



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución - 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Vea una copia de esta licencia en <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>





FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA

Tesis

Aplicación de una bomba de ariete hidráulico para incrementar el caudal en el sistema de abastecimiento de agua en el centro poblado El Oriente, Moyobamba

Para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario

Autor:

Julio César Torrejón Paredes
<https://orcid.org/0009-0008-6084-8384>

Asesor:

Ing. M.Sc. Santiago Alberto Casas Luna
<https://orcid.org/0000-0003-3755-4093>

Código N° 6050920

Moyobamba, Perú

2024



FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA

Tesis

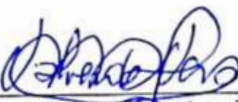

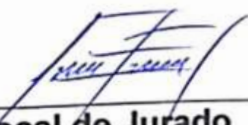

Aplicación de una bomba de ariete hidráulico para incrementar el caudal en el sistema de abastecimiento de agua en el centro poblado El Oriente, Moyobamba

Para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario

Autor:

Julio César Torrejón Paredes

Sustentado y aprobado el 04 de julio del 2024, ante el honorable jurado:

 _____ Presidente de Jurado Ing. M.Sc. Mirtha Felicita Valverde Vera	 _____ Secretario de Jurado Ing. M.Sc. Roydichan Olano Arévalo
 _____ Vocal de Jurado Ing. M.Sc. Luis Armando Cuzco Trigozo	 _____ Asesor Ing. M.Sc. Santiago Alberto Casas Luna

Moyobamba, Perú

2024



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DEL INFORME FINAL DE TESIS CONDUCENTES
A TÍTULO PROFESIONAL N° 008-2024-UNSM/EPIS/UI**

Jurado reconocido con Resolución N° 005-2020-UNSM/CFT/FE, Moyobamba 29 de enero del 2020 y modificado con Resolución N° 543-2023-UNSM/CF/FE, de fecha 14 de diciembre del 2023.

**FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA SANITARIA**

A las 18:00 horas, del día jueves 04 de julio de 2024, se dio inicio al acto público de sustentación del informe final de tesis “**Aplicación de una bomba de ariete hidráulico para incrementar el caudal en el sistema de abastecimiento de agua en el centro poblado El Oriente, Moyobamba**”, para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario, presentado por **Julio César Torrejón Paredes**, con la asesoría del Ing. M.Sc. **Santiago Alberto Casas Luna**.

Instalada la Mesa Directiva conformada por la Ing. M.Sc. **Mirtha Felícita Valverde Vera** (Presidente del jurado), Ing. M.Sc. **Roydichan Olano Arévalo** (Secretario), Ing. M.Sc. **Luis Armando Cuzco Trigozo** (Vocal) y acompañado por el Ing. M.Sc. **Santiago Alberto Casas Luna** (Asesor), el presidente del jurado dirige brevemente unas palabras y a continuación el secretario dio lectura a la Resolución N° 082-2020-UNSM/CFT/FE, de fecha 17 de julio del 2020.

Seguidamente el autor expuso el informe final de tesis y el jurado realizó las preguntas pertinentes, respondidas por el sustentante y evaluado por el jurado con la venia del asesor.

Una vez terminada la ronda de preguntas el jurado procedió a deliberar para determinar la calificación final, para lo cual dispuso un receso de quince (15) minutos, con participación del asesor con voz, pero sin voto; sin la presencia del sustentante y otros participantes del acto público.

Luego de aplicar los criterios de calificación con estricta observancia del principio de objetividad y de acuerdo con los puntajes en escala vigesimal (de 0 a 20), según el Anexo 4.2 del RG-CTI, la nota de sustentación otorgada resultante del promedio aritmético de los calificativos emitidos por cada uno de los miembros del jurado fue... **QUINCE**... (15), tal como se deja constar en la siguiente descripción.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
FACULTAD DE ECOLOGÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria



De acuerdo con el Artículo 40° del RG-CTI, la nota obtenida es ... APROBATORIA ... y correspondiente a la calificación de ... BUENO ... Leído este resultado en presencia de todos los participantes del acto de sustentación, el secretario dio lectura a las observaciones subsanables al informe final que el autor deberá corregir y alcanzar al jurado en un plazo máximo de treinta (30) días calendarios.

