 - 684= 8 litros

700 - 692= 8 litros

Volumen en litros * (1m/1000 litros)

$$7 \text{ litros} * (1\text{m}/1000 \text{ litros}) = 0.007 \text{ m}^3$$

$$8 \text{ litros} * (1\text{m}/1000 \text{ litros}) = 0.008 \text{ m}^3$$

Tiempo de toma en segundos (s):

19.8

21.5

21.1

20.7

20.2

19.7

19.3

Fórmula para hallar caudal: $Q = \text{Volumen}(\text{m}^3) / \text{tiempo}(\text{s})$

$$Q = 0.007 \text{ m}^3 / 19.8\text{s} = 0.000353 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0.008 \text{ m}^3 / 21.5\text{s} = 0.000372 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0.008 \text{ m}^3 / 21.1\text{s} = 0.000379 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0.008 \text{ m}^3 / 20.7\text{s} = 0.000386 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0.008 \text{ m}^3 / 20.2\text{s} = 0.000396 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0.008 \text{ m}^3 / 19.7\text{s} = 0.000406 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0.008 \text{ m}^3 / 19.3\text{s} = 0.000415 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = Q/A$$

V= Velocidad

Q= Caudal del flujo

A= Área de la tubería

$$A = \pi * r^2$$

$$A = \pi * (0.0127)^2 = 0.000161\text{m}^2$$

$$V = 0.000353 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000161\text{m}^2 = 2.19 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000372 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000161\text{m}^2 = 2.31 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000379 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000161 \text{ m}^2 = 2.35 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000386 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000161 \text{ m}^2 = 2.397 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000396 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000161 \text{ m}^2 = 2.459 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000406 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000161 \text{ m}^2 = 2.52 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000415 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000161 \text{ m}^2 = 2.577 \text{ m/s}$$

Lectura de manómetros de presión en psi.:

ρ_1 : ρ_2 :

3.1 1.65

3 1.5

2.9 1.25

2.8 1

2.7 0.8

2.6 0.6

2.5 0.4

$\rho_1 - \rho_2$

$$3.1 - 1.65 = 1.45$$

$$3 - 1.5 = 1.5$$

$$2.9 - 1.25 = 1.65$$

$$2.8 - 1 = 1.8$$

$$2.7 - 0.8 = 1.9$$

$$2.6 - 0.6 = 2$$

$$2.5 - 0.4 = 2.1$$

Mca= 0.704

$$1.45 * 0.704 = 1.021$$

$$1.5 * 0.704 = 1.056$$

$$1.65 * 0.704 = 1.1616$$

$$1.8 * 0.704 = 1.2672$$

$$1.9 * 0.704 = 1.3376$$

$$2 * 0.704 = 1.408$$

$$2.1 * 0.704 = 1.478$$

Cálculos para **K** con la siguiente formula:

$$K = (2g \cdot h_L) / V^2$$

Donde;

$$2g = 9.81 \cdot 2 = 19.62$$

h_L = Perdidas de presión

V^2 = Velocidad al cuadrado

Tabla 19 K para Codo de 90° para tubería de 1" en Marca Tigre

Nº	$(2g \cdot h_L)$	/	VELOCIDAD ² $(V^2) =$	=	K
1	(19.62 * 0.634)	/	0,797 ²	=	19,552
2	(19.62 * 0.704)	/	0,827 ²	=	20,215
3	(19.62 * 0.774)	/	0,835 ²	=	21,773
4	(19.62 * 0.845)	/	0,867 ²	=	22,026
5	(19.62 * 0.915)	/	0,882 ²	=	23,081
6	(19.62 * 0.986)	/	0,902 ²	=	23,758
7	(19.62 * 1.056)	/	0,923 ²	=	24,305

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

3.6.8.1.12 Accesorio Tipo Codo de 45° para tubería de 1" Marca Plastigama

Lectura de medidor en litros:

Lectura Inicial (L_i): **Lectura Final (L_F):**

705 712

712 720

720 728

728 736

736 744

744 752

752 760

Lectura Final (LF) - Lectura Inicial (LI) = Volumen en litros

712 - 705= 7 litros

720 - 712= 8 litros

728 - 720= 8 litros

736 - 728= 8 litros

744 - 736= 8 litros

752 - 744= 8 litros

760 - 752= 8 litros

Volumen en litros * (1m/1000 litros)

7 litros * (1m/1000 litros) = 0.007 m³

8 litros * (1m/1000 litros) = 0.008 m³

Tiempo de toma en segundos (s):

19.7

21.4

20.9

20.4

19.9

19.2

19.4

Fórmula para hallar caudal: Q= Volumen(m³) / tiempo(s)

Q= 0.007 m³ / 19.7s= 0.000355 m³/s

Q= 0.008 m³ / 21.4s= 0.0003738 m³/s

Q= 0.008 m³ / 20.9s= 0.0003827 m³/s

Q= 0.008 m³ / 20.4s= 0.0003922 m³/s

Q= 0.008 m³ / 19.9s= 0.000402 m³/s

Q= 0.008 m³ / 19.2s= 0.000416 m³/s

Q= 0.008 m³ / 19.4s= 0.000412 m³/s

V= Q/A

V= Velocidad

Q= Caudal del flujo

A= Área de la tubería

A= π*r²

A= π*(0.0127)²= 0.000161m²

V= 0.000355 m³/s/0.000161m²= 2.20 m/s

$$V = 0.0003738 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000161 \text{ m}^2 = 2.32 \text{ m/s}$$

$$V = 0.0003827 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000161 \text{ m}^2 = 2.377 \text{ m/s}$$

$$V = 0.0003922 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000161 \text{ m}^2 = 2.436 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000402 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000161 \text{ m}^2 = 2.497 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000416 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000161 \text{ m}^2 = 2.584 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000412 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000161 \text{ m}^2 = 2.559 \text{ m/s}$$

Lectura de manómetros de presión en psi.:

ρ_1 : ρ_2 :

3.2 2.6

3.1 2.4

3 2.2

2.9 2

2.8 1.8

2.7 1.6

2.6 1.4

$\rho_1 - \rho_2$

$$3.2 - 2.6 = 0.6$$

$$3.1 - 2.4 = 0.7$$

$$3 - 2.2 = 0.8$$

$$2.9 - 2 = 0.9$$

$$2.8 - 1.8 = 1$$

$$2.7 - 1.6 = 1.1$$

$$2.6 - 1.4 = 1.2$$

Mca = 0.704

$$0.6 * 0.704 = 0.4224$$

$$0.7 * 0.704 = 0.4928$$

$$0.8 * 0.704 = 0.5632$$

$$0.9 * 0.704 = 0.6336$$

$$1 * 0.704 = 0.704$$

$$1.1 * 0.704 = 0.7744$$

$$1.2 * 0.704 = 0.8448$$

Cálculos para **K** con la siguiente formula:

$$K = (2g \cdot h_L) / V^2$$

Donde;

$$2g = 9.81 \cdot 2 = 19.62$$

h_L = Perdidas de presión

V^2 = Velocidad al cuadrado

Tabla 20 K para Codo de 45° para tubería de 1" en Marca Plastigama

Nº	$(2g \cdot h_L)$	/	VELOCIDAD ² $(V^2) =$	=	K
1	(19.62 * 0.352)	/	0,702 ²	=	14,026
2	(19.62 * 0.422)	/	0,721 ²	=	15,946
3	(19.62 * 0.493)	/	0,755 ²	=	16,943
4	(19.62 * 0.563)	/	0,789 ²	=	17,732
5	(19.62 * 0.634)	/	0,818 ²	=	18,577
6	(19.62 * 0.704)	/	0,835 ²	=	19,794
7	(19.62 * 0.774)	/	0,867 ²	=	20,19

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

3.6.8.1.13 Accesorio Tipo Codo de 45° para tubería de 1" Marca Tigre

Lectura de medidor en litros:

Lectura Inicial (L _i):	Lectura Final (L _F):
763	770
770	778
778	786
786	794
794	802
802	810
810	818

Lectura Final (LF) - Lectura Inicial (LI) = Volumen en litros

770 - 763 = 7 litros

778 - 770 = 8 litros

786 - 778 = 8 litros

794 - 786 = 8 litros

802 - 794 = 8 litros

810 - 802 = 8 litros

818 - 810 = 8 litros

Volumen en litros * (1m/1000 litros)

7 litros * (1m/1000 litros) = 0.007 m³

8 litros * (1m/1000 litros) = 0.008 m³

Tiempo de toma en segundos (s):

18.3

20.7

20.3

19.6

19.4

19.2

19

Fórmula para hallar caudal: Q= Volumen(m³) / tiempo(s)

Q= 0.007 m³ / 18.3s= 0.000382 m³/s

Q= 0.008 m³ / 20.7s= 0.000386 m³/s

Q= 0.008 m³ / 20.3s= 0.000394 m³/s

Q= 0.008 m³ / 19.6s= 0.000408 m³/s

Q= 0.008 m³ / 19.4s= 0.000412 m³/s

Q= 0.008 m³ / 19.2s= 0.000417 m³/s

Q= 0.008 m³ / 19s= 0.000421 m³/s

V= Q/A

V= Velocidad

Q= Caudal del flujo

A= Área de la tubería

A= π*r²

A= π*(0.0127)²= 0.000161m²

$$V = 0.000382 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000161 \text{ m}^2 = 2.37 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000386 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000161 \text{ m}^2 = 2.397 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000394 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000161 \text{ m}^2 = 2.447 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000408 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000161 \text{ m}^2 = 2.534 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000412 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000161 \text{ m}^2 = 2.559 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000417 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000161 \text{ m}^2 = 2.59 \text{ m/s}$$

$$V = 0.000421 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000161 \text{ m}^2 = 2.615 \text{ m/s}$$

Lectura de manómetros de presión en psi.:

ρ_1 : ρ_2 :

3 2.3

2.9 2.1

2.8 1.9

2.7 1.7

2.6 1.5

2.5 1.3

2.4 1.1

$\rho_1 - \rho_2$

$$3 - 2.3 = 0.7$$

$$2.9 - 2.1 = 0.8$$

$$2.8 - 1.9 = 0.9$$

$$2.7 - 1.7 = 1$$

$$2.6 - 1.5 = 1.1$$

$$2.5 - 1.3 = 1.2$$

$$2.4 - 1.1 = 1.3$$

$M_{ca} = 0.704$

$$0.7 * 0.704 = 0.4928$$

$$0.8 * 0.704 = 0.5632$$

$$0.9 * 0.704 = 0.6336$$

$$1 * 0.704 = 0.704$$

$$1.1 * 0.704 = 0.7744$$

$$1.2 * 0.704 = 0.8448$$

$$1.3 * 0.704 = 0.9152$$

Cálculos para **K** con la siguiente formula:

$$K = (2g \cdot h_L) / V^2$$

Donde;

$$2g = 9.81 \cdot 2 = 19.62$$

h_L = Perdidas de presión

V^2 = Velocidad al cuadrado

Tabla 21 K para Codo de 45° para tubería de 1" en Marca Tigre

Nº	(2g * h _L)	/	VELOCIDAD ² (V ²) =	K
1	(19.62 * 0.493)	/	0,734 ²	= 17,930
2	(19.62 * 0.563)	/	0,77 ²	= 18,630
3	(19.62 * 0.634)	/	0,793 ²	= 19,750
4	(19.62 * 0.704)	/	0,818 ²	= 20,641
5	(19.62 * 0.774)	/	0,835 ²	= 21,773
6	(19.62 * 0.845)	/	0,853 ²	= 22,758
7	(19.62 * 0.915)	/	0,877 ²	= 23,340

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

Figura 15 Recolección de datos para cálculos y análisis



Tomada por: Castro y Melgar, (2023)

3.6.8.1.14 Presupuesto general del modelo analítico prototipo de accesorios tipo codo para el flujo de tuberías a presión

Tabla 22 Presupuesto general del modelo analítico prototipo de accesorios tipo codo para el flujo de tuberías a presión

Nº	CONCEPTO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Bomba de 0.5hp	1	50,00	50,00
2	Reservorio de Agua de Plastico	1	15,00	15,00
3	Tubería de 1/2 pulgada	1	8,92	8,92
4	Tubería de 3/4 de pulgada	1	14,08	14,08
5	Tubería de 1 pulgada	1	25,83	25,83
6	Union de 1/2 pulgada	2	0,90	1,80
7	Union de 3/4 pulgada	2	1,80	3,60
8	Union de 1 pulgada	2	3,60	7,20
9	Codo de 1/2 pulgada de 90° Plasti.	3	0,50	1,50
10	Codo de 3/4 pulgada de 90° Plasti.	1	0,80	0,80
11	Codo de 1 pulgada de 90° Plasti.	1	1,90	1,90
12	Codo de 1/2 pulgada de 45° Plasti.	1	1,00	1,00
13	Codo de 3/4 pulgada de 45° Plasti.	1	1,80	1,80
14	Codo de 1 pulgada de 45° Plasti.	1	2,40	2,40
15	Codo de 1/2 pulgada de 90° Tigre	1	0,45	0,45
16	Codo de 3/4 pulgada de 90° Tigre	1	0,75	0,75
17	Codo de 1 pulgada de 90° Tigre	1	1,75	1,75
18	Codo de 1/2 pulgada de 45° Tigre	1	0,85	0,85
19	Codo de 3/4 pulgada de 45° Tigre	1	1,65	1,65
20	Codo de 1 pulgada de 45° Tigre	1	2,25	2,25
21	T de 1/2 pulgada	6	0,65	3,90
22	T de 3/4 pulgada	3	1,50	4,50
23	T de 1 pulgada	3	2,00	6,00
24	Bushing de 1 a 3/4 de pulgada	4	0,60	2,40
25	Bushing de 3/4 a 1/2 de pulgada	4	1,50	6,00
26	Bushing de 1/2 a 1/4 de pulgada	2	2,25	4,50
27	Medidores de Agua	2	60,00	120,00
28	Manómetros sensibles	2	90,00	180,00
29	Teflon	4	1,00	4,00
30	Tarrajá	1	9,00	9,00
31	Herramientas	1	10,00	10,00
32	Mantenimiento Banco Hidraulico	1	30,00	30,00
33	Mano de Obra	3	25,00	75,00
34	Abastecimiento de Agua (Aporte de la ULVR)	1	150,00	150,00
			Total:	748,83

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

La validación de la información se hizo siguiendo el método científico y se aplicó modelos estadísticos como coeficientes de variación. La investigación obtuvo más de 150 registros.

CAPÍTULO IV

Propuesta o Informe

El presente informe correspondiente a la propuesta que se realiza en base al alcance de la investigación que tiene por objetivo elaborar modelo analítico para el flujo presurizado de accesorios tipo codos en sistemas a presión elaborados y mercadeados en Ecuador.

El estudio arroja que la pérdida de presión será dependiente al caudal, es decir, que si el caudal aumenta la pérdida de presión será mayor y así mismo si el caudal disminuye o es baja la pérdida de presión es menor. La experimentación determina que la variación depende del diámetro y el ángulo del accesorio tipo codo.

El contexto de la investigación es estudiar el comportamiento del flujo dentro de un sistema de tubería a presión y para ello se tomaron siete muestras ascendentemente con la llave de paso abriendo en: $\frac{3}{4}$ de giro, 1 giro, 1 $\frac{1}{2}$ giro, 1 $\frac{3}{4}$ giro, 2 giros, 2 $\frac{1}{2}$ de llave, vuelta completa. Y con un volumen de 5 metros se tomó el tiempo para así sacar el caudal de cada toma de muestra en cada una de las marcas en los diferentes diámetros y ángulos. Así obteniendo a su vez la diferencia de hL en MCA (metros por columna de agua) que son convertidos por la lectura de los manómetros.

4.1 Presentación y análisis de resultados

Se presentan los resultados obtenidos de volumen, caudal, velocidad, pérdida de presión y factor K de forma organizada en tablas y gráficas, agrupados por marca, diámetro de tubería y grado de inclinación del codo. También se incluye una tabla comparativa y gráficas para analizar la eficiencia hidráulica de las dos marcas estudiadas.

4.1.1 Tabla para pruebas en accesorios tipo codo de 90° de 1/2" Plastigama

Tabla 23 Accesorios tipo codo 90° de 1/2" Plastigama

		Ø= 0,0127		r= 0,00635						METROS COLUMNA DE AGUA (MCA)=		0,704	
Nº	Giro de Válvula - Control Banco Hidráulico	LECTURA DE MEDIDOR EN LITROS		VOLUMEN NETO (Vol.)		TIEMPO DE TOMA EN SECS. (s)	CAUDAL DEL FLUJO EN TUBERÍA (Q) m³/s	ÁREA DE TUBERÍA m²	VELOCIDAD DEL FLUJO EN TUBERÍA (V) m/s	LECTURA DE MANÓMETRO (PSI)		h _L (PSI)	h _L EN MCA
		Inicio	Fin	l/s	m³/S					h _{L1}	h _{L2}		
1	3/4 giro	75	83	8	0,008	23,4	0,000342	0,00013	2,699	3,7	3,2	0,5	0,352
2	1 giro	83	91	8	0,008	22,6	0,000354	0,00013	2,794	3,6	3	0,6	0,422
3	1 1/2 giro	91	99	8	0,008	22,4	0,000357	0,00013	2,819	3,5	2,8	0,7	0,493
4	1 3/4 giro	100	108	8	0,008	22,1	0,000362	0,00013	2,858	3,4	2,6	0,8	0,563
5	2 giros	108	116	8	0,008	21,6	0,000370	0,00013	2,924	3,3	2,4	0,9	0,634
6	2 1/2 giro	116	124	8	0,008	21,3	0,000376	0,00013	2,965	3,2	2,2	1	0,704
7	VAL. A.T.	124	132	8	0,008	20,8	0,000385	0,00013	3,036	3,1	2	1,1	0,774

Nota: Precio: 0.50 ctvs. Promedio en ferreterías
 Medida: longitud de enroscado 0.02m en cada boca

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

4.1.1.1 Tabla para “K” calculada en accesorios tipo codo de 90° de 1/2” Plastigama

Tabla 24 Coeficiente "K" de 90° de 1/2" Plastigama

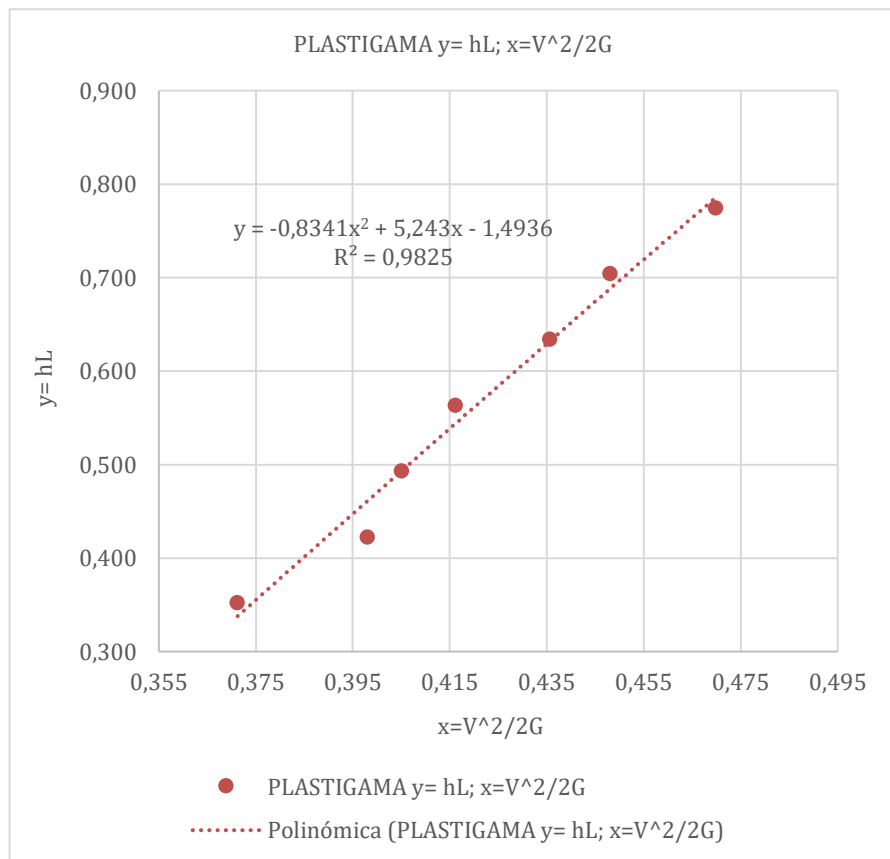
$\emptyset=$	0,0127	$r=$	0,00635
$\pi=$	3,1416	$g=$	9,81

