

**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA**



**“DETERMINACIÓN DE LONGITUDES EQUIVALENTES EN  
ACCESORIOS, DE DIÁMETRO DE 1/2” Y 3/4”, EN DISEÑO PILOTO  
DE INSTALACIÓN SANITARIA DE UNA EDIFICACIÓN EN EL  
DISTRITO DE INDEPENDENCIA – HUARAZ - ÁNCASH 2022”  
TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
SANITARIO**

Presentado por:

**Br. ARAUCANO GUERRERO, David Moisés**

Asesor:

**Ing. HUAMÁN CARRANZA, Martín Miguel**

**HUARAZ-PERÚ**

**2025**





**ACTA DE SUSTENTACIÓN Y DEFENSA DE TESIS, PARA OPTAR EL  
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO SANITARIO**

Los Miembros del Jurado en pleno que suscriben, reunidos en la fecha, en el auditorium de la FCAM-UNASAM, para la Ceremonia de Sustentación de la Tesis, que presenta el Bachiller: **ARAUCANO GUERRERO DAVID MOISES**.

Tesis Titulada: **“DETERMINACIÓN DE LONGITUDES EQUIVALENTES EN ACCESORIOS, DE DIÁMETRO DE  $\frac{1}{2}$ ” Y  $\frac{3}{4}$ ”, EN DISEÑO PILOTO DE INSTALACIÓN SANITARIA DE UNA EDIFICACIÓN EN EL DISTRITO DE INDEPENDENCIA-HUARAZ-ANCASH, 2022”**

En seguida, después de haber atendida la exposición oral y escuchada las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas lo declaramos:

.....  
**APROBADO**  
.....

Con el calificativo de:

.....  
**DIECISEIS**  
.....

En consecuencia, queda en condiciones de ser **APROBADO** por el Consejo de Facultad y recibir el Título Profesional de:

**INGENIERO SANITARIO**

De conformidad con el Art. 113° numeral 113.9 del reglamento General de la UNASAM (Resolución de Consejo Universitario N° 399-2015-UNASAM), el Art. 48° y 4ta. Disposición complementaria del Reglamento General de Grados y Títulos de la UNASAM (Resolución de Consejo Universitario – Rector N° 761-2017-UNASAM).

Huaraz, ..... 11 de ..... Abril ..... del 2025.

Dr. Cesar Manuel Gregorio Dávila Paredes  
Presidente

MSc. Elvis Jesús Espiritu Espiritu  
Primer Miembro

M.Sc. Patricia Laura Gamarra Tahua  
Segundo Miembro

Msc. Martín Miguel Huamán Carranza  
Asesor



## **ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS**

Por medio del presente nos dirigimos a usted para informarle que su informe de tesis titulado:

### **DETERMINACIÓN DE LONGITUDES EQUIVALENTES EN ACCESORIOS, DE DIÁMETRO DE $\frac{1}{2}$ " Y $\frac{3}{4}$ ", EN DISEÑO PILOTO DE INSTALACIÓN SANITARIA DE UNA EDIFICACIÓN EN EL DISTRITO DE INDEPENDENCIA-HUARAZ-ANCASH, 2022**

El cual fue presentado a los miembros del jurado, luego de revisar las observaciones emitidas durante el acto de sustentación la tesis titulada "DETERMINACIÓN DE LONGITUDES EQUIVALENTES EN ACCESORIOS, DE DIÁMETRO DE  $\frac{1}{2}$ " Y  $\frac{3}{4}$ ", EN DISEÑO PILOTO DE INSTALACIÓN SANITARIA DE UNA EDIFICACIÓN EN EL DISTRITO DE INDEPENDENCIA-HUARAZ-ANCASH, 2022", presentado por el bachiller en ciencias de la ingeniería sanitaria **ARAUCANO GUERRERO DAVID MOISES**, sustentada el día 11 de Abril del 2025, lo cual el proyecto de tesis fue aprobado con Resolución Decanatural N° 225-2023 - UNASAM-FCAM del 20 de abril de 2023, la declaramos **CONFORME**.

Al cumplir con este último requisito, usted será considerado candidato a obtener el Título profesional de **INGENIERO SANITARIO**.

En consecuencia, queda en condiciones de ser publicada.

Huaraz, 11 de Abril del 2025.

**Dr. Cesar Manuel Gregorio Dávila Paredes**  
Presidente

**MSc. Elvis Jesús Espiritu Espiritu**  
Primer Miembro

**M.Sc. Patricia Laura Gamarra Tabua**  
Segundo Miembro

**Msc. Martín Miguel Huamán Carranza**  
Asesor



## **AUTORIZACION DE EMPASTADO** **DE TESIS**

Los miembros del jurado evaluador de la tesis: **DETERMINACIÓN DE LONGITUDES EQUIVALENTES EN ACCESORIOS, DE DIÁMETRO DE ½" Y ¾", EN DISEÑO PILOTO DE INSTALACIÓN SANITARIA DE UNA EDIFICACIÓN EN EL DISTRITO DE INDEPENDENCIA-HUARAZ-ANCASH, 2022**, presentado por la bachiller en Ingeniería Sanitaria: **ARAUCANO GUERRERO DAVID MOISES**, el cual observa las características y el esquema establecido por la Unidad de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ciencias del Ambiente de la UNASAM, por lo que se encuentra en condiciones para proceder al **EMPASTADO** correspondiente.

Huaraz, .....11 de.....Abril.....del 2025.

Dr. Cesar Manuel Gregorio Dávila Paredes  
Presidente

MSc. Elvis Jesús Espiritu Espiritu  
Primer Miembro

M.Sc. Patricia Laura Gamarra Tahua  
Segundo Miembro

Msc. Martín Miguel Huamán Carranza  
Asesor



## CONSTANCIA 15-2025-UI-FCAM–UNASAM EVALUACIÓN DE SIMILITUD

El que suscribe, Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias del Ambiente de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo hace constar que:

La versión final de la tesis **“DETERMINACIÓN DE LONGITUDES EQUIVALENTES EN ACCESORIOS, DE DIÁMETRO DE ½” Y ¾”, EN DISEÑO PILOTO DE INSTALACIÓN SANITARIA DE UNA EDIFICACIÓN EN EL DISTRITO DE INDEPENDENCIA – HUARAZ - ÁNCASH 2022”**

del joven **ARAUCANO GUERRERO DAVID MOISES**, identificado con **DNI N° 71037990**, tras ser sometido a revisión mediante la plataforma de evaluación de similitud por su asesor la Msc. **MARTÍN MIGUEL HUAMÁN CARRANZA**, conforme el Artículo 11° del Reglamento de Originalidad y/o Grado de Similitud de la Producción Académica, Científica e Investigativa de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Resolución de Consejo Universitario N° 126-2022-UNASAM, tiene una **similitud del 22%**.

Se expide la presente constancia, a solicitud del interesado para los fines que estime pertinente.

Huaraz, **22 de abril de 2025**.

  
Firmado digitalmente por:  
LOARTE CADENAS EDWIN  
ANIBAL FIR 44009388 hard  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 22/04/2025 19:42:25-0500

  
Ph.D Edwin Anibal Loarte Cadenas  
**DIRECTOR**  
UNIDAD DE INVESTIGACION  
FCAM - UNASAM

CC. Archivo

Adjunto: Informe de similitud antiplagio de su Asesor

Anexo de la R.C.U N° 126 -2022 -UNASAM  
**ANEXO 1**  
**INFORME DE SIMILITUD.**

El que suscribe (asesor) del trabajo de investigación titulado:

"Determinación de longitudes equivalentes en accesorios, de diámetros de 1/2" y 3/4", en diseño piloto de instalación sanitaria de una edificación en el distrito de Independencia - Huaraz -Áncash 2022"

Presentado por: Araucano Guerrero, David Moises

con DNI N°: 71037990

para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Sanitario

Informo que el documento del trabajo anteriormente indicado ha sido sometido a revisión, mediante la plataforma de evaluación de similitud, conforme al Artículo 11 ° del presente reglamento y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de : .....22..... de similitud.

**Evaluación y acciones del reporte de similitud de los trabajos de los estudiantes/ tesis de pre grado (Art. 11, inc. 1).**

Porcentaje			
Trabajos de estudiantes	Tesis de pregrado	Evaluación y acciones	Seleccione donde corresponda
Del 1 al 30%	Del 1 al 25%	Esta dentro del rango aceptable de similitud y podrá pasar al siguiente paso según sea el caso.	<input checked="" type="radio"/>
Del 31 al 50%	Del 26 al 50%	Se debe devolver al estudiante o egresado para las correcciones con las sugerencias que amerita y que se presente nuevamente el trabajo.	<input type="radio"/>
Mayores a 51%	Mayores a 51%	El docente o asesor que es el responsable de la revisión del documento emite un informe y el autor recibe una observación en un primer momento y si persistiese el trabajo es invalidado.	<input type="radio"/>

Por tanto, en mi condición de Asesor/ Jefe de Grados y Títulos de la EPG UNASAM/ Director o Editor responsable, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera hoja del reporte del software anti-plagio.

Huaraz, 16/04/2025

FIRMA  
Apellidos y Nombres: Huamán Cananza, Martín Miguel

DNI N°: 44779016

Se adjunta:

1. Reporte completo Generado por la plataforma de evaluación de similitud

Anexo de la R.C.U N° 126 -2022 -UNASAM  
**ANEXO 1**  
**INFORME DE SIMILITUD.**

El que suscribe (asesor) del trabajo de investigación titulado:

"Determinación de longitudes equivalentes en accesorios, de diámetros de 1/2" y 3/4", en diseño piloto de instalación sanitaria de una edificación en el distrito de Independencia - Huaraz -Áncash 2022"

Presentado por: Araucano Guerrero, David Moises

con DNI N°: 71037990

para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Sanitario

Informo que el documento del trabajo anteriormente indicado ha sido sometido a revisión, mediante la plataforma de evaluación de similitud, conforme al Artículo 11 ° del presente reglamento y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de : .....22..... de similitud.

**Evaluación y acciones del reporte de similitud de los trabajos de los estudiantes/ tesis de pre grado (Art. 11, inc. 1).**

Porcentaje			
Trabajos de estudiantes	Tesis de pregrado	Evaluación y acciones	Seleccione donde corresponda
Del 1 al 30%	Del 1 al 25%	Esta dentro del rango aceptable de similitud y podrá pasar al siguiente paso según sea el caso.	<input checked="" type="radio"/>
Del 31 al 50%	Del 26 al 50%	Se debe devolver al estudiante o egresado para las correcciones con las sugerencias que amerita y que se presente nuevamente el trabajo.	<input type="radio"/>
Mayores a 51%	Mayores a 51%	El docente o asesor que es el responsable de la revisión del documento emite un informe y el autor recibe una observación en un primer momento y si persistiese el trabajo es invalidado.	<input type="radio"/>

Por tanto, en mi condición de Asesor/ Jefe de Grados y Títulos de la EPG UNASAM/ Director o Editor responsable, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera hoja del reporte del software anti-plagio.

Huaraz, 16/04/2025

FIRMA  
Apellidos y Nombres: Huamán Caranza, Martín Miguel

DNI N°: 44779016

Se adjunta:

1. Reporte completo Generado por la plataforma de evaluación de similitud

# DAVID ARAUCANO

## ARAUCANO GUERRERO DAVID MOISES.pdf

 asesoría de tesis

 asesoría de tesis

 Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo

---

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::8100:451115904

Fecha de entrega

21 abr 2025, 12:06 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

21 abr 2025, 12:42 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

ARAUCANO GUERRERO DAVID MOISES.pdf

Tamaño de archivo

4.9 MB

89 Páginas

15.708 Palabras

80.875 Caracteres

# 22% Overall Similarity




The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

## Filtered from the Report

- ▶ Bibliography
- ▶ Quoted Text
- ▶ Submitted works

---

## Top Sources

- 22%  Internet sources
- 5%  Publications
- 0%  Submitted works (Student Papers)

---

## Integrity Flags

### 0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

## DEDICATORIA

*Esta tesis está dedicada, en primer lugar, a Dios, quien me ha proporcionado la fuerza y la sabiduría necesarias para alcanzar mis metas. También la dedico a mi familia, quienes han sido testigos de cada paso que he dado y han sido mi soporte incondicional. Ellos son el fundamento de mi vida, y sin su apoyo constante, especialmente el de mis padres y hermanos, no habría llegado a este momento tan significativo. Cada logro aquí reflejado es, en gran medida, el resultado de su amor y acompañamiento.*

*"En ti se regocijan los que aman tu nombre"*

*Salmos 5:11*

## AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios por haberme dado la oportunidad de estudiar la carrera de Ingeniería Sanitaria en la UNASAM, así como a cada todos los docentes que colaboraron a mi formación profesional. Gracias a todos ellos, pude descubrir lo fascinante y humanamente significativa que puede ser esta profesión.

Asimismo, expreso mi profundo agradecimiento a toda mi familia por su apoyo, sus palabras de aliento y su amor incondicional durante este periodo de mi vida. De igual manera, quiero reconocer la confianza, paciencia, orientación, recomendaciones y motivación brindadas por mi asesor de tesis, el Ingeniero Martín Huamán Carranza.

Agradezco sinceramente el ánimo y respaldo constante en todo momento

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Araucano Guerrero David Moisés, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería sanitaria de la facultad de ciencias del ambiente de la Universidad Nacional Santiago Antúnez De Mayolo, declaro que el trabajo académico titulado **“DETERMINACIÓN DE LONGITUDES EQUIVALENTES EN ACCESORIOS, DE DIÁMETRO DE 1/2” Y 3/4”, EN DISEÑO PILOTO DE INSTALACIÓN SANITARIA DE UNA EDIFICACIÓN EN EL DISTRITO DE INDEPENDENCIA – HUARAZ - ÁNCASH 2022”** presentado en 90 folios, para la obtención del título profesional de Ingeniero Sanitario, es de mi autoría.

Por lo tanto, declaro lo siguiente:

- Todas las fuentes utilizadas en esta investigación han sido debidamente referenciadas, asegurando que cada cita textual o paráfrasis esté correctamente identificada según las normas académicas establecidas.
- Únicamente se han empleado las fuentes citadas en este trabajo, sin recurrir a materiales adicionales no declarados.
- Este estudio no ha sido presentado, total o parcialmente, para obtener otro título académico o profesional.
- Reconozco que mi trabajo está sujeto a revisión mediante herramientas electrónicas para detectar posibles casos de plagio.
- En caso de identificarse el uso indebido de material ajeno sin la correspondiente atribución, acepto las consecuencias y sanciones establecidas en el reglamento disciplinario.

Huaraz, 04 de abril del 2025



---

**Araucano Guerrero David Moisés**

**Código U. N° 131.0704.047**

**DNI:71037990**

# ÍNDICE

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	iv
ÍNDICE .....	v
RELACIÓN DE FIGURAS .....	viii
RELACIÓN DE TABLAS.....	ix
RESUMEN .....	x
ABSTRACT .....	xi
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Objetivo .....	2
1.1.1 Objetivo Específico.....	2
1.2 Hipótesis .....	2
1.3 Variables .....	2
1.3.1 Variable Independiente .....	2
1.3.2 Variable Dependiente .....	2
II. MARCO TEÓRICO .....	4
2.1 Antecedentes .....	4
2.1.1 A Nivel Internacional.....	4
2.1.2 A Nivel Nacional .....	5
2.2 Bases teóricas .....	6
2.2.1 Instalaciones sanitarias .....	6
2.2.2 Instalaciones sanitarias en edificaciones.....	6
2.2.3 La hidráulica y la mecánica de los fluidos.....	6
2.2.4 Definición de fluido .....	7
2.2.5 Propiedades físicas de los fluidos.....	7
2.2.5.1 Densidad .....	7
2.2.5.2 Peso específico.....	7
2.2.5.3 Viscosidad dinámica .....	7
2.2.5.4 Viscosidad cinemática .....	8
2.2.5.5 Presión .....	8
2.2.6 Presión de un fluido.....	8
2.2.7 Medición de la presión.....	8
2.2.8 Caudal.....	9
2.2.9 Regímenes de flujo.....	9

2.2.9.1	Régimen laminar .....	9
2.2.9.2	Régimen turbulento.....	9
2.2.9.3	Régimen transición .....	9
2.2.10	Ecuación de continuidad .....	9
2.2.11	Ecuación general de la energía .....	10
2.2.12	Interpretación de la ecuación de Bernoulli.....	10
2.2.13	Número de Reynolds.....	10
2.2.14	Pérdida de energía en un sistema a presión de un flujo incompresible .	11
2.2.15	Pérdidas de carga continua o por fricción en tuberías .....	11
2.2.16	Ecuación de Darcy - Weisbach .....	12
2.2.17	Coefficiente de fricción .....	12
2.2.18	Rugosidad Relativa .....	13
2.2.19	Ecuación de las pérdidas de carga por accesorios.....	14
2.2.20	Longitud de tubería equivalente.....	15
2.3	Definición de términos básicos.....	16
III.	MARCO METODOLÓGICO .....	18
3.1	Tipo de investigación .....	18
3.2	Diseño de investigación.....	18
3.3	Método (proceso).....	19
3.4	Técnicas.....	19
3.4.1	Diseño y construcción del circuito hidráulico de tuberías.....	20
3.4.1.1	Instrumentos .....	20
3.4.1.2	Esquema del diseño del circuito hidráulico .....	21
3.5	Población y muestra .....	24
3.5.1	Población .....	24
3.5.2	Muestreo.....	24
3.6	Instrumentos de validación de recolección de datos .....	25
3.6.1	Etapas del proceso de la investigación.....	25
3.6.1.1	Guía de observación de campo.....	25
3.6.1.2	Ensayo de las pérdidas de carga local de los accesorios de PVC de agua. ....	27
IV.	RESULTADOS .....	31
4.1	Resultados del ensayo de pérdida de carga local en accesorios de agua de PVC .....	31
4.2	Resultados del ensayo de coeficiente de resistencia “K” en accesorios de agua de PVC.....	33
4.3	Resultados del ensayo del valor Longitud Equivalente “Le/D”, en accesorios de PVC.....	36

4.4	Monograma la relación Caudal vs Pérdida de carga local .....	39
4.5	Resultado del análisis estadístico .....	46
4.5.1	Prueba de la normalidad .....	46
4.5.2	Análisis de regresión lineal.....	46
V.	DISCUSIONES.....	49
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	51
6.1	Conclusiones.....	51
6.2	Recomendaciones .....	52
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53