Se deja constancia que la presente acta se inscribe en el Libro de Sustentaciones N° 001 del Programa de Estudios de Ingeniería Sanitaria de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín.

Firman los integrantes de la Mesa Directiva y el autor del informe final tesis, en señal de conformidad, dando por concluido el acto a las ... 20:00 ... horas, el mismo día jueves 04 de julio de 2024.

Ing. M.Sc. Mirtha Felcita Valverde Vera
Presidente de Jurado

Ing. M.Sc. Roydchan Olano Arévalo
Secretario de Jurado

Ing. M.Sc. Luis Armando Cuzco Trigozo
Vocal del Jurado

Ing. M.Sc. Santiago Alberto Casas Luna
Asesor

Julio César Torrejón Paredes
Autor

Declaratoria de autenticidad

Julio César Torrejón Paredes, con DNI N° 70747270, bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria, Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín, autor de la tesis titulada: **Aplicación de una bomba de ariete hidráulico para incrementar el caudal en el sistema de abastecimiento de agua en el centro poblado El Oriente, Moyobamba.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencia de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda información que contiene la tesis no ha sido plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumimos bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín.

Moyobamba, 04 de julio de 2024.



Julio César Torrejón Paredes
DNI N° 70747270

Ficha de identificación

<p>Título del proyecto Aplicación de una bomba de ariete hidráulico para incrementar el caudal en el sistema de abastecimiento de agua en el centro poblado El Oriente, Moyobamba</p>	<p>Área de investigación: Ciencia y Tecnología Ambiental. Línea de investigación: Saneamiento Ambiental. Sublínea de investigación: Tratamiento de aguas. Grupo de investigación: Tecnologías de tratamiento del agua. Resolución N° 390-2024-UNSM/CF/FE, 26 de julio del 2024 Tipo de investigación: Básica <input type="checkbox"/>, Aplicada <input checked="" type="checkbox"/>, Desarrollo experimental <input type="checkbox"/></p>
<p>Autor: Julio César Torrejón Paredes</p>	<p>Facultad de Ecología Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria https://orcid.org/0009-0008-6084-8384</p>
<p>Asesor: Ing. M.Sc. Santiago Alberto Casas Luna</p>	<p>Dependencia local de soporte: Facultad de Ecología Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria Unidad o Laboratorio Ingeniería Sanitaria https://orcid.org/0000-0003-3755-4093</p>

Dedicatoria

Dedico esta tesis expresando una inmensa gratitud, a mis padres (Julio y Clarita), quienes con un esfuerzo exorbitante lograron impartir en mí los valores y principios necesarios para mi formación tanto profesional como de ser humano, capaz de sobrepasar las dificultades que se presentan en la vida. Sin el apoyo de ellos no hubiera logrado nada, han sido mi mayor fortaleza. Quiero finalizar este párrafo dedicando también esta investigación a una persona que de seguro no entienda mis palabras por la corta edad que tiene ahora, pero cuando lo haga se dará cuenta lo importante que es para mí, la razón de mis sacrificios y esfuerzos del presente y futuro, mi principal motivación, mi pequeño Alessio Dareck.

Agradecimientos

A Dios, por brindarme la salud y fortaleza necesaria para lograr mis objetivos.

A mi familia, por ser mi apoyo incondicional y a la vez mi más grande motivación.

A mi asesor, Ing. M.sc. Santiago Alberto Casas Luna, por su apoyo en el desarrollo de la investigación.

Índice general

Ficha de identificación	6
Dedicatoria	7
Agradecimientos.....	8
Índice general.....	9
Índice de tablas	11
Índice de figuras	12
RESUMEN	13
ABSTRACT	14
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN.....	15
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	18
2.1. Antecedentes de la investigación	18
2.2. Fundamentos teóricos	20
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS	29
3.1. Ámbito y condiciones de la investigación.....	29
3.1.1 Contexto de la investigación.....	29
3.1.2 Periodo de ejecución.....	30
3.1.3 Autorizaciones y permisos	30
3.1.4 Control ambiental y protocolos de bioseguridad.....	30
3.1.5 Aplicación de principios éticos internacionales.....	31
3.2. Sistema de variables	31
3.2.1 Variables principales	31
3.3 Procedimientos de la investigación.....	32
3.3.1 Objetivo específico 1	34
3.3.2 Objetivo específico 2.....	36
3.3.3 Objetivo específico 3.....	37
3.3.4 Objetivo específico 4.....	39
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42

