

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**EVALUACIÓN DEL FENÓMENO DE GOLPE DE ARIETE A TRES
DIFERENTES ALTURAS EN EL CIRCUITO HIDRÁULICO DEL
LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**

Tesis para optar el título profesional de

INGENIERO CIVIL

CHRISTIAN WILSON ALAN, PINEDA BARDALEZ

UCAYALI – PERÚ

2024



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS



ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 010-2024

GRADUANDO : PINEDA BARDALEZ, CHRISTIAN WILSON ALAN.

TEMA : "EVALUACIÓN DEL FENÓMENO DE GOLPE DE ARIETE A TRES DIFERENTES ALTURAS EN EL CIRCUITO HIDRÁULICO DEL LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI"

ASESOR : DR. DAVID ABEL GONZALEZ MANRIQUE DE LARA

CRITERIOS	PUNTAJE			
	3	2	1	0
I- PRESENTACION				
* MOTIVACION	X			
* TONO DE VOZ		X		
* CALIDAD DE MATERIAL AUDIOVISUAL	X			
II- DESARROLLO DE CONTENIDO				
* SECUENCIA	X			
* DOMINIO DE VOZ		X		
* USO ADECUADO DEL MATERIAL	X			
* VALIDEZ DE LOS HALLAZGOS		X		
III- ABSOLUCION DE PREGUNTAS				
* RESPONDE A LAS PREGUNTAS FORMULADAS POR EL JURADO		X		
IV- APOORTE CIENTIFICO Y TECNOLOGICO				
* AL DESARROLLO DE LA COMUNIDAD	X			
* A LA PROFESION		X		

EVALUACION

- EXCELENCIA 26 A 30 PUNTOS
- UNANIMIDAD 21 A 25 PUNTOS
- MAYORIA 16 A 20 PUNTOS
- DESAPROBADO 15 A MENOS

CALIFICACION FINAL:

PUNTAJE : 25 / 30

CONCLUSIONES:

APROBADO POR : UNANIMIDAD
DESAPROBADO POR :

JURADO EVALUADOR


Mg. SORIANO ALAVA, Horacio
PRESIDENTE


Mg. PÉREZ CASTAÑÓN, Daniel
MIEMBRO


Dr. RAFAEL LEAN, Fernando
MIEMBRO


M.Sc. CLOTILDE RÍOS HIDALGO DE CERNA
SECRETARIA ACADÉMICA

PUCALLPA, 27 DE MAYO DEL 2024



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS



TESIS TITULADO: "EVALUACIÓN DEL FENÓMENO DE GOLPE DE ARIETE A TRES DIFERENTES ALTURAS EN EL CIRCUITO HIDRÁULICO DEL LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI"

ELABORADO POR:

Bach. CHRISTIAN WILSON ALAN PINEDA BARDALEZ

APROBADO POR:

Mg. HORACIO SORIANO ALAVA
PRESIDENTE

Mg. DANIEL PÉREZ CASTAÑÓN
MIEMBRO

Dr. FERNANDO RAFAEL LEAN
MIEMBRO

Dr. DAVID ABEL GONZÁLEZ MANRIQUE DE LARA
ASESOR DE TESIS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Nº V/0002-2024.

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

"EVALUACIÓN DEL FENÓMENO DE GOLPE DE ARIETE A TRES DIFERENTES ALTURAS EN EL CIRCUITO HIDRÁULICO DEL LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI"

Autor(es) : PINEDA BARDALEZ, CHRISTIAN WILSON ALAN
Facultad : INGENIERÍA DE SISTEMAS E INGENIERÍA CIVIL
Escuela : ING. CIVIL
Asesor(a) : Dr. GONZALEZ MANRIQUE DE LARA, DAVID ABEL

Presenta un porcentaje de similitud de 6%, verificado en el Sistema Antiplagio URKUNDI ORIGINAL.

De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. En tal sentido, se declara, que el presente trabajo de investigación: **SI** Contiene un porcentaje aceptable de similitud, procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.

En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 16/01/2024



Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, CHRISTIAN WILSON ALAN PINEDA BARDALEZ

Autor de la tesis titulada: EVALUACIÓN DEL FENÓMENO DE GOLPE DE
ARIETE A TRES DIFERENTES ALTURAS EN EL CIRCUITO
HIDRÁULICO DEL LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD
NACIONAL DE UCAYALI.

Sustentada el año 2024

Asesor(a): Dr. DAVID ADEL GONZALES MANRIQUE DE LARA

Facultad: DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INGENIERÍA CIVIL

Escuela Profesional: DE INGENIERÍA CIVIL

Autorizo la publicación:

PARCIAL

☐

TOTAL

☒

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 04 / 06 / 2024

Email: christiangiscad@gmail.com Firma: [Firma]

Teléfono: 968472825 DNI: 43101243

www.repositorio.unu.edu.pe
repositorio@unu.edu.pe

DEDICATORIA

A mis queridos padres, por haberme forjado como la persona que soy hoy en día, a mis hermanos por su apoyo moral en todo momento para culminar con mis estudios, a mi esposa y mi hija quienes han sido mi mayor motivación para nunca rendirme en los estudios y así llegar a ser un ejemplo.

AGRADECIMIENTO

A mi alma mater, Universidad Nacional de Ucayali, por brindarme la oportunidad de realizar mi aspiración de ser profesional.

A los docentes de la Facultad De Ingeniería De Sistemas E Ingeniería Civil, por su paciencia y sabias enseñanzas en todo el proceso de mi formación académica para desempeñarme profesionalmente y poder contribuir al crecimiento de mi región y mi país.

Al Dr. David Abel González Manrique De Lara, por su apoyo en el asesoramiento durante el desarrollo de mi proyecto de tesis para optar el título profesional, habiendo, recibido orientaciones precisas y adecuadas para la culminación satisfactoria de mi investigación. A él mi profundo agradecimiento.

A la Ingeniera Rosita Katherine Rojas Morón, por su apoyo durante la ejecución de mi proyecto de tesis para optar el título profesional, habiendo recibido orientaciones precisas y adecuadas durante las pruebas de ensayo realizados en el Laboratorio de Estructuras e Hidráulica de la universidad nacional de Ucayali, para la culminación satisfactoria de mi investigación. A ella mi profundo agradecimiento.

A también a todas las personas que participaron de forma directa e indirecta en esta investigación.

RESUMEN

En la investigación titulada “Evaluación del fenómeno de Golpe de Ariete a tres diferentes alturas en el Circuito Hidráulico del laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali”. Tuvo como objetivo evaluar el fenómeno de golpe de ariete a tres diferentes alturas en el Circuito Hidráulico del laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali. El tipo de investigación fue aplicada experimental, con un diseño completamente al azar y la prueba de promedio de Tukey con una significancia del 0.05, la muestra estuvo conformada por el número total de golpes de ariete en un período de 6 horas de funcionamiento del equipo Ariete hidráulico HM150.15 con 3 tratamientos y cuatro repeticiones, donde se pudo observar que la altura tiene un efecto en el volumen total en litros en el **T₃**: (Evaluación del fenómeno de Golpe de Ariete a 21 cm de altura), donde obtuvo 2.49 l, el mayor tiempo con 31.45 y el mayor caudal con 0.079 m/s o 79.26 m³/s, también se pudo determinar que existió un efecto significativo entre el tiempo y volumen a tres diferentes alturas en el circuito hidráulico con una correlación de Pearson de 0.987 y una significancia de 0.00, en cuanto al caudal en litros y el volumen se determinó una relación de 0.9184; para el caudal en litros y el tiempo se encontró una relación de Pearson que fue de 0.8430, mientras entre el caudal en metros cúbicos y el volumen se encontró una relación de Pearson fue de 0.9184.

Palabras clave: Golpe de ariete, caudal, volumen, tiempo y altura.

ABSTRACT

In the research titled "Evaluation of the Water Hammer Phenomenon at Three Different Heights in the Hydraulic Circuit of the Laboratory of the National University of Ucayali," the aim was to assess the water hammer phenomenon at three different heights in the hydraulic circuit of the University's laboratory. The research design was applied experimental, utilizing a completely randomized design and the Tukey's mean comparison test with a significance level of 0.05. The sample consisted of the total number of water hammer occurrences during a 6-hour operation period of the HM150.15 Hydraulic Ram equipment, with 3 treatments and four repetitions. It was observed that the height had an effect on the total volume in liters in T3 (Evaluation of the Water Hammer Phenomenon at 21 cm height), where it obtained the highest height at 2.49, the longest time at 31.45, and the highest flow rate at 0.079 m/s or 79.26 m³/s. A significant effect was also determined between time and volume at three different heights in the hydraulic circuit with a Pearson correlation of 0.987 and a significance of 0.00. Regarding the flow rate in liters and volume, a correlation of 0.9184 was determined; for the flow rate in liters and time, a Pearson correlation of 0.8430 was found, while between the flow rate in cubic meters and volume, a Pearson correlation of 0.9184 was identified.

Keywords: Water hammer, flow, volume, time, and height.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
INDICE DE CONTENIDO.....	x
INDICE DE TABLAS.....	xiv
INDICE DE FIGURAS.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	xvii
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1. Descripción y Fundamentación del Problema.....	1
1.2 Formulación del Problema.....	3
1.2.1. Problema General.....	3
1.2.2. Problemas Específicos.....	3
1.3. Objetivos de la Investigación.....	4
1.3.1. Objetivo General.....	4
1.3.2. Objetivos Específicos.....	4
1.4 Justificación e Importancia.....	4
1.5 Limitaciones y Alcances.....	7
1.6 Hipótesis.....	8
1.6.1. Hipótesis General.....	8
1.6.2. Hipótesis Especificas	8

1.7	Sistema de Variables Dimensiones e Indicadores.....	9
1.7.1.	Variable Independientes.....	9
1.7.2	Variable Dependiente.....	9
1.8.	Definición operacional de variable.....	10
	CAPITULO II: MARCO TEORICO.....	11
2.1.	Antecedentes de la investigación	11
2.1.1	Antecedentes internacionales.....	11
2.1.2.	Antecedentes nacionales.....	14
2.1.3.	Antecedentes locales.....	16
2.2.	Bases Teóricas	17
2.3	Definición de Términos Básicos.....	21
	CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	28
3.1.	Metodología y Técnicas Utilizadas.....	28
3.1.1.	Tipo y Nivel de investigación.....	28
3.1.2.	Nivel de investigación.....	29
3.1.3.	Diseño de la investigación - esquema de la investigación.....	30
3.2.	Población y muestra.....	31
3.2.1.	Población	31
3.2.2	Muestra.....	31
3.3.	Técnicas de recolección y tratamiento de datos.....	32
3.4.	Procesamiento y presentación de datos.....	33

CAPITULO IV: RESULTADOS	34
4.1. Tiempo total a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico	34
4.2. Volumen total en litros a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico.....	36
4.3. Caudal a metros por segundos a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico.....	38
4.4. Caudal en metros cúbicos a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico.....	41
4.5 Correlaciones entre las variables en estudios.....	43
4.5.1. Correlación entre el tiempo y el volumen a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico.....	43
4.5.2. Correlación entre el caudal en litros y el volumen a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico.....	45
4.5.3. Correlación entre el caudal en litros y el tiempo a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico.....	47
4.5.4. Correlación entre el caudal en metros cúbicos y el volumen a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico	48

CAPITULO V: DISCUSION DE RESULTADOS.....	51
CONCLUSIONES.....	54
RECOMENDACIONES O SUGERENCIAS.....	56
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	58
ANEXOS	63
ANEXO N°1 : MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	64

INDICE DE TABLAS

En el texto	Pág.
Tabla 1. <i>Operacionalización de las variables en estudiadas</i>	10
Tabla 2. Fuentes de variabilidad del análisis de variancia	31
Tabla 3. Formato de recolección de datos para cumplir con los objetivos.....	32
Tabla 4. <i>Evaluación del volumen total en litros a tres diferentes</i> <i>alturas en un circuito hidráulico</i>	34
Tabla 5. <i>Evaluación del tiempo total a tres diferentes alturas en</i> <i>un circuito hidráulico</i>	37
Tabla 6. <i>Evaluación del caudal a metros por segundos a tres</i> <i>diferentes alturas en un circuito hidráulico</i>	39
Tabla 7. <i>Evaluación del caudal en metros cúbicos a tres</i> <i>diferentes alturas en un circuito hidráulico</i>	41
Tabla 8. <i>Relación entre el tiempo y el volumen a tres diferentes</i> <i>alturas en un circuito hidráulico</i>	45
Tabla 9. <i>Relación entre el caudal en litros y el volumen a tres</i> <i>diferentes alturas en un circuito hidráulico</i>	46
Tabla 10. <i>Relación entre el caudal en litros y el tiempo a tres</i> <i>diferentes alturas en un circuito hidráulico</i>	48
Tabla 11. <i>Relación entre el caudal en metros cúbicos y el volumen</i> <i>a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico</i>	50

En el anexo:

Tabla 12A.	<i>Análisis del volumen total en litros a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico</i>	66
Tabla 13A.	<i>Análisis del tiempo total a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico.....</i>	66
Tabla 14A.	<i>Análisis del caudal en metros por segundos a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico.....</i>	67
Tabla 15A.	<i>Análisis del caudal en metros cúbicos a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico</i>	67

INDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1.	<i>Variación del volumen total en litros a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico</i>	36
Figura 2.	<i>Variación tiempo total a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico</i>	38
Figura 3.	<i>Variación del caudal a metros por segundos a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico.....</i>	40
Figura 4.	<i>Variación del caudal en metros cúbicos a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico.....</i>	43
Figura 5.	<i>Gráfico de dispersión de la relación entre el tiempo y el volumen a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico ..</i>	44
Figura 6.	<i>Gráfico de dispersión de la relación entre el caudal en litros y el volumen a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico</i>	46
Figura 7.	<i>Gráfico de dispersión de la relación entre el caudal en litros y el tiempo a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico.</i>	48
Figura 8.	<i>Gráfico de dispersión de la relación entre el caudal en metros cúbicos y el volumen a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico.....</i>	49

En el Anexo:

Figura 9A.	<i>Vista general del laboratorio de hidráulica de la UNU</i>	66
Figura 10A.	<i>Vista general del equipo de golpe de ariete utilizado para realizar las diferentes evaluaciones del estudio.</i>	66
Figura 11A.	<i>Calibración de la altura previa a las evaluaciones.....</i>	67
Figura 12A.	<i>Calibración de las mangueras y accesorias previa a las evaluaciones</i>	67
Figura 13A.	<i>Primera prueba piloto o ensayo de las evaluaciones</i>	68
Figura 14A.	<i>Cálculo del volumen total necesario para las evaluaciones...</i>	68
Figura 15A.	<i>Culminación del cálculo del volumen para las evaluaciones.....</i>	69
Figura 16A.	<i>Puesta en marcha de las evaluaciones en el laboratorio</i>	69
Figura 17A.	<i>Resultado de Base de datos de la tesis “Evaluación del Fenómeno de Golpe de Ariete a Tres Diferentes Alturas en el Circuito Hidráulico del Laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali”.....</i>	70
Figura 18A.	<i>Constancia de Calibración de Equipos del Laboratorio de Estructura e Hidráulica.....</i>	71

INTRODUCCIÓN

Sobre este tema, Guevara et al. (2021) mencionaron que el golpe de ariete consiste en la alternancia de bajas y sobrepresiones causadas por el movimiento oscilatorio del agua dentro de una tubería, el cual es producto de cambios en el caudal (Twyman, 2018). Este fenómeno se manifiesta como un cambio en la presión de la línea de corriente, que se produce esencialmente en tuberías por gravedad y sistemas de bombas presurizadas al forzar la inercia del fluido en movimiento dentro de la tubería a una parada repentina (Mott, 2015). Sobre esto Wan & Zhang (2018) menciona que el cálculo de la sobrepresión es importante para determinar la presión máxima que debe soportar la tubería, también se debe tener en cuenta que si la depresión es igual al valor del caudal (Malekpour et al., 2015).