## RELACIÓN DE FIGURAS

FIGURA 1 ESQUEMA ISOMÉTRICO DE MODELO DE CIRCUITO HIDRÁULICO DE TUBERÍAS .....	20
FIGURA 2 DISEÑO DEL CIRCUITO HIDRÁULICO .....	21
FIGURA 3 ESQUEMA DE EVALUACIÓN N° 01 .....	21
FIGURA 4 ESQUEMA DE EVALUACIÓN N° 02 .....	22
FIGURA 5 ARRANQUE DE LA BOMBA, Y PUESTA EN MARCHA PARA LAS PRUEBAS. ....	23
FIGURA 6 MANÓMETRO DIGITAL.....	23
FIGURA 7 MONOGRAMA (Q VS HL) DE CODO DE 90° DE ¾" (PVC SP) .....	39
FIGURA 8 MONOGRAMA (Q VS HL) DE TEE DE PASO DIRECTO DE ¾" (PVC SP).....	40
FIGURA 9 MONOGRAMA (Q VS HL) DE TEE DE PASO LATERAL DE ¾" (PVC SP) .....	40
FIGURA 10 MONOGRAMA (Q VS HL) DE REDUCCIÓN DE ¾" A ½"(PVC SP) .....	41
FIGURA 11 MONOGRAMA (Q VS HL) DE CODO DE 90° DE ½" (PVC SP).....	42
FIGURA 12 MONOGRAMA (Q VS HL) DE TEE DE PASO DIRECTO DE ½" (PVC SP) .....	43
FIGURA 13 MONOGRAMA (Q VS HL) DE TEE DE PASO LATERAL DE ½" (PVC SP) .....	44
FIGURA 14 MONOGRAMA (Q VS HL) DE VÁLVULA DE ¾" (PVC SP) .....	45
FIGURA 15 MONOGRAMA (Q VS HL) DE VÁLVULA VERTICAL DE ½" (PVC SP).....	46
FIGURA 16 VÁLVULA DE CONTROL PVC ROSCADA DIÁMETRO ¾" - PUNTO A .....	60
FIGURA 17 VÁLVULA DE CONTROL PVC ROSCADA DIÁMETRO ½" - PUNTO F.....	60
FIGURA 18 CODO 90° PVC SP DIÁMETRO ¾" - PUNTO B .....	61
FIGURA 19 CODO 90° PVC SP DIÁMETRO ½" - PUNTO E .....	61
FIGURA 20 TEE PVC SP DIÁMETRO ¾" - PUNTO C Y G .....	62
FIGURA 21 TEE PVC SP DIÁMETRO ½" - PUNTO H E I.....	62
FIGURA 22 REDUCCIÓN PVC SP DIÁMETRO ¾" A ½" - PUNTO D.....	63
FIGURA 23 INSTALACIÓN DE BOMBA DE AGUA .....	63
FIGURA 24 ACCESORIOS DE PVC SP, PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO HIDRÁULICO .....	64
FIGURA 25 BOMBA DE AGUA 1 HP .....	64
FIGURA 26 TUBERÍA PVC DE DIÁMETROS ¾" Y ½" .....	65
FIGURA 27 CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO HIDRÁULICO .....	65
FIGURA 28 VISTA DEL CIRCUITO HIDRÁULICO .....	66
FIGURA 29 CONTENEDOR DE VIDRIO DE 0.50 M X 0.30 M, PARA AFORO DE CAUDAL .....	66
FIGURA 30 INICIO DE PRUEBAS EXPERIMENTALES.....	67
FIGURA 31 TOMA DE TEMPERATURA DE AGUA .....	67
FIGURA 32 LECTURA DE DATOS DE MANÓMETRO DIGITAL 1 .....	68
FIGURA 33 LECTURA DE DATOS DE MANÓMETRO DIGITAL 2 .....	68
FIGURA 34 LECTURA DE DATOS DE MANÓMETRO DIGITAL 3 .....	69
FIGURA 35 LECTURA DE DATOS DE MANÓMETRO DIGITAL 4 .....	69
FIGURA 36 LECTURA DE DATOS DE MANÓMETRO DIGITAL 5 .....	70
FIGURA 37 LECTURA DE DATOS DE MANÓMETRO DIGITAL 6 .....	70
FIGURA 38 LECTURA DE DATOS DE MANÓMETRO DIGITAL 7 .....	71
FIGURA 39 LECTURA DE DATOS DE MANÓMETRO DIGITAL 8 .....	71
FIGURA 40 LECTURA DE DATOS DE MANÓMETRO DIGITAL 9 .....	72
FIGURA 41 LECTURA DE DATOS DE MANÓMETRO DIGITAL 10 .....	72
FIGURA 42 LECTURA DE DATOS DE MANÓMETRO DIGITAL 11 .....	73
FIGURA 43 LECTURA DE DATOS DE MANÓMETRO DIGITAL 12 .....	73
FIGURA 44 LECTURA DE DATOS DE MANÓMETRO DIGITAL 12 .....	74
FIGURA 45 LECTURA DE DATOS DE MANÓMETRO DIGITAL 13 .....	74

## RELACIÓN DE TABLAS

TABLA 1. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	3
TABLA 2 RUGOSIDAD DE LOS MATERIALES .....	14
TABLA 3 RESISTENCIA DE LONGITUD EQUIVALENTE EN NÚMERO DE DIÁMETROS DE TUBERÍA .....	15
TABLA 4 LONGITUDES EQUIVALENTES REPRESENTATIVAS "LE/D" .....	16
TABLA 5 FORMATO DE RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS PARA VÁLVULAS DE PVC DE DIÁMETROS DE $\frac{3}{4}$ " Y $\frac{1}{2}$ " .....	25
TABLA 6 FORMATO DE RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS PARA ACCESORIOS DE PVC DE DIÁMETRO DE $\frac{3}{4}$ " .....	26
TABLA 7 FORMATO DE RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS PARA ACCESORIOS DE PVC DE DIÁMETRO $\frac{1}{2}$ " .....	26
TABLA 8 RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS DE ACCESORIOS DE PVC SP, DE $\frac{3}{4}$ " .....	29
TABLA 9 RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS DE ACCESORIOS DE PVC SP, DE $\frac{1}{2}$ " .....	29
TABLA 10 RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE VÁLVULA DE D: $\frac{3}{4}$ " Y VÁLVULA DE VERTICAL DE $\frac{1}{2}$ " ..	30
TABLA 11 PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS PVC SP DE $\frac{3}{4}$ " .....	31
TABLA 12 PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS PVC SP DE $\frac{1}{2}$ " .....	32
TABLA 13 PÉRDIDA DE CARGA LOCAL VÁLVULA PVC SP DE $\frac{3}{4}$ " Y VÁLVULA VERTICAL DE PVC SP DE $\frac{1}{2}$ " .....	33
TABLA 14 COEFICIENTE DE RESISTENCIA "K" PARA ACCESORIOS DE PVC SP DE $\frac{3}{4}$ " .....	34
TABLA 15 COEFICIENTE DE RESISTENCIA "K" PARA ACCESORIOS DE PVC SP DE $\frac{1}{2}$ " .....	35
TABLA 16 COEFICIENTE DE RESISTENCIA "K" PARA VÁLVULA $\frac{3}{4}$ " Y VÁLVULA VERTICAL DE $\frac{1}{2}$ " .....	35
TABLA 17 VALORES DE FACTOR DE FRICCIÓN, Y LONGITUD EQUIVALENTE "LE/D" PARA ACCESORIOS DE PVC SP DE $\frac{3}{4}$ " .....	37
TABLA 18 VALORES DE FACTOR DE FRICCIÓN, Y LONGITUD EQUIVALENTE "LE/D" PARA ACCESORIOS DE PVC SP DE $\frac{1}{2}$ " .....	37
TABLA 19 VALORES DE FACTOR DE FRICCIÓN, Y LONGITUD EQUIVALENTE "LE/D" PARA VÁLVULA DE $\frac{3}{4}$ " Y VÁLVULA VERTICAL DE $\frac{1}{2}$ " DE PVC SP .....	38
TABLA 20 VALORES RECOMENDADOS DE LA LONGITUD EQUIVALENTE "LE/D" PARA LOS ACCESORIOS DE PVC .....	38
TABLA 21 TABLA DE PÉRDIDAS DE CARGA LOCAL Y CAUDAL DE CODO 90° PVC SP DE $\frac{3}{4}$ " .....	39
TABLA 22 TABLA DE PÉRDIDAS DE CARGA LOCAL Y CAUDAL DE TEE DE PASO DIRECTO DE PVC SP DE $\frac{3}{4}$ " .....	39
TABLA 23 TABLA DE PÉRDIDAS DE CARGA LOCAL Y CAUDAL DE TEE DE PASO LATERAL DE PVC SP DE $\frac{3}{4}$ " .....	40
TABLA 24 TABLA DE PÉRDIDAS DE CARGA LOCAL DE REDUCCIÓN PVC SP DE $\frac{3}{4}$ " A $\frac{1}{2}$ " .....	41
TABLA 25 TABLA DE PÉRDIDAS DE CARGA LOCAL Y CAUDAL DE CODO 90° PVC SP DE $\frac{1}{2}$ " .....	42
TABLA 26 TABLA DE PÉRDIDAS DE CARGA LOCAL Y CAUDAL DE TEE DE PASO DIRECTO DE PVC SP DE $\frac{1}{2}$ " .....	42
TABLA 27 TABLA DE PÉRDIDAS DE CARGA LOCAL Y CAUDAL DE TEE DE PASO LATERAL DE PVC SP DE $\frac{1}{2}$ " .....	43
TABLA 28 TABLA DE PÉRDIDAS DE CARGA LOCAL Y CAUDAL DE VÁLVULA DE PVC SP DE $\frac{3}{4}$ " .....	44
TABLA 29 TABLA DE PÉRDIDAS DE CARGA LOCAL Y CAUDAL DE VÁLVULA VERTICAL DE PVC SP DE $\frac{1}{2}$ " .....	45
TABLA 30 RESULTADOS DE PRUEBAS DE KOLMOGOROV - SHAPIRO WILK -PROGRAMA IBM SPSS .....	47

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene la finalidad de construir un circuito hidráulico de tuberías de instalación sanitaria de una batería de baños, con diámetros de 1/2", 3/4", accesorios, válvulas de control para el cálculo de pérdidas locales. Este sistema permitirá calcular las pérdidas de carga y determinar las longitudes equivalentes de los accesorios utilizados.

El diseño de la presente investigación es de tipo Experimental, a nivel Preexperimental, la cual facilitará la validación de la hipótesis planteada. A través de este enfoque, se podrán obtener conclusiones sólidas y formular recomendaciones basadas en los resultados obtenidos, aportando así al progreso de esta área de investigación.

Mediante las mediciones realizadas con el manómetro, se determinó que las longitudes equivalentes "Le/D" dependen del caudal de suministro; y también del diámetro del accesorio. Los resultados experimentales mostraron que estas longitudes equivalentes son inversamente proporcionales al caudal de suministro y directamente proporcionales al diámetro del accesorio. Este hallazgo resalta la importancia de ambos factores en el comportamiento del sistema, lo cual resulta fundamental para el análisis y diseño eficiente de sistemas de flujo.

En el marco de la investigación, a través del análisis de los monogramas, se observó que las pérdidas de carga local en los accesorios de PVC evaluados son directamente proporcionales al caudal de suministro que circula a través de la red.

**Palabras claves:** Longitudes equivalentes, pérdidas de carga.

## ABSTRACT

The purpose of this research is to construct a hydraulic circuit for plumbing pipes in a bathroom installation, with diameters of 1/2", 3/4", fittings, and control valves for calculating local losses. This system will allow for calculating pressure losses and determining the equivalent lengths of the fittings used.

The present research is designed as experimental, at a pre-experimental level, which will facilitate the validation of the proposed hypotheses. Through this approach, solid conclusions can be drawn and recommendations formulated based on the results obtained, thus contributing to the progress of this area of research.

Through pressure gauge measurements, it was determined that the equivalent lengths " $L_e/D$ " depend on the supply flow rate and also on the fitting diameter. The experimental results showed that these equivalent lengths are inversely proportional to the supply flow rate and directly proportional to the fitting diameter. This finding highlights the importance of both factors in system behavior, which is essential for the efficient analysis and design of flow systems.

Within the framework of the research, through the analysis of monograms, it was observed that the local pressure losses in the PVC fittings evaluated are directly proportional to the supply flow circulating through the network

## I. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación, titulado “Determinación de longitudes equivalentes en accesorios de  $\frac{1}{2}$ ” y  $\frac{3}{4}$ ” en un diseño piloto de instalación sanitaria para edificaciones”, su desarrollo se apoya en la aplicación de los principios esenciales de la mecánica de fluidos

Para garantizar un transporte eficiente de un fluido, es esencial impulsarlo mediante una red de tuberías diseñada y construida específicamente para este propósito, para ello, se hizo uso de una bomba. El proceso de bombeo consiste en suministrar energía cinética y potencial al líquido, lo que posibilita su movimiento de un lugar a otro. Esta energía permite que el fluido circule a través de la tubería o red de tuberías, realizando un trabajo efectivo. La creación de un circuito hidráulico de tuberías para una batería de baños permitirá realizar pruebas para medir las pérdidas generadas en las tuberías, accesorios y la presión dentro del sistema

Actualmente, se dispone de tablas elaboradas bajo condiciones diferentes a las de nuestra localidad, creadas por autores, que proporcionan valores de “k” y “Le/D” para ciertos accesorios. Sin embargo, estas tablas no cubren la totalidad de los accesorios utilizados en las instalaciones de agua de edificaciones. Esta limitación motivó a la investigación, con el objetivo de generar información relevante y precisa para nuestro contexto. Como resultado, se obtuvo tablas con los valores de “Le/D”, así como la construcción de un monograma de Caudal vs Pérdida de Carga Local en Accesorios para diámetros de  $\frac{1}{2}$ ” y  $\frac{3}{4}$ ”, utilizados en instalaciones de agua, específicamente en materiales como PVC.

Este trabajo busca llenar un vacío de información y proporcionar herramientas prácticas que contribuyan al diseño y optimización de sistemas de tuberías en edificaciones.

## 1.1 Objetivo

Determinar las longitudes equivalentes en accesorios, de diámetros de 1/2", 3/4", en diseño piloto de instalación sanitaria de una edificación en el distrito de Independencia – Huaraz - Áncash 2022.

### 1.1.1 Objetivo Específico

- ✓ Diseñar un circuito hidráulico de tuberías de instalación sanitaria de una batería de baños, con diámetros de 1/2" y 3/4", accesorios, válvulas de control, para el cálculo de pérdidas locales.
- ✓ Determinar de manera experimental las pérdidas locales "Le/D" para los accesorios de PVC C-10 a simple presión, según la NTP. 339.002:2015 de diámetros de 1/2" y 3/4", empleando manómetro.
- ✓ Construir un monograma la relación Caudal vs pérdida de carga local en los accesorios de agua fría de PVC, para diámetros de 1/2" y 3/4".

## 1.2 Hipótesis

Las longitudes equivalentes en accesorios de diámetro 1/2" y 3/4" en diseño piloto en instalación sanitaria depende del caudal que abastece, en el distrito de Independencia – Huaraz – Áncash 2022.

## 1.3 Variables

### 1.3.1 Variable Independiente

Diseño piloto de una instalación sanitaria.

### 1.3.2 Variable Dependiente

Longitudes equivalentes en accesorios de diámetro de 1/2" y 3/4"

Tabla 1. Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Escala de medición
<b>Variable Independiente:</b> Diseño piloto de una instalación sanitaria.	Es la distribución de redes de tuberías y accesorios que alimentan a aparatos sanitarios que componen un baño.	Mediante el uso de tuberías de PVC de simple presión y accesorios, se construirá un circuito la cual podrá realizar la simulación de la instalación de un piloto de baño.	Variables del circuito	Diámetro	mm	De razón
				Caudal	l/min	
				Velocidad	m/s	
				Tiempo	min	
<b>Variable Dependiente:</b> Longitudes equivalentes en accesorios de diámetro de 1/2" y 3/4"	La Longitud Equivalente se refiere a la perdida asignada a cada accesorio dentro del sistema, en comparación a un tramo de tubería recta.	Mediante la utilización de manómetros, cada accesorio en el sistema presenta una curvatura, diámetro y forma, la puede ser medido haciendo uso los manómetros manuales, y finalmente calculado por fórmulas matemáticos	Pérdidas Locales	Longitudes Equivalentes	m	De razón
				Pérdida de Carga	m	
				Presión	m.c.a	
				Gradiente hidráulica	m	

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes

#### 2.1.1 A Nivel Internacional

**Victoria Ponce**, en su tesis titulada: *“Manual para ensayo de pérdidas de energía en accesorios de tubería del laboratorio de hidráulica”*, Guatemala, (2006). Analizó experimentalmente que la pérdida por fricción “ $hf$ ”, depende del material de la tubería, su estado (nueva, usada o en uso) su longitud, su diámetro y la velocidad del flujo. En cuanto a los resultados de los factores de pérdida  $K$  para los diferentes accesorios evaluados en el equipo, se nota que se encuentran dentro de rangos aceptables. Esto se debe a que no existe un valor de  $K$  fijo para un tipo específico de accesorio, ya que este factor varía según el material y las especificaciones del fabricante, incluso cuando se trata del mismo modelo de accesorio (válvula, codo o conexión).

**Lara Salcedo**, en su tesis titulada: *“Diseño y Construcción de un Banco de Pruebas para la Medición de Caudal y Caída de Presión en Tuberías Paralelas Accesorios”*, Colombia, (2011). Las tuberías de Hierro Galvanizado siendo de un material de mayor rugosidad mostraron un mayor porcentaje de error en las mediciones de caudal, lo que el material influye significativamente en el flujo del fluido a través del ducto. En este estudio, se compararon materiales como el PVC y el Hierro Galvanizado. Esto confirma que a mayor rugosidad, mayores son las pérdidas de energía, ya que el fluido tiende a adherirse más a las paredes de la tubería.

**Guanutaxi Yambombo**, en su tesis titulada: *“Diseño y Construcción de un Banco de Pruebas para Ensayos de Pérdida de Carga en Tuberías y Accesorios”*, Ecuador, (2012). Evaluó que el coeficiente de resistencia “ $K$ ” en los accesorios no es un valor fijo, debido a que varía en función del caudal que se maneje y de la geometría y tipo de accesorio que utilice el fabricante.

## 2.1.2 A Nivel Nacional

**Solano Poma, en su tesis titulada: “Diseño y Construcción de un Banco de Ensayo para el Estudio de Pérdidas de Carga por Fricción y Singularidad”, Lima, (2015).** Diseñó y construyó un banco hidráulico con el propósito de analizar y medir las pérdidas de presión en los accesorios elaborados en materiales como PVC y Polipropileno. Los resultados demostraron que las pérdidas de carga aumentan de manera progresiva conforme se incrementa el caudal, ya sea por fricción o por singularidades. Además, se concluyó que las pérdidas de carga son más significativas en los accesorios de tipo expansión en comparación con los de tipo reducción.

**Luis Hanco y Jhon Choquehuanca, en su tesis titulada: “Diseño y construcción de un banco Hidráulico de tuberías para el cálculo de pérdidas de carga”, Cusco, (2018).** Comparó el comportamiento de las pérdidas de carga continuas, basado en la teoría del libro *Mecánica de Fluidos* de Robert Mott, coincidiendo con los resultados obtenidos en la práctica mediante el uso del manómetro en U. Por otro lado, la evaluación del coeficiente de resistencia “k” del Manual de Hidráulica de Azevedo Netto, utilizado para calcular las pérdidas de carga locales, se ajusta de manera más precisa a los datos experimentales obtenidos en las mediciones de pérdidas de carga locales.

**Carolayn Pereira, en su tesis titulada: “Análisis comparativo de los valores “k”, de pérdida de carga local en accesorios de 3/4”, 1/2” y de 1” de diámetro de fierro galvanizado y PVC, dados por las bibliografías con respecto a los hallados experimentalmente en el laboratorio de hidráulica de la universidad andina del Cusco”. Cusco, (2016).** A través de procesos experimentales, validó que, a diferencia porcentual al comparar los valores “k” de pérdida de carga local en accesorios de agua de 3/4”, 1/2” y 1” de diámetro, fabricados en F°G° y PVC, entre los datos bibliográficos (Munson B. R., Alfonso y Azevedo) y los obtenidos experimentalmente, es del 20% de variación, debido a los

experimentos en el laboratorio. Asimismo, se identificó que la relación entre el caudal y la pérdida de carga local en los accesorios de agua depende tanto del diseño del empalme como del material utilizado en su fabricación. Asimismo, se resalta que las pérdidas de carga aumentan de manera progresiva conforme se incrementa el caudal.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Instalaciones sanitarias**

Según Castillo Anselmi, (2012) las instalaciones sanitarias en edificaciones se definen como sistemas compuestos por una red de tuberías, piezas especiales, accesorios, equipos, accesorios y otros componentes. Su principal función es transportar fluidos, como el agua potable, para su uso dentro de las edificaciones, así como evacuar los residuos líquidos, como las aguas servidas, hacia el exterior.

### **2.2.2 Instalaciones sanitarias en edificaciones**

Según Castillo Anselmi, (2012) define que son las diversas actividades que el ser humano realiza dentro de las edificaciones, ya sean de tipo doméstico, comercial, industrial, social, deportivo, entre otras, requieren no solo de servicios básicos vinculados a la salud humana, sino también de otros servicios especiales que responden a necesidades de comodidad y facilidad. Estos servicios se proporcionan a través de sistemas conocidos como “instalaciones sanitarias”.

### **2.2.3 La hidráulica y la mecánica de los fluidos**

Para Mott, (2006) la hidráulica es una de las áreas fundamentales de la Ingeniería Sanitaria, enfocada en resolver problemas asociados con el uso y manejo de fluidos, especialmente el agua. Por su parte, la mecánica de fluidos se dedica al estudio del comportamiento de los fluidos, tanto en

estado de reposo (estática de fluidos) como en movimiento (dinámica de fluidos).

#### **2.2.4 Definición de fluido**

Para Mott, (2006) un fluido es una sustancia que experimenta una deformación constante cuando se le aplica una fuerza cortante, independientemente de la magnitud de esta.

#### **2.2.5 Propiedades físicas de los fluidos**

##### **2.2.5.1 Densidad**

Según Judge Giles y Cheng, (2003) la densidad se define como la relación entre la masa de una sustancia y el volumen que ocupa.

##### **2.2.5.2 Peso específico**

Según Judge Giles y Cheng, (2003) el peso específico de una sustancia se refiere al peso que corresponde a una unidad de volumen de dicha sustancia.