4.1	Parámetros de diseño e instalación del sistema de bomba de ariete hidráulico en el centro poblado El Oriente	42
4.2.	Eficiencia del sistema de bomba de ariete hidráulico instalado en el centro poblado El Oriente	45
4.3.	Satisfacción de la población antes y después de implementar el sistema de bomba de ariete hidráulico en el centro poblado El Oriente	47
4.4.	Incremento del caudal en el sistema de abastecimiento de agua en el centro poblado El Oriente con la aplicación de la bomba de ariete hidráulico	49
	CONCLUSIONES.....	52
	RECOMENDACIONES.....	53
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
	ANEXOS	60

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Niveles de servicio de abastecimiento de agua potable</i>	22
Tabla 2. <i>Tipos de infraestructuras de agua para consumo humano</i>	23
Tabla 3. <i>Rendimiento energético de la bomba de ariete hidráulico</i>	27
Tabla 4. <i>Descripción de variables por objetivo específico</i>	31
Tabla 5. <i>Indicadores de satisfacción evaluados</i>	38
Tabla 6. <i>Parámetros de diseño de la bomba de ariete hidráulico</i>	42
Tabla 7. <i>Caudal de alimentación, caudal elevado y eficiencia del sistema de bomba de bomba de ariete hidráulico (BAH)</i>	45
Tabla 8. <i>Puntajes de satisfacción poblacional obtenidos antes y después de implementar el sistema de bomba de ariete hidráulico (BAH)</i>	48
Tabla 9. <i>Prueba t de Wilcoxon para comparar la satisfacción de la población antes y después de implementar el sistema de bomba de ariete hidráulico (BAH)</i>	49
Tabla 10. <i>Caudales obtenidos en el reservorio antes y después de implementar el sistema de bomba de ariete hidráulico (BAH)</i>	50
Tabla 11. <i>Prueba t-student para comparar los caudales registrados en el reservorio antes y después de implementar el sistema de bomba de ariete hidráulico (BAH)</i>	50
Tabla 12. <i>Presupuesto de implementación del sistema de bomba de ariete hidráulico (BAH)</i>	51

Índice de figuras

Figura 1. <i>Componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable.</i>	21
Figura 2. <i>Esquema del sistema de bomba de ariete.</i>	24
Figura 3. <i>Funcionamiento de la bomba de ariete.</i>	25
Figura 4. <i>La bomba de ariete hidráulico y sus partes.</i>	26
Figura 5. <i>Satisfacción de la población antes y después de implementar el sistema de bomba de ariete hidráulico (BAH). (a) Satisfacción según indicadores, (b) Satisfacción general.</i>	47

RESUMEN

Aplicación de una bomba de ariete hidráulico para incrementar el caudal en el sistema de abastecimiento de agua en el centro poblado El Oriente, Moyobamba

El agua es un recurso fundamental en la vida y su dotación es una de las necesidades básicas y fundamentales para el desarrollo de las sociedades, por ello, los gobiernos locales, regionales y nacionales deben velar y trabajar para que las poblaciones gocen de buena calidad, cantidad y cobertura de agua para cubrir sus necesidades básicas del hogar; sin embargo, son muchos los centros poblados que carecen de este servicio o que sus sistemas de abastecimiento presentan deficiencias en el sistema de bombeo, tal es el caso del centro poblado El Oriente donde el sistema de abastecimiento es ineficiente por la falta de un sistema de bombeo. El objetivo general fue “Aplicar una bomba de ariete hidráulico para incrementar el caudal en el sistema de abastecimiento de agua en el centro poblado El Oriente, Moyobamba”. El proyecto se realizó en el centro poblado El Oriente, distrito de Jepelacio y provincia de Moyobamba. El periodo de ejecución fue de 8 meses (desde diciembre del 2022 hasta agosto del 2023). Se estimó los parámetros de diseño y se instaló el sistema de bomba de ariete hidráulico en el centro poblado, además, se determinó la eficiencia sistema, para lo cual fue necesario medir el caudal de bombeo y el caudal de alimentación mediante el método volumétrico empleando un balde de 20 l y un cronómetro como instrumentos; asimismo, se evaluó la satisfacción de la población mediante la técnica de la encuesta con un cuestionario como instrumento; finalmente, se evaluó el incremento del caudal en el sistema de abastecimiento de agua; se utilizó la estadística descriptiva e inferencial (prueba t de Wilcoxon y t-student). Se estimó una altura de entre de 23,0 m y de suministro de 6,0 m, la longitud de la tubería de suministro fue 24,0 m, su diámetro de 2” y de tipo PVC, en tanto, la tubería de descarga fue una manguera HDPE de 1” de diámetro; asimismo, se determinó un caudal de bombeo de 0,140 l/s y caudal de alimentación de 2,311 l/s, el rendimiento volumétrico fue 6,08 % y la eficiencia 23,30 %; además, se determinó que la implementación del sistema de bomba de ariete hidráulico mejoró significativamente la satisfacción de los usuarios. Se concluye que, la implementación del sistema de bomba de ariete hidráulico mejoró significativamente el sistema de abastecimiento de agua en el centro poblado El Oriente a partir del cual la población puede satisfacer necesidades básicas como bebida, preparación de comida, aseo personal, limpieza de caza y para el lavado de ropa.