La investigación titulada "Evaluación del Fenómeno de Golpe de Ariete a tres diferentes alturas en el Circuito Hidráulico del Laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali" representa un análisis técnico exhaustivo centrado en los diversos aspectos del golpe de ariete en un entorno hidráulico específico. El objetivo principal de este estudio fue lograr una comprensión profunda del fenómeno en cuestión. Los objetivos específicos delineados abordan aspectos clave, comenzando con la determinación del efecto del tiempo en el aumento de la altura durante el golpe de ariete. Además, se pudo analizar minuciosamente la influencia de la altura y el volumen total en este fenómeno, así como explorar el impacto de la altura específica en el caudal del golpe de ariete. Para cerrar el enfoque, se pudo identificar posibles correlaciones entre el tiempo, volumen y caudal en el circuito hidráulico bajo investigación. Este enfoque técnico no solo aportó conocimientos avanzados a la comprensión del golpe de ariete, sino que también se traducirá en información fundamental para optimizar el diseño y la gestión de sistemas hidráulicos. Esta

investigación tiene especial relevancia en entornos académicos y aplicados, contribuyendo a mejorar la eficiencia y reducir los riesgos inherentes a este fenómeno en ingeniería hidráulica.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción y fundamentación del problema

Sobre este tema Guevara (2021), menciona que el Golpe de Ariete se refiere a la sucesión de depresiones y sobrepresiones que resultan del movimiento oscilatorio del agua en la tubería, originado por fluctuaciones en las velocidades del flujo (Twyman, 2018). Este fenómeno se evidencia como cambios en la presión de la línea de flujo y ocurre tanto en conducciones por gravedad como en sistemas de bombeo presurizado, cuando se produce una interrupción abrupta en la inercia del fluido en movimiento dentro de la tubería (Mott & Untener, 2015).

El fenómeno de Golpe de Ariete se refiere a una fluctuación abrupta en la presión del flujo de líquido en un sistema hidráulico, causada por la interrupción súbita del flujo. Este fenómeno puede tener consecuencias negativas en los sistemas hidráulicos, tales como daños en las tuberías, ruido excesivo, disminución de la vida útil de los componentes del sistema, y pérdida de eficiencia energética. Por lo tanto, es importante estudiar y evaluar el fenómeno de Golpe de Ariete en diferentes alturas en un circuito hidráulico, para poder identificar las causas y tomar medidas preventivas y correctivas para evitar los efectos negativos del Golpe de Ariete. Se espera identificar las causas del fenómeno y proponer soluciones para prevenir y mitigar los efectos del Golpe de Ariete.

El golpe de ariete es un fenómeno que se produce en los circuitos hidráulicos cuando se cierra o abre una válvula de forma rápida. Este cierre o

apertura brusca genera una onda de presión que viaja por el circuito, pudiendo ocasionar daños en las tuberías, válvulas y otros componentes. En este estudio se propone abordar conocimientos producidos a partir de la investigación en cuanto a la comprensión integral de cómo la altura, el tiempo, el volumen y el caudal interactúan en el fenómeno de golpe de ariete en el Circuito Hidráulico del laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali.

La resolución de estos interrogantes será clave para mejorar la eficiencia en la operación de sistemas hidráulicos utilizados en el abastecimiento y suministro de agua, tanto para consumo humano o usos industriales, especialmente en áreas donde la topografía del terreno presenta variaciones significativas que pueden obstaculizar el proceso de captación del agua y la generación de energía hidroeléctrica de manera similar permitirá contribuir al desarrollo de medidas preventivas y correctivas para mitigar los impactos negativos y perjudiciales de este fenómeno en infraestructuras hidráulicas. Se podrán identificar los factores que más influyen en la magnitud del golpe de ariete y cómo se interrelacionaran y facilitará desarrollar modelos matemáticos que permitan predecir la magnitud del golpe de ariete en función de las variables estudiadas. En ese sentido ayudara a diseñar e implementar estrategias que fortalezcan la resiliencia y la capacidad de adaptación de estas infraestructuras ante condiciones críticas. Esto no solo reducirá la vulnerabilidad de las infraestructuras hidráulicas frente a eventos adversos, sino que también promoverá su durabilidad y funcionalidad a largo plazo, asegurando así un suministro continuo, confiable y seguro de agua y energía.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

- ¿Se puede evaluar el fenómeno de golpe de ariete a tres diferentes alturas en el Circuito Hidráulico del laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el efecto del tiempo en el incremento de la altura en el golpe de ariete en el Circuito Hidráulico del laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali?
- ¿Cuál es el efecto de la altura y el volumen total del Golpe de Ariete en el Circuito Hidráulico del laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali?
- ¿Cuál es el efecto de la altura en el caudal del Golpe de Ariete en el Circuito Hidráulico del laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali?
- ¿Cuál es la relación entre el tiempo, volumen y caudal del golpe de ariete en el Circuito Hidráulico del laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Evaluar el fenómeno del golpe de ariete a tres diferentes alturas en el Circuito Hidráulico del laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto del tiempo en el incremento de la altura en el golpe de ariete en el Circuito Hidráulico del laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali.
- Analizar el efecto de la altura y el volumen total del Golpe de Ariete en el Circuito Hidráulico del laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali.
- Analizar el efecto de la altura en el caudal del Golpe de Ariete en el Circuito Hidráulico del laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali
- Determinar si existe una relación entre el tiempo, volumen y caudal del golpe de ariete en el Circuito Hidráulico del laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali.

1.4. Justificación e importancia

La investigación sobre el fenómeno de golpe de ariete a tres diferentes alturas en el circuito hidráulico del laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali se fundamenta por la necesidad imperante de optimizar el diseño de sistemas hidráulicos. Para una comprensión detallada de cómo la altura influye en el fenómeno de golpe de ariete, ya que permitirá mejorar la eficiencia

operativa de la infraestructura, reducir riesgos de daños a largo plazo y, en última instancia, prolongar la vida útil de los componentes hidráulicos. Este enfoque no solo busca la optimización local del laboratorio, sino que también proyecta contribuir a la sostenibilidad y eficacia en el diseño de sistemas hidráulicos de manera más amplia. Holleman y Witsen (2012), mencionan que el Golpe de Ariete puede causar daños en las tuberías y equipos hidráulicos, reducir la eficiencia energética y la vida útil de los sistemas hidráulicos e incrementando los costos de mantenimiento y reparación, generando ruido y vibraciones que pueden afectar negativamente a las personas que trabajan cerca de los sistemas hidráulicos. Además, el Golpe de Ariete puede ser una fuente de ruido y vibraciones que pueden afectar negativamente a la salud de las personas que trabajan cerca de los sistemas hidráulicos.

La investigación también responde a la necesidad crítica de desarrollar estrategias de mitigación específicas y metodologías que permitan identificar de forma precisa el efecto de la altura que impacta en el golpe de ariete, facilitando así la implementación de medidas correctivas adaptadas con el potencial de minimizar o incluso eliminar las consecuencias negativas asociadas con este fenómeno. Esto no solo resguardará la infraestructura hidráulica del laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali, sino que también proporcionará valiosas lecciones para la aplicación práctica de soluciones similares en entornos más amplios. Los efectos del Golpe de Ariete en este sistema hidráulico pueden tener implicaciones prácticas en términos de mantenimiento y eficiencia energética (Fernández et al. 2019). Además, la investigación puede establecer una metodología experimental para la evaluación del fenómeno de Golpe de Ariete que pueda ser utilizada en futuros estudios relacionados con el tema (Arregui et

al. 2018). Esto puede ayudar a mejorar la comprensión del fenómeno y su impacto en diferentes sistemas hidráulicos, lo que puede ser útil para mejorar el diseño y operación de los sistemas hidráulicos en diferentes aplicaciones y entornos (Pacciani et al. 2021).

Desde el punto de vista social: El acceso a agua potable y saneamiento es un derecho humano fundamental. El estudio del golpe de ariete puede contribuir a mejorar la eficiencia de los sistemas de distribución de agua, garantizando un acceso equitativo a este recurso vital para las comunidades más vulnerables.

Desde el punto de vista ambiental: Los daños en las tuberías pueden ocasionar fugas de agua, contaminando el medio ambiente. El estudio del golpe de ariete puede contribuir a minimizar estas fugas y proteger los recursos naturales.

Desde el punto de vista tecnológico: El estudio del golpe de ariete fomenta la investigación en ingeniería hidráulica, impulsando la formación de profesionales especializados en este campo y generando conocimiento científico que puede ser aplicado en la sociedad.

Esta investigación es viable ya que la universidad cuenta con todos los recursos humanos y tecnológicos donde se puede realizar las pruebas pertinentes, esta información beneficiaría a toda la población de Ucayali, permitiendo reducir los daños directos e indirectos en las operaciones de equipos hidráulicos y tuberías de agua y desagüe en la región de Ucayali y en el país.

1.5. Limitaciones y alcances

La investigación se centra en el circuito hidráulico de un laboratorio en la Universidad Nacional de Ucayali, lo que limita la generalización de los resultados a otros entornos hidráulicos más complejos o diversos. Aunque se evalúan tres alturas, podría haber más variables a considerar. La limitación en el número de alturas estudiadas puede restringir la comprensión completa del impacto de la altura en el Golpe de Ariete. La duración de la investigación podría influir en la variabilidad de los resultados. Limitaciones de tiempo pueden afectar la cantidad de datos recopilados y la extensión de los patrones identificados. Factores externos o variables no contempladas en la investigación podrían influir en los resultados. Por ejemplo, La habilidad del operario o estudiante o las características específicas del equipo podrían no haber sido tomadas en cuenta.

La tesis ofrece una valiosa contribución al conocimiento sobre el Golpe de Ariete, especialmente en relación con diferentes alturas en un entorno de laboratorio específico. Los resultados pueden tener aplicaciones prácticas en el diseño y gestión de sistemas hidráulicos, proporcionando información útil para la optimización de alturas en la prevención y control del Golpe de Ariete. La tesis puede servir como base para futuras investigaciones que podrían explorar más variables, ampliar el alcance geográfico o profundizar en aspectos específicos del Golpe de Ariete. La metodología utilizada para la evaluación de alturas y el impacto en el Golpe de Ariete podría ser replicada en otros estudios similares, proporcionando un modelo para investigaciones adicionales.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

- H_i = Las tres diferentes alturas tienen un efecto significativo en el fenómeno del golpe de ariete en el Circuito Hidráulico del laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali.
- H_o = Las tres diferentes alturas no tienen un efecto significativo en el fenómeno del golpe de ariete en el Circuito Hidráulico del laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali.

1.6.2. Hipótesis específicas

- El tiempo tiene un efecto significativo en el incremento de la altura en el golpe de ariete en el Circuito Hidráulico del laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali.
- La altura tiene un efecto significativo en el volumen total del Golpe de Ariete en el Circuito Hidráulico del laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali.
- La altura tiene un efecto significativo en el caudal del Golpe de Ariete en el Circuito Hidráulico del laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali.
- Existe una relación significativa entre el tiempo, volumen y caudal del golpe de ariete en el Circuito Hidráulico del laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali.

1.7. Sistema de variables dimensiones e indicadores

1.7.1. Variable independiente

La variable independiente es la siguiente:

X₁: Altura en centímetros (7 cm, 14cm y 21 cm).

1.7.2. Variable dependiente

Las variables dependientes es el golpe de ariete, en las siguientes características:

Y₁: Tiempo del golpe de ariete.

Y₂: Volumen del golpe de ariete.

Y₃: Caudal del golpe de ariete.

Y₄: Nivel de relación del golpe de ariete.

1.8. Definición operacional de variables, dimensiones e indicador

Tabla 1. Operacionalización de las variables en estudiadas.

Variables	Definición operacional	Dimensiones	Sub Dimensión	Indicadores	Unidad	Tipo de variable	Escala	Instrumento
VI: Altura en centímetros	Es el nivel en centímetros que se elevara el agua durante las evaluaciones según tratamientos en estudios.	Altura: 7cm, 14cm y 21 cm.	Altura vertical	Cantidad de agua en litros durante las evaluaciones según tratamiento a una altura de 7, 14 y 21 centímetros.	Centímetros	Cuantitativa	Razón continua	Regla en centímetros
VD: Golpe de ariete en las diferentes Características	Características del golpe de ariete durante un periodo de tiempo determinado y una altura.	Tiempo.		El tiempo que tarda en producirse el golpe de ariete. Es una variable continua que se mide en segundos.	Segundos	Cuantitativa	Razón continua	Cronometro
		Volumen		El volumen de fluido que se mueve durante el golpe de ariete.	Litros	Cuantitativa	Razón continua	Probeta graduada
		Caudal		El caudal de fluido que se mueve durante el golpe de ariete.	lt/s y m ³ /s	Cuantitativa	Razón continua	Cronometro Y probeta graduada
		Relación		Nivel de relación entre la variable tiempo, caudal y volumen.	Índice de correlación de Pearson	Cualitativa	Escala ordinal	SPSS 25

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Ávila (2018), en su investigación titulada "Análisis del Comportamiento Hidráulico frente a los Efectos del Golpe de Ariete en el Tramo 'Tanque de Carga–Tanque Chone' del Sistema Regional de Agua Potable de Esmeraldas y su Zona de Influencia, Considerando Estados de Flujo Permanente y No Permanente", tuvo como propósito detallar los aspectos técnicos relevantes relacionados con el fenómeno del golpe de ariete en sistemas hidráulicos a presión. Se propone que la instalación de cuatro válvulas reductoras de presión se presenta como una medida práctica para disminuir los valores máximos de presión registrados en el escenario 2.1, que alcanzaron los 184 m.c.a., hasta niveles inferiores que se sitúan por debajo de los obtenidos en la envolvente de presión piezométrica máxima, los cuales corresponden a 166.31 m.c.a.

Carrera, Peña & Rodríguez (2020), en su investigación titulada "Análisis y Evaluación del Impacto del Golpe de Ariete en Válvulas de Cierre Instantáneo", tuvo como propósito examinar el fenómeno del golpe de ariete en tuberías de redes abiertas utilizando el catálogo de tuberías de PVC. En el manómetro 2, se registró experimentalmente una sobre presión de 3.76 m.c.a., con un valor de presión estática de 12.30

m.c.a. El delta de error entre el valor calculado según la fórmula de Allievi y el valor experimental fue del 8.14%. Para alcanzar la presión máxima, se aumentó la sobre presión hasta igualarla con la presión estática, resultando en 16.07 m.c.a. Esto se llevó a cabo con el fin de mitigar el impacto del golpe de ariete.