Nº	CAUDAL DEL FLUJO EN TUBERÍA (Q) m³/s	VELOCIDAD DEL FLUJO EN TUBERÍA (V) m/s	PLASTIGAMA $y= h_L$; $x=V^2/2G$		PLASTIGAMA $y= K$; $x=V^2/2G$	
			2g	h_L	$K= (2g \cdot h_L)/V^2$	$V^2/2g$
1	0,000342	2,699	19,62	0,352	0,948	0,371
2	0,000354	2,794		0,422	1,061	0,398
3	0,000357	2,819		0,493	1,216	0,405
4	0,000362	2,858		0,563	1,353	0,416
5	0,000370	2,924		0,634	1,454	0,436
6	0,000376	2,965		0,704	1,571	0,448
7	0,000385	3,036		0,774	1,648	0,470

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

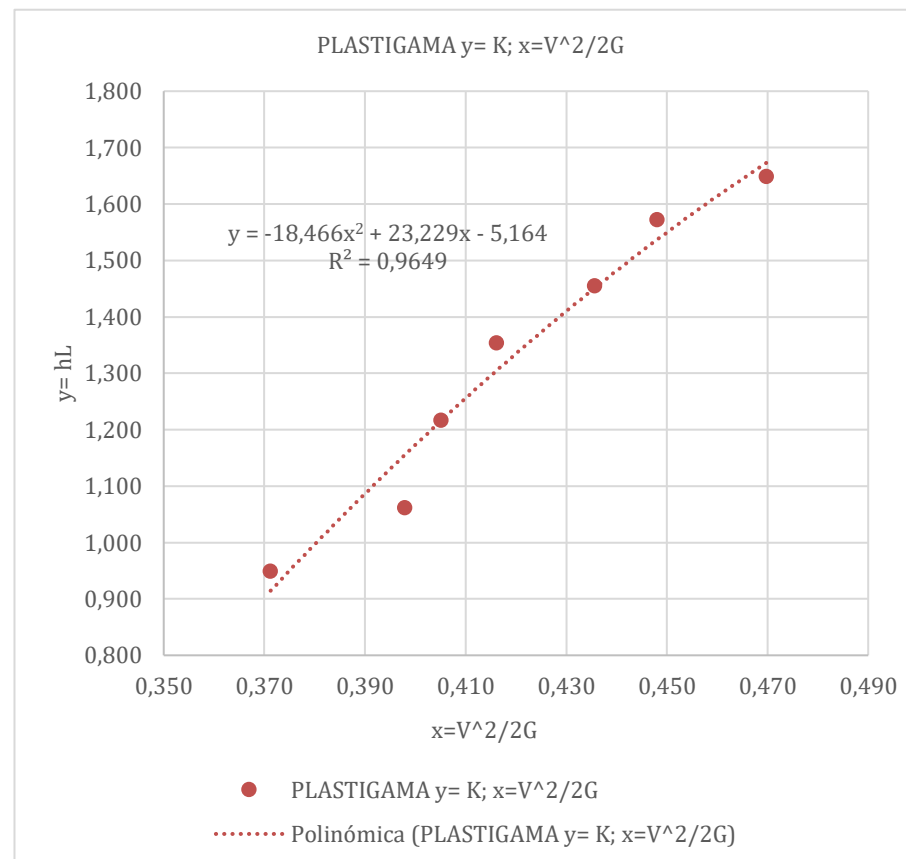
4.1.1.2 Gráficas de h_L y K en accesorio tipo codo de 90° de $1/2''$ Plastigama

Gráfica 1 h_L en accesorios tipo codo de 90° de $1/2''$ Plastigama



Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

Gráfica 2 Coeficiente K en accesorios tipo codo de 90° de $1/2''$ Plastigama



Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

4.1.2 Tabla para pruebas en accesorios tipo codo de 90° de 1/2" Tigre

Tabla 25 Accesorio tipo codo de 90° de 1/2" Tigre

		Ø= 0,0127		r= 0,00635		METROS COLUMNA DE AGUA (MCA)= 0,704							
		π= 3,1416											
Nº	Giro de Valvula - Control Banco Hidráulico	LECTURA DE MEDIDOR EN LITROS		VOLUMEN NETO (Vol.)		TIEMPO DE TOMA EN SECS. (s)	CAUDAL DEL FLUJO EN TUBERÍA (Q) m³/s	ÁREA DE TUBERÍA m²	VELOCIDAD DEL FLUJO EN TUBERÍA (V) m/s	LECTURA DE MANOMETRO (PSI)		h _L (PSI)	h _L EN MCA
		Inicio	Fin	l/s	m³/S					h _{L1}	h _{L2}		
1	3/4 giro	137	145	8	0,008	23,1	0,000346	0,00013	2,734	3,7	3	0,7	0,493
2	1 giro	145	153	8	0,008	22,3	0,000359	0,00013	2,832	3,6	2,8	0,8	0,563
3	1 1/2 giro	153	161	8	0,008	22,05	0,000363	0,00013	2,864	3,5	2,6	0,9	0,634
4	1 3/4 giro	161	169	8	0,008	21,85	0,000366	0,00013	2,890	3,4	2,4	1	0,704
5	2 giros	169	177	8	0,008	21,4	0,000374	0,00013	2,951	3,3	2,2	1,1	0,774
6	2 1/2 giro	177	185	8	0,008	21,05	0,000380	0,00013	3,000	3,2	2	1,2	0,845
7	VAL. A.T.	185	193	8	0,008	20,4	0,000392	0,00013	3,096	3,1	1,8	1,3	0,915

Nota: Precio: 0.45 ctvs. Promedio en ferreterías

Medida: longitud de enroscado 0.015m en cada boca

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

4.1.2.1 Tabla para “K” calculada en accesorios tipo codo de 90° de 1/2” Tigre

Tabla 26 Coeficiente "K" de 90° de 1/2" Tigre

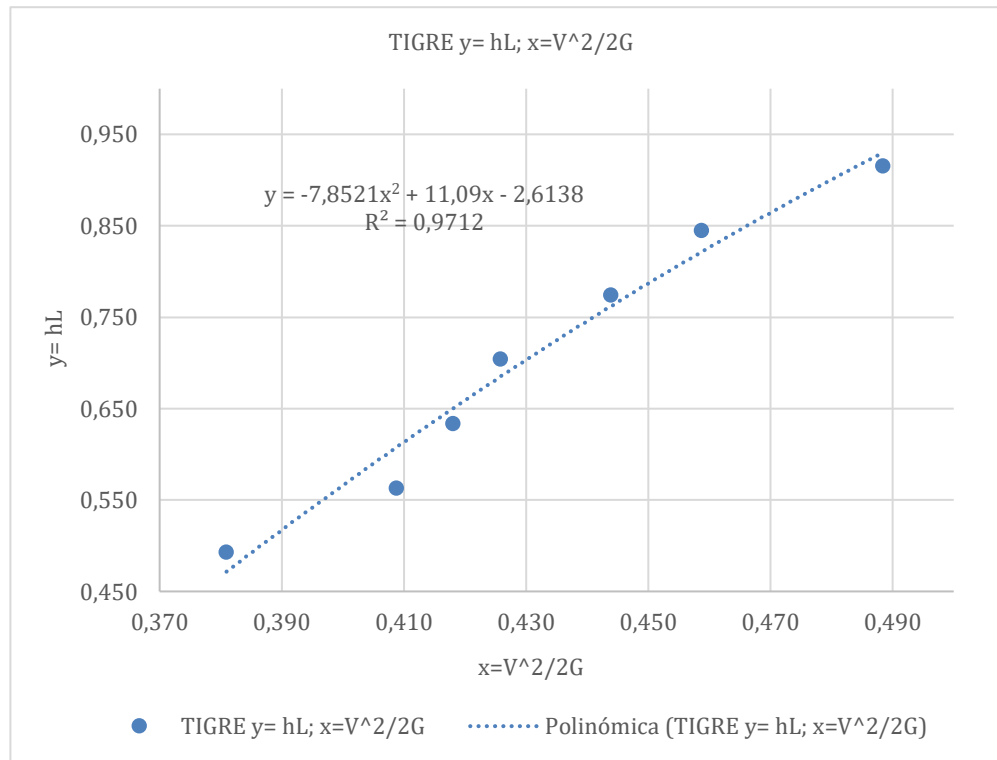
$\emptyset=$	0,0127	$r=$	0,00635
$\pi=$	3,1416	$g=$	9,81

Nº	CAUDAL DEL FLUJO EN TUBERÍA (Q) m³/s	VELOCIDAD DEL FLUJO EN TUBERÍA (V) m/s	TIGRE $y= h_L; x=V^2/2G$		TIGRE $y= K; x=V^2/2G$	
			2g	h_L	$K= (2g \cdot h_L)/V^2$	$V^2/2g$
1	0,000346	2,734	19,62	0,493	1,294	0,381
2	0,000359	2,832		0,563	1,378	0,409
3	0,000363	2,864		0,634	1,515	0,418
4	0,000366	2,890		0,704	1,653	0,426
5	0,000374	2,951		0,774	1,745	0,444
6	0,000380	3,000		0,845	1,842	0,459
7	0,000392	3,096		0,915	1,874	0,488

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

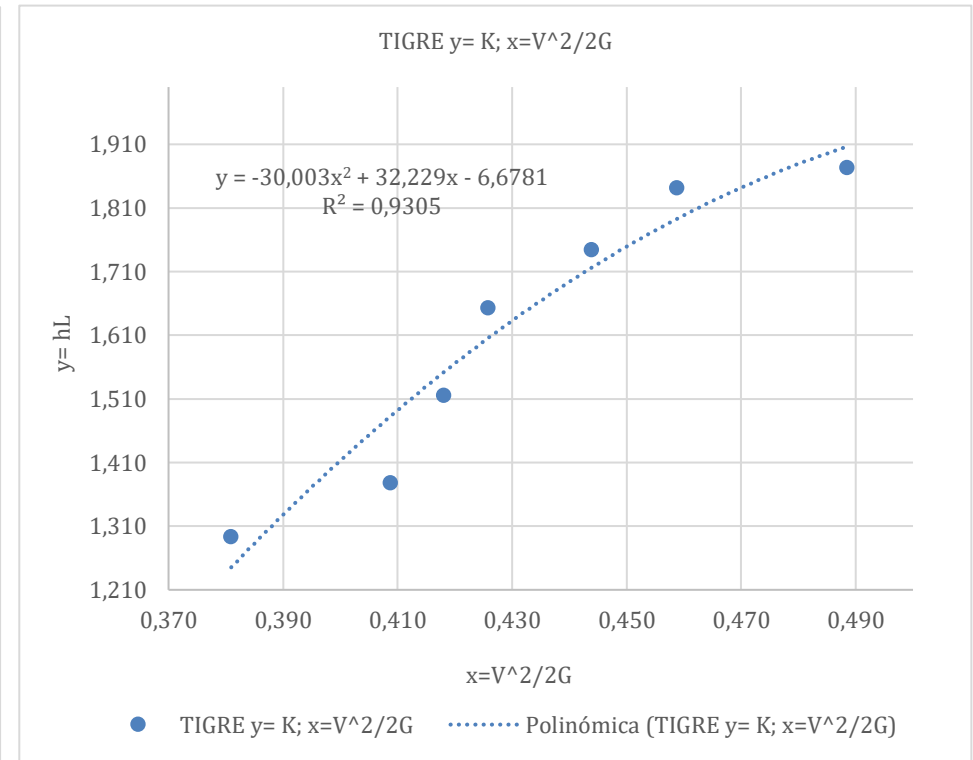
4.1.2.2 Gráficas de h_L y K en accesorio tipo codo de 90° de 1/2" Tigre

Gráfica 3 h_L en accesorios tipo codo de 90° de 1/2" Tigre



Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

Gráfica 4 Coeficiente K en accesorios tipo codo de 90° de 1/2" Tigre



Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

4.1.3 Evaluación entre marcas para accesorios tipo codo de 90° de 1/2"

Tabla 27 Evaluación entre marcas para accesorios tipo codo de 90° de 1/2"

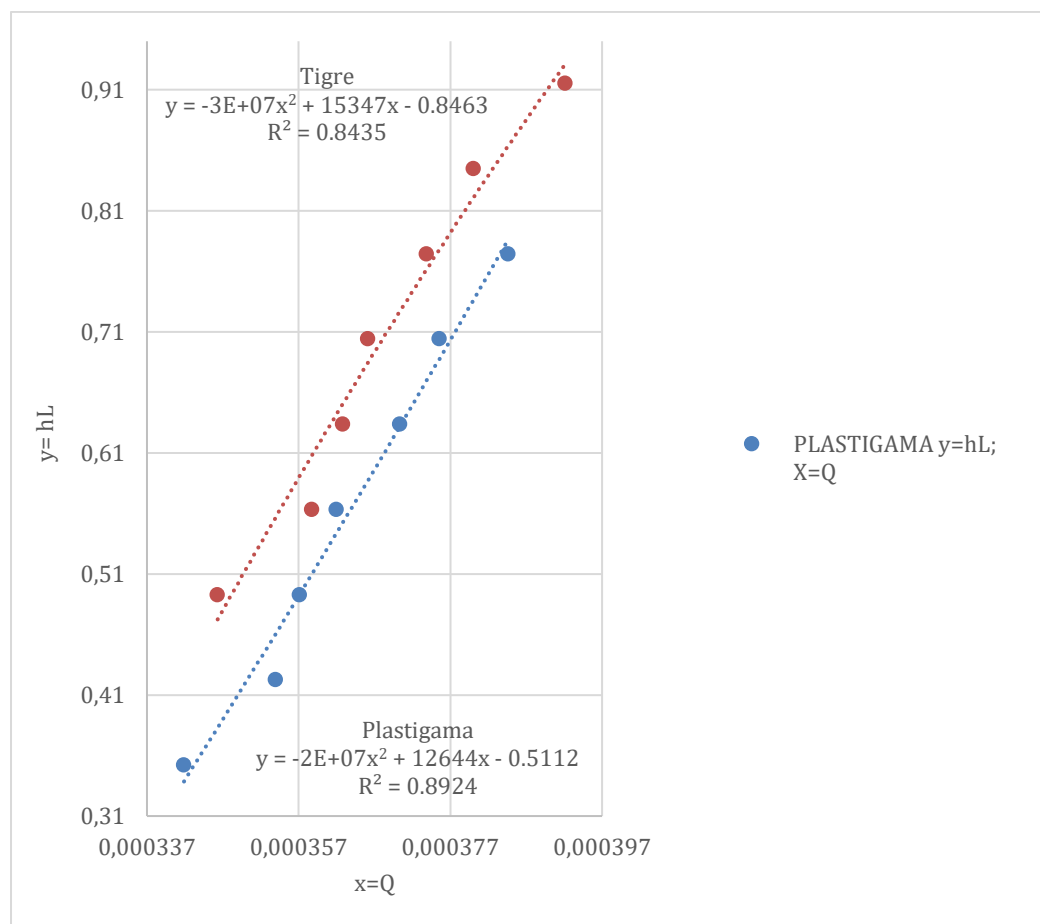
N°	VOLUMEN NETO (Vol.)		ACCESORIOS CODO DE 90° DE 1/2"			
			PLASTIGAMA $y=h_L; X=Q$		TIGRE $y=h_L; X=Q$	
	l/s	m³/S	CAUDAL en m³/s (Q)	PERDIDA DE PRESION en MCA (H _L)	CAUDAL en m³/s (Q)	PERDIDA DE PRESION en MCA (H _L)
1	8	0,008	0,000342	0,35	0,000346	0,49
2	8	0,008	0,000354	0,42	0,000359	0,56
3	8	0,008	0,000357	0,49	0,000363	0,63
4	8	0,008	0,000362	0,56	0,000366	0,70
5	8	0,008	0,000370	0,63	0,000374	0,77
6	8	0,008	0,000376	0,70	0,000380	0,84
7	8	0,008	0,000385	0,77	0,000392	0,92

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

Los resultados obtenidos indican que los codos marca tigre presentan velocidades de flujo más rápidas, mayor caudal y mayor resistencia al flujo en comparación con los codos marca plastigama.