Palabras clave: Bomba de ariete hidráulico, caudal de alimentación, caudal de bombeo, eficiencia, rendimiento volumétrico.

ABSTRACT

Application of a hydraulic ram pump to increase the flow rate in the water supply system in the El Oriente village, Moyobamba.

Water is a fundamental resource in life and its provision is one of the basic and fundamental needs for the development of societies, therefore, local, regional and national governments must ensure and work so that the populations enjoy good quality, quantity and coverage of water to meet their basic household needs. Nevertheless, there are many villages that lack this service or that their supply systems have deficiencies in the pumping system, such is the case of the village of El Oriente where the supply system is inefficient due to the lack of a pumping system. The general objective was "To apply a hydraulic ram pump to increase the flow in the water supply system in the El Oriente, Moyobamba town center". The project was carried out in the village of El Oriente, district of Jepelacio and province of Moyobamba. The execution period was 8 months (from December 2022 to August 2023). The design parameters were estimated and the hydraulic ram pump system was installed in the village, in addition, the system efficiency was determined, for which it was necessary to measure the pumping flow and feed flow by the volumetric method using a 20 l bucket and a stopwatch as instruments. In addition, the satisfaction of the population was evaluated using the survey technique with a questionnaire as an instrument. Finally, the increase in flow rate in the water supply system was evaluated using descriptive and inferential statistics (Wilcoxon t-test and t-student test). The supply pipe length was 24.0 m, its diameter was 2" and PVC type, while the discharge pipe was a HDPE hose of 1" in diameter; It was also determined that the pumping flow rate was 0.140 l/s and the supply flow rate was 2.311 l/s, the volumetric efficiency was 6.08% and the efficiency 23.30%; it was also determined that the implementation of the hydraulic ram pump system significantly improved user satisfaction. It is concluded that, the implementation of the hydraulic ram pump system significantly improved the water supply system in the village of El Oriente from which the population can satisfy basic needs such as drinking, food preparation, personal hygiene, hunting cleaning and washing clothes.

Keywords: *hydraulic ram pump, feed flow, pumping flow, efficiency, volumetric efficiency.*



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN

Los sistemas de agua potable se encuentran sometidos a grandes presiones y no son sostenibles, particularmente si se considera las variaciones de las condiciones socioeconómicas e hidro climáticas, las políticas y decisiones gubernamentales como también el crecimiento demográfico (Beker y Kansal, 2023), es por ello que, las instituciones públicas y privadas tienen que considerar medidas críticas para mejorar el abastecimiento de agua y saneamiento inclusivos y sostenibles en zonas urbanas y rurales (World Health Organization (WHO), 2022), ya que el acceso inadecuado a tales servicios imposibilita el desarrollo general y bienestar de la sociedad (Cronin et al., 2015; Zwarteveen et al., 2012).

Si bien el suministro de agua dulce a nivel mundial es más que adecuado para que se logre satisfacer la demanda actual y previsible de agua, su distribución temporal y espacial no es la adecuada, por ejemplo, hay regiones donde la falta de agua potable es una limitación para la salud y productividad humana, y, por tanto, para el desarrollo económico, como también para mantener ecosistemas saludables y el ambiente limpio (Cosgrove y Loucks, 2015). Las Naciones Unidas en su informe del 2018 informó que para el 2050 alrededor de 6 mil millones de personas sufrirán de escasez de agua potable, debido a la creciente demanda de agua, aumento de la contaminación hídrica y reducción de los recursos hídricos, impulsados por el crecimiento económico y demográfico (Boretti y Rosa, 2019).