##### **2.2.5.3 Viscosidad dinámica**

Para Mott, (2006) cuando un fluido se encuentra en movimiento, en su interior se genera un esfuerzo cortante cuya magnitud está determinada por su viscosidad. Este esfuerzo, representado por la letra griega  $\tau$  (tau), se describe como la fuerza requerida para desplazar una capa de área unitaria de un material sobre otra. En consecuencia,  $\tau$  se expresa como el cociente entre la fuerza y el área, y sus unidades de medida pueden ser N/m<sup>2</sup> (Pa) o lb/ft<sup>2</sup>.

#### **2.2.5.4 Viscosidad cinemática**

Según Mott, (2006) es una característica de los fluidos que indica qué tanto se oponen al flujo cuando actúa la fuerza de gravedad, teniendo en cuenta tanto la viscosidad dinámica (o absoluta) como la densidad del fluido. Es una medida importante en mecánica de fluidos y se utiliza para caracterizar el comportamiento de los fluidos en diferentes aplicaciones, como el flujo en tuberías, la lubricación o el movimiento de fluidos en medios porosos.

#### **2.2.5.5 Presión**

Para Judge Giles y Cheng, (2003) el concepto de presión describe los efectos de una fuerza que se distribuye sobre una superficie. Esta fuerza puede ser ejercida por un sólido, un líquido o un gas. En muchos casos, la fuerza que genera la presión es el peso de un cuerpo o material.

#### **2.2.6 Presión de un fluido**

Para Judge Giles y Cheng, (2003) la presión de un fluido se distribuye con la misma intensidad en todas las direcciones y actúa de forma perpendicular sobre cualquier superficie plana. En un mismo nivel horizontal, la presión en un líquido tiene el mismo valor en todos sus puntos. Para medir la presión, se utilizan manómetros, los cuales pueden presentarse en diversas formas.

#### **2.2.7 Medición de la presión**

Para Judge Giles y Cheng, (2003) la presión, se elige un punto de referencia arbitrario, que suele ser el vacío total (cero absolutos) o la presión atmosférica del entorno. Si la presión se expresa en función de la presión atmosférica local, se le llama "presión manométrica o relativa". En cambio, cuando se mide tomando como referencia el vacío total, se conoce como "presión absoluta".

## **2.2.8 Caudal**

Mataix, (1986) sostiene que el caudal es la cantidad de fluido que fluye a través de una sección específica en un determinado intervalo de tiempo.

## **2.2.9 Regímenes de flujo**

### **2.2.9.1 Régimen laminar**

Para Judge Giles y Cheng, (2003) el flujo laminar, las partículas del fluido se desplazan siguiendo trayectorias paralelas, formando capas o láminas. Las velocidades entre estas capas no son iguales. Este tipo de flujo sigue una ley que establece una relación entre la tensión cortante y la velocidad de deformación angular, donde la tensión cortante se obtiene al multiplicar la viscosidad del fluido por el gradiente de velocidades.

### **2.2.9.2 Régimen turbulento.**

Judge Giles y Cheng, (2003) define que el flujo turbulento, el movimiento de las partículas del fluido es desordenado e impredecible.

### **2.2.9.3 Régimen transición**

Judge Giles y Cheng, (2003) define que es un estado intermedio entre laminar y turbulento.

## **2.2.10 Ecuación de continuidad**

Mott, (2006) se refiere a la energía que se disipa cuando un fluido circula a través de válvulas y accesorios, donde debe seguir trayectorias, acelerar, desacelerar o cambios de dirección del fluido.

### 2.2.11 Ecuación general de la energía

Según Judge Giles y Cheng, (2003) esta ecuación se deriva al aplicar el principio de conservación de la energía de un fluido. La energía total de un fluido en movimiento está compuesta por la energía interna, así como por las energías asociadas a la presión, la velocidad y su posición en el espacio.

### 2.2.12 Interpretación de la ecuación de Bernoulli

Para Mott, (2006) cada término en la ecuación de Bernoulli representa una forma de energía que el fluido posee por unidad de peso mientras se desplaza dentro del sistema. La unidad de medida de estos términos es el metro (m), lo que se interpreta como una altura dentro del análisis del flujo.

### 2.2.13 Número de Reynolds

Según (Mott, 2006), Osborne Reynolds, a través de su investigación, descubrió que el tipo de flujo dentro de una tubería, ya sea laminar o turbulento, depende de factores como el diámetro de la tubería, la densidad y viscosidad del fluido, así como la velocidad del flujo. Estas cuatro variables se combinan en una expresión adimensional conocida como el número de Reynolds, el cual permite predecir el régimen de flujo.

El número de Reynolds puede interpretarse como la relación entre las fuerzas dinámicas asociadas al movimiento del fluido y las fuerzas viscosas que se oponen a su deformación. En otras palabras, representa el equilibrio entre la inercia del fluido y los efectos de la viscosidad, lo que resulta clave para entender el comportamiento del flujo en diferentes condiciones.

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

Dónde:

$N_R$  = Número de Reynolds.

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

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

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

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

### Condiciones del flujo según Reynolds

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

#### 2.2.14 Pérdida de energía en un sistema a presión de un flujo incompresible

Para Ponce Victoria, (2006), cuando el agua fluye a través de una tubería, posee una velocidad que representa energía cinética. Sin embargo, debido a la fricción entre el líquido y la pared de la tubería, parte de esta velocidad se pierde. Cuanto mayor sea la velocidad del agua, mayor será la fricción generada.

#### 2.2.15 Pérdidas de carga continua o por fricción en tuberías

Según Mott, (2006) las pérdidas de fricción en las tuberías, provoca un esfuerzo cortante entre estas capas del fluido, lo que genera una pérdida de energía al vencer las fuerzas de fricción. No obstante, debido a la naturaleza ordenada y predecible de este tipo de flujo, es posible establecer una relación entre la pérdida de energía y los parámetros medibles del sistema.

### 2.2.16 Ecuación de Darcy - Weisbach

Según Mott, (2006) se entiende como la pérdida de energía dentro del sistema. Siendo en parte consecuencia de la fricción que enfrenta el fluido al moverse. En el caso del flujo a través de las tuberías, está directamente relacionada con la carga de velocidad del flujo y con la proporción entre la longitud y el diámetro de la corriente. Esta relación se expresa matemáticamente mediante la ecuación de Darcy.

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

Dónde:

$h_f$  = Pérdida de carga por fricción (m).

L = Longitud de la corriente del flujo (m).

D = Diámetro interno de la tubería (m).

$v$  = Velocidad promedio del flujo (m/s).

f = Factor de fricción (adimensional).

### 2.2.17 Coeficiente de fricción

Para Azevedo Netto, (1975) el coeficiente (f), es una cantidad adimensional, depende principalmente del número de Reynolds y de la rugosidad relativa de la tubería. La rugosidad de las paredes internas de los tubos, representada por la altura ( $\epsilon$ ) de las asperezas, puede cuantificarse a través de la relación  $\epsilon / D$ , donde D es el diámetro de la tubería. Esta relación, conocida como rugosidad relativa, es un factor clave para determinar el coeficiente de fricción y, por ende, las pérdidas de energía en el flujo.

**a) Determinar el coeficiente de fricción para régimen laminar**

- Para valores de número de Reynolds entre 0 y 2000, independientemente del tipo de fluido o tubería, Hagen y Poiseuille establecieron la siguiente ecuación.

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

**b) Determinar el coeficiente de fricción para régimen de transición**

- Cuando el número de Reynolds se encuentra entre 2000 y 4000, el flujo entra en una zona crítica, lo que hace que el valor de  $f$  sea impredecible.

**c) Determinar el coeficiente de fricción para régimen de transición**

- Para valores de Reynolds iguales o superiores a 4000, P. K. Swamee y A. K. Jain establecieron la siguiente ecuación

$$f = \frac{0.25}{[\log(\frac{\epsilon/D}{3.7} + \frac{5.74}{NR^{0.9}})]^2}$$

Dónde:

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

$N_R$  = Número de Reynolds.

$g$  = Aceleración de la gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>).

### 2.2.18 Rugosidad Relativa

Para Mott, (2006) es una relación entre la rugosidad promedio de la pared, también denominada rugosidad absoluta ( $\epsilon$ ), y el diámetro interno (D) de la tubería es un factor crucial. Dado que la rugosidad puede presentar irregularidades, se emplean valores promedio para su determinación.

Para la selección adecuada, se deben considerar los siguientes aspectos:

- Material con el que está fabricada la tubería o conducto.
- Proceso de fabricación de la tubería.
- Características del líquido que se transportará.
- Tiempo de uso del conducto o tubería.

**Tabla 2 Rugosidad de los materiales**

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

Fuente: Mott, (2006).

### 2.2.19 Ecuación de las pérdidas de carga por accesorios.

Según Mott, (2006) las pérdidas de carga están relacionadas directamente con la velocidad del fluido al pasar por elementos como codos, expansiones, contracciones de la sección del flujo o válvulas. Estas pérdidas suelen expresarse entre el producto del coeficiente K y la velocidad.

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

La forma precisa de calcular el coeficiente de resistencia K en válvulas o acoplamientos se obtiene a través de la siguiente ecuación.

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

Dónde:

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

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

$v$  = Velocidad promedio del flujo (m/s).

### 2.2.20 Longitud de tubería equivalente

Mataix, (1986) sostiene que las pérdidas de energía causadas por los accesorios en términos de una longitud equivalente de tubería ( $L_e/D$ ) tenga el un mismo valor; es decir que la pérdida de carga generada por un accesorio específico sea igual a la que se produciría en un tramo recto de tubería de cierta longitud y del mismo diámetro. De esta manera, se simplifica el cálculo de las pérdidas en el sistema al convertir los efectos de los accesorios en longitudes equivalentes de tubería.

**Tabla 3 Resistencia de longitud equivalente en número de diámetros de tubería**

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

Fuente: Mott, (2006)

**Tabla 4 Longitudes Equivalentes Representativas "Le/D"**

<b>Tipo</b>	<b>"Le/D"</b>
Codo estándar a 90°	30
Codo 45°	16
Retorno 180°	50
Tee paso directo	20
Tee salida lateral	60

Fuente: Fox, (1992).

### **2.3 Definición de términos básicos**

✓ **Tuberías:**

Victoria Ponce, (2006) refiere que es un conducto compuesto por tubos diseñados para el transporte de gases combustibles, agua, entre otros fluidos.

✓ **Diámetro:**

Victoria Ponce, (2006) señala que es un segmento recto que conecta dos puntos de una circunferencia, una curva cerrada o la superficie de una esfera, pasando por su centro.

✓ **Accesorios:**

Poma Solano, (2015) define que son componentes diseñados para conectar, redirigir, controlar el flujo o facilitar la instalación.

✓ **Manómetro:**

Poma Solano, (2015) especifica que, un manómetro de presión hidráulica es un instrumento que se utiliza para medir la presión de un líquido en un circuito cerrado. La medida se puede representar en varias unidades siendo las más utilizadas en psi y bar (bares).

✓ **Pérdidas de carga en tuberías:**

Mott, (2006) enfatiza que las pérdidas singulares son las producidas por cualquier obstáculo colocado en la tubería y que suponga una mayor o menor obstrucción al paso del flujo: entradas y salidas de las tuberías, codos, válvulas, cambios de sección, etc.

✓ **Pérdidas por fricción o longitudinales:**

Mott, (2006) enfatiza que estas pérdidas se refieren a la disminución de energía que experimenta el fluido al circular por una tubería, como consecuencia de la resistencia que la superficie interna de la cañería ejerce sobre el agua.

✓ **Pérdidas localizadas (accesorios):**

Mataix, (1986) Señala que las pérdidas de energía, también conocidas como pérdidas menores o secundarias, ocurren cuando el flujo de agua se ve alterado debido a cambios en la dirección o en la sección transversal de la tubería. Estas pérdidas son generadas por elementos como codos, válvulas, reducciones de diámetro u otros obstáculos que interrumpen el flujo rectilíneo del agua, provocando disipación de energía.

### III. MARCO METODOLÓGICO

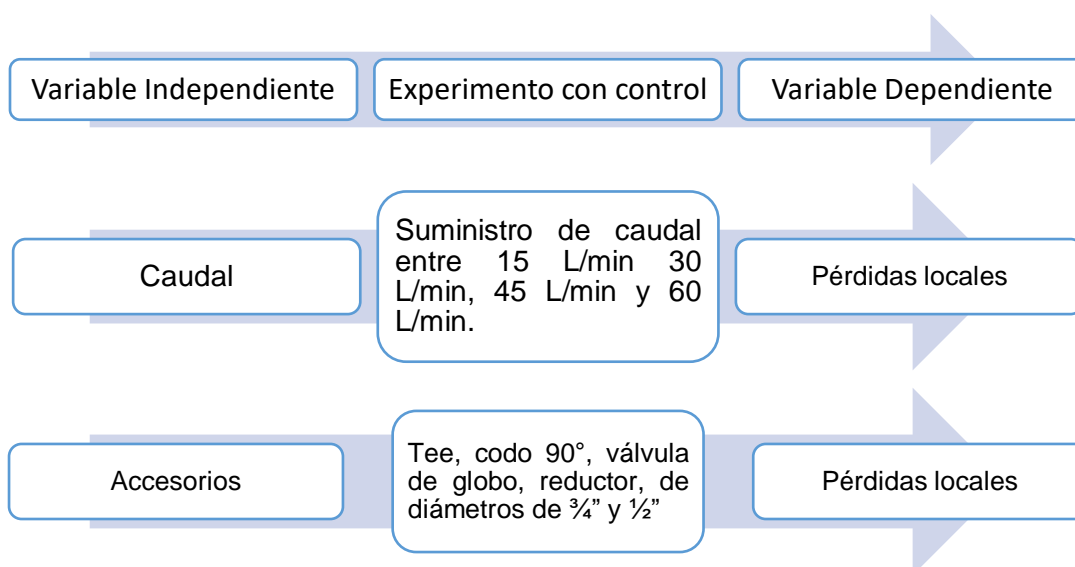
#### 3.1 Tipo de investigación

El estudio de esta investigación es de tipo DESCRIPTIVO, ya que se basa en la observación de los fenómenos en su entorno natural para su análisis. Esto implica la realización de comparaciones entre diferentes grupos o subgrupos de indicadores. En este caso, se busca determinar las longitudes equivalentes en accesorios de diámetros de  $\frac{1}{2}$ " y  $\frac{3}{4}$ " mediante el uso de manómetros.

#### 3.2 Diseño de investigación

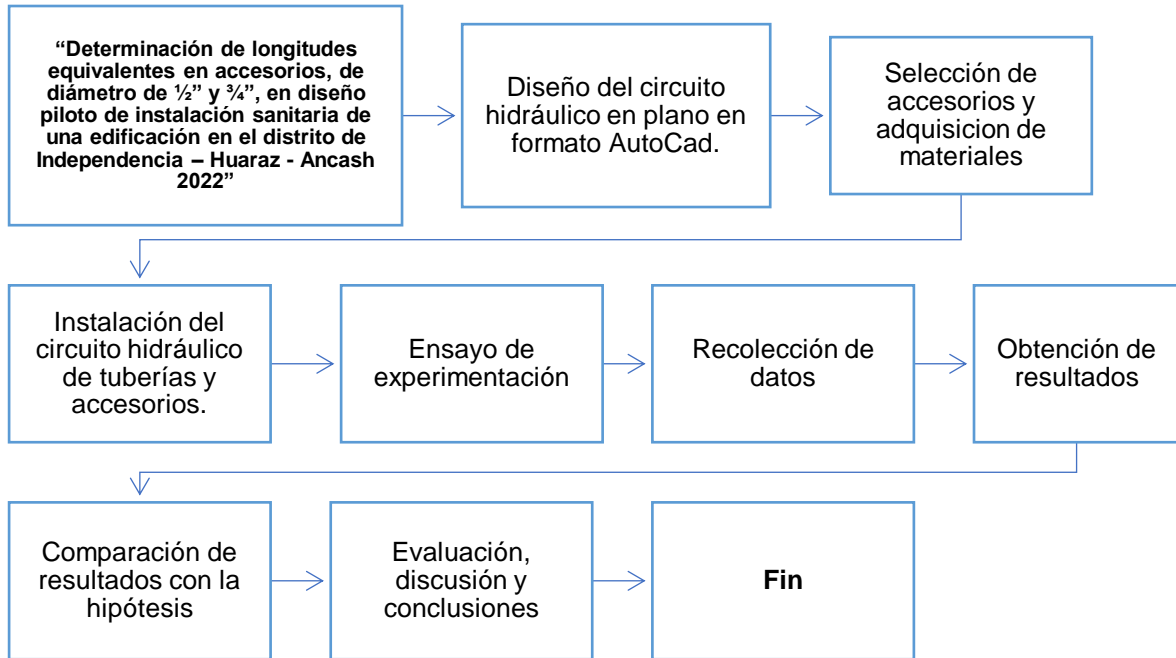
El diseño de la presente investigación es de tipo Experimental, a nivel Preexperimental.

Debido que, según el tema de investigación, se manipularan en un grado mínimo una o más variables independientes como son los caudales y tipo de accesorios, el grado de manipulación es la variación de caudales y el tipo de accesorio, para analizar las consecuencias que la manipulación del caudal y accesorios. Se tiene la variable dependiente como es principalmente las pérdidas locales en los accesorios.



### 3.3 Método (proceso)

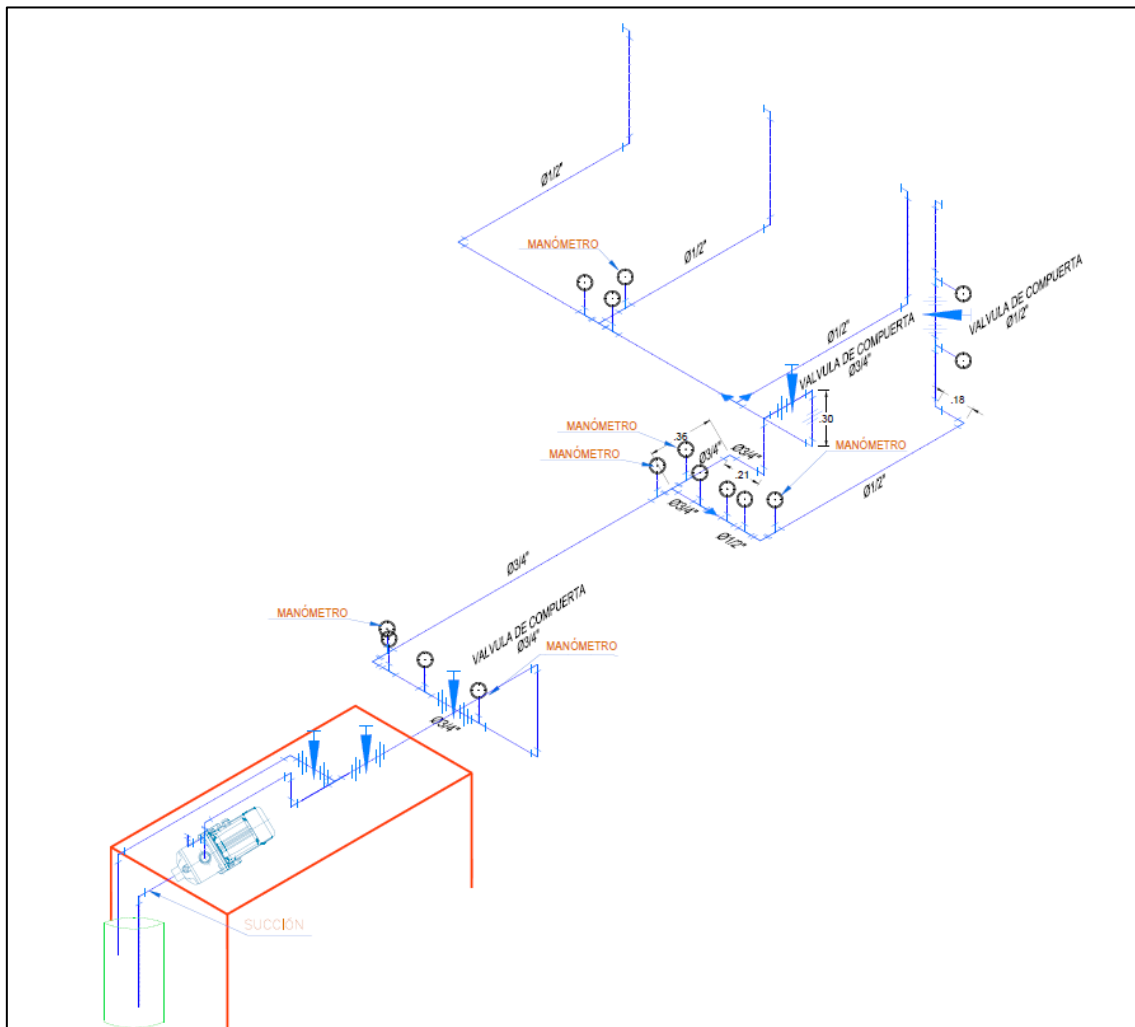
Consistirá en el cálculo de la longitud equivalente, a partir de manómetros de presión hidráulica, lo que permitirá evaluar las pérdidas de carga de los accesorios y válvulas en agua fría.