4.1.4 Gráfica entre marcas para accesorios tipo codo de 90° de 1/2"

Gráfica 5 Comparación de accesorios tipo codo de 45° de 1/2"



Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

Sin embargo, los codos marca plastigama generan menos pérdidas de presión debido a su menor caudal. En las graficas se puede observar que las curvas de pérdida de carga de los codos marca tigre son más pronunciadas, lo que indica que generan una mayor resistencia al flujo en

4.1.5 Tabla para pruebas en accesorios tipo codo de 45° de 1/2" Plastigama

Tabla 28 Accesorios tipo codo de 45° de 1/2" Plastigama

$\varnothing = 0,0127$ $r = 0,00635$
 $\pi = 3,1416$

METROS COLUMNA DE AGUA (MCA)= 0,704

Nº	Giro de Valvula - Control Banco Hidráulico	LECTURA DE MEDIDOR EN LITROS		VOLUMEN NETO (Vol.)		TIEMPO DE TOMA EN SECS. (s)	CAUDAL DEL FLUJO EN TUBERÍA (Q) m³/s	ÁREA DE TUBERÍA m²	VELOCIDAD DEL FLUJO EN TUBERÍA (V) m/s	LECTURA DE MANOMETRO (PSI)		h _L (PSI)	h _L EN MCA
		Inicio	Fin	l/s	m³/S					h _{L1}	h _{L2}		
1	3/4 giro	200	208	8	0,008	23,1	0,000346	0,00013	2,734	3,6	3,4	0,2	0,141
2	1 giro	208	216	8	0,008	22,4	0,000357	0,00013	2,819	3,5	3,2	0,3	0,211
3	1 1/2 giro	216	224	8	0,008	21,9	0,000365	0,00013	2,884	3,4	3	0,4	0,282
4	1 3/4 giro	224	232	8	0,008	21,6	0,000370	0,00013	2,924	3,3	2,8	0,5	0,352
5	2 giros	232	240	8	0,008	21,3	0,000376	0,00013	2,965	3,2	2,6	0,6	0,422
6	2 1/2 giro	240	248	8	0,008	20,8	0,000385	0,00013	3,036	3,1	2,4	0,7	0,493
7	VAL. A.T.	248	256	8	0,008	19,8	0,000404	0,00013	3,190	3	2,2	0,8	0,563

Nota: Precio: \$1 Promedio en ferreterías

Medida: longitud de enroscado 0.02m en cada boca, pero hay separación en la unión del ángulo interno de 0.01m

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

4.1.5.1 Tabla para "K" calculado en accesorios tipo codo de 45° de 1/2" Plastigama

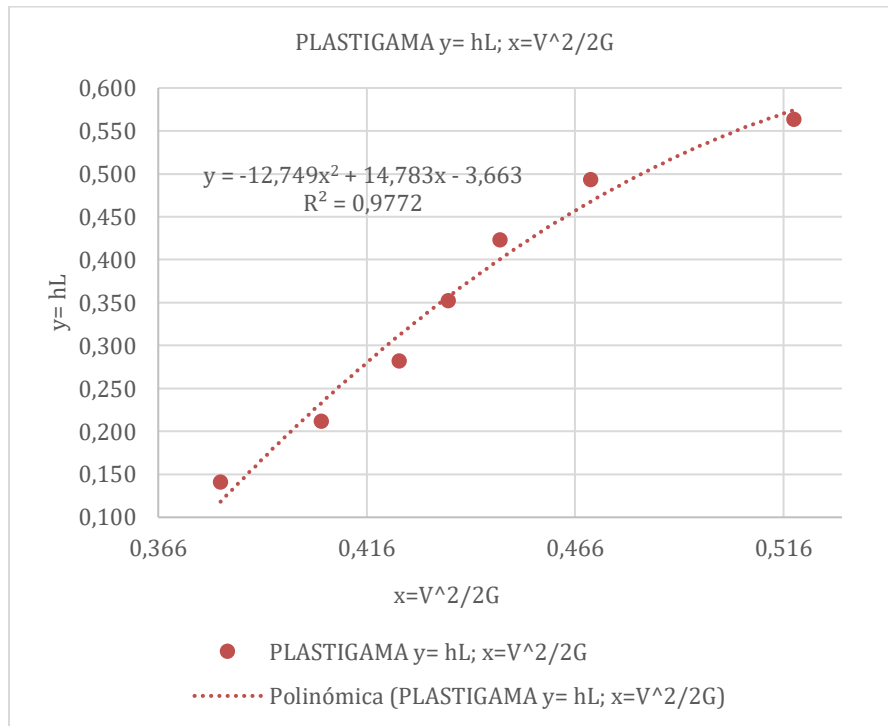
Tabla 29 Coeficiente "K" de 45° de 1/2" Plastigama

		$\emptyset=$	0,0127	$r=$	0,00635		
		$\pi=$	3,1416	$g=$	9,81		
		PLASTIGAMA $y= h_L$; $x=V^2/2G$			PLASTIGAMA $y= K$; $x=V^2/2G$		
Nº	CAUDAL DEL FLUJO EN TUBERÍA (Q) m³/s	VELOCIDAD DEL FLUJO EN TUBERÍA (V) m/s	2g	h_L	$K= (2g \cdot h_L)/V^2$	$V^2/2g$	
1	0,000346	2,734	19,62	0,141	0,370	0,381	
2	0,000357	2,819		0,211	0,521	0,405	
3	0,000365	2,884		0,282	0,664	0,424	
4	0,000370	2,924		0,352	0,808	0,436	
5	0,000376	2,965		0,422	0,943	0,448	
6	0,000385	3,036		0,493	1,049	0,470	
7	0,000404	3,190		0,563	1,086	0,519	

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

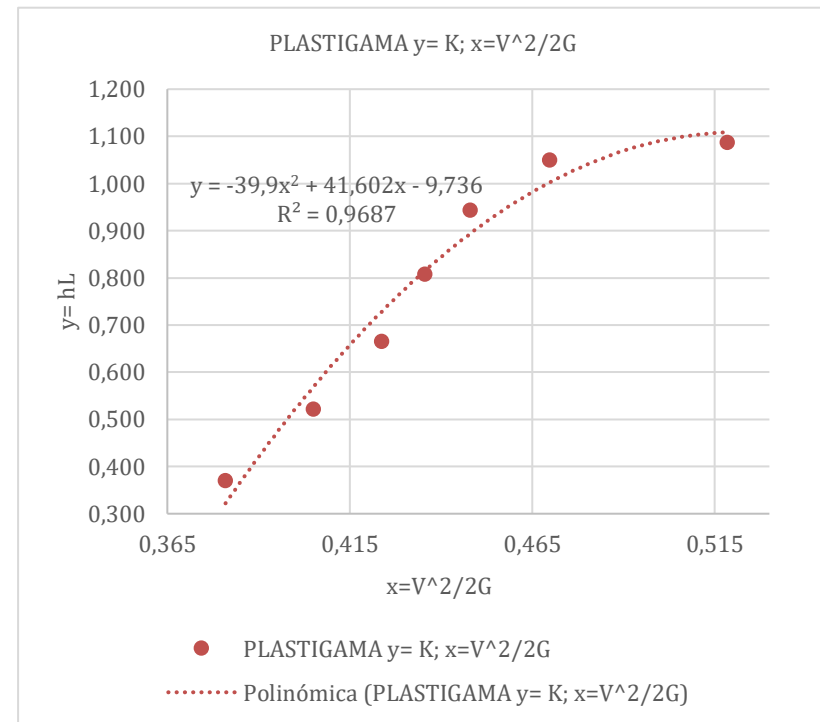
4.1.5.2 Gráfica de h_L y K en accesorios tipo codo de 45° de 1/2" Plastigama

Gráfica 6 h_L en accesorios tipo codo de 45° de 1/2" Plastigama



Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

Gráfica 7 Coeficiente K en accesorios tipo codo de 45° de 1/2" Plastigama



Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

4.1.6 Tabla para pruebas en accesorios tipo codo de 45° de 1/2" Tigre

Tabla 30 Accesorios tipo codo de 45° de 1/2" Tigre

$\varnothing = 0,0127$ $r = 0,00635$
 $\pi = 3,1416$

METROS COLUMNA DE AGUA (MCA) = 0,704

Nº	Giro de Valvula - Control Banco Hidráulico	LECTURA DE MEDIDOR EN LITROS		VOLUMEN NETO (Vol.)		TIEMPO DE TOMA EN SECS. (s)	CAUDAL DEL FLUJO EN TUBERÍA (Q) m³/s	ÁREA DE TUBERÍA m²	VELOCIDAD DEL FLUJO EN TUBERÍA (V) m/s	LECTURA DE MANÓMETRO (PSI)		h _L (PSI)	h _L EN MCA
		Inicio	Fin	l/s	m³/S					h _{L1}	h _{L2}		
1	3/4 giro	263	271	8	0,008	22,8	0,000351	0,00013	2,770	3,6	3,15	0,45	0,317
2	1 giro	271	279	8	0,008	21,9	0,000365	0,00013	2,884	3,5	2,95	0,55	0,387
3	1 1/2 giro	279	287	8	0,008	21,6	0,000370	0,00013	2,924	3,4	2,75	0,65	0,458
4	1 3/4 giro	287	295	8	0,008	21,1	0,000379	0,00013	2,993	3,3	2,55	0,75	0,528
5	2 giros	295	303	8	0,008	20,7	0,000386	0,00013	3,051	3,2	2,35	0,85	0,598
6	2 1/2 giro	303	311	8	0,008	20,3	0,000394	0,00013	3,111	3,1	2,15	0,95	0,669
7	VAL. A.T.	311	319	8	0,008	19,5	0,000410	0,00013	3,239	3	1,95	1,05	0,739

Nota: Precio: 0.85 ctvs. Promedio en ferreterías

Medida: longitud de enroscado 0.02m en cada boca, pero no hay separación en la unión del ángulo interno

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

4.1.6.1 Tabla para "K" calculado en accesorios tipo codo de 45° de 1/2" Tigre

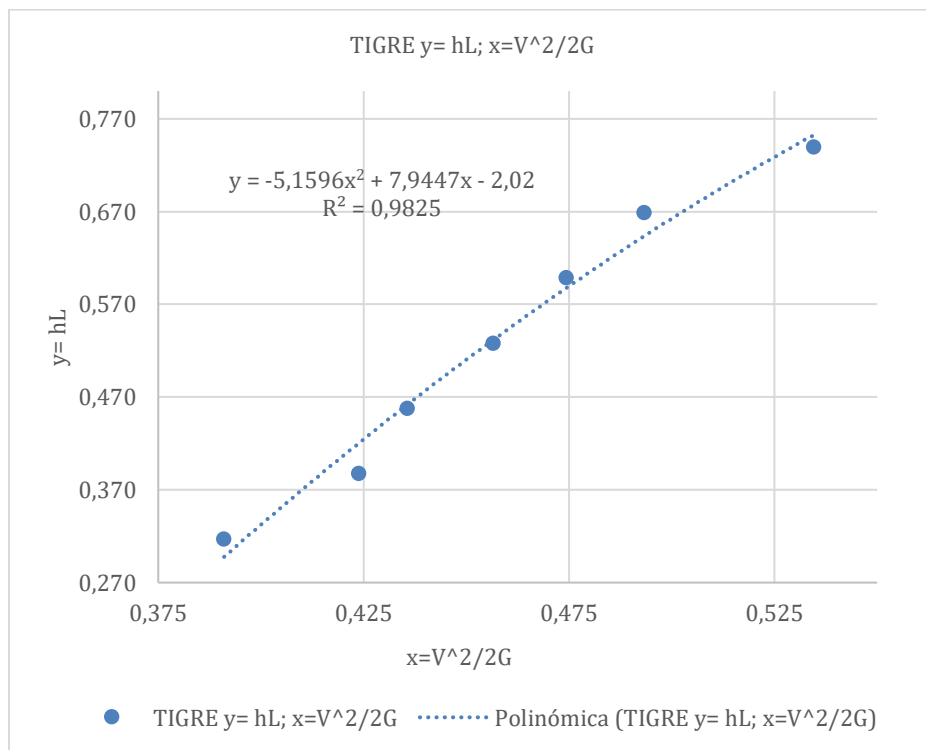
Tabla 31 Coeficiente "K" de 45° de 1/2" Tigre

		$\varnothing=$	0,0127	$r=$	0,00635	AREA DE TUBERIA=
		$\pi=$	3,1416	$g=$	9,81	
			TIGRE $y= hL; x=V^2/2G$		TIGRE $y= K; x=V^2/2G$	
Nº	CAUDAL DEL FLUJO EN TUBERÍA (Q) m³/s	VELOCIDAD DEL FLUJO EN TUBERÍA (V) m/s	2g	h_L	$K= (2g \cdot h_L)/V^2$	$V^2/2g$
1	0,000351	2,770	19,62	0,317	0,810	0,391
2	0,000365	2,884		0,387	0,914	0,424
3	0,000370	2,924		0,458	1,050	0,436
4	0,000379	2,993		0,528	1,156	0,457
5	0,000386	3,051		0,598	1,261	0,474
6	0,000394	3,111		0,669	1,356	0,493
7	0,000410	3,239		0,739	1,383	0,535

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

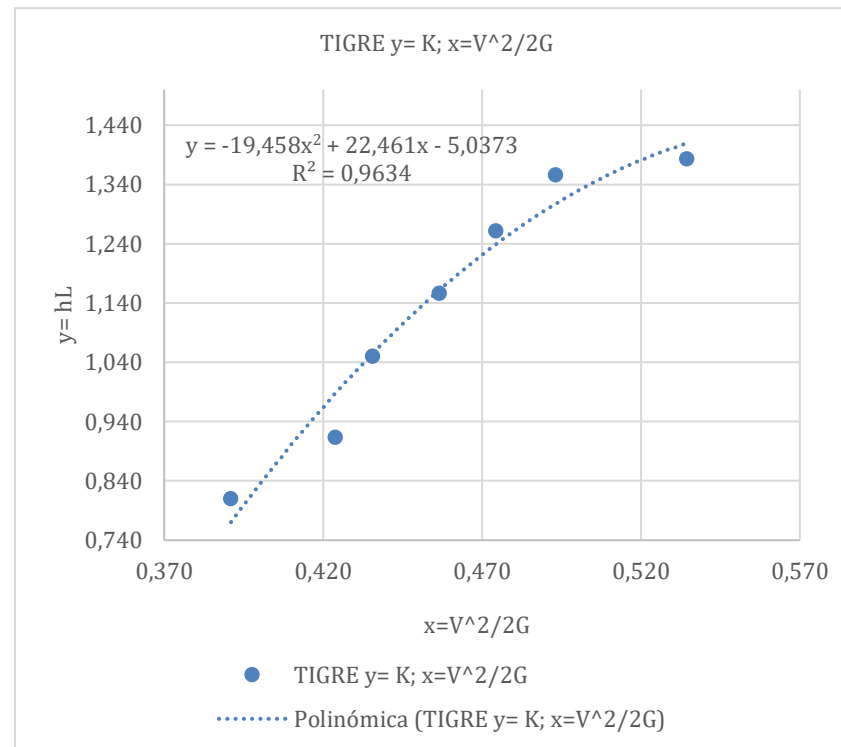
4.1.6.2 Gráfica de h_L y K en accesorios tipo codo de 45° de 1/2" Tigre

Gráfica 8 h_L en accesorios tipo codo de 45° de 1/2" Tigre



Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

Gráfica 9 Coeficiente K en accesorios tipo codo de 45° de 1/2" Tigre



Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

4.1.7 Evaluación entre marcas para accesorios tipo codo de 45° de 1/2"

Tabla 32 Evaluación entre marcas para accesorios tipo codo de 45° de 1/2"

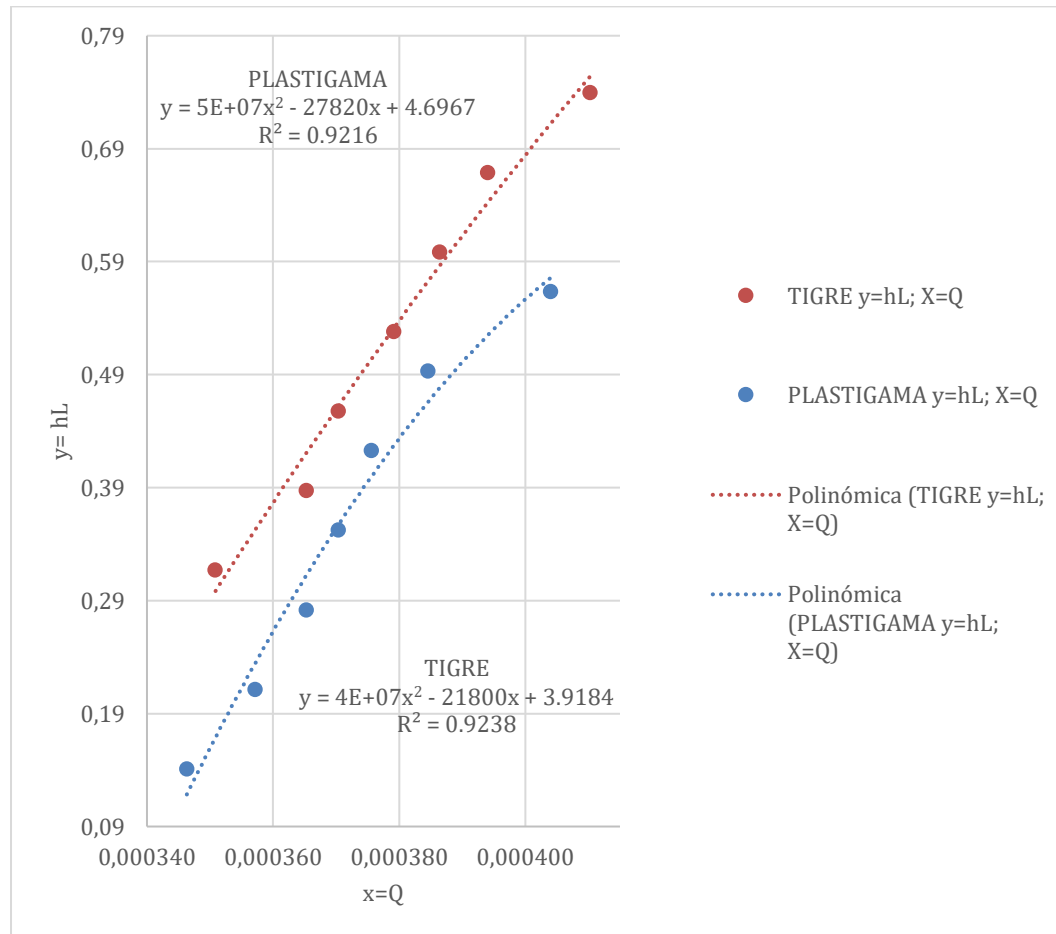
N°	VOLUMEN NETO (Vol.)		ACCESORIOS CODO DE 45° DE 1/2"			
			PLASTIGAMA y=hL; X=Q		TIGRE y=hL; X=Q	
	l/s	m³/S	CAUDAL en m³/s (Q)	PERDIDA DE PRESION en MCA (H _L)	CAUDAL en m³/s (Q)	PERDIDA DE PRESION en MCA (H _L)
1	8	0,008	0,000346	0,14	0,000351	0,32
2	8	0,008	0,000357	0,21	0,000365	0,39
3	8	0,008	0,000365	0,28	0,000370	0,46
4	8	0,008	0,000370	0,35	0,000379	0,53
5	8	0,008	0,000376	0,42	0,000386	0,60
6	8	0,008	0,000385	0,49	0,000394	0,67
7	8	0,008	0,000404	0,56	0,000410	0,74

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

En estos resultados se puede observar tanto en tablas como en graficas que su caudal es casi parecido tigre sigue teniendo mayor flujo, aunque su diferencia sea minima.

4.1.8 Gráfica entre marcas para accesorios tipo codo de 45° de 1/2"

Gráfica 10 Comparación de accesorios tipo codo de 45° de 1/2"



Con respecto a la pérdida de presión tanto en plastigama como en tigre la diferencia entre los factores de fricción no es significativa y ambas tuberías presentan una tendencia similar en términos de pérdida de presión. Aunque sea mínima la diferencia plastigama sigue con la tendencia de tener menor pérdida de presión.