Edison & Richard (2021), en su artículo denominado "Elaboración y Evaluación de una Bomba de Ariete Multipulsor Boxer con Dos Vías de Carga Horizontal", se propusieron la fabricación de las diversas partes de la bomba de ariete multipulsor boxer mediante procesos tecnológicos afines. En la evaluación del rendimiento del ariete, se identificó que los niveles más elevados alcanzados para el rendimiento hidráulico fueron del 60.8%, con un caudal de 32 m³/h y una frecuencia de 54 golpes por minuto. Los datos obtenidos a través de las curvas de operación de la bomba resultaron ser similares a los de una bomba eléctrica de 0.5 kW de potencia.

López (2020), en su estudio titulado "Análisis del Impacto del Golpe de Ariete en el Circuito Hidráulico de Potencia del Laboratorio de Fluidos del ICAI", tuvo como finalidad examinar los efectos del golpe de ariete en el circuito hidráulico de potencia del laboratorio ICAI. La investigación evidenció que la instalación garantiza seguridad intrínseca frente a fallos de gran envergadura, como la rotura o colapso de tuberías y válvulas, durante eventos de golpe de ariete. No obstante, la experiencia operativa revela la presencia de riesgos asociados a daños

puntuales, especialmente la perforación de tuberías. En respuesta a este riesgo específico, se recomienda como medida de protección la instalación estratégica de ventosas a intervalos de 3 metros en toda la infraestructura del laboratorio.

Quispe (2018), en su trabajo académico titulado "Análisis y Mejora del Suministro en el Sistema de Agua Potable mediante la Aplicación del Golpe de Ariete en el Barrio Partido Alto-Shanao-Lamas-2018", tuvo como propósito desarrollar el diseño del sistema de bombeo de ariete para el mencionado barrio. En la infraestructura de la red existente en el distrito de Shanao, incluyendo el barrio Partido Alto, se identificó un punto, J-51, que registraba una presión negativa de -14.58 m. Con la propuesta de diseño revisada, ese mismo punto exhibe ahora una presión positiva de 6.17 m. Se recomienda la utilización de tuberías con diámetros de 2½" de clase 7.5 para la línea de aducción, y de 1" y 2" de clase 7.5 para la línea de distribución, con el objetivo de cumplir con los parámetros establecidos en las normativas vigentes.

Santillán (2023) llevó a cabo una investigación titulada "Análisis de la Eficiencia de un Sifón Invertido con Bomba de Ariete Hidráulico para la Conducción de Agua". En su estudio, evaluó el rendimiento de un sifón invertido equipado con una bomba de ariete hidráulico para el transporte de agua. Durante las pruebas, se logró elevar el nivel del agua desde 12 hasta 21 metros, generando caudales que variaron de 2.79 a 0.49 l/min, con eficiencias comprendidas entre el 5.29% y el

0.92%. En condiciones de desnivel de cinco metros, se observó un aumento desde 14 hasta 23 metros, con caudales de 3.29 a 1.06 l/min y eficiencias fluctuantes entre el 5.01% y el 1.62%. Para un desnivel de diez metros, el agua se elevó desde 19 hasta 28 metros, obteniendo caudales de 6.01 hasta 3.33 L/min y eficiencias en el rango de 7.54% a 4.18%.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Auqui (2021), en su estudio titulado "Impacto del Golpe de Ariete en la Línea de Conducción de Agua Potable del Distrito de Moya, Provincia de Huancavelica", tuvo como propósito generar un aumento de presión tanto en el ámbito práctico como teórico. Sin embargo, se observó que la presión total a un desnivel de 60 metros no excede el límite máximo admisible de 75 m.c.a. para una tubería de clase 7.5. Por lo tanto, se sugiere la instalación de cámaras rompe presión en desniveles mayores de 40 metros, con el fin de evitar costos adicionales en la construcción excesiva de dichas cámaras y en las operaciones de mantenimiento.

Carpio (2019), en su trabajo de investigación titulado "Elaboración e Implementación de un Sistema de Abastecimiento de Agua mediante la Utilización del Método de Golpe de Ariete Hidráulico en la Comunidad de La Joya Antigua, Arequipa, 2018", tuvo como objetivo describir los parámetros hidráulicos necesarios para la aplicación del bombeo ariete hidráulico con el fin de suministrar agua a

la comunidad de La Joya Antigua, ubicada en Arequipa en el año 2018. Durante la implementación, se lograron cumplir satisfactoriamente los parámetros hidráulicos calculados, resultando en un dispositivo ecológico y autónomo con un caudal de suministro de 6 litros por minuto para una elevación de 30 metros. Es esencial asegurar la correcta fijación horizontal de la bomba de ariete, anclándola de manera adecuada para prevenir deslizamientos causados por vibraciones.

Fernández (2020), en su investigación titulada "Propuesta para la Mejora del Sistema de Abastecimiento de Agua mediante el Uso de Líneas de Impulsión en la Fase I de la Represa Pasto Grande, Región Moquegua", tuvo como objetivo presentar una propuesta de mejora para el sistema de abastecimiento de agua, utilizando líneas de impulsión y seleccionando un sistema de bombeo con ariete para la Represa de Pasto Grande, en la Fase I, ubicada en la Región Moquegua. A pesar de que las bombas actualmente instaladas operan con una potencia instalada de 1250 PH, los cálculos indican que la línea de impulsión con tuberías de acero al carbono requiere una potencia teórica del sistema motor-bomba de 807.5 HP y una potencia técnica de 968 HP. En cambio, la línea de impulsión con tuberías HDPE demanda una potencia teórica de 765.4 HP y una potencia técnica de 918 HP.

Piña (2021), en su escrito denominado "Análisis de un Sistema de Bombeo con Tecnología de Ariete Hidráulico para el Suministro de Agua en el Sector Punta de Doña, Moyobamba", se propuso diseñar,

construir y evaluar el desempeño de un sistema de bombeo manual basado en la tecnología de ariete hidráulico, con el fin de proporcionar agua a nivel doméstico en el sector Punta de Doña. El sistema de ariete hidráulico se fabricó utilizando materiales de alta calidad, duraderos y resistentes para maximizar su eficiencia. Además, para su operación y puesta en marcha, el sistema prescinde de la necesidad de energía eléctrica y combustible.

Sánchez (2020), en su estudio titulado "Análisis de Factibilidad Técnica y Económica para la Implementación de un Sistema de Bombeo mediante Golpe de Ariete en el Distrito de Sujo, Piura", tuvo como propósito establecer las condiciones y los parámetros de diseño para la instalación de un sistema de bombeo basado en el golpe de ariete. Se compararon bombas de ariete con una bomba convencional que opera con combustibles, identificando diferencias significativas, especialmente en términos de caudal suministrado y tiempo de funcionamiento. A través del análisis comparativo, se concluyó que, en un período de un mes, los costos de operación de una bomba de ariete son comparables a los de una motobomba. Sin embargo, a partir del segundo mes de uso, la bomba de ariete presenta un ahorro económico para el propietario.

2.1.3. Antecedentes locales

El presente estudio no encontró antecedentes locales ni investigaciones previas relacionadas con el tema de investigación.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. El golpe de ariete

Guevara et al. (2021), el golpe de ariete consiste en la alternancia de bajas y sobrepresiones causadas por el movimiento oscilatorio del agua dentro de una tubería, que es producto de cambios en el caudal (Twyman, 2018). Este fenómeno se manifiesta como un cambio en la presión de la línea de corriente, que se produce esencialmente en tuberías por gravedad y sistemas de bombeo presurizados cuando la inercia del fluido en movimiento dentro de la tubería se ve obligada a detenerse repentinamente (Mott & Untener, 2015). Malekpour et al. (2015), el cálculo de la sobrepresión es importante para determinar la presión máxima que debe soportar la tubería, también se debe tener en cuenta que si la depresión es igual al valor de tensión de vapor del líquido se producirá cavitación, aumentando el riesgo de ruptura de la tubería durante la fase de sobrepresión (Wan y Zhang, 2018).

Guevara y colaboradores (2021) proponen que es conveniente resaltar algunas diferencias significativas en los arreglos estructurales analizados. Para los elevadores impulsados por un sistema de bombeo que sigue las curvas de nivel del terreno, este fenómeno se manifiesta cuando la unidad de bombeo se detiene de manera incontrolada. En este caso, la carrera comienza en el punto más bajo, fluye aguas abajo de la estación de bombeo y culmina en el punto más alto de la tubería, donde se alcanza la presión máxima. Por otro lado, si la tubería

desciende por un perfil topográfico, la anomalía resulta del cierre incontrolado de una válvula en algún punto bajo del perfil, provocando un aumento en la línea de nitruración. En este caso, la anomalía comienza desde el punto de cierre de la válvula, avanza aguas arriba hasta su origen y el valor máximo se registra en el punto de cierre de la válvula (Wan y Zhang, 2018).

2.2.2. Funcionamiento de la bomba por golpe de ariete

El Ariete Hidráulico es descrito como un mecanismo que puede bombear agua a largas distancias aprovechando un pequeño desnivel y la interrupción abrupta de una columna de agua. Su operación básica se basa en impulsos, elevando una cantidad de agua en cada detención súbita de la columna. Este dispositivo es particularmente adecuado para usar en arroyos, fuentes, manantiales, o cualquier lugar con flujo constante de agua. Su rentabilidad se maximiza en entornos con un caudal significativo y un desnivel mínimo de un metro. La eficiencia del Ariete Hidráulico puede mejorarse ajustando el diámetro del dispositivo según el caudal disponible. No obstante, es esencial señalar que la instalación del ariete es inviable en ausencia de desnivel operativo (Ramos, 2019).

El fenómeno del golpe de ariete, se dispuso de un flujo de 0.108 litros por segundo, lo que equivale a un tiempo de operación de 13.888.89 segundos. Al multiplicar este tiempo por el caudal de desperdicio, obtenemos un total de 26.722.22 litros diarios (Altamirano & Rojas, 2023). El comportamiento de un cilindro hidráulico es función del volumen del

acumulador, el cual tiene el tamaño de diámetro interior $\phi_{ac. 1}$ de 54.58 mm, altura $h_{ac. 300}$ mm, volumen $V_{ac. 1}$ de 0.702 litros; tasa de alimentación $Q_{al. 3}$ de 20.978 litros/minuto, emisiones $Q_{desc. 3}$ de 6.500 l/min y residuos $Q_{desp. 3}$ de 14.478 L/min; eficiencia de $E3$ 30.98%; rendimiento volumétrico η_v 30.98% (Penagos, 2018). Sobre esto Díaz & Segura (2023) menciona que con la asistencia del caudalímetro y del software Hidroesta 2, se logró determinar el caudal promedio de la quebrada Tinguillan, estableciéndolo en 0.6620 m³/s. Además, mediante cálculos matemáticos para el diseño de la bomba de ariete hidráulico, se desarrolló un diseño que permite almacenar 33.6 m³ de agua, equivalente a 33.600 litros en un período de 24 horas. Este diseño cumple con la demanda de agua de nuestra muestra, la cual es de 2250 L en 24 horas (Díaz & Segura, 2023). Otro autor menciona que las estaciones de bombeo son estructuras erigidas con la finalidad de elevar el nivel del agua desde la fuente principal hasta los lugares donde se pretende emplearla (Mercado et al., 2023). De acuerdo al método planteado y calculado se tiene que para poder almacenar un volumen de agua de 12 m³ se necesitara bombear un caudal de 0,61 Lt/s durante 12 horas del día (Quispe, 2018). El análisis de correlación de Pearson (0.9870) y su significancia (0.00) respaldan aún más la existencia de una correlación hidráulica significativa. El gráfico de dispersión y el modelo matemático proporcionan una representación visual clara de esta relación lineal positiva. Otro autor menciona que la relación altamente significativa que se presenta entre el tiempo y el volumen obtuvo un ($r = 0.807$ y $p = 0.003$) se revela la estrecha relación entre el tiempo y el volumen (Ortiz, 2020). La dependencia entre el caudal y el volumen se

tradujo en un alto índice con un valor de $R = 0.825$, el cual es significativamente alto en la muestra analizada. El nivel de significación en este caso es de $P \text{ valor} = 0.006$. Además, se observará un coeficiente de Pearson de 0.7957 y un valor de $P = 0.002$ (Rodríguez, et al., 2023).

2.2.3. Equipamiento para la Enseñanza Técnica del Ariete Hidráulico HM150.15

El accesorio Fuerzas de reacción en tubos HM150.15 posibilita la realización de demostraciones de un ariete hidráulico. Mediante este tipo de bomba, es factible transportar agua desde un nivel superior sin la necesidad de una alimentación mecánica adicional. La energía cinética del flujo de agua se transforma en presión potencial mediante una frenada brusca, lo que permite visualizar la generación y los efectos de los golpes de ariete. Diseñada para ser utilizada en conjunto con el módulo básico de dinámica de los fluidos HM150, esta instalación puede conectarse a las tuberías de agua si existe un suministro adecuado. Además, destaca por su bajo mantenimiento y la utilización de materiales anticorrosivos en su fabricación. La estructura sencilla y el funcionamiento claro, con válvulas abiertas y depósitos transparentes, hacen que esta instalación sea ideal para propósitos educativos, ya sea como modelo para demostraciones o para que los estudiantes realicen experimentos (G.U.N.T., 1999).

El ariete hidráulico, desarrollado por Montgolfier en 1797, posibilita elevar la misma cantidad de agua que se evacua a un nivel superior utilizando exclusivamente la energía del flujo de agua. Este proceso

aprovecha el efecto generado al detener bruscamente el flujo de agua en una tubería, convirtiendo la energía cinética del agua en energía potencial. Aunque el choque de ariete resulta típicamente involuntario y puede causar daños considerables en las tuberías, especialmente en turbinas de agua con caídas desde alturas significativas, se emplean medidas constructivas para prevenir daños. Por ejemplo, en turbinas Pelton, se desvía gradualmente la carga súbita del chorro de agua antes de cerrar lentamente las agujas de la tubera. Además, en tuberías bajo presión se instalan cámaras de equilibrio que reciben y amortiguan el impacto del choque de ariete (G.U.N.T., 1999).

2.3. Definición de términos básicos

Altura, La altura del caudal del golpe de ariete se refiere a la elevación máxima alcanzada por la columna de agua durante el fenómeno. Este aumento repentino de la presión, provocado por la interrupción brusca del flujo en un sistema de tuberías, genera ondas que pueden elevar la altura del agua. La magnitud de esta elevación, medida desde el nivel inicial, es la altura del caudal del golpe de ariete, un parámetro crucial para comprender y gestionar los efectos de este fenómeno en sistemas hidráulicos (Navarro, 2019).

Alturas variables, Diferentes niveles de elevación del agua que se estudian para comprender su influencia en el fenómeno del golpe de ariete (Navarro, 2019).

Caudal hidráulico, Volumen de agua que fluye a través de un sistema hidráulico en un tiempo determinado, susceptible de ser afectado por el golpe de ariete (Rodríguez, et al., 2023).