### 3.4 Técnicas

Consiste en el diseño del circuito hidráulico donde se evaluará las pérdidas locales en los diferentes accesorios de PVC simple presión.

Figura 1 Esquema Isométrico de modelo de circuito hidráulico de tuberías



### 3.4.1 Diseño y construcción del circuito hidráulico de tuberías

#### 3.4.1.1 Instrumentos

##### ➤ Materiales y herramientas

- ✓ Tuberías PVC SP Nicoll diámetros  $\frac{3}{4}$ " y  $\frac{1}{2}$ ", según la NTP. 339.002:2015
- ✓ Accesorios PVC SP Nicoll diámetros  $\frac{3}{4}$ " y  $\frac{1}{2}$ ", según la NTP. 339.002:2015
- ✓ Válvulas Roscada METUSA de diámetros  $\frac{3}{4}$ " y  $\frac{1}{2}$ ", según la NTP. 339.002:2015
- ✓ Cemento transparente para PVC.
- ✓ Bomba de agua MARCATTO de 1 hp.
- ✓ Contenedor de vidrio de 0.50 m x 0.30 m, para aforo de caudales.
- ✓ Manómetro Digital SPR.
- ✓ Termómetro

### 3.4.1.2 Esquema del diseño del circuito hidráulico

Figura 2 Diseño del circuito hidráulico



Figura 3 Esquema de evaluación N° 01

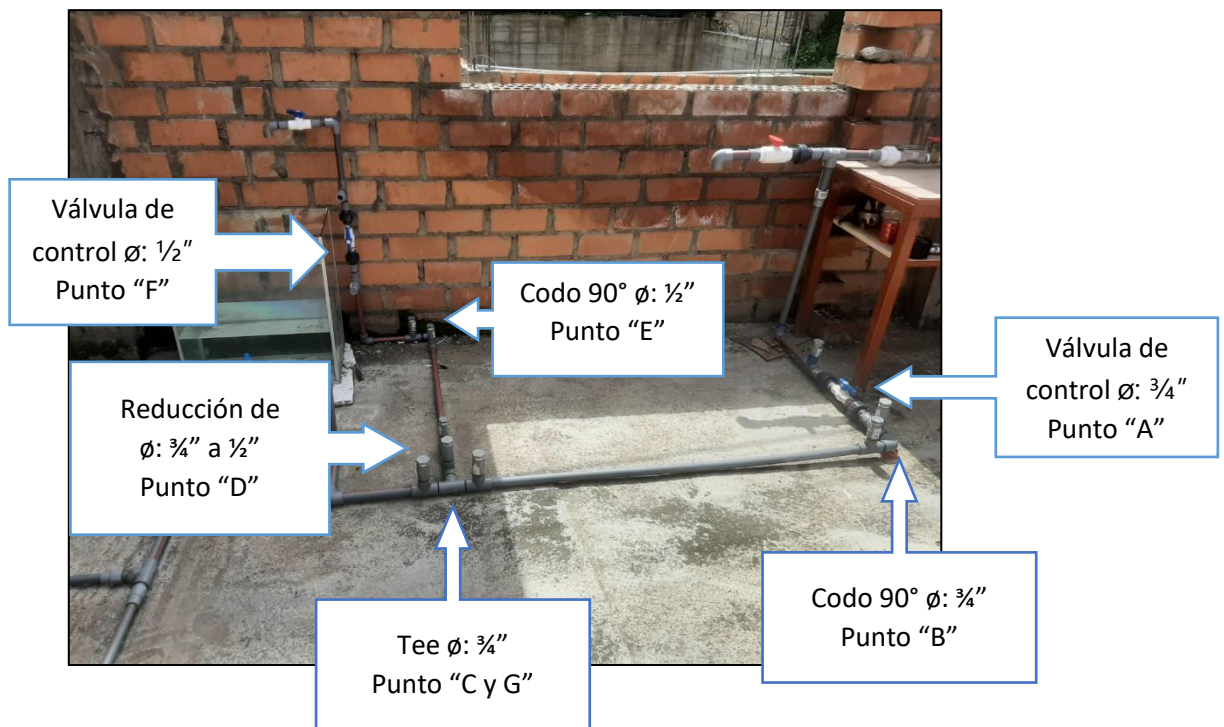
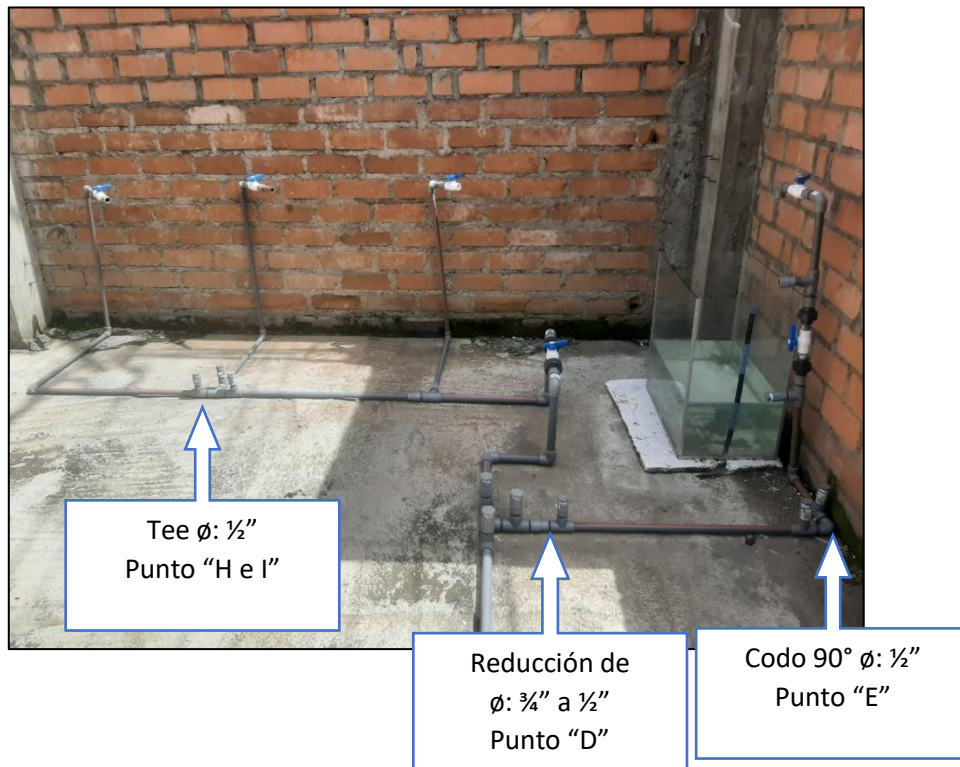


Figura 4 Esquema de evaluación N° 02



1. Se encendió la bomba y con contenedor de vidrio de 0.50 m x 0.30 m, se empezó a aforar los caudales requeridos para las diferentes pruebas. Se estranguló las válvulas colocadas a cada punto de salida para obtener el caudal requerido. Se trabajaron con los siguientes caudales:

- ✓ 15 L/min
- ✓ 30 L/min,
- ✓ 45 L/min
- ✓ 60 L/min.

**Figura 5 Arranque de la bomba, y puesta en marcha para las pruebas.**



2. Se procedió a instalar el manómetro con el fin de obtener las lecturas correspondientes del aparato
3. Los datos obtenidos de la experimentación se recopilaron en una vivienda situada en un sector del Barrio de Palmira, perteneciente al distrito de Independencia, en la provincia de Huaraz. Para cada medición de caudal, se decidió realizar cinco pruebas, ya que se observó que las diferencias entre los resultados de cada prueba eran mínimas y prácticamente insignificantes.

**Figura 6 Manómetro Digital**



4. En cada prueba, se registraron las diferentes alturas indicadas por el manómetro, correspondientes a los valores de (hi) y (hs). Estos

datos, que se encuentran detallados en las tablas, se utilizaron para calcular la pérdida de carga local en los accesorios mediante la siguiente fórmula:

$$hL = h_i - h_s$$

Donde:

- ✓  $hL$ : Representa la pérdida de carga local en los accesorios, medida en psi.
- ✓  $h_i$ : Es la lectura inicial en el manómetro relacionada con un accesorio, medida en psi.
- ✓  $h_s$ : Es la lectura final en el manómetro relacionada con un accesorio, expresada en psi.

Con esta información, se procedió a determinar las pérdidas de carga en los accesorios de manera precisa y sistemática.

### 3.5 Población y muestra

#### 3.5.1 Población

En la presente investigación, se registró un caudal total suministrado de 27,000 L/min, debido a que cada accesorio evaluado requirió 5 puntos de lectura en cada caudal trabajado, durante un período 4 horas al día. Este caudal representa la población de estudio

#### 3.5.2 Muestreo

En el estudio, los caudales de muestreo corresponden a los valores utilizados en el piloto experimental, los cuales fueron seleccionados para evaluar el comportamiento del sistema bajo diferentes condiciones de flujo. Los caudales trabajados fueron los siguientes: 15 L/min, 30 L/min, 45 L/min y 60 L/min.



Muestreo: No Probabilística, ya que este tipo de selección es fundamental en estudios descriptivos, donde se busca estimar variables dentro de una población. Dichas variables son medidas y analizadas mediante pruebas estadísticas aplicadas a la muestra.

### 3.6 Instrumentos de validación de recolección de datos

#### 3.6.1 Etapas del proceso de la investigación

##### 3.6.1.1 Guía de observación de campo

Tabla 5 Formato de recolección y procesamiento de datos para válvulas de PVC de diámetros de  $\frac{3}{4}$ " y  $\frac{1}{2}$ "

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA</b> 																		
Descripción					Caudal			Caudal			Caudal			Caudal				
					15 L/min			30 L/min			45 L/min			60 L/min				
Punto	N° Prueba	Material	Accesorio	Diámetro	hi (psi)	hs (psi)	hL (m)	hi (psi)	hs (psi)	hL (m)	hi (psi)	hs (psi)	hL (m)	hi (psi)	hs (psi)	hL (m)		
Punto A	1	PVC	VÁLVULA	3/4"														
	2																	
	3																	
	4																	
	5																	
Punto F	1	PVC	VÁLVULA VERTICAL	1/2"														
	2																	
	3																	
	4																	
	5																	

**Tabla 6 Formato de recolección y procesamiento de datos para accesorios de PVC de diámetro de 3/4"**

Descripción					Caudal 15 L/min			Caudal 30 L/min			Caudal 45 L/min			Caudal 60 L/min				
Punto	N° Prueba	Material	Accesorio	Diámetro	hi (psi)	hs (psi)	hL (m)	hi (psi)	hs (psi)	hL (m)	hi (psi)	hs (psi)	hL (m)	hi (psi)	hs (psi)	hL (m)		
Punto B	1	PVC SP	Codo 90°	3/4"														
	2																	
	3																	
	4																	
	5																	
Punto G	1	PVC SP	TEE PASO DIRECTO	3/4"														
	2																	
	3																	
	4																	
	5																	
Punto C	1	PVC SP	TEE PASO LATERAL	3/4"														
	2																	
	3																	
	4																	
	5																	
Punto D	1	PVC SP	REDUCCIÓN	3/4" A 1/2"														
	2																	
	3																	
	4																	
	5																	

**Tabla 7 Formato de recolección y procesamiento de datos para accesorios de PVC de diámetro 1/2"**

Descripción					Caudal 15 L/min			Caudal 30 L/min			Caudal 45 L/min			Caudal 60 L/min		
Punto	N° Prueba	Material	Accesorio	Diámetro	hi (psi)	hs (psi)	hL (m)	hi (psi)	hs (psi)	hL (m)	hi (psi)	hs (psi)	hL (m)	hi (psi)	hs (psi)	hL (m)
Punto E	1	PVC SP	Codo 90°	1/2"												
	2															
	3															
	4															
	5															
Punto H	1	PVC SP	TEE PASO DIRECTO	1/2"												
	2															
	3															
	4															
	5															
Punto I	1	PVC SP	TEE PASO LATERAL	1/2"												
	2															
	3															
	4															
	5															

Las guías de observación fueron utilizadas como herramientas fundamentales para la recolección y registro de datos de manera sistemática y ordenada. Este proceso se llevó a cabo durante un período de 20 días, durante los cuales se llevaron a cabo pruebas experimentales para cada uno de los caudales seleccionados: 15 L/min, 30 L/min, 45 L/min y 60 L/min. Durante cada prueba, se registraron las pérdidas locales, tanto iniciales ( $h_i$ ) como finales ( $h_s$ ), del accesorio evaluado. Estos datos permitieron analizar el comportamiento del sistema bajo diferentes condiciones de flujo, asegurando que la información recopilada fuera precisa y confiable para su posterior interpretación y análisis

### 3.6.1.2 Ensayo de las pérdidas de carga local de los accesorios de PVC de agua.

#### Datos obtenidos

Los datos obtenidos en la tabla 8, muestran las pérdidas de carga local de cada accesorio evaluado.

#### Ejemplo:

Para un codo de 90° con un diámetro de 3/4" fabricado en PVC SP, se llevaron a cabo 5 pruebas con un caudal de 15 L/min. Con los datos obtenidos, se procedió a trabajar de la siguiente manera

$$hL = h_i - h_s.$$

Dónde:

$hL$  = Pérdida de carga local en accesorios (m)

$h_i$ : Es la lectura inicial en el manómetro relacionada con un accesorio, medida en psi.

$h_s$ : Es la lectura final en el manómetro relacionada con un accesorio, expresada en psi.

Factor de conversión: 1 psi = 0.704 m.c.a.

**Primer ensayo**

$$hL = (36.7 \text{ psi} - 36.4 \text{ psi}) \times 0.704 \text{ m}$$

$$hL = 0.211 \text{ m}$$

**Segundo ensayo**

$$hL = (36.7 \text{ psi} - 36.5 \text{ psi}) \times 0.704 \text{ m}$$

$$hL = 0.141 \text{ m}$$

**Tercer ensayo**

$$hL = (36.7 \text{ psi} - 36.5 \text{ psi}) \times 0.704 \text{ m}$$

$$hL = 0.141 \text{ m}$$

**Cuarto ensayo**

$$hL = (36.8 \text{ psi} - 36.4 \text{ psi}) \times 0.704 \text{ m}$$

$$hL = 0.282 \text{ m}$$

**Quinto ensayo**

$$hL = (36.7 \text{ psi} - 36.5 \text{ psi}) \times 0.704 \text{ m}$$

$$hL = 0.141 \text{ m}$$

**Tabla 8 Recolección y procesamiento de datos de accesorios de PVC sp, de 3/4"**

Descripción					Caudal 15 L/min			Caudal 30 L/min			Caudal 45 L/min			Caudal 60 L/min		
Punto	N° Prueba	Material	Accesorio	Diámetro	hi (psi)	hs (psi)	hL (m)	hi (psi)	hs (psi)	hL (m)	hi (psi)	hs (psi)	hL (m)	hi (psi)	hs (psi)	hL (m)
Punto B	1	PVC SP	Codo 90°	3/4"	36.7	36.4	0.211	37.1	36.4	0.493	34.9	34.0	0.634	29.7	30.9	0.845
	2				36.7	36.5	0.141	37.0	36.4	0.422	34.9	34.0	0.634	29.7	30.9	0.845
	3				36.7	36.5	0.141	37.1	36.4	0.493	34.9	33.9	0.704	29.7	30.9	0.845
	4				36.8	36.4	0.282	37.1	36.4	0.493	34.9	34.0	0.634	29.7	30.9	0.845
	5				36.7	36.5	0.141	37.0	36.4	0.422	34.9	33.9	0.704	29.7	30.9	0.845
Punto G	1	PVC SP	TEE PASO DIRECTO	3/4"	35.5	35.3	0.141	34.9	34.3	0.422	33.3	32.70	0.422	30.9	29.8	0.774
	2				35.6	35.3	0.211	34.7	34.2	0.352	33.2	32.60	0.422	30.8	29.8	0.704
	3				35.5	35.3	0.141	34.7	34.2	0.352	33.3	32.70	0.422	30.8	29.8	0.704
	4				35.5	35.3	0.141	34.9	34.3	0.422	33.3	32.70	0.422	30.8	29.8	0.704
	5				35.5	35.3	0.141	34.7	34.2	0.352	33.3	32.70	0.422	30.8	29.8	0.704
Punto C	1	PVC SP	TEE PASO LATERAL	3/4"	35.5	35.3	0.14	36.5	35.8	0.49	32.8	32.1	0.49	29.5	28.3	0.84
	2				35.5	35.5	0.00	36.5	35.9	0.42	32.9	32.0	0.63	29.6	28.2	0.99
	3				35.5	35.3	0.14	36.8	35.9	0.63	32.9	32.1	0.56	29.6	28.3	0.92
	4				35.5	35.3	0.14	36.8	35.9	0.63	32.8	32.1	0.49	29.6	28.2	0.99
	5				35.5	35.3	0.14	36.5	35.9	0.42	32.9	32.0	0.63	29.6	28.2	0.99
Punto D	1	PVC SP	REDUCCIÓN	3/4" A 1/2"	35.30	35.10	0.141	35.8	35.1	0.493	32.1	31.3	0.563	28.3	29.1	0.563
	2				35.50	35.20	0.211	35.9	35.2	0.493	32.0	31.3	0.493	28.2	29.1	0.634
	3				35.30	35.20	0.070	35.9	35.2	0.493	32.1	31.3	0.563	28.3	29.0	0.493
	4				35.30	35.10	0.141	35.9	35.2	0.493	32.1	31.3	0.563	28.2	29.1	0.634
	5				35.30	35.20	0.070	35.9	35.2	0.493	32.0	31.3	0.493	28.2	29.0	0.563

**Tabla 9 Recolección y procesamiento de datos de accesorios de PVC sp, de 1/2"**

Descripción					Caudal 15 L/min			Caudal 30 L/min			Caudal 45 L/min			Caudal 60 L/min		
Punto	N° Prueba	Material	Accesorio	Diámetro	hi (psi)	hs (psi)	hL (m)	hi (psi)	hs (psi)	hL (m)	hi (psi)	hs (psi)	hL (m)	hi (psi)	hs (psi)	hL (m)
Punto E	1	PVC SP	Codo 90°	1/2"	37.1	36.7	0.282	34.7	34.0	0.493	32.0	32.8	0.563	28.0	29.1	0.774
	2				37.1	36.7	0.282	34.8	34.0	0.563	32.0	32.7	0.493	28.0	29.1	0.774
	3				37.3	36.8	0.352	34.8	34.0	0.563	32.0	32.8	0.563	28.1	29.1	0.704
	4				37.1	36.7	0.282	34.8	34.0	0.563	32.0	32.8	0.563	28.1	29.1	0.704
	5				37.1	36.8	0.211	34.7	34.0	0.493	32.0	32.8	0.563	28.0	29.0	0.704
Punto H	1	PVC SP	TEE PASO DIRECTO	1/2"	36.6	36.2	0.282	34.5	34.0	0.352	31.4	30.9	0.352	28.6	28.1	0.352
	2				36.5	36.0	0.352	34.4	33.9	0.352	31.4	30.8	0.422	28.7	28.1	0.422
	3				36.6	36.2	0.282	34.4	33.9	0.352	31.4	30.8	0.422	28.6	28.0	0.422
	4				36.6	36.2	0.282	34.4	33.9	0.352	31.3	30.9	0.282	28.6	28.1	0.352
	5				36.6	36.2	0.282	34.4	33.9	0.352	31.3	30.9	0.282	28.6	28.0	0.422
Punto I	1	PVC SP	TEE PASO LATERAL	1/2"	35.6	35.2	0.282	35.8	35.2	0.422	31.8	30.5	0.915	28.5	27.0	1.056
	2				35.7	35.4	0.211	35.7	35.3	0.282	31.8	30.6	0.845	28.4	26.9	1.056
	3				35.7	35.4	0.211	35.8	35.2	0.422	31.8	30.6	0.845	28.4	26.9	1.056
	4				35.6	35.4	0.141	35.8	35.2	0.422	31.9	30.6	0.915	28.4	27.0	0.986
	5				35.6	35.4	0.141	35.8	35.2	0.422	31.8	30.6	0.845	28.4	26.9	1.056