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

4.1.9 Tabla para pruebas en accesorios tipo codo de 90° de 3/4" Plastigama

Tabla 33 Accesorios tipo codo de 90° de 3/4" Plastigama

$\emptyset = 0,01905$ $r = 0,009525$
 $\pi = 3,1416$

METROS COLUMNA DE AGUA (MCA)= 0,704

Nº	Giro de Valvula - Control Banco Hidráulico	LECTURA DE MEDIDOR EN LITROS		VOLUMEN NETO (Vol.)		TIEMPO DE TOMA EN SECS. (s)	CAUDAL DEL FLUJO EN TUBERÍA (Q) m³/s	ÁREA DE TUBERÍA m²	VELOCIDAD DEL FLUJO EN TUBERÍA (V) m/s	LECTURA DE MANOMETRO (PSI)		h _L (PSI)	h _L EN MCA
		Inicio	Fin	l/s	m³/S					h _{L1}	h _{L2}		
1	3/4 giro	325	333	8	0,008	24,5	0,000327	0,00029	1,146	3,6	3	0,6	0,422
2	1 giro	333	341	8	0,008	23,6	0,000339	0,00029	1,189	3,5	2,8	0,7	0,493
3	1 1/2 giro	341	349	8	0,008	22,2	0,000360	0,00029	1,264	3,5	2,6	0,9	0,634
4	1 3/4 giro	349	357	8	0,008	21,5	0,000372	0,00029	1,305	3,4	2,4	1	0,704
5	2 giros	357	365	8	0,008	20,8	0,000385	0,00029	1,349	3,3	2,2	1,1	0,774
6	2 1/2 giro	365	373	8	0,008	20,6	0,000388	0,00029	1,363	3,2	2	1,2	0,845
7	VAL. A.T.	373	381	8	0,008	20,4	0,000392	0,00029	1,376	3,1	1,8	1,3	0,915

Nota: Precio: 0.80 ctvs. Promedio en ferreterías
 Medida: longitud de enroscado 0.02m en cada boca

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

4.1.9.1 Tabla para "K" calculado en accesorios tipo codo de 90° de 3/4" Plastigama

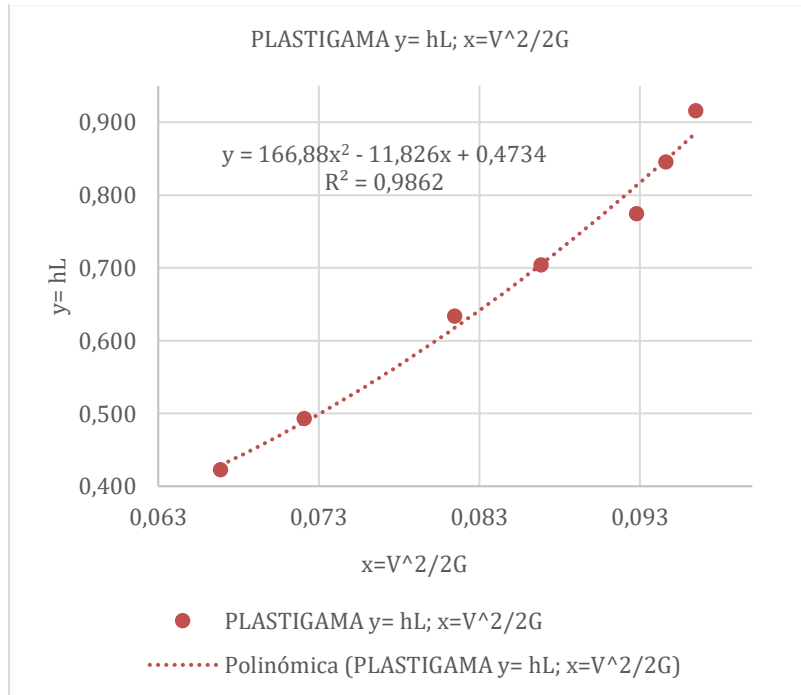
Tabla 34 Coeficiente "K" en accesorios tipo codo de 90° de 3/4" Plastigama

		$\varnothing=$	0,01905	$r=$	0,009525		
		$\pi=$	3,1416	$g=$	9,81		
			PLASTIGAMA $y= h_L$; $x=V^2/2G$		PLASTIGAMA $y= K$; $x=V^2/2G$		
Nº	CAUDAL DEL FLUJO EN TUBERÍA (Q) m³/s	VELOCIDAD DEL FLUJO EN TUBERÍA (V) m/s	2g	h_L	$K= (2g \cdot h_L)/V^2$	$V^2/2g$	
1	0,000327	1,146	19,62	0,422	6,314	0,067	
2	0,000339	1,189		0,493	6,836	0,072	
3	0,000360	1,264		0,634	7,777	0,081	
4	0,000372	1,305		0,704	8,105	0,087	
5	0,000385	1,349		0,774	8,344	0,093	
6	0,000388	1,363		0,845	8,928	0,095	
7	0,000392	1,376		0,915	9,485	0,096	

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

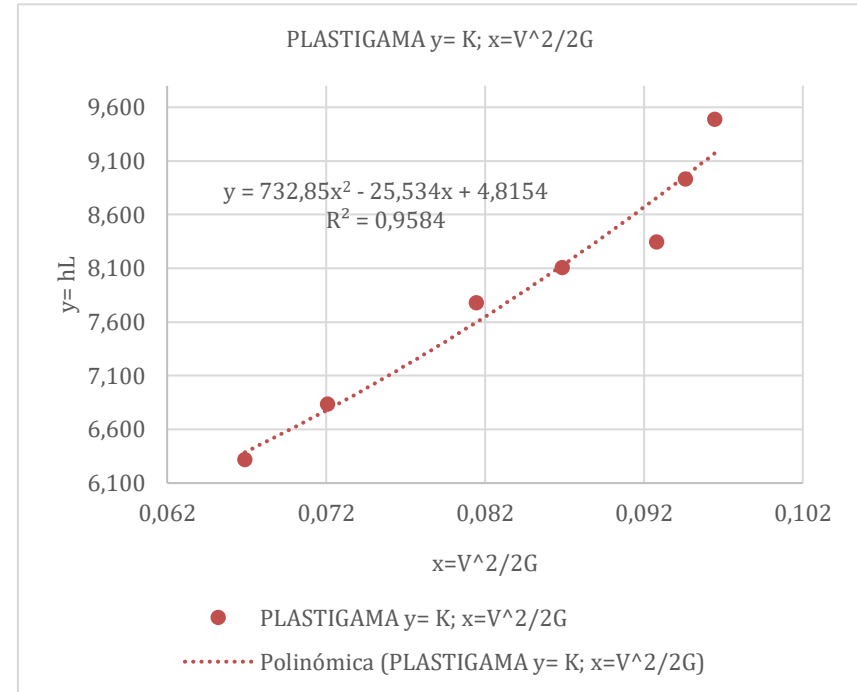
4.1.9.2 Gráfica de h_L y K en accesorios tipo codo de 90° de $3/4''$ Plastigama

Gráfica 11 h_L en accesorios tipo codo de 45° de $1/2''$ Plastigama



Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

Gráfica 12 Coeficiente K en accesorios tipo codo de 45° de $1/2''$ Plastigama



Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

4.1.10 Tabla para pruebas en accesorios tipo codo de 90° de 3/4" Tigre

Tabla 35 Accesorios tipo codo de 90° de 3/4" Tigre

$\emptyset=$	0,01905	$r=$	0,009525
$\pi=$	3,1416		

METROS COLUMNA DE AGUA (MCA)= 0,704

Nº	Giro de Valvula - Control Banco Hidráulico	LECTURA DE MEDIDOR EN LITROS		VOLUMEN NETO (Vol.)		TIEMPO DE TOMA EN SECS. (s)	CAUDAL DEL FLUJO EN TUBERÍA (Q) m³/s	ÁREA DE TUBERÍA m²	VELOCIDAD DEL FLUJO EN TUBERÍA (V) m/s	LECTURA DE MANOMETRO (PSI)		h _L (PSI)	h _L EN MCA
		Inicio	Fin	l/s	m³/S					h _{L1}	h _{L2}		
1	3/4 giro	387	395	8	0,008	24,2	0,000331	0,00029	1,160	3,6	2,8	0,8	0,563
2	1 giro	395	403	8	0,008	23,2	0,000345	0,00029	1,210	3,5	2,6	0,9	0,634
3	1 1/2 giro	403	411	8	0,008	21,9	0,000365	0,00029	1,282	3,5	2,4	1,1	0,774
4	1 3/4 giro	411	419	8	0,008	21,2	0,000377	0,00029	1,324	3,4	2,2	1,2	0,845
5	2 giros	419	427	8	0,008	20,3	0,000394	0,00029	1,383	3,3	2	1,3	0,915
6	2 1/2 giro	427	435	8	0,008	20	0,000400	0,00029	1,403	3,2	1,8	1,4	0,986
7	VAL. A.T.	435	443	8	0,008	19,7	0,000406	0,00029	1,425	3,1	1,6	1,5	1,056

Nota: Precio: 0.75 ctvs. Promedio en ferreterías

Medida: longitud de enroscado 0.018m en cada boca

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

4.1.10.1 Tabla para “K” calculado en accesorios tipo codo de 90° de 3/4” Tigre

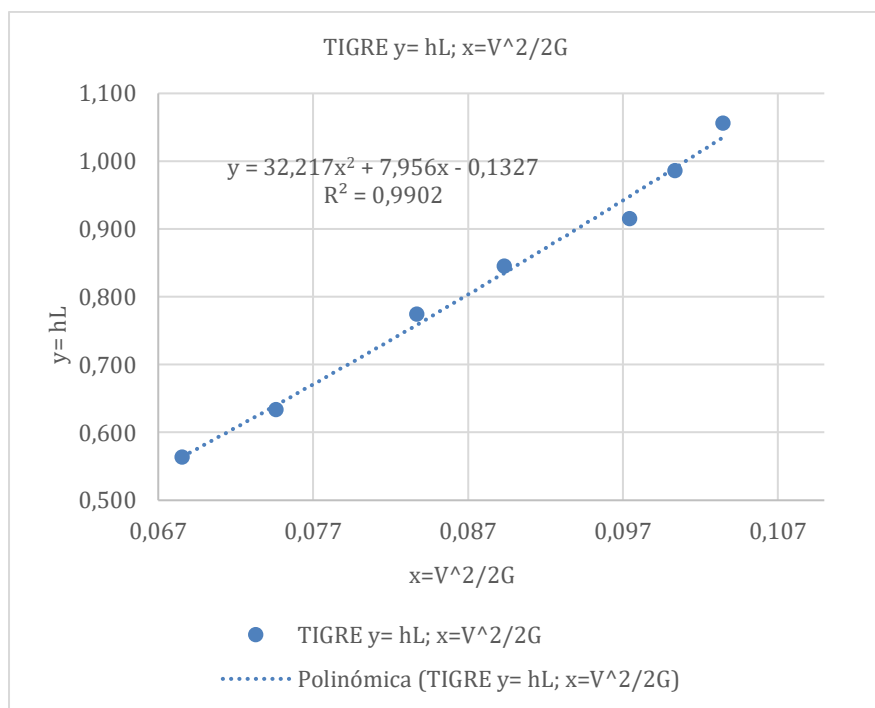
Tabla 36 Coeficiente "K" en accesorios tipo codo de 90° de 3/4" Tigre

		$\varnothing=$	0,01905	$r=$	0,009525	
		$\pi=$	3,1416	$g=$	9,81	
		TIGRE $y= hL; x=V^2/2G$		TIGRE $y= K; x=V^2/2G$		
Nº	CAUDAL DEL FLUJO EN TUBERÍA (Q) m³/s	VELOCIDAD DEL FLUJO EN TUBERÍA (V) m/s	2g	h_L	$K= (2g \cdot h_L)/V^2$	$V^2/2g$
1	0,000331	1,160	19,62	0,563	8,214	0,069
2	0,000345	1,210		0,634	8,493	0,075
3	0,000365	1,282		0,774	9,250	0,084
4	0,000377	1,324		0,845	9,456	0,089
5	0,000394	1,383		0,915	9,393	0,097
6	0,000400	1,403		0,986	9,818	0,100
7	0,000406	1,425		1,056	10,207	0,103

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

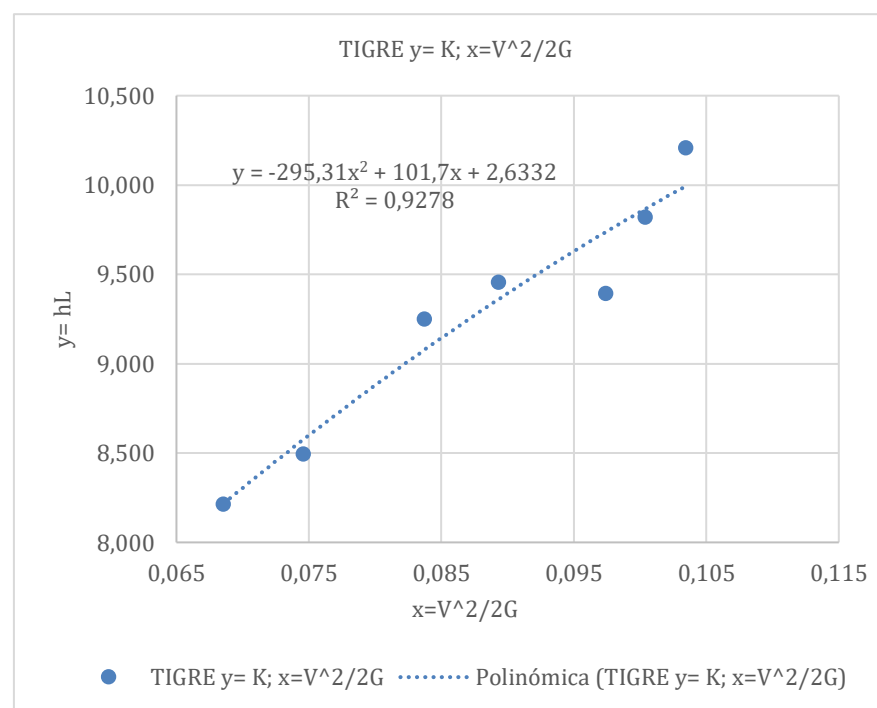
4.1.10.2 Gráfica de h_L y K en accesorios tipo codo de 90° de 3/4" Tigre

Gráfica 13 h_L en accesorios tipo codo de 90° de 3/4" Tigre



Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

Gráfica 14 Coeficiente K en accesorios tipo codo de 90° de 3/4" Tigre



Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

4.1.11 Evaluación entre marcas para accesorios tipo codo de 90° de 3/4"

Tabla 37 Evaluación entre marcas para accesorios tipo codo de 90° de 3/4"

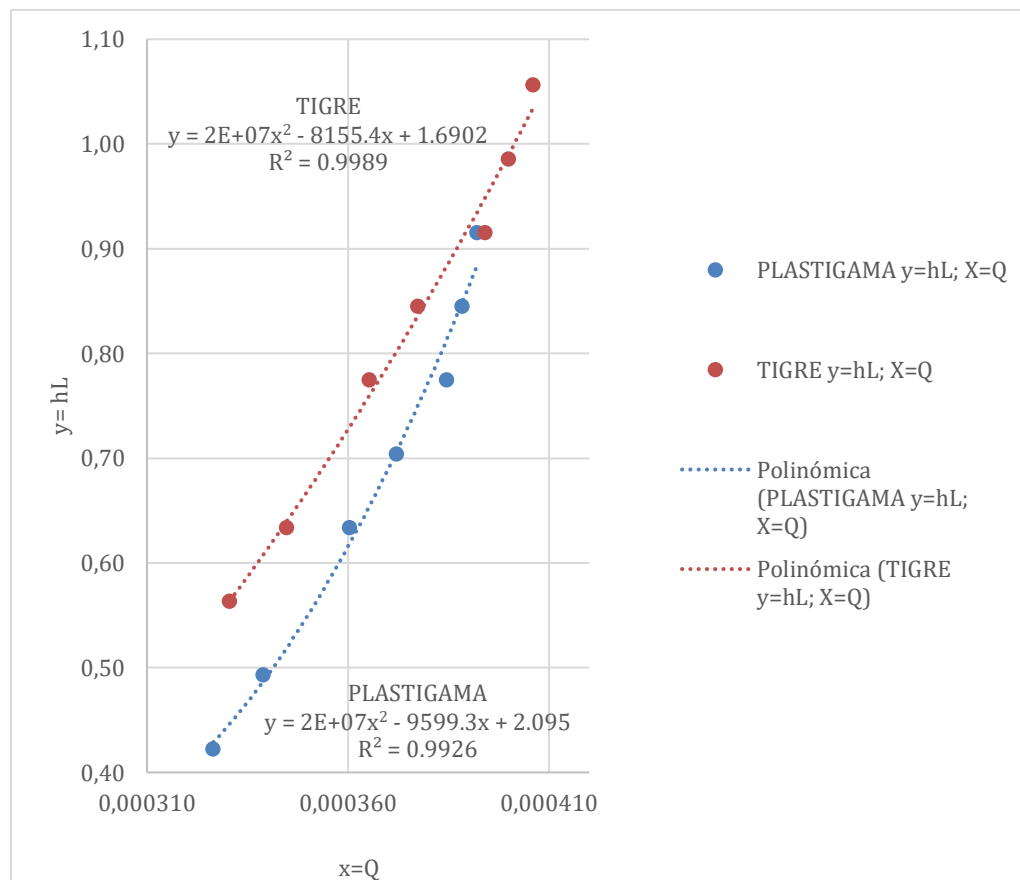
N°	VOLUMEN NETO (Vol.)		ACCESORIOS CODO DE 90° DE 3/4"			
			PLASTIGAMA $y=h_L$; $X=Q$		TIGRE $y=h_L$; $X=Q$	
	l/s	m ³ /S	CAUDAL en m ³ /s (Q)	PERDIDA DE PRESION en MCA (H _L)	CAUDAL en m ³ /s (Q)	PERDIDA DE PRESION en MCA (H _L)
1	8	0,008	0,000327	0,42	0,000331	0,56
2	8	0,008	0,000339	0,49	0,000345	0,63
3	8	0,008	0,000360	0,63	0,000365	0,77
4	8	0,008	0,000372	0,70	0,000377	0,84
5	8	0,008	0,000385	0,77	0,000394	0,92
6	8	0,008	0,000388	0,84	0,000400	0,99
7	8	0,008	0,000392	0,92	0,000406	1,06

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

La información sugiere que, a medida que aumenta el diámetro interno de los accesorios tipo codo en conjunto con su tubería correspondiente, la diferencia en el flujo de caudales entre las marcas Tigre y Plastigama es mínima, pero con una ligera ventaja para Tigre.

4.1.12 Gráfica entre marcas para accesorios tipo codo de 90° de 3/4"

Gráfica 15 Comparación de accesorios tipo codo de 90° de 3/4"



Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

Del mismo modo, se observa que la pérdida de presión y los factores de K calculados presentan similitudes entre ambas marcas, pero Plastigama sigue mostrando menor pérdida de presión.