Caudal, El caudal del golpe de ariete se refiere a la cantidad de agua expulsada durante el fenómeno de presión súbita en un sistema hidráulico. Resulta de la inercia del fluido cuando se cierra o detiene rápidamente el flujo, generando ondas de presión. El caudal del golpe de ariete se mide en volumen por unidad de tiempo y está vinculado a la velocidad y masa del agua afectada. Comprender este caudal es esencial para mitigar los efectos del golpe de ariete y diseñar sistemas que minimicen los riesgos asociados con este fenómeno hidráulico (Sánchez, 2020).

Circuito hidráulico, Un circuito hidráulico es un sistema que utiliza fluidos, generalmente líquidos, para transmitir energía mediante la presión. Este sistema incluye componentes como bombas, válvulas, cilindros y motores, conectados de manera estructurada. La bomba impulsa el fluido a través de conductos, y las válvulas controlan el flujo y la dirección. Los cilindros y motores convierten la energía hidráulica en movimiento mecánico. Los circuitos hidráulicos se emplean en diversas aplicaciones, desde maquinaria industrial hasta sistemas de frenado en vehículos. Su diseño eficiente y capacidad para generar gran fuerza los hace esenciales en ingeniería y maquinaria (Silva & Yordi, 2021).

Comportamiento del agua, Estudio de cómo el agua responde a cambios en el flujo y la presión, en este caso, en el contexto del fenómeno del golpe de ariete (Navarro, 2019).

Eficiencia operativa, Grado en el que el sistema hidráulico puede funcionar de manera efectiva y sin contratiempos, considerando la presencia del golpe de ariete (Fonseca & Fonseca, 2019).

Estudio experimental, Investigación que implica la manipulación y medición de variables controladas para comprender el comportamiento del golpe de ariete en diferentes alturas (Rodríguez, et al., 2023).

Evaluación, Proceso de análisis y estudio sistemático para comprender el comportamiento y los efectos del golpe de ariete en diferentes alturas del circuito hidráulico (Fonseca & Fonseca, 2019).

Fenómeno hidráulico, Evento relacionado con el comportamiento del agua en sistemas hidráulicos, en este caso, el golpe de ariete (Navarro, 2019).

Golpe de ariete, El Golpe de Ariete es una variación de presión brusca y no controlada que se produce en un sistema de tuberías cuando se detiene o cierra rápidamente el flujo de un fluido, como el agua. Esta perturbación genera ondas de presión que viajan a través de las tuberías, causando un aumento temporal y significativo de la presión. Este fenómeno puede provocar daños en las tuberías, válvulas u otros componentes del sistema. Se origina principalmente debido a la inercia del fluido en movimiento y puede ser mitigado mediante el uso de dispositivos como válvulas de cierre lento o dispositivos amortiguadores, como el propio

Ariete Hidráulico, que absorben y suavizan las variaciones de presión (Silva & Yordi, 2021).

Impacto hidráulico, Efectos y consecuencias que el fenómeno del golpe de ariete puede tener en la infraestructura hidráulica y sus componentes (Rodríguez, et al., 2023).

Infraestructura hidráulica, Conjunto de instalaciones y sistemas destinados al transporte, control y uso eficiente del agua, donde se manifiestan los efectos del golpe de ariete (Fonseca & Fonseca, 2019).

Ingeniería hidráulica, Disciplina que aborda el diseño, construcción y gestión de sistemas hidráulicos, siendo relevante para comprender y mitigar los efectos del golpe de ariete (Rodríguez, et al., 2023).

Investigación hidráulica, Exploración científica de fenómenos relacionados con el comportamiento del agua en sistemas hidráulicos, en este caso, enfocada en el golpe de ariete (Auqui, 2021).

Laboratorio universitario, Espacio equipado con instalaciones para realizar experimentos y estudios científicos, en este contexto, destinado a investigaciones relacionadas con hidráulica (Auqui, 2021).

Mediciones de altura, Registro de los niveles de elevación del agua en el circuito hidráulico, esenciales para la evaluación del fenómeno del golpe de ariete (Rodríguez, et al., 2023).

Mitigación de riesgos, Acciones y estrategias implementadas para reducir los posibles daños y riesgos asociados con el fenómeno del golpe de ariete (Navarro, 2019).

Presiones anómalas, Variaciones inusuales en las fuerzas de presión dentro del sistema hidráulico, posiblemente causadas por el golpe de ariete (Fonseca & Fonseca, 2019).

Sistema de tuberías, Red de conductos que transportan agua en un sistema hidráulico, susceptible de experimentar los efectos del golpe de ariete (Auqui, 2021).

Tiempo, En el contexto del golpe de ariete, el tiempo se refiere a la duración del fenómeno, que es el intervalo en el cual se produce la variación brusca de presión en un sistema hidráulico. Este lapso está asociado con la velocidad de propagación de las ondas de presión a través de las tuberías después de un cierre repentino del flujo. La comprensión del tiempo en el golpe de ariete es crucial para diseñar sistemas de mitigación efectivos y minimizar los efectos perjudiciales, como cambios de presión abruptos, vibraciones y posibles daños estructurales en el sistema (Fonseca & Fonseca, 2019).

Variación de altura, Cambios en los niveles de elevación del agua que se estudian para determinar su relación con el fenómeno del golpe de ariete (Auqui, 2021).

Volumen, El volumen del golpe de ariete hace referencia a la cantidad de agua desplazada o movida de manera brusca durante el fenómeno de presión súbita en un sistema hidráulico. Este volumen se relaciona con la masa de agua afectada y se mide en términos de capacidad de flujo, expresado en unidades de volumen por unidad de tiempo. Comprender el volumen del golpe de ariete es esencial para

evaluar la magnitud del impacto, diseñar dispositivos de mitigación efectivos y minimizar los riesgos asociados, como variaciones extremas de presión y posibles daños en las tuberías o componentes del sistema (Auqui, 2021).

SPSS 25 (Statistical Package for the Social Sciences) es un software estadístico utilizado para el análisis de datos. La versión 251 podría referirse a una versión específica de SPSS lanzada en el pasado. SPSS permite a los usuarios realizar una amplia gama de análisis estadísticos, desde estadísticas descriptivas básicas hasta técnicas más avanzadas como regresión, análisis factorial y análisis de varianza. Es muy utilizado en investigación académica, análisis de mercado, encuestas y otros campos donde se requiere análisis estadístico de datos (Wahyuni, 2020).

Índice de correlación de Pearson: En el contexto estadístico, "Pearson" generalmente se refiere al coeficiente de correlación de Pearson, que es una medida de la fuerza y la dirección de la relación lineal entre dos variables continuas. Este coeficiente varía entre -1 y 1, donde -1 indica una correlación negativa perfecta, 1 indica una correlación positiva perfecta y 0 indica ausencia de correlación lineal. El coeficiente de correlación de Pearson es ampliamente utilizado en la investigación científica y social para determinar si existe una relación entre dos variables y para medir la fuerza de esa relación (Fiallos, 2021).

HM 150.15 Ariete hidráulico: El Ariete Hidráulico es un dispositivo que utiliza la energía cinética del agua para bombear parte de esa misma

agua a una altura superior. El modelo HM 150.15 podría ser una designación específica para un tipo particular de Ariete Hidráulico, posiblemente indicando características técnicas como la capacidad de bombeo, el tamaño o la potencia. Este dispositivo es especialmente útil en áreas donde no se dispone de electricidad o donde se necesita una solución de bombeo autónoma y eficiente, como en zonas rurales o en proyectos de desarrollo sostenible. El Ariete Hidráulico funciona aprovechando el efecto de golpe de ariete, donde el flujo de agua se detiene bruscamente en una válvula de cierre, creando una presión que impulsa una porción del agua a una altura mayor (Gonzales, 2020).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Metodología y técnicas utilizadas

La investigación se llevó a cabo en la Universidad Nacional de Ucayali, ubicada en el distrito de Callería, provincia de Coronel Portillo, en la región Ucayali. El estudio se desarrolló en el laboratorio de Estructuras e Hidráulica de la universidad, situados en el Km. 6.2 de la carretera Federico Basadre. Las coordenadas geográficas del lugar fueron 8° 23' 37.1" de latitud sur, 74° 34' 42" de longitud oeste, y la altitud sobre el nivel del mar fue de 156 metros.

3.1.1. Tipo y Nivel de investigación

La investigación es de tipo mixto (cualitativa y cuantitativa) ya que posibilita el estudio de relaciones cuantitativas, con mediciones específicas de volúmenes, caudales y tiempos expresadas en unidades concretas como litros, metros cúbicos por segundo y segundos.

Hernández & Mendoza, (2020). Mencionan que los métodos de investigación mixta son la integración sistemática de los métodos cuantitativo y cualitativo en un solo estudio con el fin de obtener unos resultados más completos del fenómeno.

La combinación de métodos cualitativos y cuantitativos ofrece mayor confiabilidad a los resultados de la investigación. La triangulación de datos permite contrastar y complementar las diferentes perspectivas, fortaleciendo la validez de las conclusiones. El enfoque mixto permite obtener una visión profunda del fenómeno (a

través de métodos cualitativos) y una visión amplia (a través de métodos cuantitativos) del comportamiento del golpe de ariete a diferentes alturas (Avi, 2022). El enfoque mixto permite adaptar la investigación a las necesidades del problema y a la disponibilidad de recursos. La flexibilidad del diseño permite realizar ajustes durante el proceso de investigación para optimizar la obtención de datos y la generación de conocimiento. La tesis se posiciona así en el ámbito aplicado al utilizar datos empíricos y resultados experimentales para comprender de manera más precisa y tangible el comportamiento del Golpe de Ariete en las condiciones particulares del circuito hidráulico de la universidad.

El análisis de datos empíricos, incorpora coeficientes de variabilidad, coeficientes de determinación y correlaciones para proporcionar una interpretación detallada de la relación entre las variables medidas. Este enfoque experimental no solo contribuye a una comprensión más profunda del Golpe de Ariete, sino que también ofrece visión práctica que podrían ser aplicables en la gestión y diseño de sistemas hidráulicos similares.

3.1.2. Nivel de investigación

Esta tesis se clasifica con el nivel de investigación experimental aplicada ya que se fundamenta en la implementación de experimentos prácticos en el circuito hidráulico específico del laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali. La investigación se distingue por su enfoque directo en la recopilación de datos tangibles, adquiridos a través

de mediciones y observaciones en un entorno controlado y definido. Sánchez & Olivety (2022) menciona que la variación de alturas en la evaluación del Golpe de Ariete agrega un componente experimental crucial; permitiendo un análisis detallado de cómo diferentes alturas influyen en el fenómeno (Avi, 2022).

3.1.3. Diseño de la Investigación – Esquema de la Investigación

Para el análisis de las variables cuantitativas en la tesis "Evaluación del fenómeno de Golpe de Ariete a tres diferentes alturas en el Circuito Hidráulico del laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali", se empleó un diseño completamente al azar con 3 tratamientos y 4 repeticiones, lo que dará un total de 12 unidades experimentales. Para determinar las posibles diferencias entre los promedios de los tratamientos evaluados, se utilizará la prueba de promedio de Tukey con un nivel de significancia de 0.05. Esta prueba es una herramienta estadística que permite comparar múltiples medias y determinar si existen diferencias significativas entre ellas.

Modelo estadístico.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + s_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Observación del i-ésimo tratamiento en la j-ésima medida repetida.

μ = Media poblacional en estudio.

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento.

E_{ij} = Error experimental o residual. Esquema del análisis de varianza.

En la tabla, se muestra las fuentes de variabilidad que componen al análisis de variancia de acuerdo al modelo matemático utilizado para el experimento.

Tabla 2. Fuentes de variabilidad del análisis de variancia.

FV	GL
Tratamientos	2
Error	9
Total	11

Unidad experimental:

La característica de las unidades experimentales es el siguiente:

Número de tratamiento: 3

Número de repeticiones / tratamientos: 4

Número de unidades experimentales: 12

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

En el marco de esta investigación, la población hace alusión a la totalidad de ocasiones en las que se manifiesta el fenómeno de golpe de ariete en el dispositivo Ariete hidráulico HM150.15 durante un lapso de 8 horas de operación continuada en un día laboral. Este parámetro adquiere relevancia al evaluar el desempeño del equipo y al determinar su capacidad para resistir el fenómeno de golpe de ariete.

3.2.2. Muestra

En el contexto de este estudio, la muestra se describe como la cantidad total de impactos de ariete que pueden originarse durante un periodo de 6 horas de funcionamiento del equipo Ariete hidráulico HM150.15. La elección de esta muestra resulta crucial para analizar la presencia y la dinámica del fenómeno de golpe de ariete en el equipo, así como para evaluar la necesidad de implementar medidas preventivas o correctivas que aseguren su rendimiento óptimo, este muestreo fue no probabilista por conveniencia.

3.3. Técnicas de recolección y tratamiento de datos

La técnica de recolección de datos para la presente investigación se realizó con el formato del siguiente cuadro.

Tabla 3. Formato de recolección de datos para cumplir con los objetivos.

Variables evaluadas							
	Tratamientos	Altura en (cm)	Volumen en (L)	Caudal en (m/S)	Caudal en (m³/S)	Tiempo en (s)	Índice de correlación de Pearson entre
N							
1	T1 R1						
2	T1 R2						
3	T1 R3						
4	T2 R1						
5	T2 R2						
6	T2 R3						
7	T3 R1						
8	T3 R2						
9	T3 R3						

T₁. Golpe de ariete a una altura de 7 centímetros.

T₂. Golpe de ariete a una altura de 14 centímetros.

T₁. Golpe de ariete a una altura de 21 centímetros.

3.4. Procesamiento y presentación de datos

Para la investigación denominada "Análisis del Golpe de Ariete a Tres Alturas Distintas en el Circuito Hidráulico del Laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali", se utilizó el software Microsoft Excel para la elaboración de gráficos y la creación de una base de datos. Posteriormente, se empleó el software SPSS 25 para analizar los promedios y determinar las diferencias significativas mediante la prueba de promedio de Tukey. Finalmente, los resultados fueron redactados conforme a las regulaciones de grados y títulos de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil, utilizando el programa Microsoft Word.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Tiempo total a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico.

Al analizar los datos relacionados al tiempo total a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico de la Universidad Nacional de Ucayali (como se muestra en la Tabla 13A), se determinó que existe una diferencia significativa entre el tiempo total, donde el coeficiente de variabilidad es de 3.03%, estos datos muestran que el índice de dispersión es suficiente para realizar comparaciones entre diferentes tiempos por tratamiento, además el coeficiente de determinación $R^2 = 0.9779$, valor que indica que el 97.79% de los valores encontrados en las variables estudiadas se interpretan como efectos directos de los tratamientos estudiados, el 2.21% de los datos fueron afectados por otros factores fuera del control del investigador.

Tabla 4

Evaluación del tiempo total a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico.