**Tabla 10 Recolección y procesamiento de válvula de D: 3/4" y válvula de vertical de 1/2"**

Descripción					Caudal			Caudal			Caudal			Caudal		
					15 L/min			30 L/min			45 L/min			60 L/min		
Punto	N° Prueba	Material	Accesorio	Diámetro	hi (psi)	hs (psi)	hL (m)	hi (psi)	hs (psi)	hL (m)	hi (psi)	hs (psi)	hL (m)	hi (psi)	hs (psi)	hL (m)
Punto A	1	PVC	VÁLVULA	3/4"	37.1	36.7	0.282	38.5	37.1	0.986	36.7	34.9	1.267	33.5	29.7	2.675
	2				37.0	36.7	0.211	38.3	37.0	0.915	36.5	34.9	1.126	33.5	29.7	2.675
	3				37.0	36.7	0.211	38.3	37.1	0.845	36.7	34.9	1.267	33.6	29.7	2.746
	4				37.0	36.8	0.141	38.5	37.1	0.986	36.7	34.9	1.267	33.6	29.7	2.746
	5				37.1	36.7	0.282	38.3	37.0	0.915	36.7	34.9	1.267	33.6	29.7	2.746
Punto F	1	PVC	VÁLVULA VERTICAL	1/2"	36.2	36.0	0.141	35.9	34.4	1.056	33.9	32.0	1.338	29.7	27.5	1.549
	2				36.2	35.9	0.211	36.0	34.5	1.056	34.1	32.0	1.478	29.7	27.4	1.619
	3				36.3	36.0	0.211	35.9	34.4	1.056	33.9	31.9	1.408	29.7	27.5	1.549
	4				36.3	35.9	0.282	35.9	34.4	1.056	33.9	31.9	1.408	29.7	27.5	1.549
	5				36.2	36.0	0.141	36.0	34.4	1.126	33.9	31.9	1.408	29.7	27.5	1.549

## IV.RESULTADOS

### 4.1 Resultados del ensayo de pérdida de carga local en accesorios de agua de PVC

Tabla 11 Pérdida de carga local en accesorios PVC sp de ¾"

Descripción					Caudal		Caudal		Caudal		Caudal	
					15 L/min		30 L/min		45 L/min		60 L/min	
Punto	N° Prueba	Material	Accesorio	Diámetro	hL (m)	Prom. hL (m)	hL (m)	Prom. hL (m)	hL (m)	Prom. hL (m)	hL (m)	Prom. hL (m)
Punto B	1	PVC SP	CODO 90°	¾"	0.211	0.183	0.493	0.465	0.634	0.662	0.845	0.845
	2				0.141		0.422		0.634		0.845	
	3				0.141		0.493		0.704		0.845	
	4				0.282		0.493		0.634		0.845	
	5				0.141		0.422		0.704		0.845	
Punto G	1	PVC SP	TEE PASO DIRECTO	¾"	0.141	0.155	0.422	0.380	0.422	0.422	0.774	0.718
	2				0.211		0.352		0.422		0.704	
	3				0.141		0.352		0.422		0.704	
	4				0.141		0.422		0.422		0.704	
	5				0.141		0.352		0.422		0.704	
Punto C	1	PVC SP	TEE PASO LATERAL	¾"	0.14	0.113	0.49	0.521	0.49	0.563	0.84	0.943
	2				0.00		0.42		0.63		0.99	
	3				0.14		0.63		0.56		0.92	
	4				0.14		0.63		0.49		0.99	
	5				0.14		0.42		0.63		0.99	
Punto D	1	PVC SP	REDUCCIÓN	¾" A 1/2"	0.141	0.127	0.493	0.493	0.563	0.535	0.563	0.577
	2				0.211		0.493		0.493		0.634	
	3				0.070		0.493		0.563		0.493	
	4				0.141		0.493		0.563		0.634	
	5				0.070		0.493		0.493		0.563	

En la Tabla 11, se observa que la pérdida local en los accesorios de PVC sp, como el codo de 90°, la Tee de paso directo, la Tee de paso lateral y la reducción de diámetros de ¾", presenta una relación directamente proporcional con el caudal de flujo.

La pérdida de carga local en los accesorios no es constante, ya que varía en función del caudal que circula y de la geometría del accesorio. Estos factores influyen directamente en la magnitud de la pérdida de energía, lo que hace que no sea constante.

**Tabla 12 Pérdida de carga local en accesorios PVC sp de 1/2"**

Descripción					Caudal		Caudal		Caudal		Caudal	
					15 L/min		30 L/min		45 L/min		60 L/min	
Punto	N° Prueba	Material	Accesorio	Diámetro	hL (m)	Prom. hL (m)	hL (m)	Prom. hL (m)	hL (m)	Prom. hL (m)	hL (m)	Prom. hL (m)
Punto E	1	PVC SP	CODO 90°	1/2"	0.282	0.282	0.493	0.535	0.563	0.549	0.774	0.732
	2				0.282		0.563		0.774			
	3				0.352		0.563		0.704			
	4				0.282		0.563		0.704			
	5				0.211		0.493		0.704			
Punto H	1	PVC SP	TEE PASO DIRECTO	1/2"	0.282	0.296	0.352	0.352	0.352	0.352	0.352	0.394
	2				0.352		0.352		0.422			
	3				0.282		0.352		0.422			
	4				0.282		0.352		0.282			
	5				0.282		0.352		0.282			
Punto I	1	PVC SP	TEE PASO LATERAL	1/2"	0.282	0.197	0.422	0.394	0.915	0.873	1.056	1.042
	2				0.211		0.282		0.845			
	3				0.211		0.422		0.845			
	4				0.141		0.422		0.915			
	5				0.141		0.422		0.845			

En la Tabla 12, se observa que la pérdida local en los accesorios de PVC sp, para el codo de 90° y el Tee de paso directo y paso lateral, de diámetros de 1/2", presenta una relación directamente proporcional con el caudal de flujo.

El diámetro tiene una influencia inversamente proporcional en la pérdida de carga, ya que, al reducirse el diámetro de la tubería, la velocidad del fluido aumenta significativamente. Por lo tanto, a menor diámetro, mayores serán las pérdidas de carga local, lo que evidencia una relación inversamente proporcional entre estas variables.

En el accesorio tipo Tee, tanto el paso directo como el paso lateral influyen de manera significativa en la pérdida de carga. Sin embargo, se observa que los valores de pérdida son notablemente mayores en el paso lateral en comparación con el paso directo. Esto se debe a que el flujo en el paso lateral experimenta un cambio de dirección más abrupto, lo que genera mayor turbulencia y, por ende, mayores pérdidas de energía.

**Tabla 13 Pérdida de carga local válvula PVC sp de 3/4" y válvula vertical de PVC sp de 1/2"**

Descripción					Caudal		Caudal		Caudal		Caudal	
					15 L/min		30 L/min		45 L/min		60 L/min	
Punto	N° Prueba	Material	Accesorio	Diámetro	hL (m)	Prom. hL (m)	hL (m)	Prom. hL (m)	hL (m)	Prom. hL (m)	hL (m)	Prom. hL (m)
Punto A	1	PVC	VÁLVULA	3/4"	0.282	0.225	0.986	0.929	1.267	1.239	2.675	2.717
	2				0.211		0.915		1.126		2.675	
	3				0.211		0.845		1.267		2.746	
	4				0.141		0.986		1.267		2.746	
	5				0.282		0.915		1.267		2.746	
Punto F	1	PVC	VÁLVULA VERTICAL	1/2"	0.141	0.197	1.056	1.070	1.338	1.408	1.549	1.563
	2				0.211		1.056		1.478		1.619	
	3				0.211		1.056		1.408		1.549	
	4				0.282		1.056		1.408		1.549	
	5				0.141		1.126		1.408		1.549	

En la Tabla 13, se observa que la pérdida local en las válvulas de control de PVC sp de diámetros de 3/4" y 1/2", presenta una relación directamente proporcional con el caudal de flujo.

Existe una relación inversamente proporcional entre el diámetro y el caudal del fluido.

#### 4.2 Resultados del ensayo de coeficiente de resistencia "K" en accesorios de agua de PVC

Para calcular el coeficiente de resistencia "K", utilizamos como base la ecuación fundamental que describe las pérdidas de carga local en accesorios.

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

**Tabla 14 Coeficiente de resistencia "K" para accesorios de PVC sp de 3/4"**

Descripción					Caudal		Caudal		Caudal		Caudal	
					15 L/min		30 L/min		45 L/min		60 L/min	
Punto	N° Prueba	Material	Accesorio	Diámetro	Prom. hL (m)	K	Prom. hL (m)	K	Prom. hL (m)	K	Prom. hL (m)	K
Punto B	1	PVC SP	CODO 90°	3/4"	0.183	<b>16.96</b>	0.465	<b>10.76</b>	0.662	<b>6.81</b>	0.845	<b>4.89</b>
	2											
	3											
	4											
	5											
Punto G	1	PVC SP	TEE PASO DIRECTO	3/4"	0.155	<b>14.35</b>	0.380	<b>8.80</b>	0.422	<b>4.35</b>	0.718	<b>4.16</b>
	2											
	3											
	4											
	5											
Punto C	1	PVC SP	TEE PASO LATERAL	3/4"	0.113	<b>10.44</b>	0.521	<b>12.07</b>	0.563	<b>5.80</b>	0.943	<b>5.46</b>
	2											
	3											
	4											
	5											
Punto D	1	PVC SP	REDUCCIÓN	3/4" A 1/2"	0.127	<b>7.11</b>	0.493	<b>6.92</b>	0.535	<b>3.34</b>	0.577	<b>2.03</b>
	2											
	3											
	4											
	5											

En la tabla 14, se observa que, el coeficiente de resistencia "K" es inversamente proporcional al caudal de flujo, para los accesorios de PVC sp como el codo de 90°, Tee de paso directo, Tee de paso lateral, y reducción de diámetro de 3/4".

**Tabla 15 Coeficiente de resistencia "K" para accesorios de PVC sp de 1/2"**

Descripción					Caudal		Caudal		Caudal		Caudal	
					15 L/min		30 L/min		45 L/min		60 L/min	
Punto	N° Prueba	Material	Accesorio	Diámetro	Prom. hL (m)	K	Prom. hL (m)	K	Prom. hL (m)	K	Prom. hL (m)	K
Punto E	1	PVC SP	Codo 90°	1/2"	0.282	5.00	0.535	2.37	0.549	1.08	0.732	0.81
	2											
	3											
	4											
	5											
Punto H	1	PVC SP	TEE PASO DIRECTO	1/2"	0.296	5.25	0.352	1.56	0.352	0.69	0.394	0.44
	2											
	3											
	4											
	5											
Punto I	1	PVC SP	TEE PASO LATERAL	1/2"	0.197	3.50	0.394	1.75	0.873	1.72	1.042	1.16
	2											
	3											
	4											
	5											

En la tabla 15, se observa que el coeficiente de resistencia "K" es inversamente proporcional al caudal de flujo, para los accesorios de PVC sp como codo de 90°, Tee de paso directo y Tee de paso lateral de diámetro de 1/2".

**Tabla 16 Coeficiente de resistencia "K" para válvula 3/4" y válvula vertical de 1/2"**

Descripción					Caudal		Caudal		Caudal		Caudal	
					15 L/min		30 L/min		45 L/min		60 L/min	
Punto	N° Prueba	Material	Accesorio	Diámetro	Prom. hL (m)	K	Prom. hL (m)	K	Prom. hL (m)	K	Prom. hL (m)	K
Punto A	1	PVC	VÁLVULA	3/4"	0.225	20.87	0.929	21.52	1.239	12.75	2.717	15.73
	2											
	3											
	4											
	5											
Punto F	1	PVC	VÁLVULA VERTICAL	1/2"	0.197	3.50	1.070	4.75	1.408	2.78	1.563	1.73
	2											
	3											
	4											
	5											

En la Tabla 16, se observa que la pérdida local en las válvulas de control de PVC sp de diámetros de 3/4" y 1/2", presenta una relación inversamente proporcional con el caudal de flujo.

### 4.3 Resultados del ensayo del valor Longitud Equivalente “Le/D”, en accesorios de PVC

Para calcular la longitud equivalente de los accesorios “Le/D” utilizamos como base la ecuación fundamental que describe las pérdidas de carga local en accesorios con la siguiente ecuación para un flujo turbulento:

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

Dónde:

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

$N_R$  = Número de Reynolds.

$g$  = Aceleración de la gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>).

$f$  = Factor de fricción.

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

$D$  = Diámetro del accesorio (m)

$Le$  = Longitud equivalente (m)

Si:

$$NR = \frac{4Q}{\pi DV}$$

Dónde:

$N_R$  = Número de Reynolds.

$V$  = Viscosidad del agua (m<sup>2</sup>/s)

Entonces:

$$Le = \frac{Kx D}{f}$$

- ✓ Teniendo en cuenta la rugosidad “ $\varepsilon$ ” del material,  $\varepsilon = 3 \times 10^{-7}$  m
- ✓ Viscosidad del agua “ $V$ ”,  $V = 1.139 \times 10^{-6}$ ,  $T^\circ 15$  °C
- ✓ Diámetro de interno de tubería de  $\frac{3}{4}$ ”,  $D_{\text{interno}} = 0.0229$  m
- ✓ Diámetro de interno de tubería de  $\frac{1}{2}$ ”,  $D_{\text{interno}} = 0.0174$  m

El diámetro que se consideró fue en relación con tuberías de PVC, tanto para los accesorios de este material como para los de otros, ya que en las instalaciones de sistemas de agua es común combinar diferentes tipos de materiales.

**Tabla 17 Valores de factor de fricción, y longitud equivalente "Le/D" para accesorios de PVC sp de 3/4"**

Descripción					Caudal			Caudal			Caudal			Caudal			Le/D Recomendado
					15 L/min			30 L/min			45 L/min			60 L/min			
Punto	N° Prueba	Material	Accesorio	Diámetro	K	f	Le/D	K	f	Le/D	K	f	Le/D	K	f	Le/D	
Punto B	1	PVC SP	Codo 90°	3/4"	16.96	0.0294	57.73	10.76	0.0246	43.73	6.81	0.0223	30.48	4.89	0.0209	23.37	38.83
	2																
	3																
	4																
	5																
Punto G	1	PVC SP	TEE PASO DIRECTO	3/4"	14.35	0.029	48.85	8.80	0.025	35.78	4.35	0.022	19.46	4.16	0.021	19.86	30.99
	2																
	3																
	4																
	5																
Punto C	1	PVC SP	TEE PASO LATERAL	3/4"	10.44	0.029	35.53	12.07	0.025	49.03	5.80	0.022	25.94	5.46	0.021	26.10	34.15
	2																
	3																
	4																
	5																
Punto D	1	PVC SP	REDUCCION	3/4" A 1/2"	7.11	0.029	24.22	6.92	0.025	28.10	3.34	0.022	14.93	2.03	0.021	9.68	19.23
	2																
	3																
	4																
	5																

**Tabla 18 Valores de factor de fricción, y longitud equivalente "Le/D" para accesorios de PVC sp de 1/2"**

Descripción					Caudal			Caudal			Caudal			Caudal			Le/D Recomendado
					15 L/min			30 L/min			45 L/min			60 L/min			
Punto	N° Prueba	Material	Accesorio	Diámetro	K	f	Le/D	K	f	Le/D	K	f	Le/D	K	f	Le/D	
Punto E	1	PVC SP	CODO 90°	1/2"	5.00	0.0273	18.28	2.37	0.0231	10.30	1.08	0.0210	5.15	0.81	0.0197	4.12	9.46
	2																
	3																
	4																
	5																
Punto H	1	PVC SP	TEE PASO DIRECTO	1/2"	5.25	0.0273	19.19	1.56	0.0231	6.77	0.69	0.0210	3.30	0.44	0.0197	2.22	7.87
	2																
	3																
	4																
	5																
Punto I	1	PVC SP	TEE PASO LATERAL	1/2"	3.50	0.0273	12.80	1.75	0.023	7.59	1.72	0.0210	8.20	1.16	0.0197	5.86	8.61
	2																
	3																
	4																
	5																

**Tabla 19 Valores de factor de fricción, y longitud equivalente "Le/D" para válvula de 3/4" y válvula vertical de 1/2" de PVC sp**

Descripción					Caudal			Caudal			Caudal			Caudal			Le/D Recomendado
					15 L/min			30 L/min			45 L/min			60 L/min			
Punto	N° Prueba	Material	Accesorio	Diámetro	K	f	Le/D	K	f	Le/D	K	f	Le/D	K	f	Le/D	
Punto A	1	PVC	VÁLVULA	3/4"	20.87	0.0294	71.05	21.52	0.0246	87.45	12.75	0.0223	57.07	15.73	0.0209	75.18	72.69
	2																
	3																
	4																
	5																
Punto F	1	PVC	VÁLVULA VERTICAL	1/2"	3.50	0.0273	12.80	4.75	0.0231	20.60	2.78	0.0210	13.22	1.73	0.0197	8.79	13.85
	2																
	3																
	4																
	5																

A partir de los datos obtenidos en las tablas anteriores sobre los valores de "Le/D" en función del caudal, se calculó el promedio aritmético de estos valores. Esto permitió determinar el valor L/min recomendado de "Le/D" para cada uno de los accesorios de agua de PVC sp.

**Tabla 20 Valores recomendados de la Longitud Equivalente "Le/D" para los accesorios de PVC**

DESCRIPCIÓN			Le/D Recomendado
Material	Accesorios	Diámetro	
PVC SP	CODO 90°	3/4"	38.33
PVC SP	TEE PASO DIRECTO	3/4"	30.99
PVC SP	TEE PASO LATERAL	3/4"	34.15
PVC SP	REDUCCIÓN	3/4" A 1/2"	19.23
PVC SP	CODO 90°	1/2"	9.46
PVC SP	TEE PASO DIRECTO	1/2"	7.77
PVC SP	TEE PASO LATERAL	1/2"	8.61
PVC	VÁLVULA	3/4"	72.69
PVC	VÁLVULA VERTICAL	1/2"	13.82

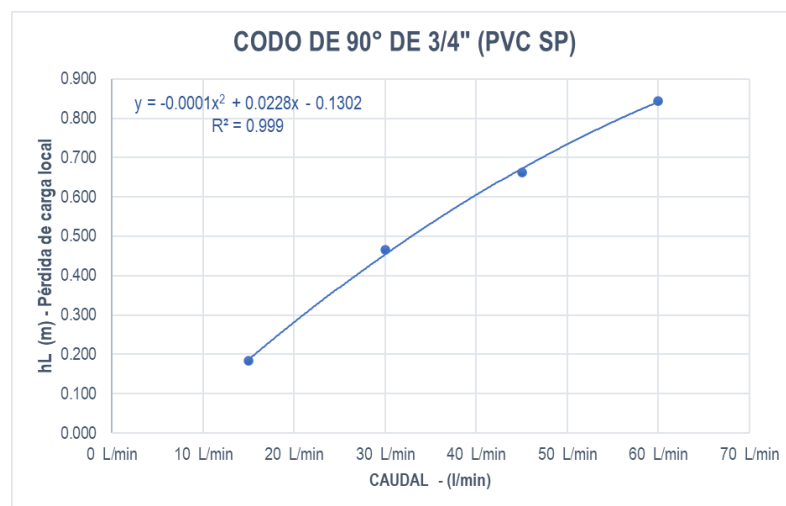
En la tabla 20, se muestran los valores de longitud equivalente calculados para los accesorios de PVC sp. Estos valores se obtuvieron mediante mediciones realizadas con un manómetro digital, seguido de los cálculos correspondientes para determinar los resultados finales.