4.1.13 Tabla para pruebas en accesorios tipo codo de 45° de 3/4" Plastigama

Tabla 38 Accesorios tipo codo de 45° de 3/4" Plastigama

$\varnothing = 0,01905$ $r = 0,009525$
 $\pi = 3,1416$

METROS COLUMNA DE AGUA (MCA)= 0,704

Nº	Giro de Valvula - Control Banco Hidráulico	LECTURA DE MEDIDOR EN LITROS		VOLUMEN NETO (Vol.)		TIEMPO DE TOMA EN SECS. (s)	CAUDAL DEL FLUJO EN TUBERÍA (Q) m³/s	ÁREA DE TUBERÍA m²	VELOCIDAD DEL FLUJO EN TUBERÍA (V) m/s	LECTURA DE MANÓMETRO (PSI)		h _L (PSI)	h _L EN MCA
		Inicio	Fin	l/s	m³/S					h _{L1}	h _{L2}		
1	3/4 giro	447	455	8	0,008	24,1	0,000332	0,00029	1,165	3,4	2,9	0,5	0,352
2	1 giro	455	463	8	0,008	23,2	0,000345	0,00029	1,210	3,3	2,7	0,6	0,4224
3	1 1/2 giro	463	471	8	0,008	21,8	0,000367	0,00029	1,288	3,2	2,5	0,7	0,4928
4	1 3/4 giro	471	479	8	0,008	21,4	0,000374	0,00029	1,312	3,1	2,3	0,8	0,5632
5	2 giros	479	487	8	0,008	20,5	0,000390	0,00029	1,369	3	2,1	0,9	0,6336
6	2 1/2 giro	487	495	8	0,008	20,1	0,000398	0,00029	1,396	2,9	1,9	1	0,704
7	VAL. A.T.	495	503	8	0,008	19,8	0,000404	0,00029	1,418	2,8	1,7	1,1	0,7744

Nota: Precio: \$1.80 Promedio en ferreterías

Medida: longitud de enroscado 0.02m en cada boca, pero hay separación en la unión del ángulo interno de 0.01m

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

4.1.13.1 Tabla para “K” calculado en accesorios tipo codo de 45° de 3/4" Plastigama

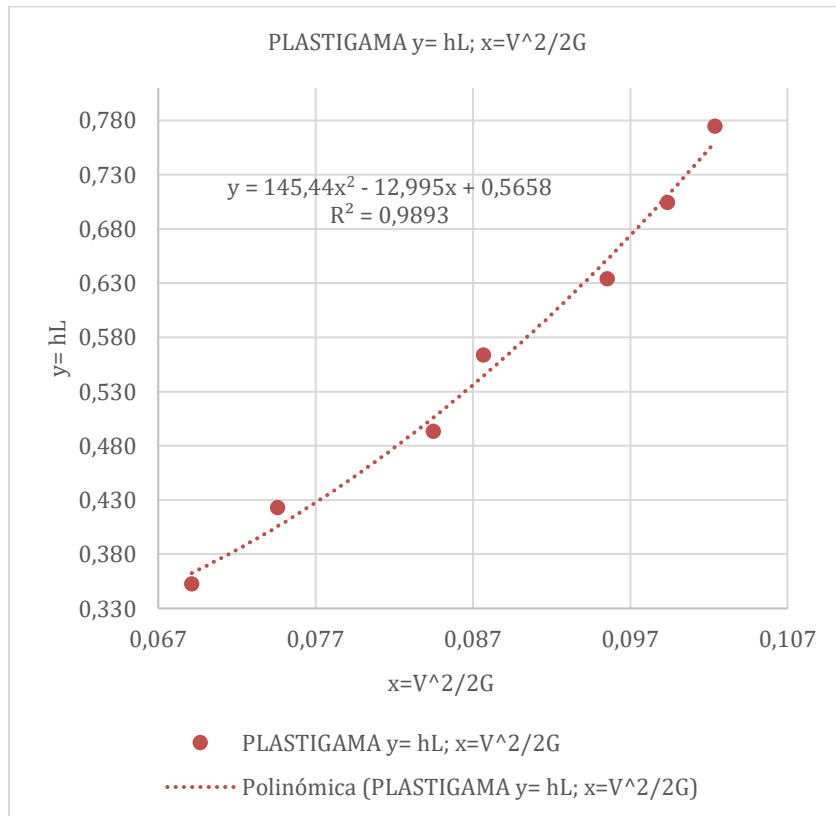
Tabla 39 Coeficiente "K" en accesorios tipo codo de 3/4" Plastigama

		$\varnothing=$	0,01905	$r=$	0,009525		
		$\pi=$	3,1416	$g=$	9,81		
			PLASTIGAMA $y= h_L$; $x=V^2/2G$		PLASTIGAMA $y= K$; $x=V^2/2G$		
Nº	CAUDAL DEL FLUJO EN TUBERÍA (Q) m³/s	VELOCIDAD DEL FLUJO EN TUBERÍA (V) m/s	2g	h_L	$K= (2g \cdot h_L)/V^2$	$V^2/2g$	
1	0,000332	1,165	19,62	0,352	5,092	0,069	
2	0,000345	1,210		0,422	5,662	0,075	
3	0,000367	1,288		0,493	5,833	0,084	
4	0,000374	1,312		0,563	6,423	0,088	
5	0,000390	1,369		0,634	6,631	0,096	
6	0,000398	1,396		0,704	7,083	0,099	
7	0,000404	1,418		0,774	7,561	0,102	

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

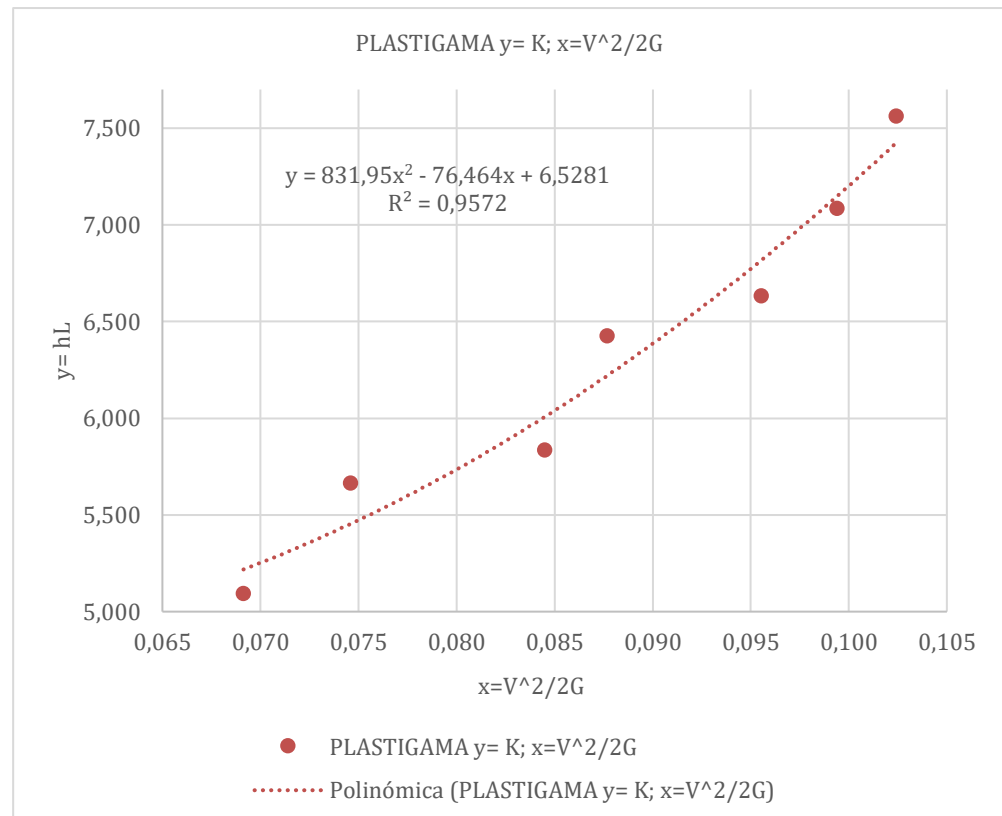
4.1.13.2 Gráfica de h_L y K en accesorios tipo codo de 45° de 3/4" Plastigama

Gráfica 16 h_L en accesorios tipo codo de 45° de 3/4" Plastigama



Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

Gráfica 17 Coeficiente K en accesorios tipo codo de 45° de 3/4" Plastigama



Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

4.1.14 Tabla para pruebas en accesorios tipo codo de 45° de 3/4" Tigre

Tabla 40 Accesorios tipo codo en 45° de 3/4" Tigre

$\emptyset=$	0,01905	$r=$	0,009525
$\pi=$	3,1416		

METROS COLUMNA DE AGUA (MCA)= 0,704

Nº	Giro de Valvula - Control Banco Hidráulico	LECTURA DE MEDIDOR EN LITROS		VOLUMEN NETO (Vol.)		TIEMPO DE TOMA EN SECS. (s)	CAUDAL DEL FLUJO EN TUBERÍA (Q) m³/s	ÁREA DE TUBERÍA m²	VELOCIDAD DEL FLUJO EN TUBERÍA (V) m/s	LECTURA DE MANÓMETRO (PSI)		h _L (PSI)	h _L EN MCA
		Inicio	Fin	l/s	m³/S					h _{L1}	h _{L2}		
1	3/4 giro	508	516	8	0,008	23,7	0,000338	0,00029	1,184	3,3	2,6	0,7	0,4928
2	1 giro	516	524	8	0,008	22,8	0,000351	0,00029	1,231	3,2	2,4	0,8	0,5632
3	1 1/2 giro	524	532	8	0,008	21,5	0,000372	0,00029	1,305	3,1	2,2	0,9	0,6336
4	1 3/4 giro	532	540	8	0,008	20,9	0,000383	0,00029	1,343	3	2	1	0,704
5	2 giros	540	548	8	0,008	20,1	0,000398	0,00029	1,396	2,9	1,8	1,1	0,7744
6	2 1/2 giro	554	562	8	0,008	19,8	0,000404	0,00029	1,418	2,8	1,6	1,2	0,8448
7	VAL. A.T.	562	570	8	0,008	19,5	0,000410	0,00029	1,439	2,7	1,4	1,3	0,9152

Nota: Precio: 1.65 ctvs. Promedio en ferreterías

Medida: longitud de enroscado 0.02m en cada boca, pero no hay separación en la unión del ángulo interno

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

4.1.14.1 Tabla para “K” calculado en accesorios tipo codo de 45° de 3/4" Tigre

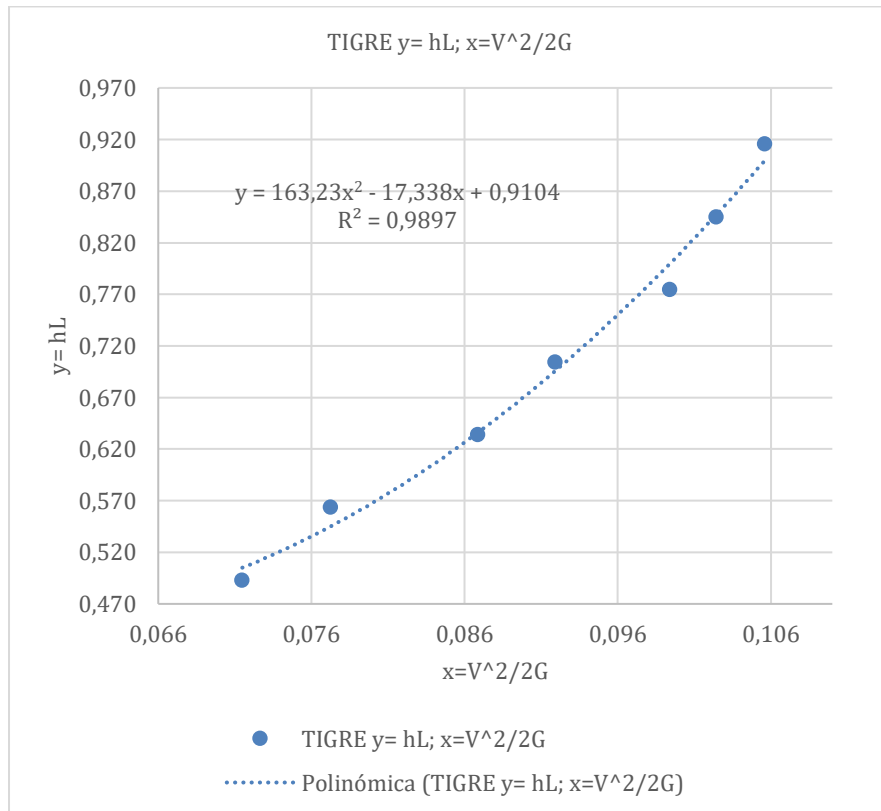
Tabla 41 Coeficiente "K" de accesorio tipo codo de 45° de 3/4" Tigre

		$\emptyset=$	0,01905	$r=$	0,009525		
		$\pi=$	3,1416	$g=$	9,81		
				TIGRE $y= h_L; x=V^2/2G$		TIGRE $y= K; x=V^2/2G$	
Nº	CAUDAL DEL FLUJO EN TUBERÍA (Q) m³/s	VELOCIDAD DEL FLUJO EN TUBERÍA (V) m/s	2g	h_L	$K= (2g \cdot h_L)/V^2$	$V^2/2g$	
1	0,000338	1,184	19,62	0,493	6,894	0,071	
2	0,000351	1,231		0,563	7,291	0,077	
3	0,000372	1,305		0,634	7,294	0,087	
4	0,000383	1,343		0,704	7,659	0,092	
5	0,000398	1,396		0,774	7,792	0,099	
6	0,000404	1,418		0,845	8,248	0,102	
7	0,000410	1,439		0,915	8,667	0,106	

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

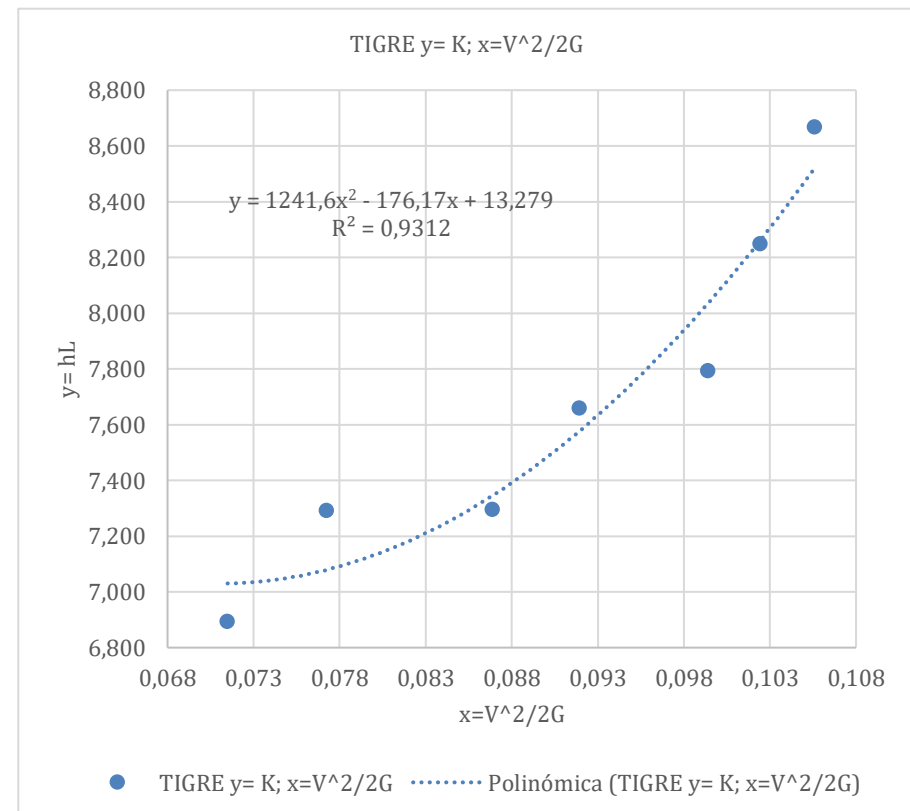
4.1.14.2 Gráfica de h_L y K en accesorios tipo codo de 45° de 3/4" Tigre

Gráfica 18 h_L en accesorios tipo codo de 45° de 3/4" Tigre



Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

Gráfica 19 Coeficiente K en accesorios tipo codo de 45° de 3/4" Tigre



Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

4.1.15 Evaluación entre marcas para accesorios tipo codo de 45° de 3/4"

Tabla 42 Evaluación entre marcas para accesorios tipo codo de 45° de 3/4"

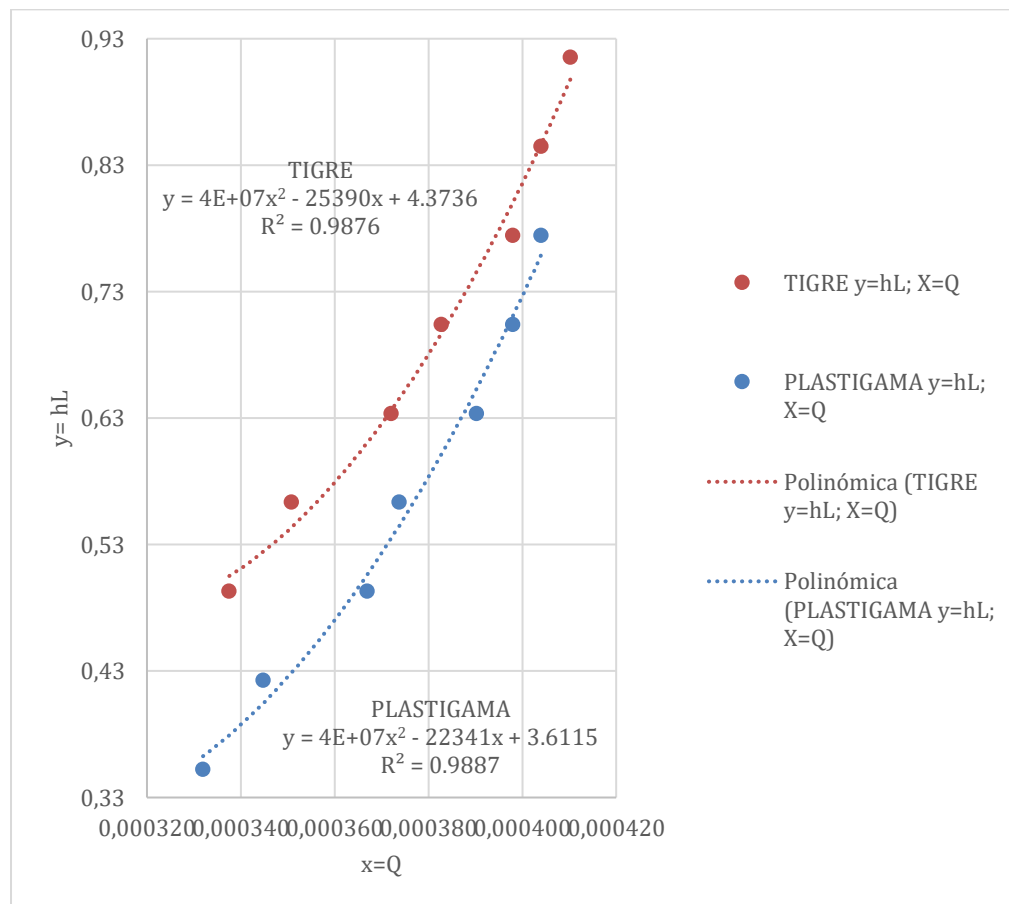
N°	VOLUMEN NETO (Vol.)		ACCESORIOS CODO DE 45° DE 3/4"			
			PLASTIGAMA $y=h_L; X=Q$		TIGRE $y=h_L; X=Q$	
	l/s	m³/S	CAUDAL en m³/s (Q)	PERDIDA DE PRESIÓN en MCA (H _L)	CAUDAL en m³/s (Q)	PERDIDA DE PRESION en MCA (H _L)
1	8	0,008	0,000332	0,35	0,000338	0,49
2	8	0,008	0,000345	0,42	0,000351	0,56
3	8	0,008	0,000367	0,49	0,000372	0,63
4	8	0,008	0,000374	0,56	0,000383	0,70
5	8	0,008	0,000390	0,63	0,000398	0,77
6	8	0,008	0,000398	0,70	0,000404	0,84
7	8	0,008	0,000404	0,77	0,000410	0,92

En los resultados podemos apreciar que, a pesar de que el flujo de caudal en los codos de 45 grados para tubería de tres cuartos es mayor en la marca Tigre, la pérdida de precio conjuntamente con el factor de resistencia k calculado en Plastigama sigue siendo menor.