Los datos de WHO y UNICEF (2021) revelan que a nivel mundial al año 2020 alrededor de 2 mil millones de personas carecían de servicios de agua administrados de forma correcta, incluido aquellos que no pueden acceder a servicios básicos de agua (1,2 mil millones), con servicios de agua limitados (282 millones), aquellos que beben agua superficial (122 millones) y aquellos que emplean fuentes no mejoradas (367 millones); asimismo, al 2020 la cobertura de servicios de agua potable en áreas rurales (60 %) siguió siendo menor a la de zonas urbanas (80 %).

En el Perú, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) mediante el D.S. N° 018-2017 establece que, en base a proyecciones del INEI en el año 2016 el 71,2 y 94,5 % de peruanos de zonas rurales y urbanas respectivamente, tuvieron el servicio de agua potable; sin embargo, Water For People (2021) estimó que la masa poblacional peruana con acceso a agua gestionada de manera segura fue en zonas urbanas el 59 % y en zonas rurales el 22 %, lo que indica que 5,5 millones de peruanos

de zonas rurales viven sin agua gestionada de manera segura. Por su parte, el MVCS (2022) menciona que al 2020 el 55,7 % de la población tuvo acceso a agua potable las 24 horas del día, en la zona urbana esta masa poblacional (54,8 %) fue menor en relación a la continuidad de 20 a 24 horas (55,4 %) y de 18 a 24 horas (57,0 %), en tanto, en la zona rural el 59 % tuvo acceso continuo al servicio.

En la región San Martín, entre el 2013 y 2019 la población que consume agua de la red pública aumentó de 79,8 a 87,8 %, generando una reducción de la brecha sin acceso a agua por red pública de 8 % (Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), 2020). En tanto, la Dirección Regional de Vivienda, Construcción y Saneamiento (DRVCS) en el “Plan Regional de Saneamiento de San Martín 2021-2025” refiere que, el 31 % de sistemas de abastecimiento de agua son cloradas y el promedio de horas del servicio es de 12,62 hrs, además la cuota promedio mensual de pago del servicio es de S/. 6,6.

El agua es considerada un bien básico fundamental para el desarrollo agrícola, industrial y humano (Januddi et al., 2018). La necesidad del recurso hídrico se ha convertido en una motivación clave que impulsó a la sociedad a inventar maneras de garantizar fácil acceso a ella mediante mecanismos de bombeo (Mishra et al., 2018). El ariete hidráulico es uno de los dispositivos mecánicos más antiguos para elevar agua (Inthachot et al., 2015), por ello se considera una tecnología muy “madura”, debido a que se empleó en los dos últimos siglos y se probó diversos diseños y configuraciones básicas (Januddi et al., 2018). Este sistema de bombeo de agua tiene la capacidad de bombear el recurso hídrico empleando energía gravitacional o cinética mediante flujo de agua (Hussin et al., 2017). Es uno de los sistemas más sencillos y respetuosos con el medio ambiente, ya que no necesita energía interna para impulsar el agua (Asvapoositkul et al., 2021; Othman et al., 2020), además son baratos y requieren poco mantenimiento (Zeidan y Ostfeld, 2021).

Diversos estudios en el mundo y en el país muestran la eficiencia de la bomba de ariete hidráulico para mejorar el caudal de sistemas de abastecimiento de agua, por ejemplo, Aranguri (2018) en la zona rural de la provincia de San Pablo en Cajamarca determinó una eficiencia del sistema de bomba de ariete hidráulico de 55,23 %, lo cual conlleva a que los pobladores estén satisfechos desde el punto de vista ambiental, económico y técnico del uso y aplicación del sistema; asimismo, Quispe (2018) en el barrio de Partido Alto en Shanao estimó que para alcanzar la altura al reservorio ($h = 39,10$ m), es pertinente tener una bomba de ariete de diámetro de salida de 1 ½” clase 7,5 con 0,84

de rendimiento de la bomba, siendo posible con ello abastecer agua las 24 horas del día a la población del barrio Partido Alto.