Tratamientos	Tiempo en (s).	Significancia
T₃: Evaluación del fenómeno de Golpe de Ariete a 21 cm de altura.	31.45	a
T₂: Evaluación del fenómeno de Golpe de Ariete a 14 cm de altura.	20.07	b
T₁: Evaluación del fenómeno de Golpe de Ariete a 7cm de altura.	13.05	c

La Tabla, titulada "Evaluación del tiempo total a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico," ofrece una descripción detallada sobre el tiempo total registrado

en segundos para la evaluación del fenómeno de Golpe de Ariete a tres alturas específicas en el circuito hidráulico. A continuación, proporciono una descripción continua de la tabla:

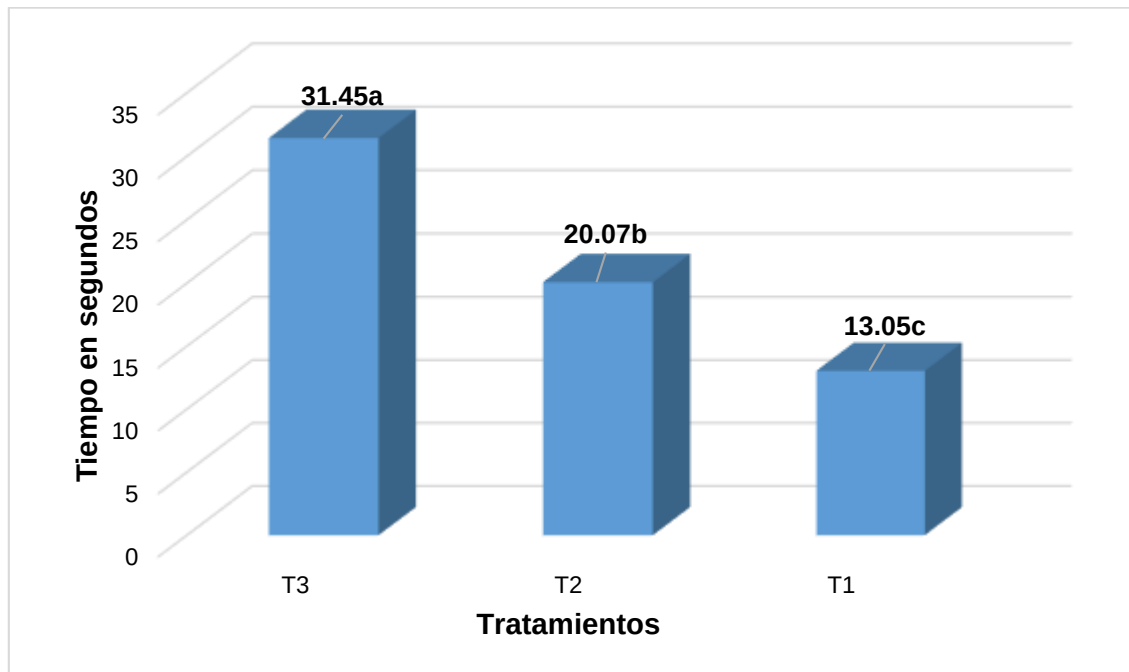
En el tratamiento T_3 , destinado a la evaluación del fenómeno de Golpe de Ariete a una altura de 21 cm en el circuito hidráulico, se registró un tiempo total de 31.45 segundos. Comparativamente, el tratamiento T_2 , asociado con una altura de 14 cm, presentó un tiempo total de 20.07 segundos. Por último, el tratamiento T_1 , ejecutado a una altura de 7 cm, exhibió un tiempo total de 13.05 segundos.

La columna de "Significancia" arroja luz sobre las diferencias estadísticas entre los tratamientos. Las letras "a," "b," y "c" indican niveles de significancia distintos. Estas designaciones permiten interpretar la importancia estadística de las variaciones en los tiempos totales registrados para cada altura evaluada en el circuito hidráulico.

La tabla proporciona información clave sobre los tiempos totales asociados con la evaluación del fenómeno de Golpe de Ariete a diferentes alturas en el circuito hidráulico, permitiendo una comprensión más profunda de la relación entre la altura y el tiempo total en este contexto específico.

Figura 1

Variación tiempo total a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico.



4.2. Volumen total en litros a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico.

Al analizar los datos relacionados al volumen total (litros) a tres diferentes alturas en el circuito hidráulico de la Universidad Nacional de Ucayali (como se muestra en la Tabla 12A), se determinó que existe una diferencia significativa entre los volúmenes totales (litros) , donde el coeficiente de variabilidad es de 1.72%, estos datos muestran que el índice de dispersión es suficiente para realizar comparaciones entre diferentes volúmenes por tratamiento, además el coeficiente de determinación $R^2 = 0.9815$, valor que indica que el 98.15% de los valores encontrados en las variables estudiadas se interpretan como efectos directos de los tratamientos estudiados, el 1.85 % de los datos fueron afectados por otros factores fuera del control del investigador.

Tabla 5

Evaluación del volumen total en litros a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico.

Tratamientos	Volumen en (L).	Significancia
T₃: Evaluación del fenómeno de Golpe de Ariete a 21 cm de altura.	2.49	a
T₂: Evaluación del fenómeno de Golpe de Ariete a 14 cm de altura.	1.49	b
T₁: Evaluación del fenómeno de Golpe de Ariete a 7cm de altura.	0.40	c

La tabla anterior detalla la evaluación del volumen total en litros en un circuito hidráulico, específicamente en tres alturas distintas. A continuación, se presenta una descripción más fluida de la tabla:

La tabla presenta tres tratamientos diferentes, cada uno asociado con la evaluación del fenómeno de Golpe de Ariete a una altura específica en el circuito hidráulico. En el tratamiento T₃, donde se evaluó a una altura de 21 cm, se registró un volumen total de 2.49 litros. En el caso del tratamiento T₂, correspondiente a una altura de 14 cm, el volumen total fue de 1.49 litros. Por último, para el tratamiento T₁, realizado a una altura de 7 cm, se obtuvo un volumen total de 0.40 litros.

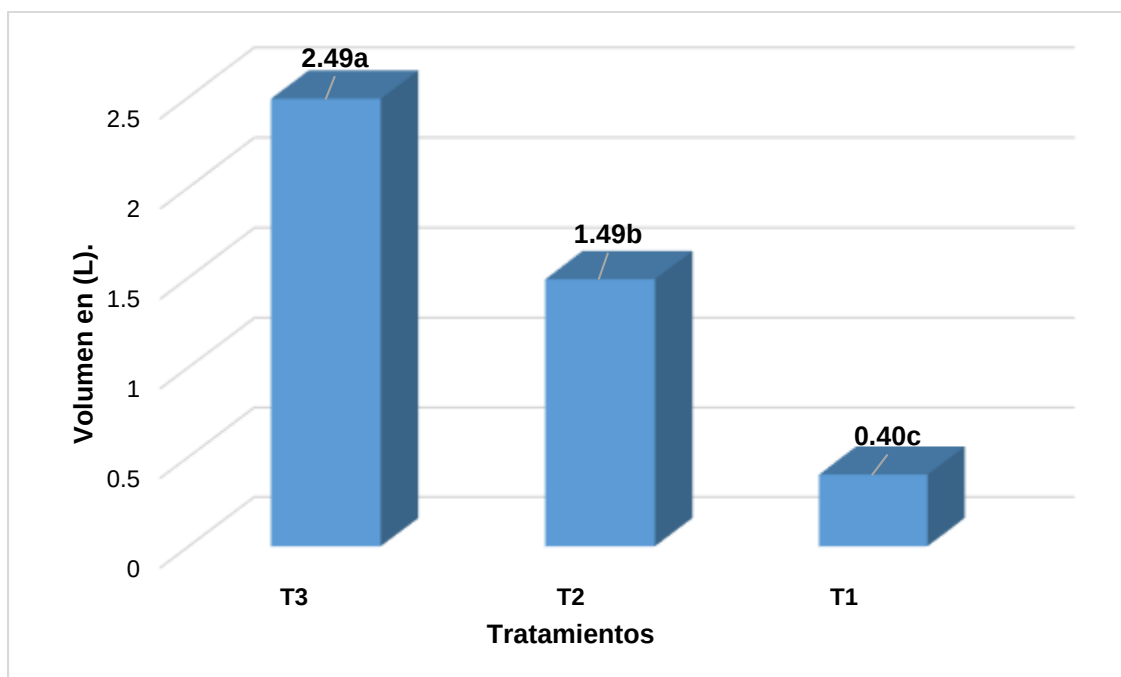
La columna de "Significancia" destaca las diferencias estadísticas entre los tratamientos. Las letras "a," "b," y "c" indican niveles de significancia distintos. Estas designaciones permiten interpretar la relación entre las alturas en el circuito hidráulico

y el fenómeno de Golpe de Ariete, destacando si existen diferencias significativas entre las diferentes alturas evaluadas.

Los resultados de la evaluación del fenómeno de Golpe de Ariete a tres alturas diferentes en el circuito hidráulico. Proporciona información crucial sobre los volúmenes obtenidos en cada tratamiento, lo que puede ayudar a comprender la relación entre la altura en el circuito hidráulico y el fenómeno de Golpe de Ariete, así como la significancia estadística de estas observaciones.

Figura 2

Variación del volumen total en litros a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico.



4.3. Caudal a metros por segundos a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico.

Al examinar los datos relacionados al caudal en metros por segundos a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico de la Universidad Nacional de

Ucayali (como se muestra en la Tabla 14A), se determinó que existe una diferencia significativa entre el caudal, donde el coeficiente de variabilidad es de 1.79%, estos datos muestran que el índice de dispersión es suficiente para realizar comparaciones entre diferentes caudales por tratamiento, además el coeficiente de determinación $R^2 = 0.9833$, valor que indica que el 98.33% de los valores encontrados en las variables estudiadas se interpretan como efectos directos de los tratamientos estudiados, el 1.67% de los datos fueron afectados por otros factores fuera del control del investigador.

Tabla 6

Evaluación del caudal a metros por segundos a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico.

Tratamientos	Caudal en (m/s).	Significancia
T ₃ : Evaluación del fenómeno de Golpe de Ariete a 21 cm de altura.	0.079	a
T ₂ : Evaluación del fenómeno de Golpe de Ariete a 14 cm de altura.	0.074	b
T ₁ : Evaluación del fenómeno de Golpe de Ariete a 7cm de altura.	0.031	c

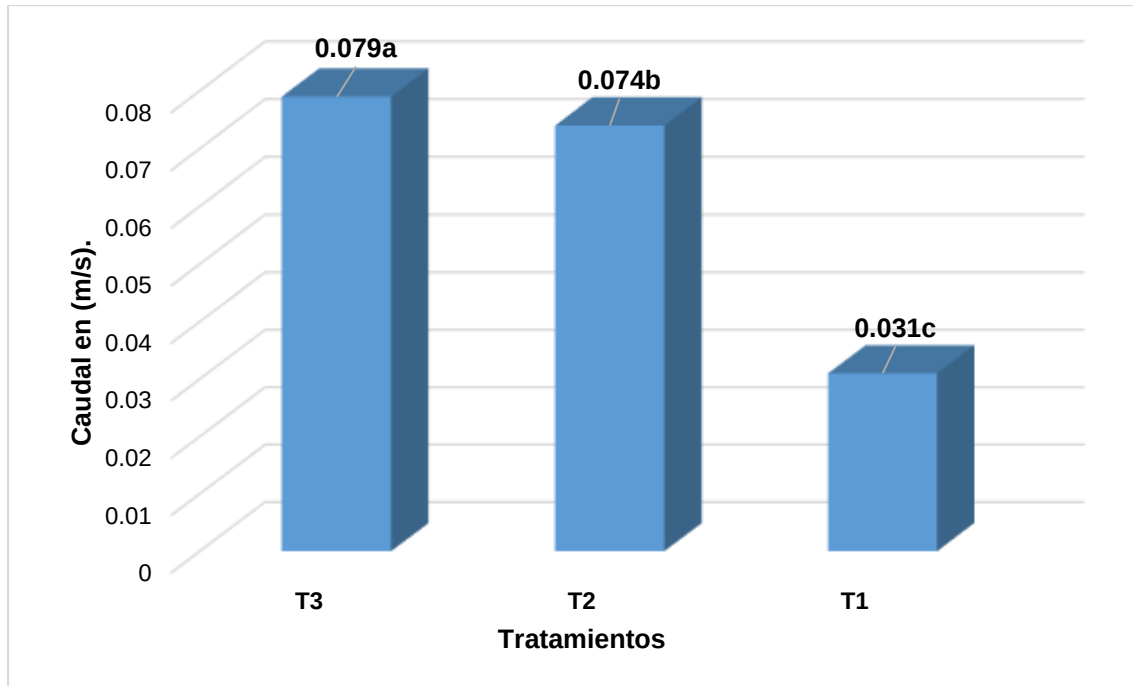
La Tabla presenta la "Evaluación del caudal a metros por segundo a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico". En ella, se describen tres tratamientos, cada uno correspondiente a la evaluación del fenómeno de Golpe de Ariete a alturas específicas en el circuito hidráulico.

Para el Tratamiento T₃, que involucra la evaluación a 21 cm de altura, se registró un caudal de 0.079 metros por segundo. En el caso del Tratamiento T₂, realizado a 14 cm de altura, se observó un caudal de 0.074 metros por segundo. Por último, el

Tratamiento T₁, ejecutado a 7 cm de altura, exhibió un caudal de 0.031 metros por segundo.

Figura 3

Variación del caudal a metros por segundos a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico.



La columna de "Significancia" aporta información sobre las diferencias estadísticas entre los tratamientos, utilizando las letras "a," "b," y "c" para indicar distintos niveles de significancia. Estas designaciones facilitan la interpretación de la importancia estadística de las variaciones en los caudales medidos para cada altura evaluada en el circuito hidráulico.

La tabla proporciona información esencial sobre los caudales a diferentes alturas en el circuito hidráulico, permitiendo una comprensión más completa de cómo el fenómeno de Golpe de Ariete influye en el flujo, expresado en términos de velocidad del caudal, a distintas alturas en el sistema.

4.4. Caudal en metros cúbicos a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico.

Al examinar los datos relacionados al caudal en metros cúbicos a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico de la Universidad Nacional de Ucayali (como se muestra en la Tabla 15A), se determinó que existe una diferencia significativa entre el caudal, donde el coeficiente de variabilidad es de 4.72%, estos datos muestran que el índice de dispersión es suficiente para realizar comparaciones entre diferentes caudales por tratamiento, además el coeficiente de determinación $R^2 = 0.9852$, valor que indica que el 98.52% de los valores encontrados en las variables estudiadas se interpretan como efectos directos de los tratamientos estudiados, el 1.48% de los datos fueron afectados por otros factores fuera del control del investigador.

Tabla 7

Evaluación del caudal en metros cúbicos a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico.

Tratamientos	Caudal en (m ³ /s).	Significancia
T ₃ : Evaluación del fenómeno de Golpe de Ariete a 21 cm de altura.	79.26	a
T ₂ : Evaluación del fenómeno de Golpe de Ariete a 14 cm de altura.	74.22	b
T ₁ : Evaluación del fenómeno de Golpe de Ariete a 7cm de altura.	31.05	c

La Tabla presenta la "Evaluación del caudal en metros cúbicos a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico". En ella, se detallan tres tratamientos, cada uno

asociado con la evaluación del fenómeno de Golpe de Ariete a alturas específicas en el circuito.