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

4.1.16 Gráficas entre marcas para accesorios tipo codo de 45° de 3/4"

Gráfica 20 Comparación de accesorios tipo codo de 45° de 3/4"



Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

En otras palabras, aunque la marca Tigre tenga un flujo de caudal más veloz, lo cual puede ser beneficioso en ciertas situaciones, la relación caudal – presión Plastigama presenta mejores resultados.

4.1.17 Tabla para pruebas en accesorios tipo codo de 90° de 1" Plastigama

Tabla 43 Accesorios tipo codo de 90° de 1"

Ø= 0,0254 r= 0,0127
 π= 3,1416

METROS COLUMNA DE AGUA (MCA)= 0,704

Nº	Giro de Valvula - Banco Hidráulico	LECTURA DE MEDIDOR EN LITROS		VOLUMEN NETO (Vol.)		TIEMPO DE TOMA EN SECS. (s)	CAUDAL DEL FLUJO EN TUBERÍA (Q) m³/s	ÁREA DE TUBERÍA m²	VELOCIDAD DEL FLUJO EN TUBERÍA (V) m/s	LECTURA DE MANOMETRO (PSI)		h _L (PSI)	h _L EN MCA
		Inicio	Fin	l/s	m³/S					h _{L1}	h _{L2}		
1	3/4 giro	576	584	8	0,008	20,5	0,000390	0,00051	0,770	3,2	2,45	0,75	0,528
2	1 giro	584	592	8	0,008	19,9	0,000402	0,00051	0,793	3,1	2,25	0,85	0,5984
3	1 1/2 giro	592	600	8	0,008	19,1	0,000419	0,00051	0,827	3	2,05	0,95	0,6688
4	1 3/4 giro	608	616	8	0,008	18,6	0,000430	0,00051	0,849	2,9	1,85	1,05	0,7392
5	2 giros	616	624	8	0,008	18,1	0,000442	0,00051	0,872	2,8	1,65	1,15	0,8096
6	2 1/2 giro	624	632	8	0,008	17,6	0,000455	0,00051	0,897	2,7	1,45	1,25	0,88
7	VAL. A.T.	632	640	8	0,008	17,1	0,000468	0,00051	0,923	2,6	1,25	1,35	0,9504

Nota: Precio: 1.90 ctvs. Promedio en ferreterías
 Medida: longitud de enroscado 0.025m en cada boca.

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

4.1.17.1 Tabla para “K” calculado en accesorios tipo codo de 90° de 1” Plastigama

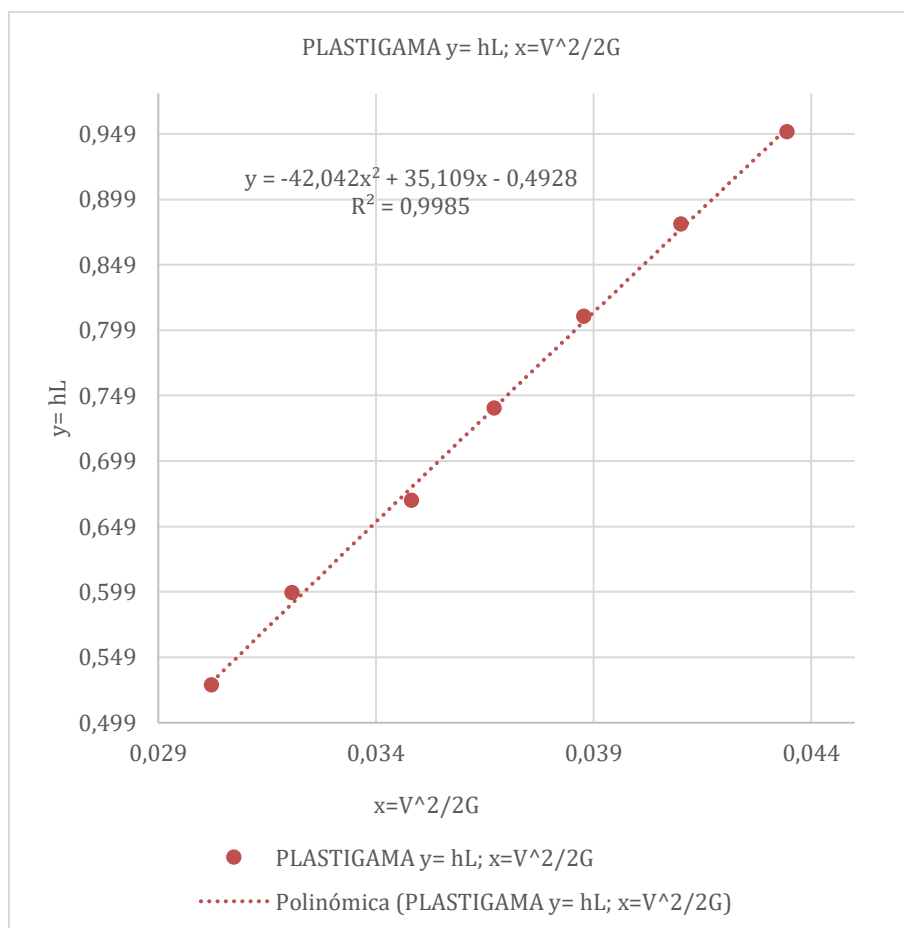
Tabla 44 Coeficiente "K" en accesorios tipo codo de 90° de 1"

		$\emptyset=$	0,0254	$r=$	0,0127		
		$\pi=$	3,1416	$g=$	9,81		
			PLASTIGAMA $y= h_L$; $x=V^2/2G$		PLASTIGAMA $y= K$; $x=V^2/2G$		
Nº	CAUDAL DEL FLUJO EN TUBERÍA (Q) m³/s	VELOCIDAD DEL FLUJO EN TUBERÍA (V) m/s	2g	h_L	$K= (2g \cdot h_L)/V^2$	$V^2/2g$	
1	0,000390	0,770	19,62	0,528	17,4654	0,030	
2	0,000402	0,793		0,598	18,6523	0,032	
3	0,000419	0,827		0,669	19,2043	0,035	
4	0,000430	0,849		0,739	20,1291	0,037	
5	0,000442	0,872		0,810	20,8768	0,039	
6	0,000455	0,897		0,880	21,4557	0,041	
7	0,000468	0,923		0,950	21,8743	0,043	

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

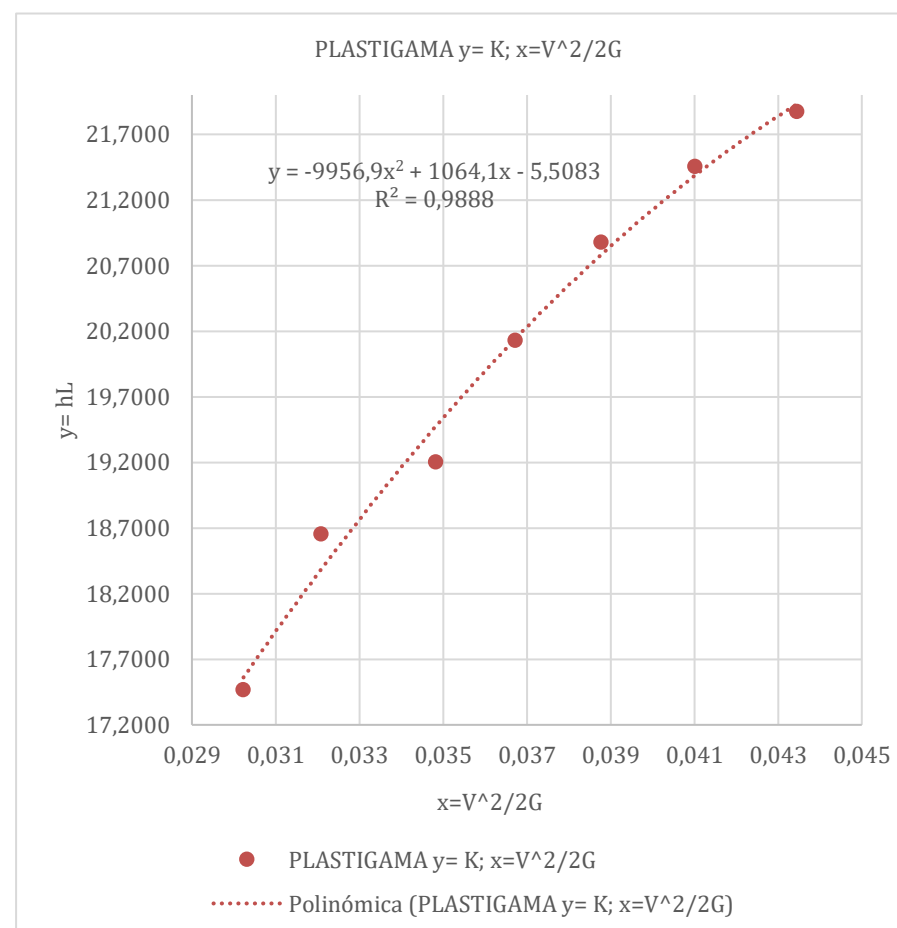
4.1.17.2 Gráficas de h_L y K en accesorios tipo codo de 90° de 1" de Plastigama

Gráfica 21 h_L en accesorios tipo codo de 90° de 1"



Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

Gráfica 22 Coeficiente K en accesorios tipo codo de 90° en 1"



Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

4.1.18 Tabla para pruebas en accesorios tipo codo de 90° de 1" Tigre

Tabla 45 Accesorios tipo codo de 90° de 1" Tigre

Ø= 0,0254 r= 0,0127
 π= 3,1416

METROS COLUMNA DE AGUA (MCA)= 0,704

Nº	Giro de Valvula - Control Banco Hidráulico	LECTURA DE MEDIDOR EN LITROS		VOLUMEN NETO (Vol.)		TIEMPO DE TOMA EN SECS. (s)	CAUDAL DEL FLUJO EN TUBERÍA (Q) m³/s	ÁREA DE TUBERÍA m²	VELOCIDAD DEL FLUJO EN TUBERÍA (V) m/s	LECTURA DE MANÓMETRO (PSI)		h _L (PSI)	h _L EN MCA
		Inicio	Fin	l/s	m³/S					h _{L1}	h _{L2}		
1	3/4 giro	644	652	8	0,008	19,8	0,000404	0,00051	0,797	3,2	2,3	0,9	0,6336
2	1 giro	652	660	8	0,008	19,1	0,000419	0,00051	0,827	3,1	2,1	1	0,704
3	1 1/2 giro	660	668	8	0,008	18,9	0,000423	0,00051	0,835	3	1,9	1,1	0,7744
4	1 3/4 giro	668	676	8	0,008	18,2	0,000440	0,00051	0,867	2,9	1,7	1,2	0,8448
5	2 giros	676	684	8	0,008	17,9	0,000447	0,00051	0,882	2,8	1,5	1,3	0,9152
6	2 1/2 giro	684	692	8	0,008	17,5	0,000457	0,00051	0,902	2,7	1,3	1,4	0,9856
7	VAL. A.T.	692	700	8	0,008	17,1	0,000468	0,00051	0,923	2,6	1,1	1,5	1,056

Nota: Precio: 1.80 ctvs. Promedio en ferreterías
 Medida: longitud de enroscado 0.025m en cada boca.

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

4.1.18.1 Tabla para "K" calculado en accesorios tipo codo de 90° de 1" Tigre

Tabla 46 Coeficiente "K" en accesorios tipo codo de 90° de 1" Tigre

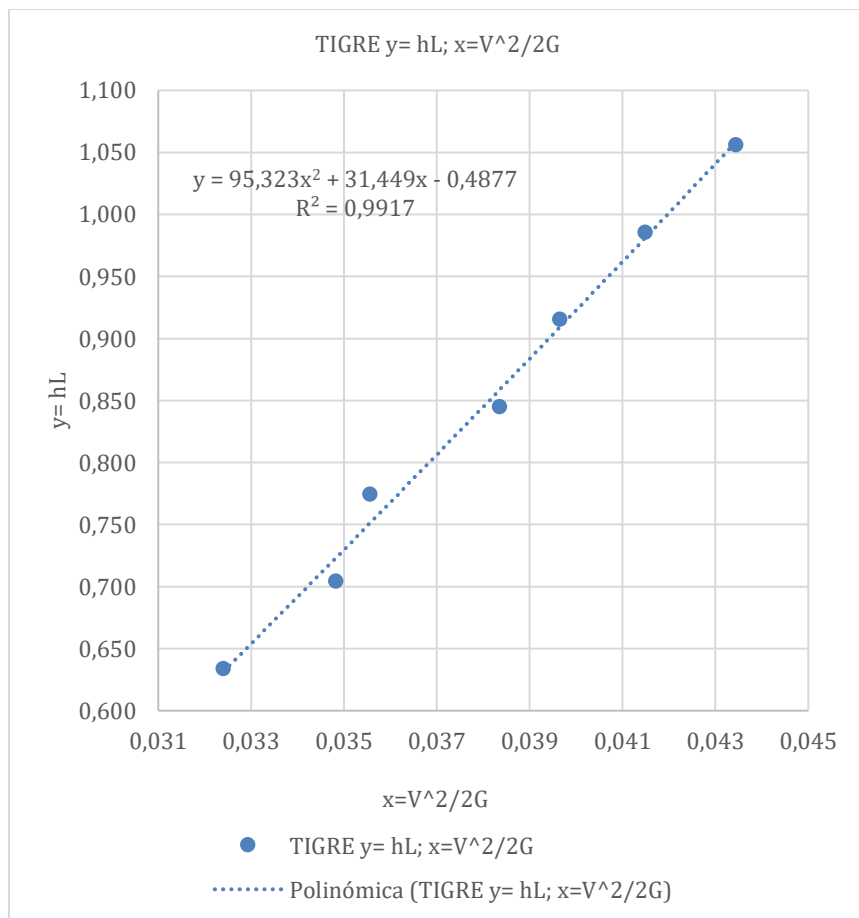
$\emptyset=$	0,0254	$r=$	0,0127
$\pi=$	3,1416	$g=$	9,81

Nº	CAUDAL DEL FLUJO EN TUBERÍA (Q) m³/s	VELOCIDAD DEL FLUJO EN TUBERÍA (V) m/s	TIGRE $y= h_L; x=V^2/2G$		TIGRE $y= K; x=V^2/2G$	
			2g	h_L	$K= (2g \cdot h_L)/V^2$	$V^2/2g$
1	0,000404	0,797	19,62	0,634	19,5516	0,032
2	0,000419	0,827		0,704	20,2151	0,035
3	0,000423	0,835		0,774	21,7733	0,036
4	0,000440	0,867		0,845	22,0258	0,038
5	0,000447	0,882		0,915	23,0812	0,040
6	0,000457	0,902		0,986	23,7581	0,041
7	0,000468	0,923		1,056	24,3048	0,043

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

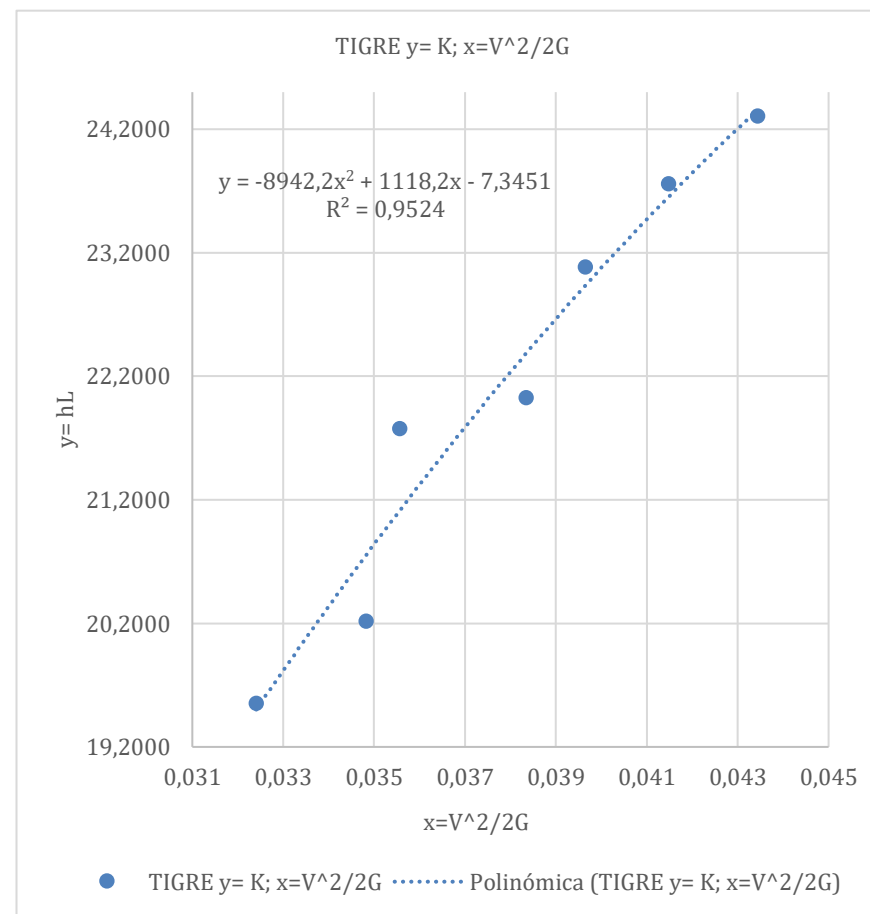
4.1.18.2 Gráfica de h_L y K en accesorios tipo codo de 90° de 1" Tigre

Gráfica 24 h_L en accesorios tipo codo de 90° de 1" Tigre



Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

Gráfica 23 Coeficiente K en accesorios tipo codo de 90° de 1" Tigre



Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

4.1.19 Evaluación entre marcas para accesorios tipo codo de 90° de 1”

Tabla 47 Evaluación entre marcas para accesorios tipo codo de 90° de 1”