La situación que ha venido atravesando los habitantes del centro poblado El Oriente es muy preocupante, ya que, a pesar de contar con un sistema de abastecimiento de agua potable, la población no puede gozar de este servicio, debido a que el centro poblado carece de un sistema de bombeo para el debido funcionamiento. Años atrás empleaban una moto bomba, la misma que generaba gastos elevados en combustible, sin dejar a un lado el impacto ambiental que este generaba, dichos motivos impidieron el uso del sistema y pasaron a abastecerse de agua de fuentes superficiales cercanas para cubrir sus necesidades. Ante lo manifestado, se buscó evaluar la aplicación de una bomba de ariete hidráulico para incrementar el caudal en el sistema de abastecimiento de agua en el centro poblado El Oriente.

La investigación se enmarcó en la problemática: ¿Es eficiente la bomba de ariete hidráulico para incrementar el caudal en el sistema de abastecimiento de agua en el centro poblado El Oriente, Moyobamba?, planteando a partir de ello la hipótesis de estudio: La bomba de ariete hidráulico si es eficiente para incrementar el caudal en el sistema de abastecimiento de agua en el centro poblado El Oriente, Moyobamba. El objetivo general fue “Aplicar una bomba de ariete hidráulico para incrementar el caudal en el sistema de abastecimiento de agua en el centro poblado El Oriente, Moyobamba”; y, los objetivos específicos fueron, 1ro: Estimar los parámetros de diseño e instalar el sistema de bomba de ariete hidráulico en el centro poblado El Oriente; 2do: Estimar la eficiencia del sistema de bomba de ariete hidráulico instalado en el centro poblado El Oriente; 3ro: Evaluar la satisfacción de la población antes y después de implementar el sistema de bomba de ariete hidráulico en el centro poblado El Oriente; y, 4to: Evaluar el incremento del caudal en el sistema de abastecimiento de agua en el centro poblado El Oriente con la aplicación de la bomba de ariete hidráulico.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Antecedentes internacionales

Osome et al. (2023). En el condado de West Pokot, Kenia, evaluaron el rendimiento de sistemas de bombeo hidráulico de ariete para pequeños agricultores. Encontraron que la tecnología de ariete hidráulico se utilizaba bien en el condado, debido a que es más barata y fácil de fabricar e instalar en comparación a sistemas de bombeo motorizados; no obstante, los sistemas funcionaban con eficiencia baja inferior al 30 % y luego de desarrollar el estudio la bomba alcanzó un rendimiento óptimo del 54 % con caudal de entrega óptimo de 12,938 L/min.

Asvapoositkul et al. (2019). Estudiaron la posibilidad de usar una bomba de ariete hidráulico (BAH) como medio para aprovechar su energía y producir una altura óptima para la bomba. Desarrollaron experimentos con BAH en los cuales variaron factores como: altura de impulsión, pulsaciones por minuto de la válvula de descarga y presión de la cámara de aire. El incremento de la altura de impulsión aumentó el caudal de impulsión, caudal de descarga, altura de descarga y rendimiento global de la bomba; aumentar la presión de cámara de aire disminuyó el rendimiento global de la bomba; no hubo diferencias significativas en el rendimiento de la BAH en una extensa gama de condiciones cuando se varió la presión de cámara de aire; en tanto, un incremento de las pulsaciones por minuto de la válvula de descarga disminuyó la altura de impulsión y caudal de suministro e impulsión.

Mishra et al. (2018). Evaluaron el efecto del golpe de ariete en el rendimiento de una bomba hidráulica de ariete. Entre sus resultados encontraron que las frecuencias de la válvula de impulsos tuvieron impactos en la descarga de la bomba hidráulica de ariete; asimismo, encontraron que la bomba de ariete hidráulico tuvo un rendimiento máximo de 51,49 % y mínimo del 32,00 % que se produce a descargas de $0,134 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{seg.}$ y $0,046 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{seg.}$, además, los resultados demostraron que mientras se incrementa la frecuencia de la válvula de impulsos, también la descarga aumenta hasta un punto óptimo a partir del cual las descargas comienzan a disminuir.

Antecedentes nacionales

Velasquez y Quintana (2022). En el tramo km 02+000 al 06+000 del río Lircay en Angaraes, diseñaron un sistema de riego aplicando el sistema de bombeo a través del

ariete hidráulico. Encontraron que la bomba diseñada consumió un caudal de 35,475 l/min, aprovechando un salto de 4,95 m, a una altura de 8,25 m logró elevar un caudal de 9,96 l/min con 75 golpes/minuto y una carrera para la válvula de impulso de 14 mm, asimismo, estimó un 48,11 % de rendimiento volumétrico.