#### 4.4 Monograma la relación Caudal vs Pérdida de carga local

Tabla 21 Tabla de pérdidas de carga local y caudal de codo 90° PVC sp de 3/4"

PÉRDIDA LOCAL	DESCRIPCIÓN
	CODO 90° PVC SP 3/4"
hL (m)	Q (L/min)
0.183	15 L/min
0.465	30 L/min
0.662	45 L/min
0.845	60 L/min

Figura 7 Monograma (Q vs hL) de Codo de 90° de 3/4" (PVC SP)

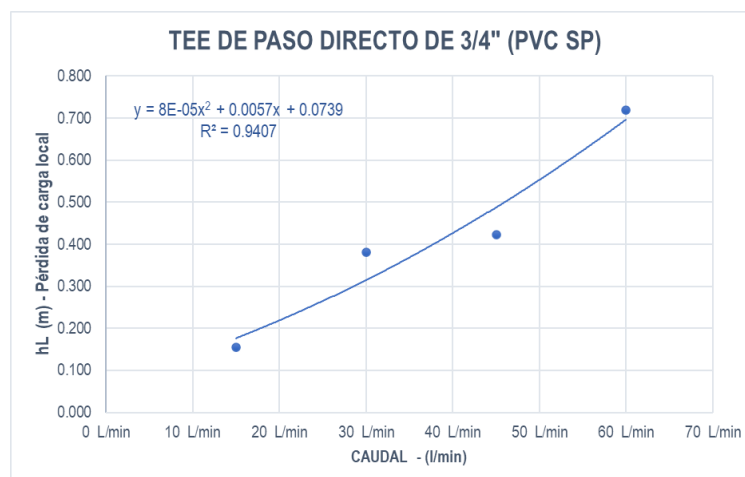


Mediante el nomograma de la figura 7, correspondiente al codo 90° de 3/4", es posible determinar las pérdidas de carga locales para caudales que van desde 15 L/min hasta 60 L/min. Permitiendo a través de la intersección del caudal específico, obtener el valor de la pérdida de carga asociada al accesorio. Por ejemplo, para un caudal de 40 L/min, se observa que la pérdida local es de 0.60 m. Este método resulta práctico y eficiente para estimar las pérdidas en el sistema.

Tabla 22 Tabla de pérdidas de carga local y caudal de Tee de paso directo de PVC sp de 3/4"

PÉRDIDA LOCAL	DESCRIPCIÓN
	TEE DE PASO DIRECTO 3/4"
hL (m)	Q (L/min)
0.155	15 L/min
0.380	30 L/min
0.422	45 L/min
0.718	60 L/min

**Figura 8 Monograma (Q vs hL) de Tee de paso directo de 3/4" (PVC SP)**

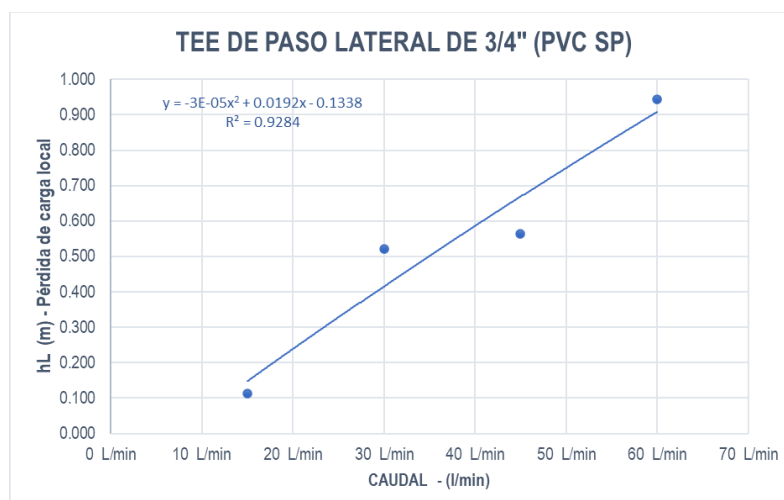


Mediante el nomograma de la figura 8, correspondiente al Tee de paso directo de 3/4", es posible determinar las pérdidas de carga locales para caudales que van desde 15 L/min hasta 60 L/min. Permitiendo a través de la intersección del caudal específico, obtener el valor de la pérdida de carga asociada al accesorio. Por ejemplo, para un caudal de 50 L/min, se observa que la pérdida local es de 0.55 m.

**Tabla 23 Tabla de pérdidas de carga local y caudal de Tee de paso lateral de PVC sp de 3/4"**

PÉRDIDA LOCAL	DESCRIPCIÓN
hL (m)	TEE DE PASO LATERAL 3/4"
0.113	Q (L/min)
0.521	15 L/min
0.563	30 L/min
0.943	45 L/min
	60 L/min

**Figura 9 Monograma (Q vs hL) de Tee de paso lateral de 3/4" (PVC SP)**

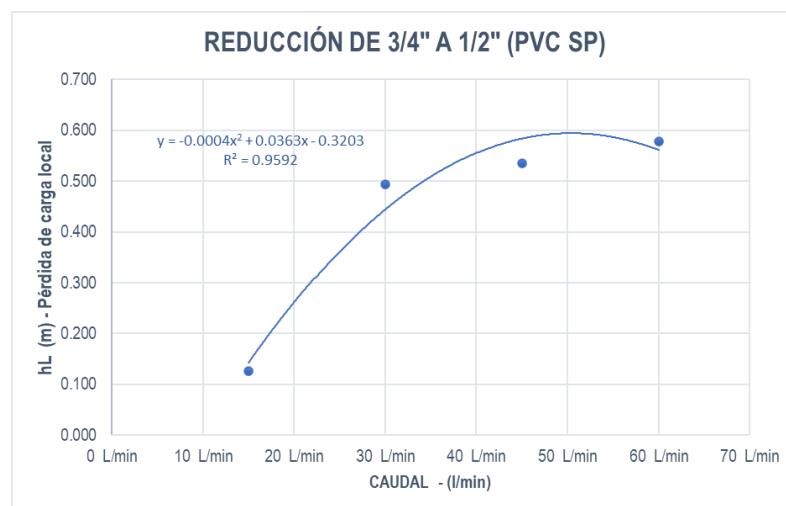


Mediante el nomograma de la figura 9, correspondiente al Tee de paso lateral de ¾", es posible determinar las pérdidas de carga locales para caudales que van desde 15 L/min hasta 60 L/min. Permitiendo a través de la intersección del caudal específico, obtener el valor de la pérdida de carga asociada al accesorio. Por ejemplo, para un caudal de 30 L/min, se observa que la pérdida local es de 0.40 m.

**Tabla 24** Tabla de pérdidas de carga local de Reducción PVC sp de ¾" a ½"

PÉRDIDA LOCAL	DESCRIPCIÓN
hL (m)	REDUCCIÓN ¾" A ½"
	Q (L/min)
0.127	15 L/min
0.493	30 L/min
0.535	45 L/min
0.577	60 L/min

**Figura 10** Monograma (Q vs hL) de Reducción de ¾" a ½"(PVC SP)

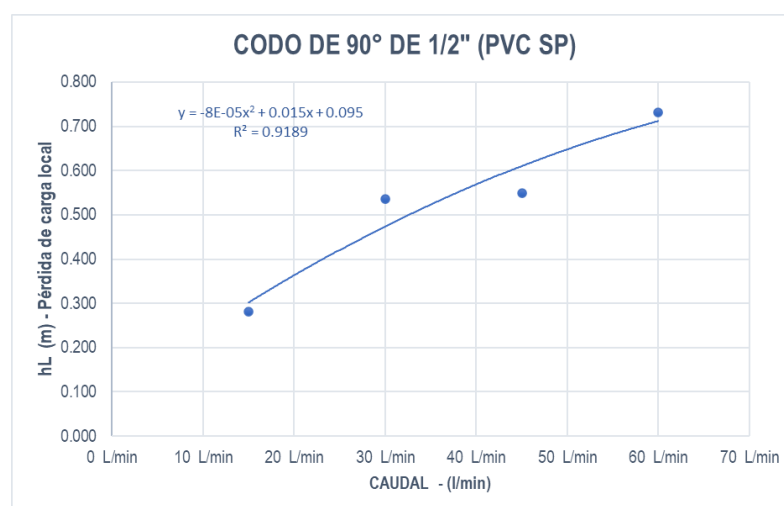


Mediante el nomograma de la figura 10, correspondiente a la reducción de ¾" a ½", es posible determinar las pérdidas de carga locales para caudales que van desde 15 L/min hasta 60 L/min. Permitiendo a través de la intersección del caudal específico, obtener el valor de la pérdida de carga asociada al accesorio. Por ejemplo, para un caudal de 50 L/min, se observa que la pérdida local es de 0.60 m.

Tabla 25 Tabla de pérdidas de carga local y caudal de codo 90° PVC sp de 1/2"

PÉRDIDA LOCAL	DESCRIPCIÓN
	CODO 90° PVC SP 1/2"
hL (m)	Q (L/min)
0.282	15 L/min
0.535	30 L/min
0.549	45 L/min
0.732	60 L/min

Figura 11 Monograma (Q vs hL) de Codo de 90° de 1/2" (PVC SP)

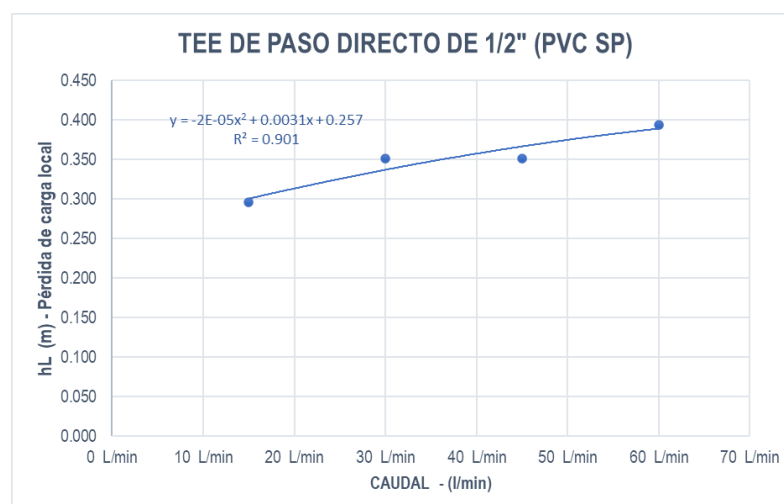


Mediante el nomograma de la figura 11, correspondiente a la reducción de 3/4" a 1/2", es posible determinar las pérdidas de carga locales para caudales que van desde 15 L/min hasta 60 L/min. Permitiendo a través de la intersección del caudal específico, obtener el valor de la pérdida de carga asociada al accesorio. Por ejemplo, para un caudal de 20 L/min, se observa que la pérdida local es de 0.35 m.

Tabla 26 Tabla de pérdidas de carga local y caudal de Tee de paso directo de PVC sp de 1/2"

PÉRDIDA LOCAL	DESCRIPCIÓN
	TEE DE PASO DIRECTO 1/2"
hL (m)	Q (L/min)
0.296	15 L/min
0.352	30 L/min
0.352	45 L/min
0.394	60 L/min

**Figura 12 Monograma (Q vs hL) de Tee de paso directo de 1/2" (PVC SP)**

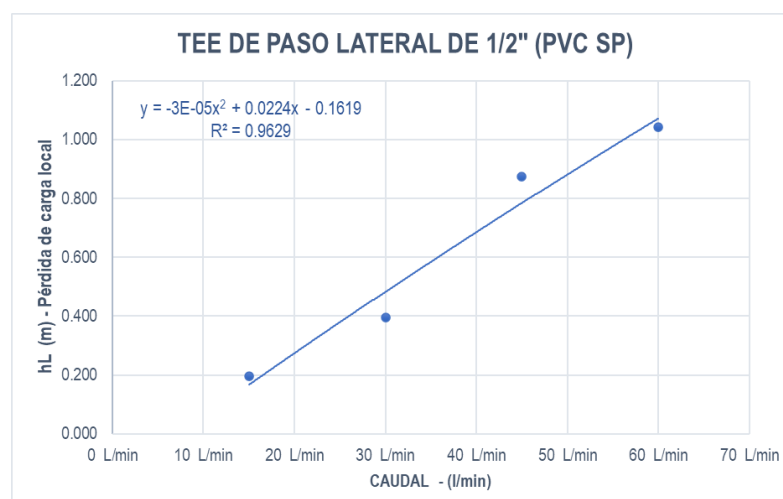


Mediante el nomograma de la figura 12, correspondiente Tee de paso directo de 1/2", es posible determinar las pérdidas de carga locales para caudales que van desde 15 L/min hasta 60 L/min. Permitiendo a través de la intersección del caudal específico, obtener el valor de la pérdida de carga asociada al accesorio. Por ejemplo, para un caudal de 40 L/min, se observa que la pérdida local es de 0.36 m.

**Tabla 27 Tabla de pérdidas de carga local y caudal de Tee de paso lateral de PVC sp de 1/2"**

PÉRDIDA LOCAL	DESCRIPCIÓN
hL (m)	TEE DE PASO LATERAL 1/2"
hL (m)	Q (L/min)
0.197	15 L/min
0.394	30 L/min
0.873	45 L/min
1.042	60 L/min

**Figura 13 Monograma (Q vs hL) de Tee de paso lateral de 1/2" (PVC SP)**

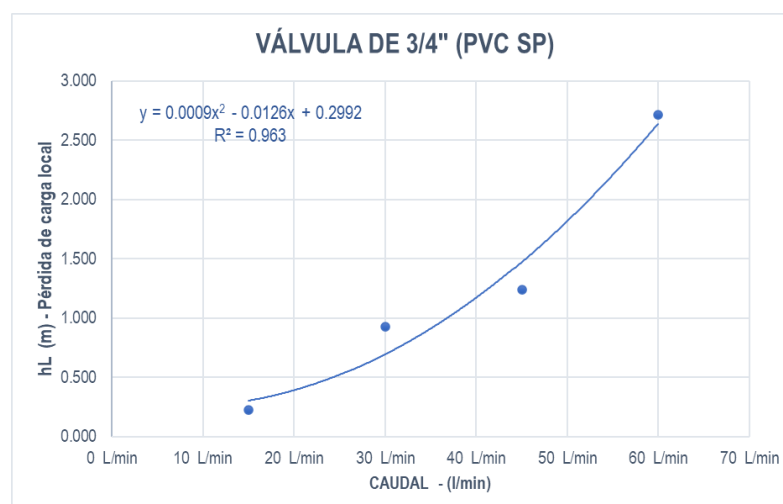


Mediante el nomograma de la figura 13, correspondiente Tee de paso lateral de 1/2", es posible determinar las pérdidas de carga locales para caudales que van desde 15 L/min hasta 60 L/min. Permitiendo a través de la intersección del caudal específico, obtener el valor de la pérdida de carga asociada al accesorio. Por ejemplo, para un caudal de 40 L/min, se observa que la pérdida local es de 0.36 m.

**Tabla 28 Tabla de pérdidas de carga local y caudal de válvula de PVC sp de 3/4"**

PÉRDIDA LOCAL	DESCRIPCIÓN
	VÁLVULA PVC SP 3/4"
hL (m)	Q (L/min)
0.225	15 L/min
0.929	30 L/min
1.239	45 L/min
2.717	60 L/min

Figura 14 Monograma (Q vs hL) de válvula de 3/4" (PVC SP)

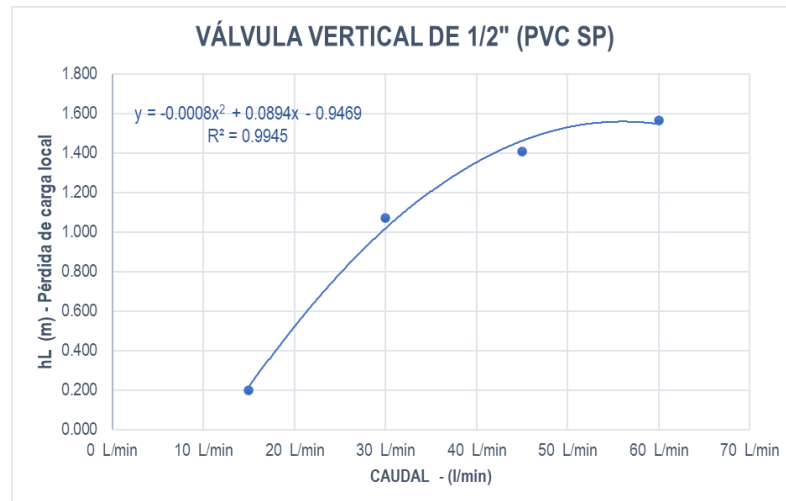


Mediante el nomograma de la figura 14, correspondiente válvula de 3/4", es posible determinar las pérdidas de carga locales para caudales que van desde 15 L/min hasta 60 L/min. Permitiendo a través de la intersección del caudal específico, obtener el valor de la pérdida de carga asociada al accesorio. Por ejemplo, para un caudal de 50 L/min, se observa que la pérdida local es de 1.7 m.

Tabla 29 Tabla de pérdidas de carga local y caudal de válvula vertical de PVC sp de 1/2"

PÉRDIDA LOCAL	DESCRIPCIÓN
	VÁLVULA VERTICAL PVC SP 1/2"
hL (m)	Q (L/min)
0.197	15 L/min
1.070	30 L/min
1.408	45 L/min
1.563	60 L/min

**Figura 15 Monograma (Q vs hL) de válvula vertical de 1/2" (PVC SP)**



Mediante el nomograma de la figura 15, correspondiente válvula vertical de 1/2", es posible determinar las pérdidas de carga locales para caudales que van desde 15 L/min hasta 60 L/min. Permitiendo a través de la intersección del caudal específico, obtener el valor de la pérdida de carga asociada al accesorio. Por ejemplo, para un caudal de 30 L/min, se observa que la pérdida local es de 1.0 m.

## 4.5 Resultado del análisis estadístico

### 4.5.1 Prueba de la normalidad

La prueba de normalidad en estadística es un método empleado para verificar si un conjunto de datos sigue una distribución normal o gaussiana. Esta verificación es crucial en diversos análisis estadísticos, ya que muchos métodos, como las pruebas de hipótesis y la regresión, requieren que los datos presenten esta distribución.

### 4.5.2 Análisis de regresión lineal

Es una técnica estadística utilizada para explotar la relación entre dos variables; una variable dependiente (respuesta) y una variable independiente (predictora). El propósito principal es determinar como la variable independiente afecta o está asociada con la variable dependiente.

✓ **Test de normalidad (Shapiro – Wilk)**

El test de Shapiro-Wilk es un método estadístico utilizado para determinar si una muestra de datos sigue una distribución normal. Es especialmente útil cuando se trabaja con muestras pequeñas (generalmente menos de 50 observaciones), ya que es más sensible a las desviaciones de la normalidad en comparación con otros tests como el de Kolmogorov-Smirnov.

✓ **Test de Kolmogorov-Smirnov (KS)**

El test de Kolmogorov-Smirnov (KS) es método estadístico no paramétrica utilizada para determinar si una muestra de datos se ajusta a una distribución determinada, como la distribución normal, o si dos muestras provienen de la misma distribución.

**Tabla 30 Resultados de pruebas de Kolmogorov - Shapiro Wilk -Programa IBM SPSS**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CODO 90° PVC SP 3/4"	,168	4	.	,987	4	,943
TEE DE PASO DIRECTO 3/4"	,244	4	.	,966	4	,817
TEE DE PASO LATERAL 3/4"	,234	4	.	,965	4	,810
REDUCCIÓN 3/4" A 1/2"	,364	4	.	,779	4	,070
CODO 90° PVC SP 1/2"	,273	4	.	,947	4	,695
TEE DE PASO DIRECTO 1/2"	,285	4	.	,935	4	,625
TEE DE PASO LATERAL 1/2"	,233	4	.	,924	4	,561
VÁLVULA PVC SP 3/4"	,265	4	.	,942	4	,669
VÁLVULA VERTICAL PVC SP 1/2"	,257	4	.	,885	4	,360

En la Tabla 30, se evidencia que los valores de "Sig = p" para cada accesorio de PVC SP evaluado son mayores que 0.05 ( $P > 0.05$ ). Esto sugiere que los datos siguen una distribución normal, por lo que la hipótesis nula no es rechazada. En otras palabras, se concluye que no hay evidencia suficiente para afirmar que los datos se desvían significativamente de una distribución normal. Este resultado respalda la normalidad de los datos analizados.

En el caso del test de Kolmogorov-Smirnov, todos los valores de "Sig=p". están vacíos (indicados con un punto "."), lo que sugiere que no se proporciona el valor p directamente. Sin embargo, los valores del estadístico (D) son relativamente bajos en la mayoría de los casos, lo que podría indicar que los datos no se desvían significativamente de la normalidad.

## V. DISCUSIONES

En su tesis titulada "Manual para ensayo de pérdidas de energía en accesorios de tubería del laboratorio de hidráulica", Ponce Victoria, F. (2006) concluyó que el valor "K" no es una constante fija para cada tipo de accesorio, ya que este depende tanto del accesorio como del material utilizado. Y a través de esta investigación, se observó que los valores del coeficiente de resistencia "K" es variables y presentan una relación inversamente proporcional con el caudal de flujo en los accesorios de PVC evaluados.