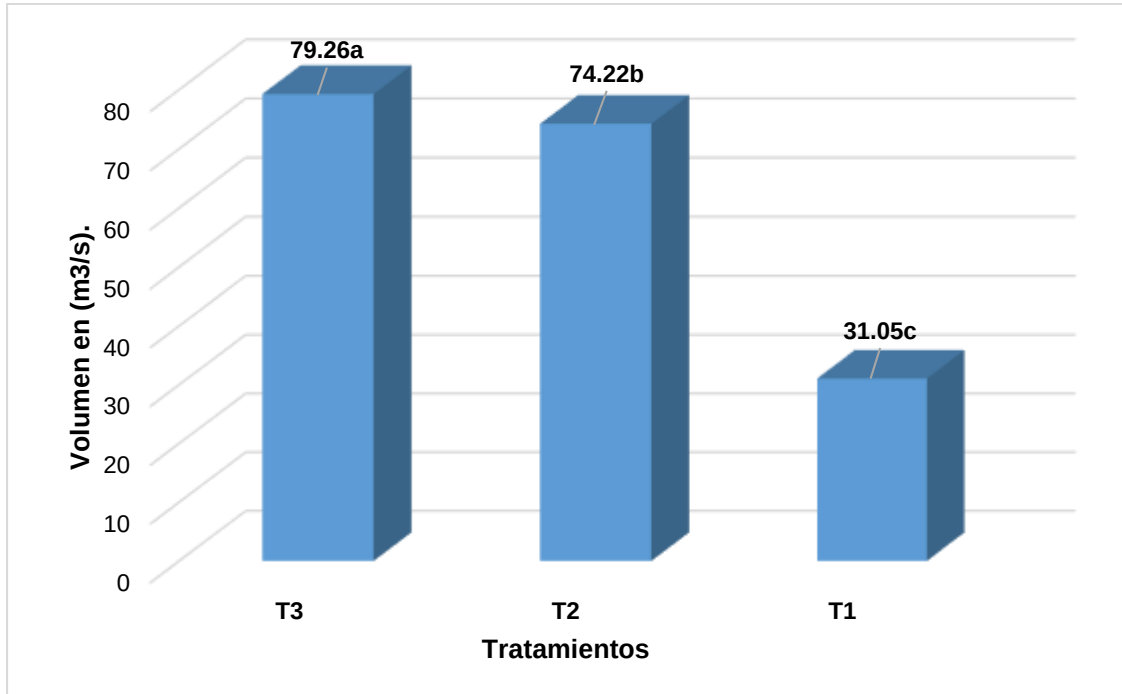
Para el Tratamiento T_3 , realizado a 21 cm de altura, se registró un caudal de 79.26 metros cúbicos por segundo. En el Tratamiento T_2 , ejecutado a 14 cm de altura, se observó un caudal de 74.22 metros cúbicos por segundo. Por último, el Tratamiento T_1 , llevado a cabo a 7 cm de altura, presentó un caudal de 31.05 metros cúbicos por segundo.

La columna de "Significancia" indica las diferencias estadísticas entre los tratamientos, utilizando las letras "a," "b," y "c" para señalar distintos niveles de significancia. Estas designaciones facilitan la interpretación de la importancia estadística de las variaciones en los caudales medidos para cada altura evaluada en el circuito hidráulico.

La tabla ofrece información esencial sobre los caudales a diferentes alturas en el circuito hidráulico, permitiendo una comprensión más completa de cómo el fenómeno de Golpe de Ariete influye en el flujo, expresado en términos de volumen de agua movido por segundo, a distintas alturas en el sistema.

Figura 4

Variación del caudal en metros cúbicos a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico.



4.5. Correlaciones entre las variables en estudio.

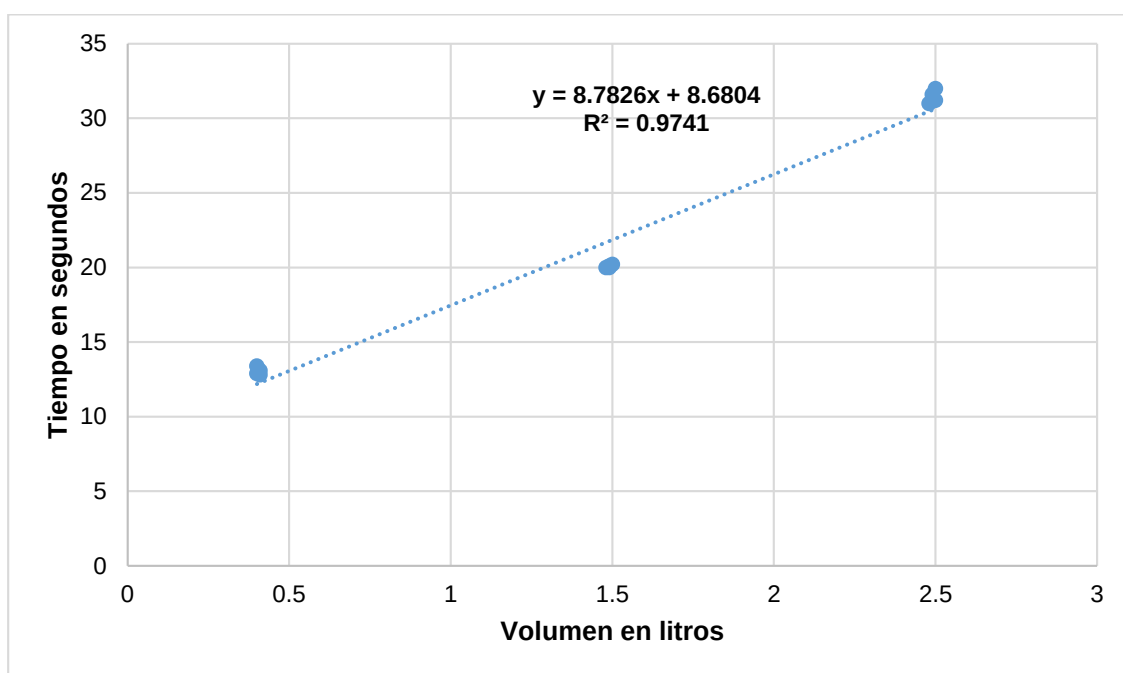
4.5.1. Correlación entre el tiempo y el volumen a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico.

Al analizar datos discretos sobre el grado de correlación y relación entre el tiempo y volumen a tres diferentes alturas en el circuito hidráulico, se determinó que existe un coeficiente de determinación $R^2 = 0.9741$ entre las dos variables, indicando este último indicador estadístico el 97.41% de el procesamiento de la investigación explica el valor de la variable respuesta, mientras que el 2.59% de los datos no tuvieron relación y fueron afectados por otros factores no manejados

directamente por el investigador, como se observa en la gráfica representada matemáticamente del modelo $y = 8.7826x + 8.6804$.

Figura 5

Gráfico de dispersión de la relación entre el tiempo y el volumen a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico.



Al analizar los datos entre tiempo y volumen a tres diferentes alturas en el circuito hidráulico se estableció un análisis de correlación y hubo una correlación significativa, el índice de correlación de Pearson fue de 0.9870 y la significancia fue de 0.00, estos datos indican que existe una correlación hidráulica. Existe una relación muy significativa entre el tiempo y el volumen en tres alturas diferentes del circuito, siendo un tiempo más largo un aumento significativo del volumen en tres alturas diferentes del circuito hidráulico.

Tabla 8

Relación entre el tiempo y el volumen a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico.

Nivel de relación		Volumen
Rho de Pearson	Coeficiente de correlación	0.987**
	Sig. (bilateral)	0.00
	N	12

** La correlación es significativa al nivel 0.01 (bilateral).

4.5.2. Correlación entre el caudal en litros y el volumen a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico.

Al analizar datos discretos sobre el grado de correlación y relación entre el caudal en litros y el volumen a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico, se determinó que existe un coeficiente de determinación $R^2 = 0.8435$ entre las dos variables, indicando este último indicador estadístico el 84.35% de el procesamiento de la investigación explica el valor de la variable respuesta, mientras que el 15.65% de los datos no tuvieron relación y fueron afectados por otros factores no manejados directamente por el investigador, como se observa en la gráfica representada matemáticamente del modelo $y = 0.0233x + 0.0274$.

Figura 6

Gráfico de dispersión de la relación entre el caudal en litros y el volumen a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico.

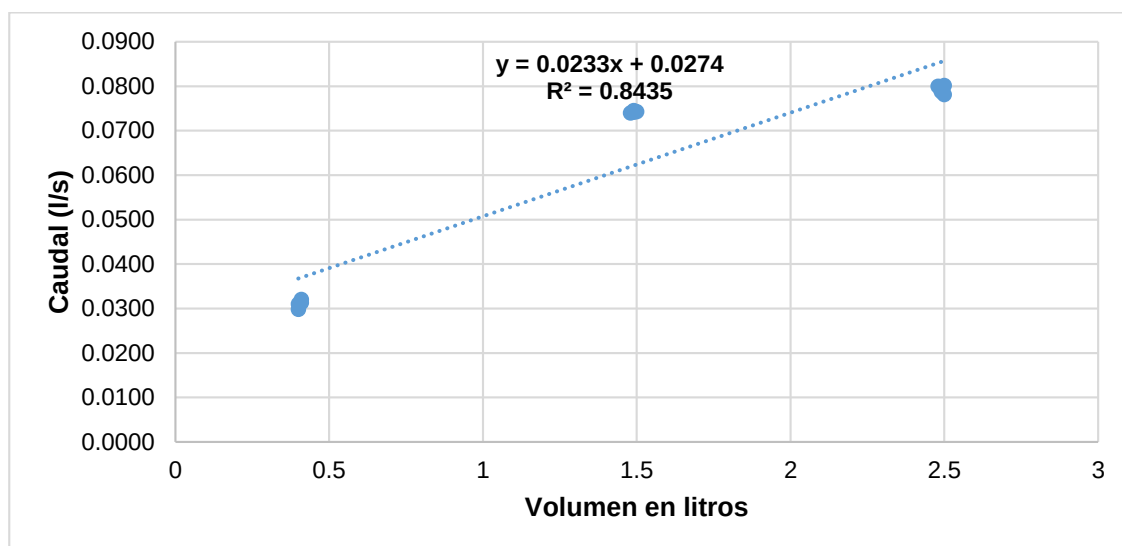


Tabla 9

Relación entre el caudal en litros y el volumen a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico.

Nivel de relación			Volumen
Coeficiente de			0.9184**
Rho de	Caudal en	correlación	
Pearson	litros.	Sig. (bilateral)	0.00
		N	12

** La correlación es significativa al nivel 0.01 (bilateral).

Al analizar los datos relacionados entre el caudal en litros y el volumen a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico, se desarrolló un análisis de compensación que mostró una compensación negativa significativa. El índice de evaluación de Pearson fue de 0.9184 y la significancia fue de 0.00. Estos datos indican que existe una

compensación hidráulica. Se encuentra una relación muy significativa entre el caudal en litros y el volumen a tres alturas diferentes en un circuito hidráulico, donde un aumento significativo del caudal genera un aumento del volumen en las tres alturas diferentes del circuito hidráulico.

4.5.3. Correlación entre el caudal en litros y el tiempo a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico.

Al analizar datos discretos sobre el grado de correlación y relación entre el caudal en litros y el tiempo a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico, se determinó que existe un coeficiente de determinación $R^2 = 0.7111$ entre las dos variables, indicando este último indicador estadístico el 71.11% del procesamiento de la investigación explica el valor de la variable respuesta, mientras que el 28.89% de los datos no tuvieron relación y fueron afectados por otros factores no manejados directamente por el investigador, como se observa en la gráfica representada matemáticamente del modelo $y = 295.47x + 3.3503$.

Al analizar los datos relacionados entre el caudal en litros y el tiempo a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico, se desarrolló un análisis de compensación que mostró una compensación negativa significativa. El índice de evaluación de Pearson fue de 0.8430 y la significancia fue de 0.00. Estos datos indican que existe una compensación hidráulica. Se encuentra una relación muy significativa entre el caudal en litros y el tiempo a tres alturas diferentes en un circuito hidráulico, donde un aumento significativo del caudal genera un aumento del tiempo en las tres alturas diferentes del circuito hidráulico.

Figura 7

Gráfico de dispersión de la relación entre el caudal en litros y el tiempo a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico.

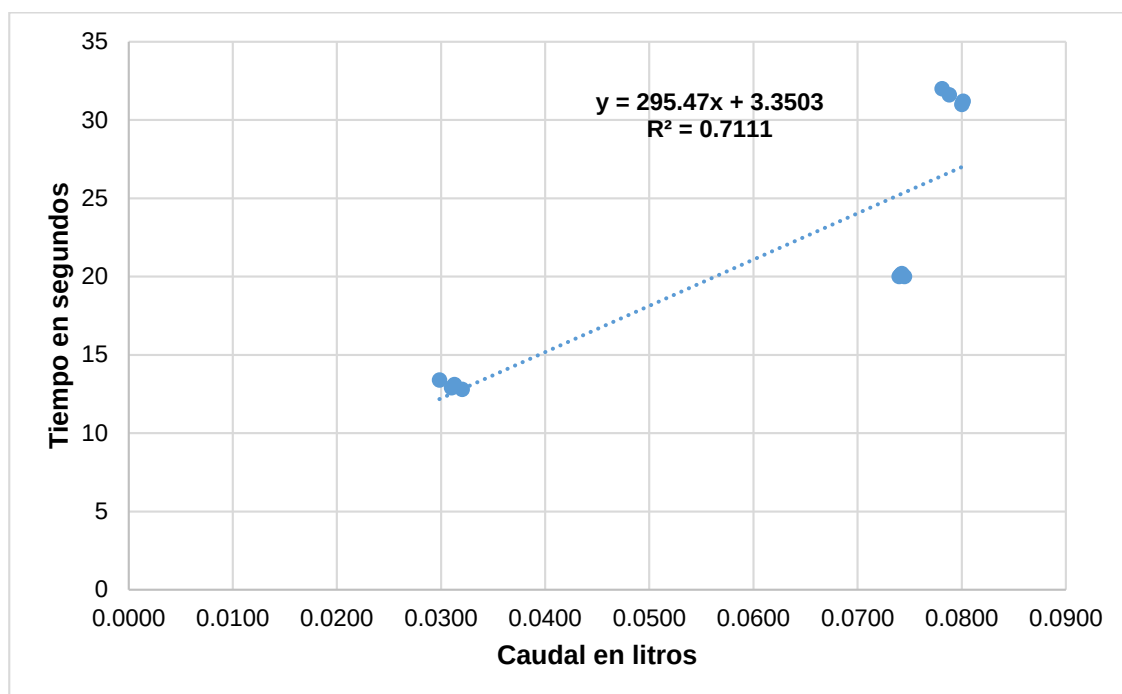


Tabla 10

Relación entre el caudal en litros y el tiempo a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico.

Nivel de relación			Tiempo
Rho de Pearson	Caudal en litros.	Coefficiente de	0.8430**
		correlación	
		Sig. (bilateral)	0.00
		N	12

** La correlación es significativa al nivel 0.01 (bilateral).

4.5.4. Correlación entre el caudal en metros cúbicos y el volumen a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico.

Al analizar datos discretos sobre el grado de correlación y relación entre el caudal en metros cúbicos y el volumen a tres diferentes alturas

en un circuito hidráulico, se determinó que existe un coeficiente de determinación $R^2 = 0.8435$ entre las dos variables, indicando este último indicador estadístico el 84.35% del procesamiento de la investigación explica el valor de la variable respuesta, mientras que el 15.65% de los datos no tuvieron relación y fueron afectados por otros factores no manejados directamente por el investigador, como se observa en la gráfica representada matemáticamente del modelo $y = 0.0362x - 0.762$.