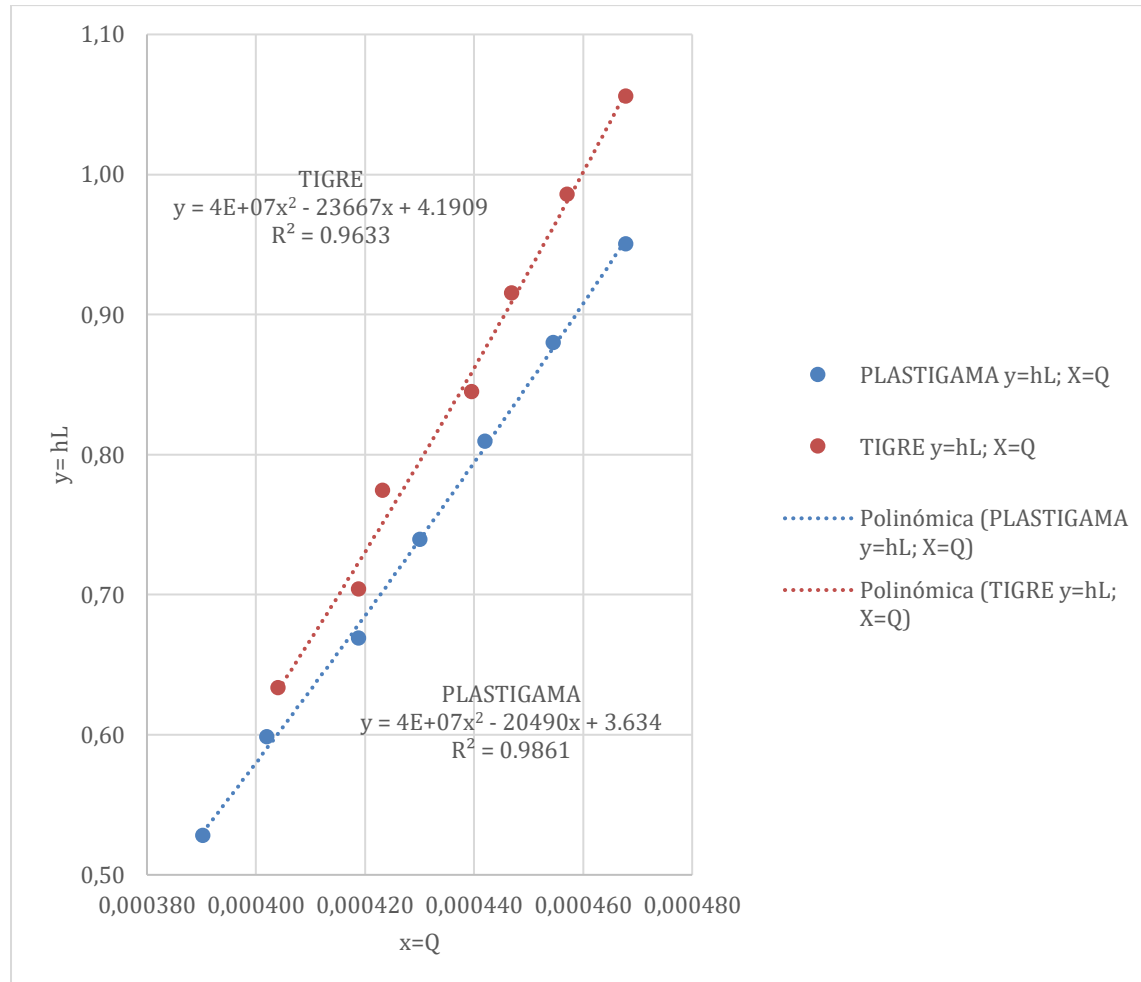
N°	VOLUMEN NETO (Vol.)		ACCESORIOS CODO DE 90° DE 1”			
			PLASTIGAMA $y=h_L; X=Q$		TIGRE $y=h_L; X=Q$	
	l/s	m³/S	CAUDAL en m³/s (Q)	PERDIDA DE PRESION en MCA (H _L)	CAUDAL en m³/s (Q)	PERDIDA DE PRESION en MCA (H _L)
1	8	0,008	0,000390	0,53	0,000404	0,63
2	8	0,008	0,000402	0,60	0,000419	0,70
3	8	0,008	0,000419	0,67	0,000423	0,77
4	8	0,008	0,000430	0,74	0,000440	0,84
5	8	0,008	0,000442	0,81	0,000447	0,92
6	8	0,008	0,000455	0,88	0,000457	0,99
7	8	0,008	0,000468	0,95	0,000468	1,06

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

Estos resultados indican que, en general, los accesorios de tipo codo de una pulgada de 90 grados en las muestras presentan una similitud en su desempeño. Sin embargo, en algunas tomas se nota una diferencia en el caudal, siendo mayor en la marca Tigre.

4.1.20 Gráfica entre marcas para accesorios tipo codo de 90° de 1"

Gráfica 25 Comparación de accesorios tipo codo de 90° de 1"



Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

Con respecto a los factores de K calculados, se observa que los coeficientes obtenidos son más altos en general. Esto indica que los accesorios en este diámetro generan una mayor resistencia al flujo de agua, aun que en Plastigama es menos.

4.1.21 Tabla para pruebas en accesorios tipo codo de 45° de 1" Plastigama

Tabla 48 Accesorios tipo codo de 45° de 1" Plastigama

$\emptyset = 0,0254$ $r = 0,0127$
 $\pi = 3,1416$

METROS COLUMNA DE AGUA (MCA)= 0,704

Nº	Giro de Valvula - Control Banco Hidráulico	LECTURA DE MEDIDOR EN LITROS		VOLUMEN NETO (Vol.)		TIEMPO DE TOMA EN SECS. (s)	CAUDAL DEL FLUJO EN TUBERÍA (Q) m³/s	ÁREA DE TUBERÍA m²	VELOCIDAD DEL FLUJO EN TUBERÍA (V) m/s	LECTURA DE MANOMETRO (PSI)		h _L (PSI)	h _L EN MCA
		Inicio	Fin	l/s	m³/S					h _{L1}	h _{L2}		
1	3/4 giro	704	712	8	0,008	22,5	0,000356	0,00051	0,702	3,2	2,7	0,5	0,352
2	1 giro	712	720	8	0,008	21,9	0,000365	0,00051	0,721	3,1	2,5	0,6	0,4224
3	1 1/2 giro	720	728	8	0,008	20,9	0,000383	0,00051	0,755	3	2,3	0,7	0,4928
4	1 3/4 giro	728	736	8	0,008	20	0,000400	0,00051	0,789	2,9	2,1	0,8	0,5632
5	2 giros	736	744	8	0,008	19,3	0,000415	0,00051	0,818	2,8	1,9	0,9	0,6336
6	2 1/2 giro	744	752	8	0,008	18,9	0,000423	0,00051	0,835	2,7	1,7	1	0,704
7	VAL. A.T.	752	760	8	0,008	18,2	0,000440	0,00051	0,867	2,6	1,5	1,1	0,7744

Nota: Precio: \$2 Promedio en ferreterías

Medida: longitud de enroscado 0.025m en cada boca, pero hay separación en la unión del ángulo interno de 0.01m

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

4.1.21.1 Tabla para “K” calculado en accesorios tipo codo de 45° de 1” Plastigama

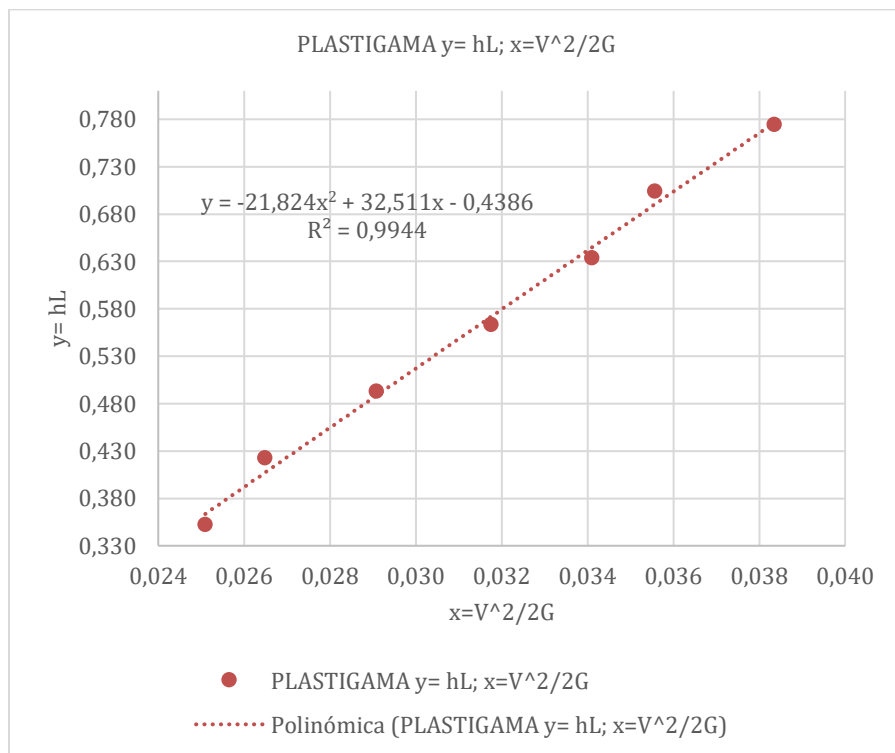
Tabla 49 Coeficiente "K" en accesorios tipo codo de 45° de 1" Plastigama

		$\emptyset=$	0,0254	$r=$	0,0127		
		$\pi=$	3,1416	$g=$	9,81		
			PLASTIGAMA $y= h_L$; $x=V^2/2G$		PLASTIGAMA $y= K$; $x=V^2/2G$		
Nº	CAUDAL DEL FLUJO EN TUBERÍA (Q) m³/s	VELOCIDAD DEL FLUJO EN TUBERÍA (V) m/s	2g	h_L	$K= (2g \cdot h_L)/V^2$	$V^2/2g$	
1	0,000356	0,702	19,62	0,352	14,026	0,025	
2	0,000365	0,721		0,422	15,946	0,026	
3	0,000383	0,755		0,493	16,943	0,029	
4	0,000400	0,789		0,563	17,732	0,032	
5	0,000415	0,818		0,634	18,577	0,034	
6	0,000423	0,835		0,704	19,794	0,036	
7	0,000440	0,867		0,774	20,190	0,038	

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

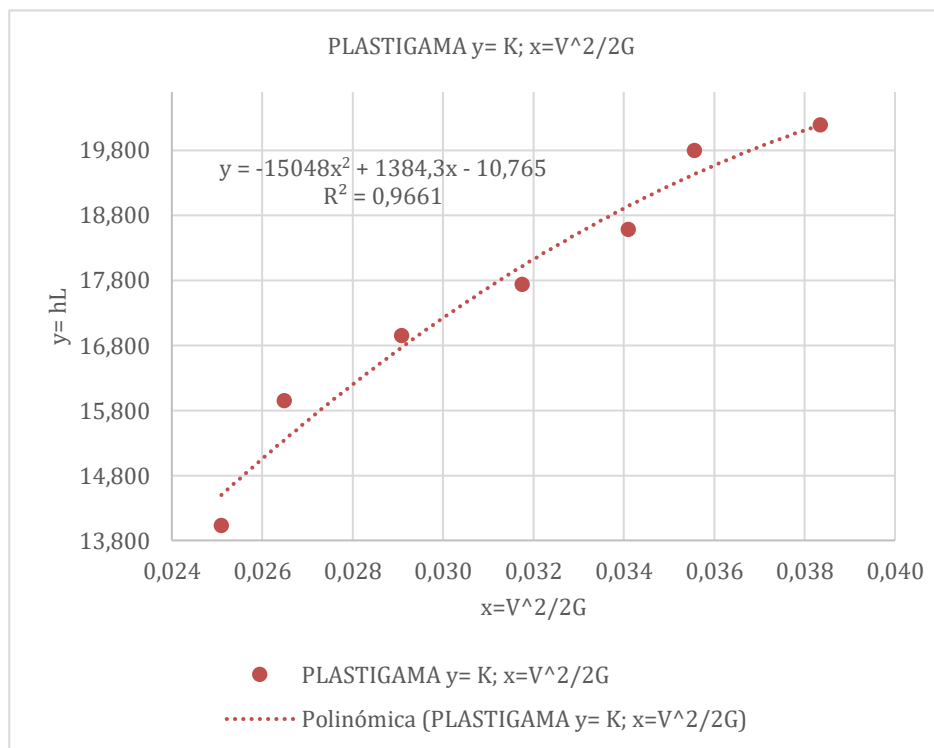
4.1.21.2 Gráfica de h_L y K en accesorios tipo codo de 45° de 1" Plastigama

Gráfica 26 h_L en accesorios tipo codo de 45° de 1" Plastigama



Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

Gráfica 27 Coeficiente K en accesorios tipo codo de 45° de 1" Plastigama



Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

4.1.22 Tabla para pruebas en accesorios tipo codo de 45° de 1" Tigre

Tabla 50 Accesorios tipo codo de 45° de 1" Tigre

Ø= 0,0254 r= 0,0127
 π= 3,1416

METROS COLUMNA DE AGUA (MCA)= 0,704

Nº	Giro de Valvula - Control Banco Hidráulico	LECTURA DE MEDIDOR EN LITROS		VOLUMEN NETO (Vol.)		TIEMPO DE TOMA EN SECS. (s)	CAUDAL DEL FLUJO EN TUBERÍA (Q) m³/s	ÁREA DE TUBERÍA m²	VELOCIDAD DEL FLUJO EN TUBERÍA (V) m/s	LECTURA DE MANOMETRO (PSI)		h _L (PSI)	h _L EN MCA
		Inicio	Fin	l/s	m³/S					h _{L1}	h _{L2}		
1	3/4 giro	762	770	8	0,008	21,5	0,000372	0,00051	0,734	3	2,3	0,7	0,4928
2	1 giro	770	778	8	0,008	20,5	0,000390	0,00051	0,770	2,9	2,1	0,8	0,5632
3	1 1/2 giro	778	786	8	0,008	19,9	0,000402	0,00051	0,793	2,8	1,9	0,9	0,6336
4	1 3/4 giro	786	794	8	0,008	19,3	0,000415	0,00051	0,818	2,7	1,7	1	0,704
5	2 giros	794	802	8	0,008	18,9	0,000423	0,00051	0,835	2,6	1,5	1,1	0,7744
6	2 1/2 giro	802	810	8	0,008	18,5	0,000432	0,00051	0,853	2,5	1,3	1,2	0,8448
7	VAL. A.T.	810	818	8	0,008	18	0,000444	0,00051	0,877	2,4	1,1	1,3	0,9152

Nota: Precio: 1.85 ctvs. Promedio en ferreterías

Medida: longitud de enroscado 0.025m en cada boca, pero no hay separación en la unión del ángulo interno

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

4.1.22.1 Tabla para “K” calculado en accesorios tipo codo de 45° de 1” Tigre

Tabla 51 Coeficiente "K" en accesorios tipo codo de 45° de 1" Tigre

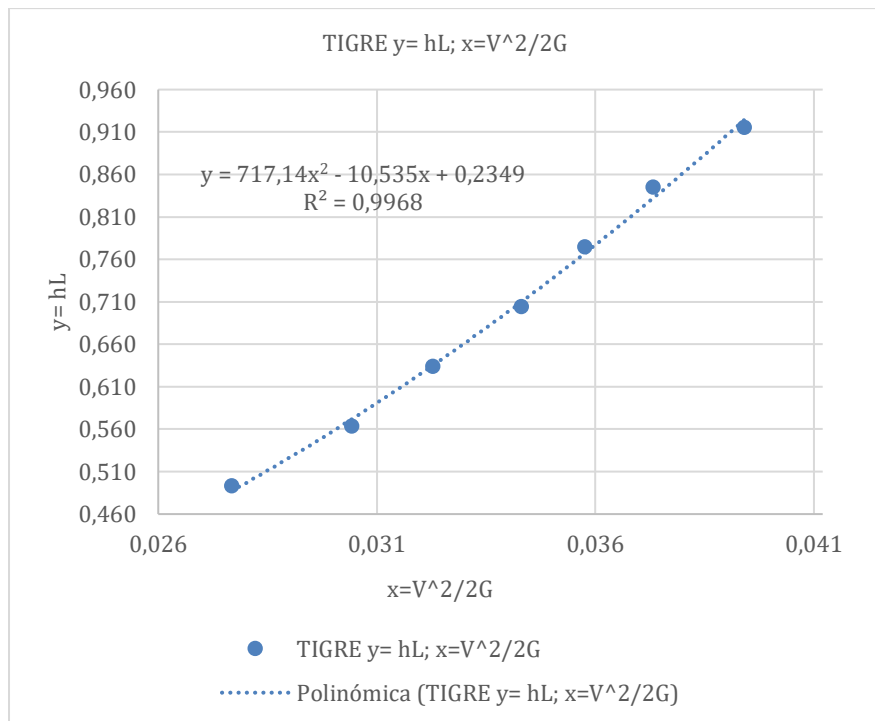
$\emptyset=$	0,0254	$r=$	0,0127
$\pi=$	3,1416	$g=$	9,81

Nº	CAUDAL DEL FLUJO EN TUBERÍA (Q) m³/s	VELOCIDAD DEL FLUJO EN TUBERÍA (V) m/s	TIGRE $y= hL; x=V^2/2G$		TIGRE $y= K; x=V^2/2G$	
			2g	h_L	$K= (2g \cdot h_L)/V^2$	$V^2/2g$
1	0,000372	0,734	19,62	0,493	17,930	0,027
2	0,000390	0,770		0,563	18,630	0,030
3	0,000402	0,793		0,634	19,750	0,032
4	0,000415	0,818		0,704	20,641	0,034
5	0,000423	0,835		0,774	21,773	0,036
6	0,000432	0,853		0,845	22,758	0,037
7	0,000444	0,877		0,915	23,340	0,039

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

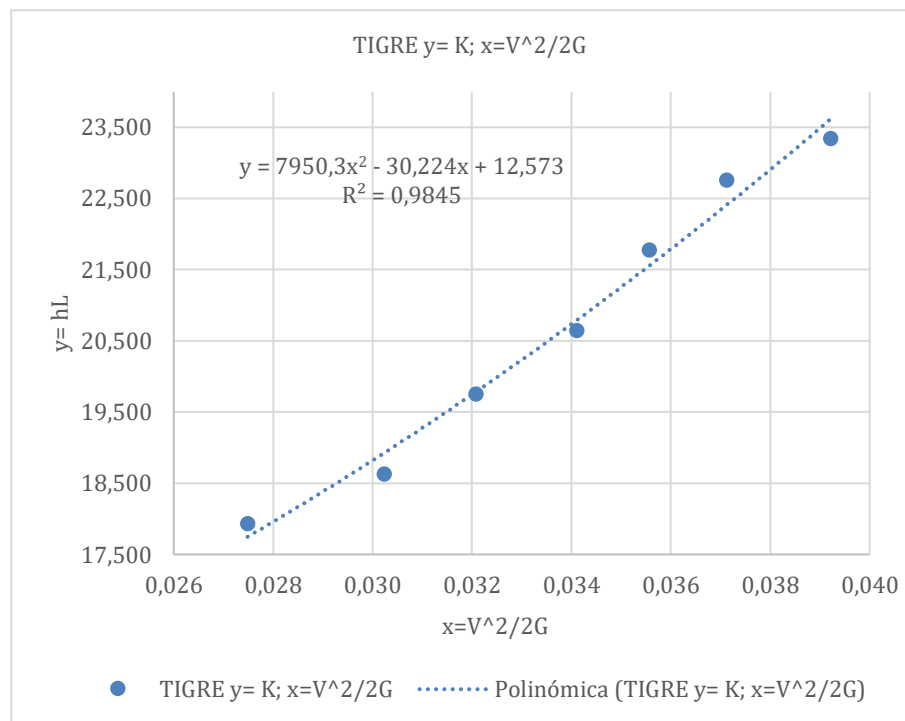
4.1.22.2 Gráfica de h_L y K en accesorios tipo codo de 45° de 1" Tigre

Gráfica 29 h_L en accesorios tipo codo de 45° de 1" Tigre



Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

Gráfica 28 Coeficiente K en accesorios tipo codo de 45° de 1" Tigre



Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

4.1.23 Evaluación entre marcas para accesorios tipo codo de 45° de 1"

Tabla 52 Evaluación entre marcas para accesorios tipo codo de 45° de 1"