Yambombo Guanutaxi (2012), en su tesis titulada "*Diseño y Construcción de un Banco de Pruebas para Ensayos de Pérdida de Carga en Tuberías y Accesorios*", señaló que el coeficiente "K" en los accesorios no es un valor fijo, sino que depende principalmente del caudal que circula y de la geometría específica que el fabricante haya diseñado. En nuestra investigación, se confirmó que el coeficiente "K" es, efectivamente, un valor variable. Se observó que, a medida que el caudal aumenta en el recorrido de los accesorios de PVC sp, el valor de "K" tiende a disminuir y a variar, lo que respalda la idea de su dependencia con respecto al flujo y las características del accesorio.

Según Poma Solano (2015) en su investigación "*Diseño y Construcción de un Banco de Ensayo para el Estudio de Pérdidas de Carga por Fricción y Singularidad*", se concluye que las pérdidas de carga aumentan de manera progresiva a medida que se incrementa el caudal. De manera similar, en nuestro estudio se pudo observar que las pérdidas de carga locales se elevan con el aumento del suministro de caudal, aunque este comportamiento varía según el tipo de accesorio utilizado. Estos hallazgos resaltan la importancia de considerar tanto el caudal como las características de los accesorios al analizar las pérdidas de carga en sistemas hidráulicos.

Dentro de la bibliografía de L.MOTT, (2006), se determinó longitudes equivalentes para accesorios como: codo de 90°  $Le/D = 30$ , Tee de paso directo  $Le/D = 20$ , Tee de paso lateral  $Le/D = 60$ . Dentro de nuestra investigación se logró obtener resultados para accesorios de  $\frac{1}{2}$ " y  $\frac{3}{4}$ ", lo cual por cada diámetro se tiene una longitudes equivalente diferente como: codo de 90° PVC sp de  $\frac{1}{2}$ "  $Le/D = 9.46$ , codo de 90° PVC sp de  $\frac{3}{4}$ "  $Le/D = 38.83$ , Tee de paso directo PVC sp de  $\frac{3}{4}$ "  $Le/D = 30.99$ , Tee de paso lateral PVC sp de  $\frac{3}{4}$ "  $Le/D = 34.15$ , Tee de paso directo PVC sp de  $\frac{1}{2}$ "  $Le/D = 9.46$ , Tee de paso lateral PVC sp de  $\frac{1}{2}$ "  $Le/D = 7.87$ .

En su tesis titulada "Análisis comparativo de los valores 'k', de pérdida de carga local en accesorios de  $\frac{3}{4}$ ",  $\frac{1}{2}$ " y de 1" de diámetro de fierro galvanizado y PVC, dados por las bibliografías con respecto a los hallados experimentalmente en el laboratorio de hidráulica de la Universidad Andina del Cusco", Pereira Quispeynga, C. P. (2016) encontró que la relación entre el Caudal y la Pérdida de Carga Local en accesorios de agua depende tanto del tipo de empalme como del material del accesorio. Además, observó que las pérdidas de carga aumentan progresivamente a medida que se incrementa el caudal. Este hallazgo coincide con los resultados de nuestra investigación, donde también se evidencia que las pérdidas locales se incrementan conforme aumenta el caudal durante los experimentos. Esta similitud refuerza la importancia de considerar el caudal como un factor determinante en el análisis de pérdidas de energía en sistemas hidráulicos.

Al efectuar la comparación, se evidenció que sí hay diferencias entre los valores de "Le/D" calculados en la tesis y aquellos obtenidos por autores como L. Mott. Esto se debe a que los valores de "Le/D" varían dependiendo del diámetro, el material y el tipo de unión del accesorio. Esto nos indica que, al utilizar estos valores en el diseño de sistemas de agua, es fundamental tomar en cuenta estas variaciones para garantizar que los cálculos sean precisos y confiables.

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

- En la elaboración del prototipo del circuito hidráulico de la batería de baños, se pudo verificar la precisión de los resultados medidos con:  $R^2 = 0.999$  para el codo de  $90^\circ$  de  $\frac{3}{4}$ " (PVC sp),  $R^2 = 0.9407$  para el Tee de paso directo de  $\frac{3}{4}$ " (PVC sp),  $R^2 = 0.9294$  para el Tee de paso lateral de  $\frac{3}{4}$ " (PVC sp),  $R^2 = 0.9592$  para la Reducción de  $\frac{3}{4}$ " a  $\frac{1}{2}$ " (PVC sp),  $R^2 = 0.9189$  para el codo de  $90^\circ$  de  $\frac{1}{2}$ " (PVC sp),  $R^2 = 0.901$  para el Tee de paso directo de  $\frac{1}{2}$ " (PVC sp),  $R^2 = 0.9629$  para el Tee de paso lateral de  $\frac{1}{2}$ " (PVC sp), Válvula de  $\frac{3}{4}$ " (PVC sp)  $R^2 = 0.963$ , Válvula vertical de  $\frac{1}{2}$ " (PVC sp)  $R^2 = 0.9945$ .
- Se determinó la longitud equivalente "Le/D" para accesorios de  $\frac{1}{2}$ " tiene un rango de 7.77 a 13.85, y para accesorios de  $\frac{3}{4}$ " un rango de 30.99 a 72.69, y para la reducción una "Le/D" de 19.23.
- Los valores hallados de Longitud Equivalente "Le/D" para cada tipo de accesorio del circuito hidráulico como: codo de  $90^\circ$  PVC sp de  $\frac{3}{4}$ ", codo de  $90^\circ$  PVC sp de  $\frac{1}{2}$ ", Tee de paso de directo PVC sp de  $\frac{3}{4}$ ", Tee de paso de lateral PVC sp de  $\frac{3}{4}$ ", Tee de paso de directo PVC sp de  $\frac{1}{2}$ ", Tee de paso de lateral PVC sp de  $\frac{1}{2}$ ", Reducción de PVC sp de  $\frac{3}{4}$ " a  $\frac{1}{2}$ ", Válvula de PVC de  $\frac{3}{4}$ ", Válvula vertical PVC de  $\frac{1}{2}$ " fueron de 38.83, 9.46, 30.99, 34.15, 7.77, 8.61, 19.23, 72.69 y 13.85 respectivamente.
- Se ha construido un nomograma que relaciona el caudal con la pérdida de carga local en accesorios de PVC para el diámetro de  $\frac{1}{2}$ " alcanzando 4 curvas de relación  $R^2$ : 0.901 a 0.9945 de confianza con rangos de caudales de 15 L/min a 60 L/min; y para accesorios de PVC de  $\frac{3}{4}$ " alcanzando 4 curvas de relación  $R^2$ : 0.9284 a 0.999 de confianza con rangos de caudales de 15 L/min a 60 L/min y una gráfica para accesorio de reducción de  $\frac{3}{4}$ " a  $\frac{1}{2}$ " con relación  $R^2$ : 0.9592 de confianza

con rangos de caudales de 15 L/min a 60 L/min. Esta herramienta permite determinar las pérdidas de carga locales para distintos caudales que circulan en una red de tuberías, facilitando el análisis y diseño de sistemas hidráulicos con mayor precisión.

## 6.2 Recomendaciones

- Se sugiere incrementar la cantidad de variaciones de caudal para lograr una correlación más precisa y un mejor ajuste de la recta, lo que permitirá obtener datos más exactos sobre las pérdidas locales. Este enfoque contribuirá a mejorar la precisión en el análisis y diseño.
- Se debe emplear las longitudes equivalentes “ $L_e/D$ ” calculadas experimentalmente en esta investigación, realizadas específicamente para la zona de Independencia, en la provincia de Huaraz, región de Áncash. Estos valores, determinados para una temperatura de 15 °C, lo que los convierte en una referencia adecuada para el diseño y análisis de sistemas hidráulicos de instalaciones sanitarias.
- Para el cálculo de pérdidas locales en los accesorios de instalaciones sanitarias, emplear los resultados obtenidos mediante pruebas experimentales, los cuales se detallan en la Tabla 20. Estos datos permiten determinar con precisión las pérdidas de energía asociadas a cada tipo de accesorio, considerando factores como el material, el diámetro y el caudal.
- Se recomienda utilizar los monogramas (Q vs hL) como una herramienta práctica para determinar las pérdidas de carga local en accesorios, especialmente cuando se trabaja con caudales de flujo variables. Estos ábacos permiten obtener resultados de manera rápida y eficiente, lo que facilita el análisis y diseño de sistemas hidráulicos con mayor precisión y confiabilidad.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Azevedo Netto, J. M. (1975). Manual de Hidraulica. [https://www.academia.edu/35826793/Manual\\_de\\_hidraulica\\_azevedo\\_netto](https://www.academia.edu/35826793/Manual_de_hidraulica_azevedo_netto)
- Castillo Anselmi, L. (2006). Instalaciones Sanitarias En Edificaciones. MACRO.
- Gallego Suárez, B. (S.F.). Efectos del tiempo en la rugosidad de las tuberías. recuperado el 02 de octubre de 2015 [Tesis de titulación], <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/flujoentuberias/efectotiemporugostub/efectotiemporugostub.html>
- Hanco Cahuana, E. L. y Choquehuanca Mamani, J. H. (2018). Diseño y construcción de un banco Hidraulico de tuberías para el cálculo de pérdidas de carga [Tesis de titulación, Universidad Andina]. <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/2161>
- Hernandez, R. F. (1997). Metodología de la investigación. Colombia.
- Judge Giles, R. V. y Cheng, L. (2003). Mecanica de Fluidos E Hidraulica. <https://dokumen.tips/documents/mecanica-de-los-fluidos-e-hidraulica-tercera-edicion-ranald-v-giles-jack-b-evett-cheng-liu.html?page=2>
- Lara Salcedo, J. L. y Velasquez Pineda, J. A. (2011). Diseño y Construcción de un Banco de Pruebas para la Medición de Caudal y Caída de Presión en Tuberías Paralelas Accesorios [Tesis de titulación, Universidad Tecnológica de Bolívar]. <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0062775.pdf>
- Mataix, C. (1986). Mecanica de Fluidos y Maquinas Hidraulicas. <https://conver2.files.wordpress.com/2012/11/ingenieria-claudio-mataix-mecanica-de-fluidos-y-maquinas-hidraulicas1.pdf>
- Mott, L. M. (2006). Mecanica de Fluidos. <https://avdiaz.files.wordpress.com/2008/10/fluidos-mott-6ed.pdf>

- Pereira Quispeynga, C. P. (2016). Análisis comparativo de los valores “k”, de pérdida de carga local en accesorios de 3/4”, 1/2” y de 1” de diámetro de fierro galvanizado y PVC, dados por las bibliografías con respecto a los hallados experimentalmente en el laboratorio de hidraulica de la universidad andina del Cusco [Tesis de titulación, Universidad Andina del Cusco]. <https://hdl.handle.net/20.500.12557/695>
- Poma Solano, R. G. (2015). Diseño y Construcción de un Banco de Ensayo para el Estudio de Pérdidas de Carga por Fricción y Singularidad [Tesis de titulación, Universidad Nacional La Molina]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/1865>
- Ponce Victoria, F. (2006). Manual para ensayo de pérdidas de energía en accesorios de tubería del laboratorio de hidráulica Singularidad [Tesis de titulación, Universidad San Carlos de Guatemala]. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_2668\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2668_C.pdf)
- Rodriguez Díaz, H. A. (2006). Diseños Hidraulicos, Sanitarios y de gas en Edificaciones. Colombia: Escuela Colombiana de Ingenieria
- Yambombo Guanutaxi, J. G. (2012). Diseño y Construcción de un Banco de Pruebas para Ensayos de Pérdida de Carga en Tuberías y Accesorios [Tesis de titulación, Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/325>

## ANEXOS



# ANEXO 01: Calibración del manómetro digital



Laboratorio de calibración con sistema de gestión  
que cumple los requisitos de la ISO/IEC 17025:2017

## Certificado de calibración

TC-03528-2024



Proforma : 00795 Fecha de emisión: 2024-01-29

Solicitante : ARAUCANO GUERRERO DAVID MOISES  
Dirección : Palmira Alta 185 Huaraz - Huaraz - Ancash

Instrumento de medición : Manómetro digital  
Marca : SPR  
Modelo : 3305  
N° de serie : 210416029  
Intervalo de indicación : 0 psi a 5 000 psi  
Resolución : 1 psi  
N° de parte : No indica  
Identificación : No indica  
Clase de exactitud : 0,5  
Ubicación : No indica  
Fecha de calibración : 2024-01-29

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Lugar de calibración  
Laboratorio de TEST & CONTROL S.A.C.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

### Método de calibración

La calibración de instrumentos de medición de presión relativa se basa en el método de comparación directa; el cual consiste en comparar la indicación del instrumento bajo calibración contra la indicación de presión de un patrón, ambos conectados en línea a una fuente de generación de presión según procedimiento PC-004 "Procedimiento para la calibración de instrumentos de medición de presión relativa con clase de exactitud igual o mayor a 0,05 %F.S.". Tercera edición - agosto 2019. DM-INACAL.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

### Condiciones ambientales

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura ambiental	21,1 °C	20,9 °C
Humedad relativa	47,8 %	49,2 %
Presión atmosférica	1 003,1 hPa	1 003,0 hPa

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Lic. Nicolás Ramos Paucar  
Gerente Técnico  
CFP: 0316

PGC-16-r01/Enero 2023/Rev.07

Página : 1 de 2




Av. Simón Bolívar 1619 Pueblo Libre - Lima 990089889 informes@testcontrol.com.pe

Empresa con **responsabilidad social**, que acerca la ciencia a los que comparten nuestra **pasión por la metrología**.



Trazabilidad

Trazabilidad	Patron de trabajo	Certificado de calibración	QR
Patrón de referencia del DM-INACAL	Manómetro digital 0 bar a 700 bar clase de exactitud 0,05	<a href="#">LFP-C-049-2023</a> <a href="#">Abril 2023</a>	

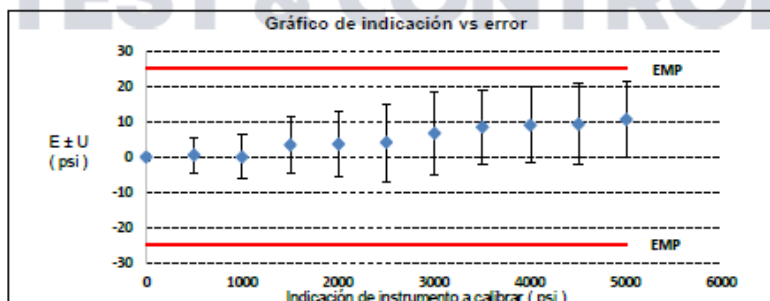
Resultados de medición

Indicación del instrumento a calibrar		Error de indicación E	Error de histéresis	Incertidumbre U
( kPa )	( psi )	( psi )	( psi )	( psi )
0	0	0,0	0,0	1,0
3452	501	0,5	-0,3	4,9
6902	1 001	0,0	2,7	6,3
10372	1 504	3,4	1,4	8,0
13826	2 005	3,7	5,4	9,2
17274	2 505	4,1	6,4	11,1
20742	3 008	6,8	7,4	11,9
24201	3 510	8,5	5,7	10,7
27657	4 011	9,1	6,4	10,7
31105	4 511	9,3	7,4	11,6
34566	5 013	10,7	6,4	10,8

Error de descenso = Error de medición + Histéresis

Máximo error absoluto de indicación:	10,7 psi
Máximo error absoluto de histéresis:	7,4 psi

El error máximo permitido para el manómetro de 0 psi a 5 000 psi de clase de exactitud 0,5 es de  $\pm 25$  psi.



Incertidumbre

La incertidumbre expandida resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura  $k=2$  que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

Observaciones

Con fines de identificar el estado de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

\*\*\* FIN DEL DOCUMENTO \*\*\*



## ANEXO 02: Electrobomba centrífuga de 1 HP

### Electrobombas centrífugas



#### CAMPO DE PRESTACIONES

- Caudal hasta **100 l/min**
- Altura manométrica hasta **32 m**

#### LIMITES DE UTILIZO

- Altura de aspiración manométrica hasta **7 m**
- Temperatura del líquido de **-10°C hasta +90 °C**
- Temperatura ambiente hasta **+40 °C**
- Presión máx. en el cuerpo de la bomba:
  - **6 bar** para CP 100-130-132-150-158
  - **10 bar** para CP 170-190-200
- Funcionamiento continuo **S1**

#### EJECUCION Y NORMAS DE SEGURIDAD

EN 60335-1      EN 60034-1  
IEC 60335-1      IEC 60034-1  
CEI 61-150      CEI 2-3



REGLAMENTO (UE) N. 547/2012

#### CERTIFICACIONES

COMPANY WITH MANAGEMENT SYSTEM  
CERTIFIED BY DNV  
ISO 9001: QUALITY  
ISO 14001: ENVIRONMENT AND SAFETY



#### UTILIZOS E INSTALACIONES

Son recomendadas para bombear agua limpia, sin partículas abrasivas y líquidos químicamente no agresivos con los materiales que constituyen la bomba.

Por su confiabilidad y simplicidad encuentran un amplio uso en el sector doméstico y civil, particularmente para la distribución del agua acopladas a pequeños o medianos tanques autoclaves, para el vaciado o para la irrigación de huertos o jardines.

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

#### PATENTES - MARCAS - MODELOS

- Modelo registrado CPm158 n° 0001516350
- Modelo comunitario registrado n° 002098434

#### EJECUCION BAJO PEDIDO

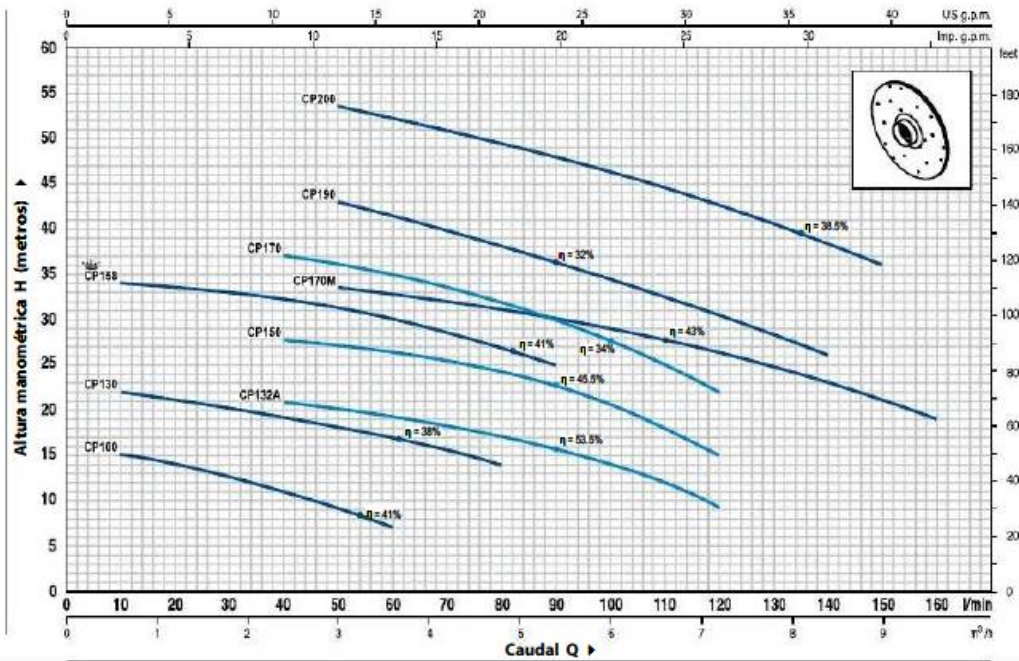
- Sello mecánico especial
- Otros voltajes o frecuencia 60 Hz
- Protección IPX5 para CP 170, CP 170M

#### GARANTIA

2 años según nuestras condiciones generales de venta

**CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES**

**50 Hz n= 2900 1/min HS= 0 m**



MODELO		POTENCIA		Q	Caudal																	
Monofásica	Trifásica	kW	HP		m <sup>3</sup> /h	0	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	6.0	6.6	7.2	7.8	8.4	9.0	9.6
CPm 100	-	0.25	0.33	l/min	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	
CPm 130	CP 130	0.37	0.50		16	15	14	12.5	11	9	7											
CPm 132A	CP 132A	0.60	0.85		23	22	21	20	19	18	17	15.5	14									
					23	-	22	21.5	21	20	19	18	17	16	14	12	9					
					29.5	-	29	28.5	28	27.5	26.5	26	24.5	23	21	18	15					
CPm 150	CP 150	0.75	1	H metros	36	34	33.5	33	32.5	31.5	30	28.5	27	25								
CPm 170	CP 170	1.1	1.5		41	-	-	38	37	36	35	33.5	32	30	27.5	25	22					
CPm 170M	CP 170M	1.1	1.5		36	-	-	35	34.5	33.5	33	32	31	30	29	28	26.5	25	23	21	19	
CPm 190	CP 190	1.5	2		48	-	-	46	44.5	43	41.5	40	38	36	34.5	32.5	30.5	28	26			
-	CP 200	2.2	3		56	-	-	55	54.5	53.5	52	51	49.5	48	46	44.5	42.5	40.5	38.5	36		

Q = Caudal H = Altura manométrica total HS = Altura de aspiración

Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO9906 Grade 3.