Figura 8.

Gráfico de dispersión de la relación entre el caudal en metros cúbicos y el volumen a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico.

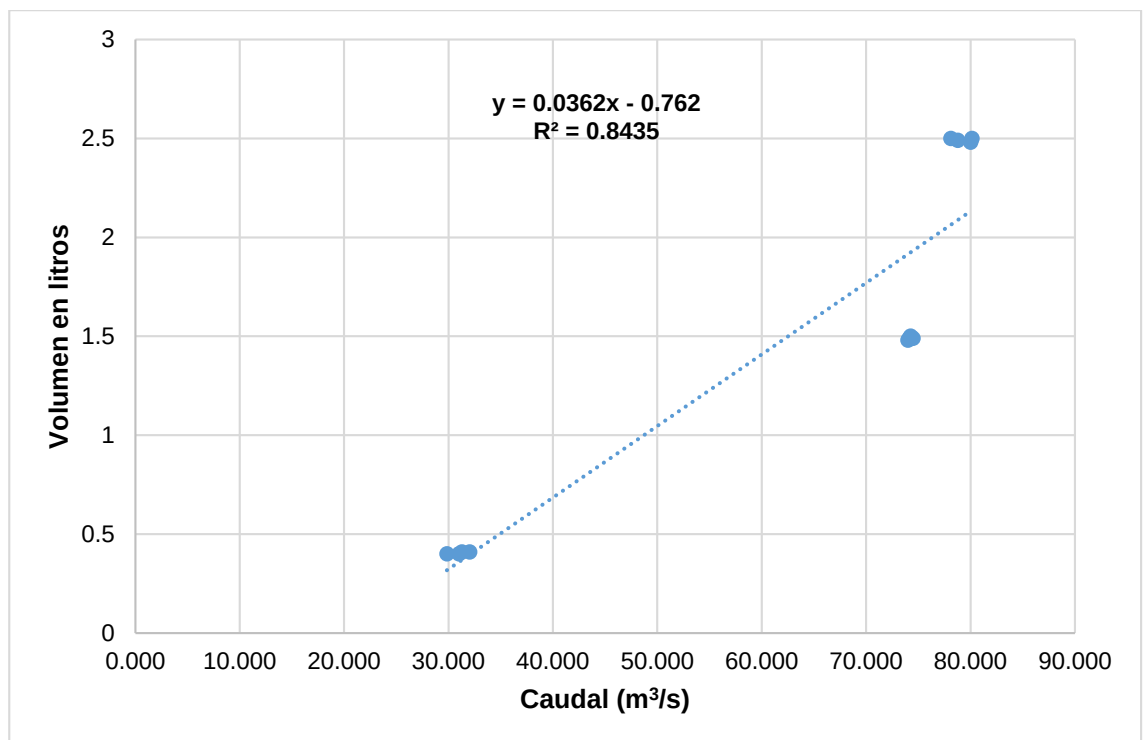


Tabla 11

Relación entre el caudal en metros cúbicos y el volumen a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico.

Nivel de relación			Volumen
Rho de Pearson	Caudal en m ³ .	Coeficiente de correlación	0.9184**
		Sig. (bilateral)	0.00
		N	12

** La correlación es significativa al nivel 0.01 (bilateral).

Al analizar los datos relacionados entre el caudal en metros cúbicos y el volumen a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico, se desarrolló un análisis de compensación que mostró una compensación negativa significativa. El índice de evaluación de Pearson fue de 0.9184 y la significancia fue de 0.00. Estos datos indican que existe una compensación hidráulica. Se encuentra una relación muy significativa entre el caudal en metros cúbicos y el volumen a tres alturas diferentes en un circuito hidráulico, donde un aumento significativo del caudal genera un aumento del volumen en las tres alturas diferentes del circuito hidráulico.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Evaluación del efecto de la altura en el golpe de ariete

Los resultados indican que existe una diferencia significativa en los volúmenes totales a diferentes alturas del circuito hidráulico. Se observó que el volumen aumenta con la altura, con los tratamientos T_3 , T_2 y T_1 mostrando 2.49 L, 1.49 L y 0.40 L, respectivamente. Otros autores han mencionado que el comportamiento de un cilindro hidráulico es función del volumen del acumulador, el cual tiene el tamaño de diámetro interior $\phi_{ac. 1}$ de 54.58 mm, altura $h_{ac. 300}$ mm, volumen $V_{ac. 1}$ de 0.702 litros; tasa de alimentación $Q_{al. 3}$ de 20.978 litros/minuto, emisiones $Q_{desc. 3}$ de 6.500 l/min y residuos $Q_{desp. 3}$ de 14.478 L/min; eficiencia de $E3$ 30.98%; rendimiento volumétrico $\eta_v 3$ 30.98% (Penagos, 2018).

5.2. Características del golpe de ariete.

El tiempo total también muestra diferencias significativas entre las alturas, con un coeficiente de variabilidad del 3.03%. El coeficiente de determinación ($R^2 = 0.9779$), se revela que el tiempo aumenta con la altura, con los tratamientos T_3 , T_2 y T_1 mostrando un tiempo de 31.45 s, 20.07 s y 13.05 s. otro autor menciona que, con el fenómeno del golpe de ariete, se dispuso de un flujo de 0.108 litros por segundo, lo que equivale a un tiempo de operación de 13.888.89 segundos. Al multiplicar este tiempo por el caudal de desperdicio, obtenemos un total de 26.722.22 litros diarios (Altamirano & Rojas, 2023).

El caudal muestra diferencias significativas entre alturas, con un coeficiente de variabilidad del 1.79%. El caudal aumenta con la altura, con los

tratamientos T_3 , T_2 y T_1 mostrando 0.079 m/s, 0.074 m/s y 0.031 m/s, respectivamente. Otro autor menciona que las estaciones de bombeo son estructuras erigidas con la finalidad de elevar el nivel del agua desde la fuente principal hasta los lugares donde se pretende emplearla (Mercado et al., 2023). De acuerdo al método planteado y calculado se tiene que para poder almacenar un volumen de agua de 12 m³ se necesitara bombear un caudal de 0,61 Lt/s durante 12 horas del día (Quispe, 2018).

Similar a las otras variables, el caudal en metros cúbicos muestra diferencias significativas entre las alturas, con un coeficiente de variabilidad del 4.72%. El caudal en metros cúbicos muestra un patrón consistente de aumento con la altura: T_3 (79.26 m³/s), T_2 (74.22 m³/s) y T_1 (31.05 m³/s). Sobre esto Díaz & Segura (2023) menciona que con la asistencia del caudalímetro y del software Hidroesta 2, se logró determinar el caudal promedio de la quebrada Tinguillan, estableciéndolo en 0.6620 m³/s. Además, mediante cálculos matemáticos para el diseño de la bomba de ariete hidráulico, se desarrolló un diseño que permite almacenar 33.6 m³ de agua, equivalente a 33.600 litros en un período de 24 horas. Este diseño cumple con la demanda de agua de nuestra muestra, la cual es de 2250 L en 24 horas (Díaz & Segura, 2023).

5.3. Correlaciones significativas estudiadas

En la primera sección, se examinó la correlación entre el tiempo y el volumen a tres alturas diferentes en el circuito hidráulico. El coeficiente de determinación (R^2) del 97.41% indica una fuerte relación positiva entre estas variables. El análisis de correlación de Pearson (0.9870) y su significancia (0.00) respaldan aún más la existencia de una correlación hidráulica significativa. El

gráfico de dispersión y el modelo matemático proporcionan una representación visual clara de esta relación lineal positiva. Otro autor menciona que la relación altamente significativa que se presenta entre el tiempo y el volumen obtuvo un ($r = 0.807$ y $p = 0.003$) se revela la estrecha relación entre el tiempo y el volumen (Ortiz, 2020).

En la segunda sección, se exploró la correlación entre el caudal en litros y el volumen a tres alturas en el circuito. Aunque el R^2 del 84.35% indica una relación menos fuerte en comparación con el tiempo y el volumen, el coeficiente de correlación de Pearson (0.9184) y su significancia (0.00) demuestran una correlación hidráulica significativa. El modelo matemático ofrece una representación gráfica de la relación lineal positiva entre estas variables. La dependencia entre el caudal y el volumen se tradujo en un alto índice con un valor de $R = 0.825$, el cual es significativamente alto en la muestra analizada. El nivel de significación en este caso es de P valor = 0.006. Además, se observará un coeficiente de Pearson de 0.7957 y un valor de $P = 0.002$ (Rodríguez, et al., 2023).

CONCLUSIONES

- Se pudo evaluar el fenómeno del golpe de ariete a tres diferentes alturas en el Circuito Hidráulico del laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali, donde se observó un efecto significativo en todas las variables en estudio.

- En cuanto al efecto del tiempo en el incremento de la altura en el golpe de ariete en el Circuito Hidráulico del laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali, se pudo determinar diferencias significativas entre los tiempos asociados a cada tratamiento. La baja variabilidad, expresada por un coeficiente de variabilidad del 3.03%, indica una consistencia en las mediciones, lo que facilita comparaciones entre los tiempos de los diferentes tratamientos. Esto sugiere una relación entre la altura y la intensidad del fenómeno. La altura impacta significativamente en el Golpe de Ariete, con el tratamiento a 21 cm (T_3) mostrando el mayor tiempo, sugiriendo mayor intensidad a mayor altura.

- El análisis de los datos sobre la influencia de la altura en el volumen total del Golpe de Ariete en el Circuito Hidráulico del laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali reveló diferencias significativas. Se observó un incremento sustancial en el volumen a mayores alturas, siendo T_3 el más alto seguido por T_2 y T_1 . Estos hallazgos subrayan la relación positiva entre la altura y el volumen del fenómeno de Golpe de Ariete en el sistema hidráulico estudiado.

- Los datos relacionados al efecto de la altura en el caudal del Golpe de Ariete en el Circuito Hidráulico del laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali. En términos de volumen (m^3/s), se observó un aumento progresivo con la altura,

siendo T_3 el más alto, seguido por T_2 y el T_1 . Similarmente, al medir el caudal en (m/s), se evidencia la misma tendencia ascendente, confirmando la influencia directa de la altura en el fenómeno de Golpe de Ariete. La asignación de letras (a, b, c) destaca la significancia estadística entre los tratamientos, subrayando la importancia de la altura en la magnitud del Golpe de Ariete en el sistema hidráulico estudiado.

- En cuanto a la relación entre el tiempo, volumen y caudal del golpe de ariete en el Circuito Hidráulico del laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali, se pudo determinar que existe relaciones significativas entre estas variables según el coeficiente de determinación y el índice de correlación de Pearson donde la relación entre el tiempo y el volumen fue de $R^2 = 0.9741$ y un Pearson de 0.98 con una significancia de 0.00; mientras el caudal y volumen presento un índice de correlación significativo con un $R^2 = 0.9184$ y un Pearson de 0.9184 con una significancia de 0.00.

RECOMENDACIONES O SUGERENCIAS

- Dada la evidencia de que la altura impacta significativamente en el Golpe de Ariete, se recomienda explorar y evaluar otras alturas para comprender mejor la relación entre la altura y la intensidad del fenómeno. Esto podría proporcionar información valiosa para optimizar el diseño y la operación del sistema hidráulico.
- Considerando la consistencia en las mediciones y la baja variabilidad, se sugiere mantener un riguroso control sobre las variables, especialmente el tiempo. Esto garantizará resultados más confiables y facilitará comparaciones entre tratamientos.
- Seguir realizando experimentación mediante la introducción de diversas variables (dureza del agua, densidad y conductividad eléctrica) y ajustes en los equipos (incluyendo accesorios), con el fin de simular condiciones operativas realistas. Este enfoque nos capacitará para obtener resultados más reales y reproducibles, siendo esto decisivo para el desarrollo de obras hidráulicas en la región de Ucayali.
- La relación positiva entre la altura y el caudal sugiere que la exploración de alturas específicas puede ser clave para maximizar el rendimiento del Golpe de Ariete. Se recomienda investigar alturas óptimas que permitan obtener caudales deseados, considerando tanto la eficacia del fenómeno como posibles limitaciones operativas.

- Dada la significativa correlación entre el tiempo, volumen y el caudal, se recomienda una investigación continua para comprender mejor estas relaciones. Esto podría incluir experimentos adicionales y la consideración de factores no estudiados inicialmente (clima, temperatura y el medio ambiente) que podrían influir en las variables analizadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Altamirano Hermoza, A. A., & Rojas Gamarra, G. C. (2023). Diseño de abastecimiento de agua potable para satisfacer la demanda de edificio multifamiliar utilizando golpe de ariete Talavera-Andahuaylas, 2022.
- Arregui-Mena, J. D., Gómez-Lorente, D., Sánchez-Moya, Y., & Macián-Cervera,
- Auqui Palomino, J. F. (2021). Relacion del Golpe de Ariete en la Linea de Conduccion de Agua Potable del Distrito de Moya Provincia de Huancavelica. Ávila
- Saavedra, R. H. (2018). Evaluación del comportamiento hidráulico ante efectos de golpe de ariete del tramo “tanque de carga–tanque chone” del sistema regional de agua potable de Esmeraldas y su zona de influencia, considerando estados de flujo permanente y no permanente (Bachelor's thesis, PUCE).
- Avi, B. R. (2022). Los procesos de investigación en tecnología desde una la perspectiva mixta. RiiTE Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa, 80-92.
- Carpio Pauca, T. M. (2019). Diseño e implementación de un sistema de suministro de agua por el método de golpe de ariete hidráulico en la comunidad de la Joya antigua, Arequipa. 2018.
- Carrera Gutierrez, R. T., Peña Cañon, A., & Rodriguez Cabrera, Y. T. (2020). Evaluación y análisis del golpe de ariete en válvulas de cierre instantáneo.
- Díaz Reyes, C. M., & Segura Peña, S. M. (2023). Diseño de una bomba de ariete hidráulico para suministrar agua en el centro poblado San Juan de Tinguillan-Las Pirias, Jaén-Cajamarca.

- Edison Fernando, L. T., & Richard Paúl, O. V. (2021). Manufactura y evaluación de una bomba de ariete multipulsor boxer con dos vías de carga horizontal (Bachelor's thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi: UTC.).
- Fernandez Huayanay, P. J. (2020). Propuesta de mejora del sistema de abastecimiento de agua, usando líneas de impulsión, para la represa pasto grande–fase I, región Moquegua.
- Fernández-Polanco, F., Muñoz-Cobo, J. L., Pérez-Hernández, J. I., & Rodríguez-López, J. M. (2019). Evaluación del fenómeno de golpe de ariete en una red de suministro de agua potable. *Ingeniería del Agua*, 23(2), 149-159.
- Fiallos, G. (2021). La Correlación de Pearson y el proceso de regresión por el Método de Mínimos Cuadrados. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(3), 2491-2509.
- Fonseca Ballesteros, A., & Fonseca Vanegas, J. S. (2019). Diseño de una herramienta para el análisis del golpe de ariete en tubería recta en un laboratorio de mecánica de fluidos (Bachelor's thesis, Fundación Universidad de América).
- Gonzales Huamani, E. A. (2020). Comportamiento hidráulico del sistema de riego por aspersión mediante herramientas computacionales, Paras, Ayacucho 2020.
- Guevara-Rodríguez, G., Vargas-Obando, A., & Quesada-Chanto, J. I. (2021). Prevención del golpe de ariete mediante el control del tiempo de cierre, al usar válvulas hidráulicas automatizadas. *Revista Tecnología en Marcha*, 34(1), 143-154.