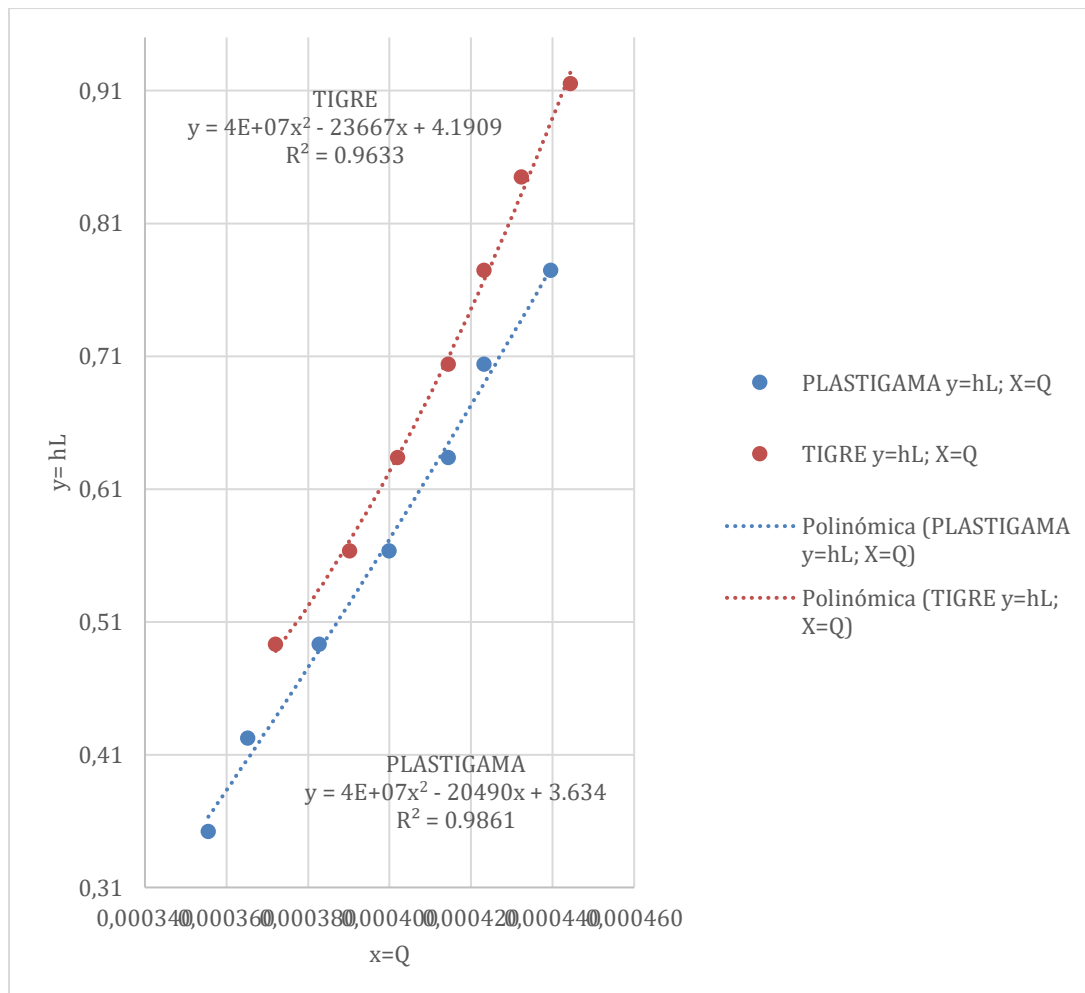
N°	VOLUMEN NETO (Vol.)		ACCESORIOS CODO DE 45° DE 1"			
			PLASTIGAMA $y=h_L$; $X=Q$		TIGRE $y=h_L$; $X=Q$	
	l/s	m ³ /S	CAUDAL en m ³ /s (Q)	PERDIDA DE PRESION en MCA (H _L)	CAUDAL en m ³ /s (Q)	PERDIDA DE PRESION en MCA (H _L)
1	8	0,008	0,000356	0,35	0,000372	0,49
2	8	0,008	0,000365	0,42	0,000390	0,56
3	8	0,008	0,000383	0,49	0,000402	0,63
4	8	0,008	0,000400	0,56	0,000415	0,70
5	8	0,008	0,000415	0,63	0,000423	0,77
6	8	0,008	0,000423	0,70	0,000432	0,84
7	8	0,008	0,000440	0,77	0,000444	0,92

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

En los accesorios tipo codo de 45 grados de la marca Tigre tienen una ligera ventaja en términos de flujo de agua en comparación con los codos de la marca Plastigama.

4.1.24 Gráfica entre marcas para accesorios tipo codo de 45° de 1"

Gráfica 30 Comparación de accesorios tipo codo de 45° de 1"



Esta ventaja se refleja en los factores de k (coeficiente de resistencia) y en las pérdidas de presión, donde Plastigama presenta una menor resistencia al flujo de agua en comparación con Tigre.

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

4.2 Cuadro Comparativo de coeficientes de pérdidas (K) teóricas y calculadas

Para poder realizar el cuadro comparativo entre coeficientes de perdidas (K) entre teoricos y calculados, se realiza lo siguiente:

Coeficiente de pérdida (k), calculadas en los accesorios tipo codo por marca, ángulo de giro y diametro de tubería:

1.- Se realiza una tabla con los coeficientes encontrados, para posteriormente sacar un promedio entre los resultados hallados.

Coeficiente de pérdida (k), calculadas en los accesorios tipo codo por marca, ángulo de giro y diametro de tubería:

Tabla 53 Cuadro Comparativo de coeficientes de pérdidas (K) calculadas

Nº	1/2"				3/4"				1"			
	90°		45°		90°		45°		90°		45°	
	PLASTIGAMA	TIGRE	PLASTIGAMA	TIGRE	PLASTIGAMA	TIGRE	PLASTIGAMA	TIGRE	PLASTIGAMA	TIGRE	PLASTIGAMA	TIGRE
1	0,948	1,294	0,370	0,810	6,314	8,214	5,092	6,894	17,465	19,55	14,026	17,930
2	1,061	1,378	0,521	0,914	6,836	8,493	5,662	7,291	18,652	20,22	15,946	18,630
3	1,216	1,515	0,664	1,050	7,777	9,25	5,833	7,294	19,204	21,77	16,943	19,750
4	1,353	1,653	0,808	1,156	8,105	9,456	6,423	7,659	20,129	22,03	17,732	20,641
5	1,454	1,745	0,943	1,261	8,344	9,393	6,631	7,792	20,877	23,08	18,577	21,773
6	1,571	1,842	1,049	1,356	8,928	9,818	7,083	8,248	21,456	23,76	19,794	22,758
7	1,648	1,874	1,086	1,383	9,485	10,21	7,561	8,667	21,874	24,31	20,19	23,340
PROMEDIO DE K CALCULADA	1,32	1,61	0,78	1,13	7,97	9,26	6,33	7,69	19,95	22,10	17,60	20,69

Nota: Todos los accesorios tipo codo son roscados, en la marca Plastigama su radio de giro es un largo, con razon de la marca Tigre su radio de giro es corto.

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

2.- Se escriben los coeficientes teoricos tomados del libro de Bruce Roy Munson, (1990)

Coeficiente de pérdida (k) para accesorios de tuberías accesorios tipo Codo: (Munson. B. R. et al., 1990).

Tabla 54 Coeficiente de pérdidas (K) para tuberías en accesorios tipo codo (Munson. B. R. et al., 1990)

COMPONENTES	K
Radio corto 90° con bridas o extremos lisos	0,3
Radio corto 90° con extremos roscados	1,5
Radio largo 90° con bridas o extremos lisos	0,2
Radio largo 90° con extremos roscados	0,7
Radio corto 45° con bridas	0,2
Radio corto 45° con extremos roscados	0,4

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

En este caso se trabaja con las k que tienen componentes de radio largo y radio corto en 90° con extremos roscados, y radio corto en 45° con extremos roscados; los cuadros donde están los valores están resaltados para un mejor entendimiento.

3.- Se realiza la respectiva tabla:

Tabla 55 Cuadro Comparativo de coeficientes de pérdidas (K) teóricas y calculadas

COMPONENTES	K	K											
		1/2"				3/4"				1"			
		90°		45°		90°		45°		90°		45°	
		PLASTIGAMA	TIGRE	PLASTIGAMA	TIGRE	PLASTIGAMA	TIGRE	PLASTIGAMA	TIGRE	PLASTIGAMA	TIGRE	PLASTIGAMA	TIGRE
Radio corto 90° con extremos roscados	1,5		1,61										
Radio largo 90° con extremos roscados	0,7	1,32				7,97				19,95	22,1		
Radio corto 45° con extremos roscados	0,4			0,78	1,13		9,26	6,33	0,69			17,6	20,69

Elaborado por: Castro y Melgar, (2023)

4.3 Propuesta

La propuesta del modelo permitió simular diferentes condiciones de presión y flujo, lo que facilita el análisis de las variables que influyen en el rendimiento de los accesorios tipo codo.

El uso del banco hidráulico en el laboratorio de hidráulica de la Facultad de Ingeniería Civil de la ULVR permitió obtener resultados precisos y confiables. La capacidad del reservorio de agua, la potencia de la bomba y la calidad de los medidores de agua y manómetros garantizaron mediciones precisas.

El análisis de los datos obtenidos mediante el modelo analítico permitió identificar posibles problemas en el rendimiento de los accesorios tipo codo, así como determinar qué marcas ofrecen un mejor rendimiento. Esto facilita la toma de decisiones en la selección de los accesorios adecuados para cada sistema de tuberías.

CONCLUSIONES

- El objetivo general de este proyecto investigativo es la elaboración de un modelo analítico para el flujo presurizado de accesorios tipo codos en sistemas a presión elaborados y mercadeados en Ecuador. Para lograr este objetivo, se deben realizar pruebas en un prototipo adaptado al banco hidráulico. Durante las mismas, se recopilarán datos como el volumen de agua utilizado, el tiempo en segundos que tarda el flujo en pasar a través del accesorio tipo codo, y las mediciones de presión obtenidas utilizando manómetros diferenciales. Así se obtiene el comportamiento real del flujo en los accesorios tipo codo en sus diferentes presentaciones.
- La relación entre las características del flujo y los codos se basa en los cambios en la dirección del flujo y la generación de pérdidas de energía y resistencia al flujo. Los codos introducen turbulencias y aceleraciones en el flujo, lo que resulta en pérdidas de energía por fricción y por formación de vórtices. Estas pérdidas de energía y resistencia al flujo dependen de factores como la velocidad del flujo, el ángulo y el radio del codo, la rugosidad de la superficie interna de la tubería y la viscosidad del fluido.
- Para el desarrollo del modelo analítico para la pérdida y el flujo por accesorios tipo codo en sistemas a presión, se utilizó la metodología basada en el cálculo de pérdida de carga. Mediante experimentos en laboratorio, esta pérdida se expresó en términos de la diferencia de presión entre los manómetros antes y después del codo, y se consideró como la pérdida real por el accesorio. Además de la pérdida de carga, también se calculó el flujo por el accesorio. Para ello, se utilizó la ecuación de continuidad, que relaciona el caudal de fluido con la velocidad del fluido y el área de la sección transversal del accesorio.
- Las diferencias encontradas entre las dos marcas puede deberse a diferentes factores como el diseño de los accesorios o la calidad de los materiales utilizados. Es

importante destacar que cada marca tiene sus propias ventajas y desventajas, por lo tanto, la elección entre una u otra dependerá de las necesidades y preferencias del usuario. Además, es importante tener en cuenta que la pérdida de presión es un factor a considerar en las instalaciones, ya que una alta pérdida de presión puede afectar el rendimiento y eficiencia del sistema. Por lo tanto, la marca plastigama puede ser más adecuada en aplicaciones donde se requiere minimizar las pérdidas de presión.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso del modelo analítico en el estudio de accesorios tipo codo en tuberías a presión, ya que permite a los estudiantes experimentar casos reales y aplicar los conceptos aprendidos en el laboratorio de hidráulica. Al tener un enfoque teórico-práctico, los alumnos pueden comprender en mayor profundidad el comportamiento de estos accesorios en situaciones reales y analizar su desempeño.
- Asimismo el modelo analítico puede ser utilizado como base para mejorar el diseño y la eficiencia de los accesorios existentes, así como para aplicarlo a nuevos materiales que estén ingresando al país. Esto facilita la adaptación a las nuevas tecnologías y materiales disponibles en el mercado, y permite estudiar su comportamiento en condiciones específicas.
- Por lo tanto, se sugiere a la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil como institución académica que aborde en las tesis el tratamiento y el estudio experimental del comportamiento del flujo en los accesorios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguayo Aguayo Anthony Jair - Heras Pincay Oscar Miguel. (2022). *Repositorio Digital ULVR*. Obtenido de repositorio.ulvr.edu.ec:
<http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/5353>
- Alarcón Quintanilla Janina Vanessa - Chuqui Jami Danny Jefferson. (2022). *Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana*. Obtenido de dspace.ups.edu.ec: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23169>
- Álava Montesdeoca Gema Dolores. (2019). *Repositorio Digital UNESUM*. Obtenido de repositorio.unesum.edu.ec:
<http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/2013>
- Andrade Ramos Juan Martin - Escobar Cevallos Gilson Manuel. (2018). *Repositorio Digital UCE*. Obtenido de www.dspace.uce.edu.ec:
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/15379>
- Aranea Cercado Leonor Katia - Segovia Anchundia Luis Enrique. (2020). *Repositorio Digital ULVR*. Obtenido de repositorio.ulvr.edu.ec:
<http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/3859>
- Arguello Pacheco Galo Gustavo - Vélez Silva Melany Ariana. (2022). *Repositorio Digital ULVR*. Obtenido de repositorio.ulvr.edu.ec:
<http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/4987>
- Barreto Periche Luis Enrique - Castañeda Granda Elias. (2021). *Repositorio Institucional PIRHUA*. Obtenido de pirhua.udep.edu.pe:
<https://hdl.handle.net/11042/4868>
- Bravo Ponce Steeven Daniel. (2020). *Repositorio Digital UNESUM*. Obtenido de repositorio.unesum.edu.ec:
<http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/2282>
- Carrera Galárraga Jenny Fernanda. (2019). *BIBDIGITAL Escuela Politécnica Nacional*. Obtenido de bibdigital.epn.edu.ec:
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20211>
- Falcon Arias Francisco Marlon. (2022). *DSpace en ESPOL - Repositorio de ESPOL*. Obtenido de www.dspace.espol.edu.ec:
<http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/54292>

- Fuentes Armijos Maylon Isaac - Macías Salazar Katherine Yulexy. (2019). *Repositorio Digital ULVR*. Obtenido de repositorio.ulvr.edu.ec:
<http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/3499>
- Gámez De León Adalberto. (2021). *Repositorio Universidad de la Costa*. Obtenido de repositorio.cuc.edu.co: <https://hdl.handle.net/11323/8874>
- Gómez Camperos July Andrea - García Guarín Pedro Julián - Nolasco Serna Christian. (2020). *Revista de Investigación - Administración e Ingeniería*. Obtenido de revistas.udes.edu.co: <https://doi.org/10.15649/2346030X.723>
- Guilcamaigua Guamushig César Augusto. (2018). *Repositorio Digital Universidad Técnica de Cotopaxi*. Obtenido de repositorio.utc.edu.ec:
<http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/5407>
- Leon Romero Radmila Juana. (2020). *Repositorio Digital de la UTMACH*. Obtenido de repositorio.utmachala.edu.ec:
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/15866/1/ECFIC-2020-IC-DE-00034.pdf>
- Leones Chiang Marlon Jose. (2022). *Repositorio Digital ULVR*. Obtenido de repositorio.ulvr.edu.ec: <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/5006>
- Llangarí Daquilema José Enrique. (2019). *Repositorio Institucional UPV*. Obtenido de riunet.upv.es: <http://hdl.handle.net/10251/119124>
- Montalvan Portero Xavier Fernando. (2021). *Repositorio Institucional PIRHUA*. Obtenido de pirhua.udep.edu.pe: <https://hdl.handle.net/11042/5025>
- Muñoz Pinto Rosa Liliana. (2021). *Repositorio Universidad Estatal Peninsula de Santa Elena*. Obtenido de repositorio.upse.edu.ec:
<https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/5862>
- Paguay Guamán Jessica Carolina. (2018). *Repositorio Universidad Católica de Cuenca - Sede Azogues*. Obtenido de repositorio.utc.edu.ec:
<http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/5407>
- Salinas Mite Pedro Oswaldo. (2018). *Repositorio Digital ULVR*. Obtenido de repositorio.ulvr.edu.ec: <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/2081>
- Samaniego Balseca Diego Fernando. (2020). *Repositorio de Tesis de Grado y Posgrado PUCE*. Obtenido de repositorio.puce.edu.ec:
<http://repositorio.puce.edu.ec:80/handle/22000/18051>
- Sancho Mateu Edgar. (2020). *Repositorio Institucional UPV*. Obtenido de riunet.upv.es: <http://hdl.handle.net/10251/159956>

Vera Pereyra Domingo Martin. (2018). *Repositorio INstitucional UNCP*. Obtenido de repositorio. uncp.edu.pe: <http://hdl.handle.net/20.500.12894/5690>

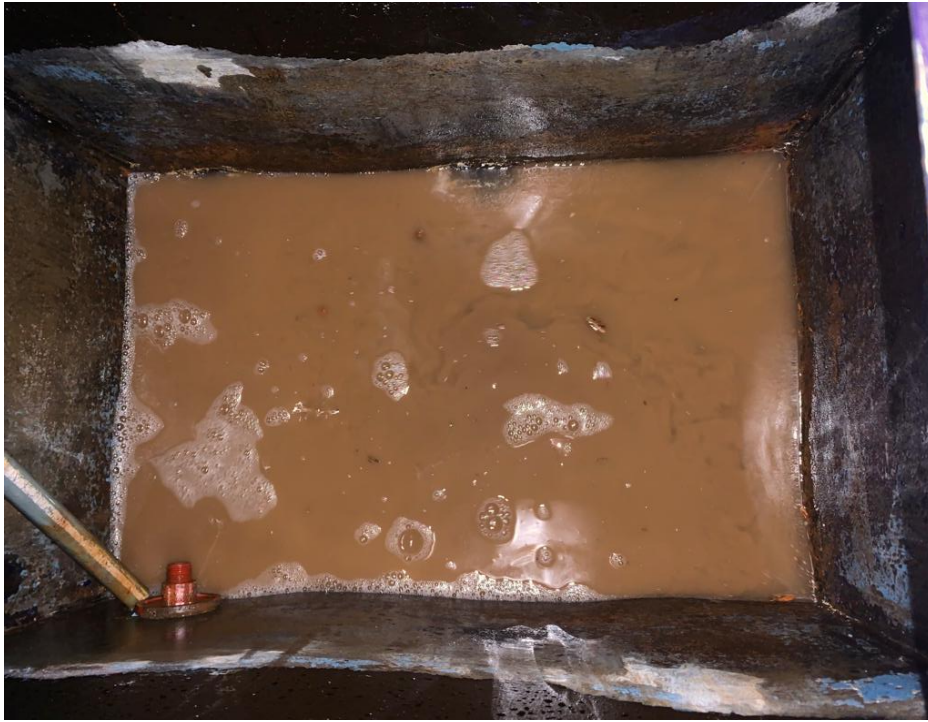
Zúñiga Rodríguez María Gabriela - Salazar Asqui Cristian Octavio. (2022).

Repositorio Digital UNACH. Obtenido de dspace.unach.edu.ec:

<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/9053>

ANEXOS

Anexo 1 Limpieza de Banco Hidráulico



Tomada por: Castro y Melgar, (2023)

Anexo 2 Armado de prototipo



Tomada por: Castro y Melgar, (2023)