## ANEXO N° 03: PANEL FOTOGRÁFICO

Figura 16 Válvula de control PVC roscada diámetro 3/4" - Punto A



Figura 17 Válvula de control PVC roscada diámetro 1/2" - Punto F



**Figura 18 Codo 90° PVC SP diámetro 3/4" - Punto B**



**Figura 19 Codo 90° PVC SP diámetro 1/2" - Punto E**



Figura 20 Tee PVC SP diámetro 3/4" - Punto C y G



Figura 21 Tee PVC SP diámetro 1/2" - Punto H e I



Figura 22 Reducción PVC SP diámetro 3/4" a 1/2" - Punto D



Figura 23 Instalación de bomba de agua



Figura 24 Accesorios de PVC sp, para la construcción del circuito Hidráulico



Figura 25 Bomba de agua 1 HP



Figura 26 Tubería PVC de diámetros  $\frac{3}{4}$ " y  $\frac{1}{2}$ "



Figura 27 Construcción del circuito hidráulico



Figura 28 Vista del Circuito Hidráulico



Figura 29 Contenedor de vidrio de 0.50 m x 0.30 m, para aforo de caudal



**Figura 30 Inicio de pruebas experimentales**



**Figura 31 Toma de temperatura de agua**



Figura 32 Lectura de datos de manómetro digital 1



Figura 33 Lectura de datos de manómetro digital 2



Figura 34 Lectura de datos de manómetro digital 3



Figura 35 Lectura de datos de manómetro digital 4



Figura 36 Lectura de datos de manómetro digital 5



Figura 37 Lectura de datos de manómetro digital 6



Figura 38 Lectura de datos de manómetro digital 7



Figura 39 Lectura de datos de manómetro digital 8



Figura 40 Lectura de datos de manómetro digital 9



Figura 41 Lectura de datos de manómetro digital 10



Figura 42 Lectura de datos de manómetro digital 11



Figura 43 Lectura de datos de manómetro digital 12



Figura 44 Lectura de datos de manómetro digital 12



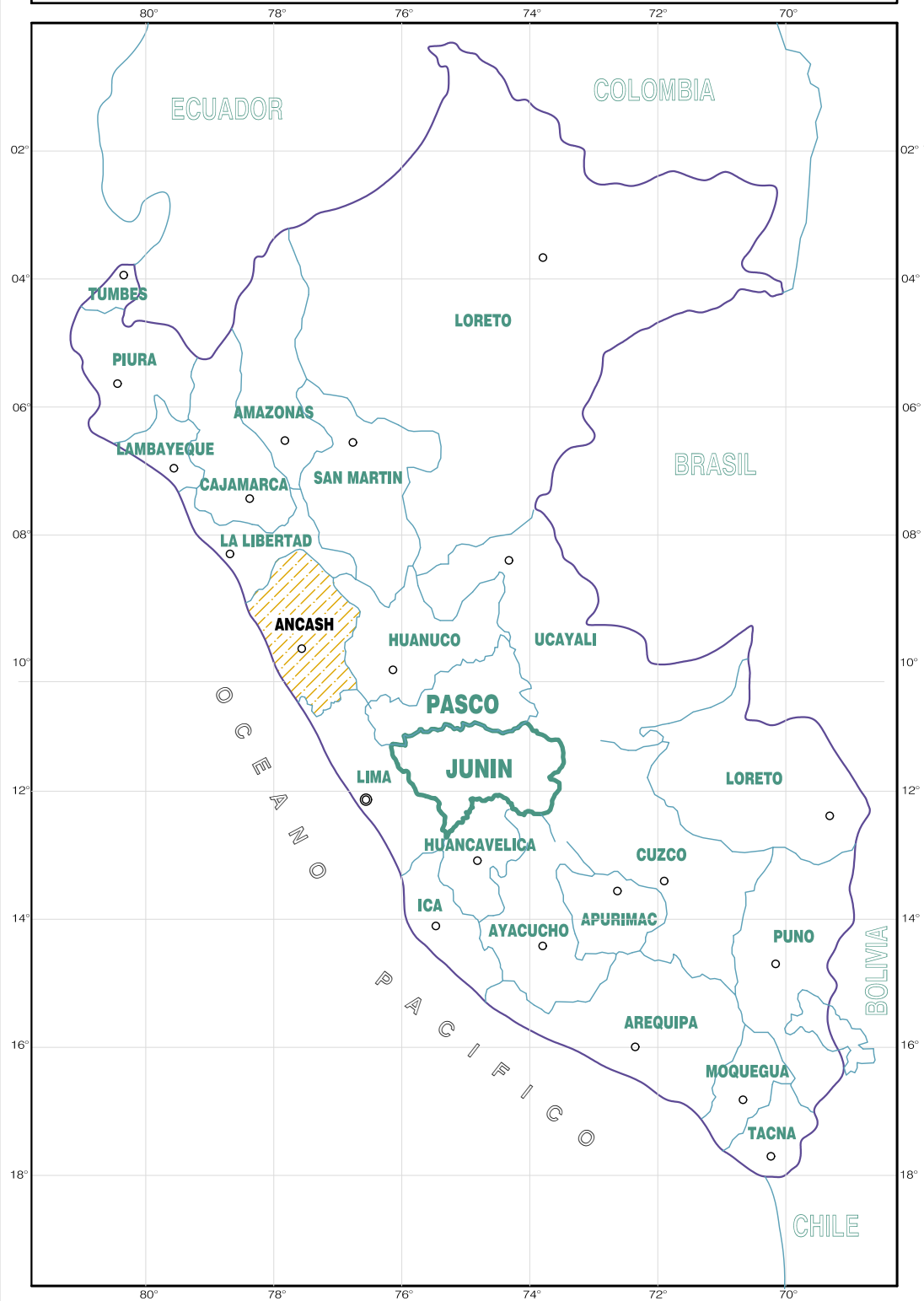
Figura 45 Lectura de datos de manómetro digital 13



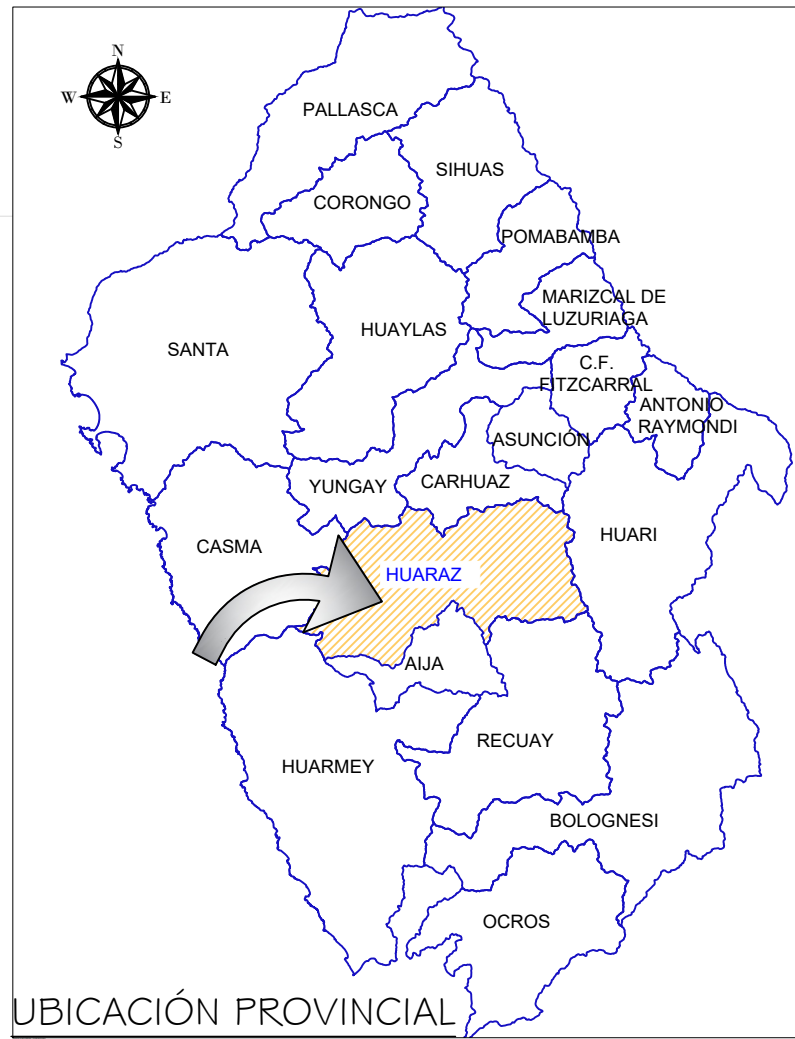
## **ANEXO N° 03: PLANO DE UBICACIÓN DEL PROTOTIPO**



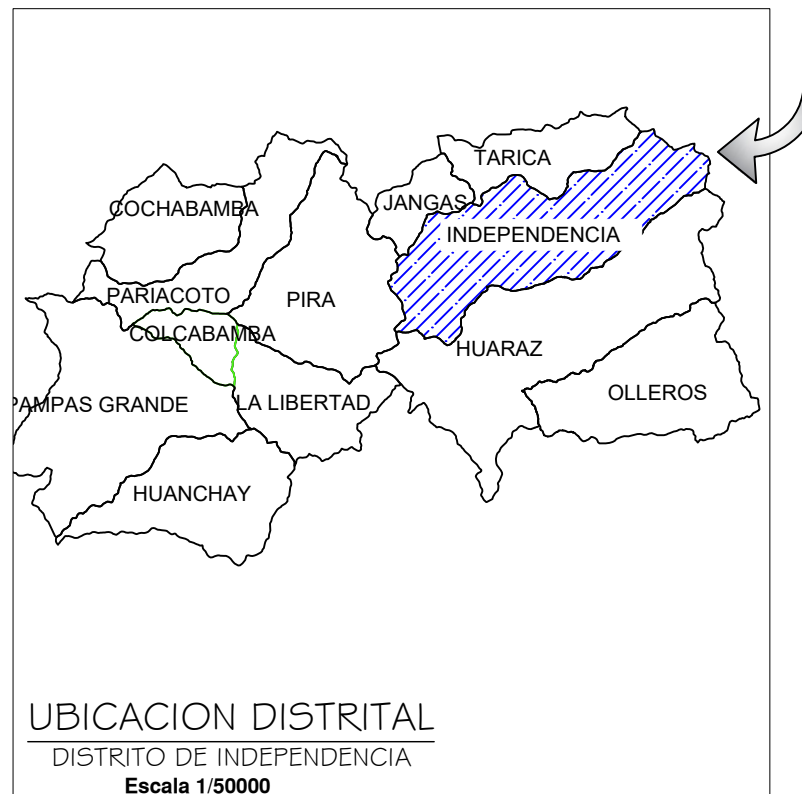
# UBICACION EN EL PERÚ



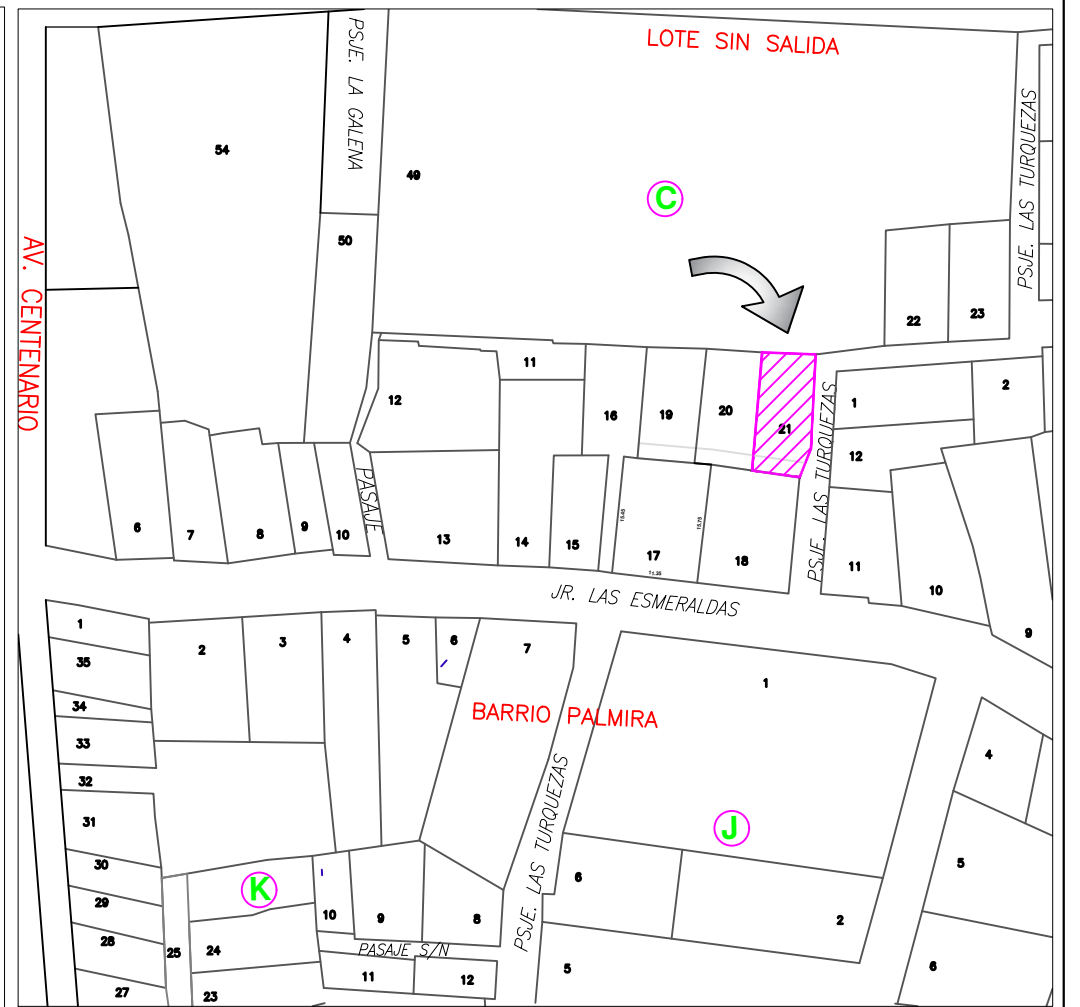
**UBICACION REGIONAL**  
REGION ANCASH



**UBICACION PROVINCIAL**  
PROVINCIA DE HUARAZ  
Escala 1/100000



**UBICACION DISTRITAL**  
DISTRITO DE INDEPENDENCIA  
Escala 1/50000



**PLANO DE LOCALIZACIÓN**  
Escala 1/1000

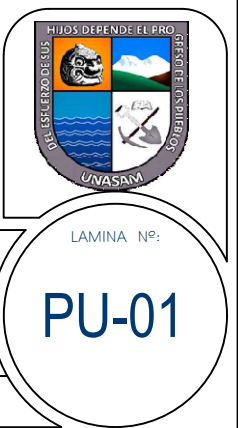
UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO  
FACULTA DE CIENCIAS DEL AMBIENTE  
ESCUELA DE INGENIERÍA SANITARIA

UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: ANCASH      PROVINCIA: HUARAZ      DISTRITO: INDEPENDENCIA

PLANO: PLANO DE UBICACIÓN

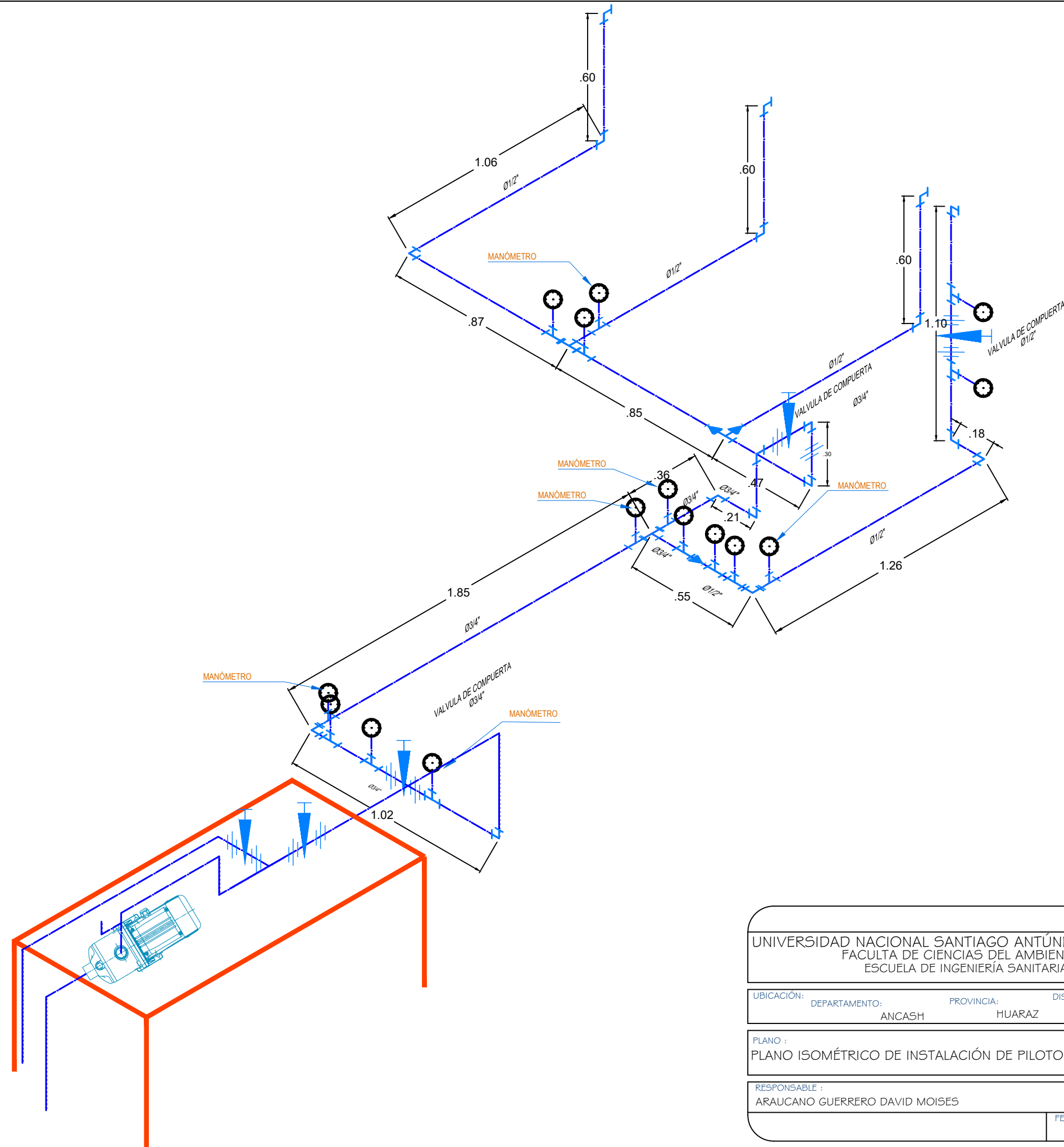
RESPONSABLE: ARAUCANO GUERRERO DAVID MOISES      ESCALA: Indicada

DIBUJO:      FECHA: 2025



**ANEXO N° 04: PLANO ISOMÉTRICO DE  
INSTALACIÓN DE PILOTO DEL PROTOTIPO**





UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO FACULTA DE CIENCIAS DEL AMBIENTE ESCUELA DE INGENIERÍA SANITARIA			
UBICACIÓN:	DEPARTAMENTO:	PROVINCIA:	DISTRITO:
	ANCASH	HUARAZ	INDEPENDENCIA
PLANO : PLANO ISOMÉTRICO DE INSTALACIÓN DE PILOTO DEL PROTOTIPO			
RESPONSABLE : ARAUCANO GUERRERO DAVID MOISES		ESCALA : 1:50	
		FECHA : 2025	



LAMINA Nº:  
**PI-01**