- G.U.N.T. Gerätebau GmbH. (1999). Equipamiento para la Enseñanza Técnica. Manual de experimentos HM150.15 Golpe de Ariete. Encontrado el 1 abril del 2023 en https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2011/1/ME3301/2/material_docente/bajar?id=343571
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2020). Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta.
- Holleman, A. F., & Witsen, J. G. (2012). Advanced fluid mechanics. Springer Science & Business Media. Encontrado en <https://books.google.com.pe/books?id=SH9ELP0Re4oC&printsec=copyright>.
- López Otero, V. (2020). Evaluación del golpe de ariete en el circuito hidráulico de potencia del Laboratorio de Fluidos del ICAI.
- Malekpour, A., Karney, B., Aubin, R. S., Martino, P., & Gill, L. (2015). Exploring the sensitivity of fatigue analysis with regard to design parameters in PVC pipes subjected to cyclic transient pressures. *Procedia Engineering*, 119, 174-181.
- Malekpour, A., Karney, B., Aubin, RS, Martino, P. y Gill, L. (2015). Explorar la sensibilidad del análisis de fatiga con respecto a los parámetros de diseño en tuberías de PVC sometidas a presiones transitorias cíclicas. *Ingeniería Procedia* , 119 , 174-181.
- Mercado-Bautista, J. D., Quiñonez-Alava, M. S., Angulo-Quíñonez, A. Á., Reyes-Vera, C. H., & Cevallos-Mina, M. G. (2023). Estaciones de bombeo, anti-golpe de ariete y control de fugas, válvulas y sistemas automáticos. *Ibero-American Journal of Engineering & Technology Studies*, 3(1), 433-439.
- Mott, R. L., & Untener, J. A. (2015). Applied fluid mechanics. Pearson Higher Ed.

- Navarro Plana, F. (2019). Modelización de Transitorios Hidráulicos. Resolución numérica del Golpe de Ariete.
- Ortiz, C. (2020). Aguas residuales aceitosas generadas en autolavados de la ciudad de Cumaná, Venezuela. *Revista ingeniería UC*, 27(2), 200-210.
- Pacciani, R., Milia, M., & Galbiati, L. (2021). Experimental investigation of water hammer in an unsteady flow. *Journal of Fluids Engineering*, 143(3), 031404.
- Penagos Vásquez, D. A. (2018). Análisis del comportamiento del ariete hidráulico en función del volumen del acumulador y la constante elástica del resorte.
- Piña Oclocho, A. (2021). Evaluación de un sistema de bombeo tipo ariete hidráulico para el abastecimiento de agua, sector Punta de Doña-Moyobamba. Quispe Diaz, R. A. (2018). Evaluación y mejoramiento del abastecimiento del sistema de agua potable aplicando golpe de ariete, barrio Partido Alto-Shanao-Lamas-2018.
- Quispe Diaz, R. A. (2018). Evaluación y mejoramiento del abastecimiento del sistema de agua potable aplicando golpe de ariete, barrio Partido Alto-Shanao-Lamas-2018.
- Ramos, J. G. E. (2019). Estudio-análisis de la bomba electromagnética y por golpe de ariete.
- Rodríguez, J. Q., Montañez, T. C. P., Quezada, U. R. Q., & Barrera, I. A. (2023). Potencial de riego de aguas de microcuenca en áreas productivas en Andes Centrales de Perú. *Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria*, 7(19), 209-217.

- Sanchez Gutierrez, A. B., & Pérez Nascimento, K. (2023). Análisis y evaluación del comportamiento hidráulico con aliviaderos de tormentas en el sistema de alcantarillado sanitario del casco urbano de la ciudad de Pucallpa.
- Sánchez, M. Z., Mejías, M., & Olivety, M. (2022). Diseño de Metodologías Mixtas una revisión de las estrategias para combinar. *Revista Electrónica Human@s Enfermería en Red*| N 3.
- Sánchez Piscocoya, K. G. (2020). Viabilidad técnica económica para la instalación de un sistema de bombeo con golpe de ariete en el distrito de Suyo-Piura.
- Santillan Gomez, H. (2023). Evaluación de la eficiencia de un sifón invertido con bomba de ariete hidráulico para la conducción de agua.
- Silva, M., & Yordi, J. (2021). Diseño del ariete hidráulico para el abastecimiento de agua agrícola, para la comunidad Cory Aylluyoc, distrito coris, Aija-2020.
- Twyman, J. (2018). Golpe de ariete en una red de tuberías debido al cierre rápido de una válvula. Encontrada en la *Revista ingeniería de construcción*, 33(2), 193-200.https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-50732018000200193&script=sci_abstract
- Wahyuni, M. (2020). *Statistik Deskriptif Untuk Penelitian Oleh Data Manual dan SPSS Versi 25*.
- Wan, W., & Zhang, B. (2018). Investigation of water hammer protection in water supply pipeline systems using an intelligent self-controlled surge tank. *Energies*, 11(6), 1450.

ANEXOS

ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Dimensiones	Variables	Indicadores	Metodología	Escala	Instrumento
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Dimensiones generales	Variable independiente				
¿Se puede evaluar el fenómeno de golpe de ariete a tres diferentes alturas en el Circuito Hidráulico del laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali?	Evaluar el fenómeno del golpe de ariete a tres diferentes alturas en el Circuito Hidráulico del laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali.	Las tres diferentes alturas tienen un efecto significativo en el fenómeno del golpe de ariete en el Circuito Hidráulico del laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali.	Altura	Altura del circuito hidráulico	Altura en centímetros a 7, 14, 24. Ariete Hidráulico HM 150.15.	Tipo de investigación: mixto (cualitativa y cuantitativa). Nivel de investigación: Experimental Aplicada	Razón continua	Regla en centímetros
Problema específico	Objetivo específico	Hipótesis específico	Dimensiones específicas	Variable dependiente				
¿Cuáles es el efecto del tiempo en el incremento de la altura en el golpe de ariete en el Circuito Hidráulico del laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali?	Determinar el efecto del tiempo en el incremento de la altura en el golpe de ariete en el Circuito Hidráulico del laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali.	El tiempo tiene un efecto significativo en el incremento de la altura en el golpe de ariete en el Circuito Hidráulico del laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali.	Tiempo	El tiempo del fenómeno de golpe de ariete	Tiempo en segundos	Diseño experimental: Diseño completamente al azar	Razón continua	Cronometro
¿Cuál es el efecto de la altura y el volumen total del Golpe de Ariete en el Circuito Hidráulico del laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali?	Analizar el efecto de la altura y el volumen total del Golpe de Ariete en el Circuito Hidráulico del laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali.	La altura tiene un efecto significativo en el volumen total del Golpe de Ariete en el Circuito Hidráulico del laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali.	Volumen	El volumen del fenómeno de golpe de ariete	Volumen en litros	Prueba paramétrica: Prueba de promedio de Tukey. Base de datos en software Microsoft Excel. Análisis de datos en software SPSS 25	Razón continua	Probeta graduada
¿Cuál es el efecto de la altura en el caudal del Golpe de Ariete en el Circuito Hidráulico del laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali?	Analizar el efecto de la altura en el caudal del Golpe de Ariete en el Circuito Hidráulico del laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali	La altura tiene un efecto significativo en el caudal total del Golpe de Ariete en el Circuito Hidráulico del laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali.	Caudal	El caudal del fenómeno de golpe de ariete	Caudal en m³/s y m/s		Razón continua	Cronometro Y probeta graduada

¿Cuál es la relación entre el tiempo, volumen y caudal del golpe de ariete en el Circuito Hidráulico del laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali?	Determinar si existe una relación entre el tiempo, volumen y caudal del golpe de ariete en el Circuito Hidráulico del laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali	Existe una relación significativa entre el tiempo, volumen y caudal del golpe de ariete en el Circuito Hidráulico del laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali	Relación	Relación de los parámetros del fenómeno de golpe de ariete	Tiempo en segundos; Volumen en litros; Caudal en m ³ /s y m/s.	Escala ordinal	SPSS 25
---	--	--	-----------------	---	--	----------------	---------

Tabla 12A

Análisis del volumen total en litros a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico.

F. V	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Tratamientos	2	8.71985	4.35993	68242.30	0.000
Error	9	0.00057	0.00006		
Total	11	8.72043			

$R^2 = 98.15$; C.V. = 0.0172

Tabla 13A

Análisis del tiempo total a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico

F. V	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Tratamientos	2	689.735	344.867	3750.82	0.000
Error	9	0.827	0.092		
Total	11	690.562			

$R^2 = 97.79$; C.V. = 0.0303

Tabla14A

Análisis del caudal en metros por segundos a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico

F. V	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Tratamientos	2	0.005619	0.002809	4678.95	0.000
Error	9	0.000005	0.000001		
Total	11	0.005624			

$R^2 = 98.33$; C.V. = 0.0179

Tabla 15A

Análisis del caudal en metros cúbicos a tres diferentes alturas en un circuito hidráulico.

F. V	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Tratamientos	2	5618.99	2809.49	4678.95	0.000
Error	9	5.40	0.60		
Total	11	5624.39			

$R^2 = 98.52$; C.V. = 0.0472

Figura 9A

Vista general del laboratorio de Estructura e Hidráulica de la UNU.



Figura 10A

Vista general del equipo de golpe de ariete utilizado para realizar las diferentes evaluaciones del estudio.



Figura 11A

Calibración de la altura previa a las evaluaciones.

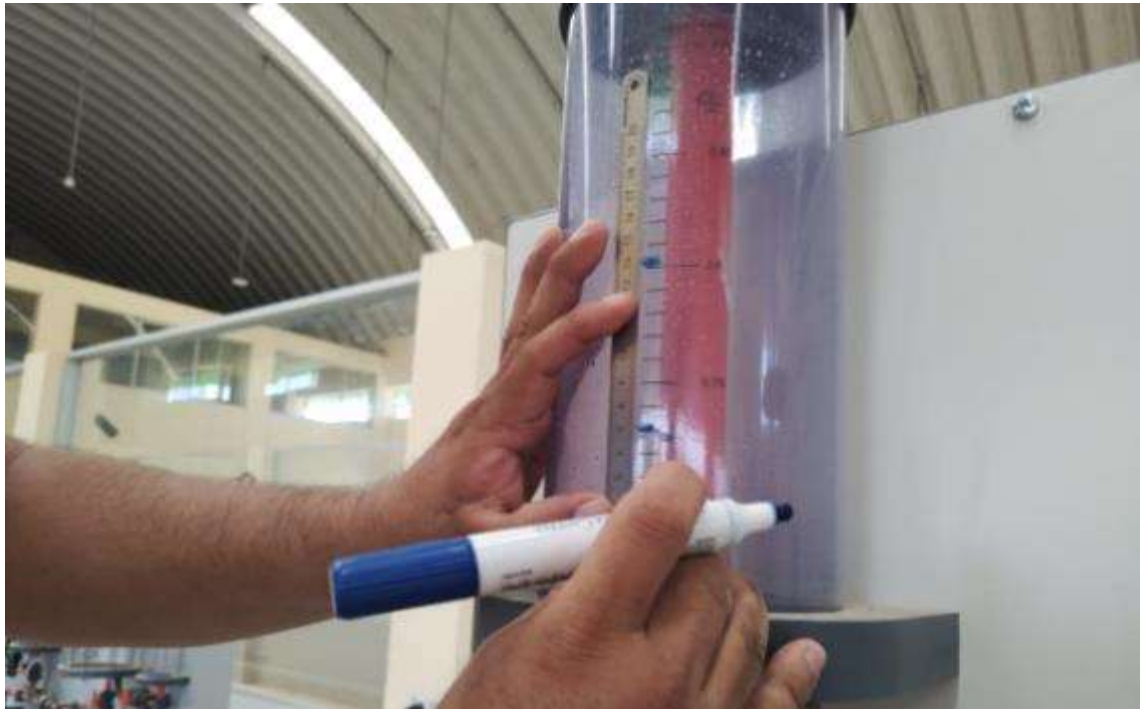


Figura 12A

Calibración de las mangueras y accesorios previa a las evaluaciones.



Figura 13A

Primera prueba piloto o ensayo de las evaluaciones.



Figura 14A

Cálculo del volumen total necesario para las evaluaciones.



Figura 15A

Culminación del cálculo del volumen para las evaluaciones.



Figura 16A.

Puesta en marcha de las evaluaciones en el laboratorio.



Figura 17A

Resultado de Base de datos de la tesis "Evaluación del Fenómeno de Golpe de Ariete a Tres Diferentes Alturas en el Circuito Hidráulico del Laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali".



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



Laboratorio de Estructuras e Hidráulica

Resultado de la Base de datos de la tesis "Evaluación del Fenómeno de Golpe de Ariete a Tres Diferentes Alturas en el Circuito Hidráulico del Laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali".

Tratamientos	Repeticiones	Vol. (lt)	Tiempo (s)	Caudal (lt/s)	Caudal (m3/s)
1	1	0.41	12.8	0.0320	32.03
1	2	0.4	12.9	0.0310	31.01
1	3	0.4	13.4	0.0299	29.85
1	1	0.41	13.1	0.0313	31.30
2	2	1.5	20.2	0.0743	74.26
2	3	1.49	20	0.0745	74.50
2	1	1.49	20.1	0.0741	74.13
2	2	1.48	20	0.0740	74.00
3	3	2.5	32	0.0781	78.13
3	1	2.48	31	0.0800	80.00
3	2	2.5	31.2	0.0801	80.13
3	3	2.49	31.6	0.0788	78.80

Pucallpa, 12 de diciembre del 2023

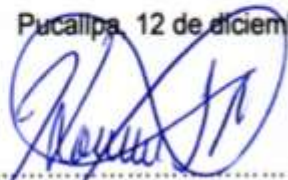

Ing. Horacio Soriano Alava
Encargado del laboratorio de Estructuras e Hidráulica

Figura 18A

Constancia de Calibración de Equipos del Laboratorio de Estructura e Hidráulica



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INGENIERÍA
CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



Laboratorio de Estructuras e Hidráulica

CONSTANCIA DE CALIBRACION DE EQUIPOS

El que suscribe, Ing. Horacio Soriano Alava, Encargado del Laboratorio de Estructuras e Hidráulica de la universidad Nacional de Ucayali.

HACE CONSTAR:

Que, durante la ejecución del Proyecto de Investigación de la Tesis titulado "Evaluación Del Fenómeno De Golpe De Ariete A Tres Diferentes Alturas En El Circuito Hidráulico Del Laboratorio De La Universidad Nacional De Ucayali, se verifico que los equipos del laboratorio de Estructuras e Hidráulica de la universidad Nacional de Ucayali, se encontraban debidamente calibrados.

Se expide el presente documento, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Pucallpa, 12 de diciembre del 2023.

Atentamente

Ing. Horacio Soriano Alava
Encargado del laboratorio de Estructuras e Hidráulica

Cc:
Archivo