Delgado y Guerrero (2021). En el caserío Nueva Victoria, distrito La Peca en la región de Amazonas, evaluaron la eficiencia de la bomba de ariete hidráulico de 2" para el abastecimiento de un sistema de riego tecnificado. Instalaron una BAH de 2 válvulas de cierre, cuyo desnivel del tanque de alimentación de agua que provenía de un canal de riego fue de 3 m y las alturas de elevación fueron hasta 20, 15, 10 y 5 m de altura, donde obtuvieron eficiencias y caudales elevados de: 3,61 % y 0,065 l/s, 6,22 % y 0,117 l/s, 7,90 % y 0,149 l/s, 19,07 % y 0,409 l/s, respectivamente; el menor caudal elevado y menor eficiencia se presentó a una mayor altura de descarga de la BAH; no obstante, al ser el costo de operación casi cero, cumple el fin de bombear agua para que se satisfaga la demanda de cultivos, ganado y personas, haciendo uso eficiente y racional del agua.

Crisóstomo (2020). En el predio de Utcucucho – Uchusquillo, distrito de San Luis en Ancash, evaluó la eficiencia de una bomba de ariete en el abastecimiento de agua. Entre sus resultados encontró que el sistema de suministro hídrico por impulsión empleando una BAH laborado con 2 válvulas en serie (SHS) presentó mayor eficiencia que el sistema trabajado con 2 válvulas en paralelo (SHP), donde el SHS fue más eficiente en un 21 % que el SHP; finalmente, obtuvo caudales de entrega de 8, 8 y 6 l/s con SHP y 9, 9 y 8 l/s con SHS.

Chero (2018). En la comunidad Feical, localizada en el distrito Sondorillo, provincia de Huancabamba, diseño un sistema de bombeo a través de un ariete hidráulico, este sistema fue de fácil construcción, montaje y excelente operatividad, y para construirlo usó materiales resistentes, durables y de buena calidad. Determinó que la BAH presentó una eficiencia 78,24 %, un rendimiento volumétrico de 7,50 % y un valor real del rendimiento energético de 39,0 %, cuyo valor fue considerado como aceptable al encontrarse en relación entre la altura de elevación y caída, además, determinó que el rendimiento de la BAH disminuyó al aumentar la altura de descarga, ya que cuando esta altura aumenta se genera un incremento de los caudales de desecho, lo cual incide en el rendimiento del ariete.as

Antecedentes regionales y locales

Piña (2021). En el sector Punta de Doña de la ciudad de Moyobamba, evaluó un sistema de bombeo tipo ariete hidráulico para abastecer de recurso hídrico a la población del

mencionado sector. Diseñó dos prototipos: "A" y "B" de sistemas de BAH, a fin de lograr abastecer de recurso hídrico a nivel familiar a una longitud de 100 m y altura de 35 m; asimismo, estimó que el costo de construcción de ambos prototipos fue de S/. 2 182,0, siendo S/. 1 155,0 el precio del prototipo A y S/. 1 026,50 el precio del prototipo B; finalmente, refiere que la ejecución del sistema permitió mejorar el abastecimiento de agua para ser usado a nivel familiar en actividades agropecuarias y domésticas.

2.2. Fundamentos teóricos

2.2.1. Sistema de abastecimiento de agua

Los sistemas de abastecimiento de agua tienen como principal fin proporcionar agua en calidad y cantidad adecuadas a los habitantes de un lugar determinado para satisfacer sus necesidades, debido a que es sabido que las personas estamos compuestos de agua en un 70 %, por lo cual este líquido es de suma importancia (Jiménez, 2011).

Los sistemas de agua potable pretenden abastecer de agua potable a comunidades determinadas, estos sistemas pueden ser no convencionales o convencionales. Los sistemas no convencionales son aquellos esquemas compuestos por soluciones multifamiliares o individuales que son abastecidos por fuentes hídricas pequeñas y que usualmente demandan el almacenamiento, transporte y desinfección en los domicilios. Por su parte, los sistemas convencionales abastecen el recurso hídrico a nivel domiciliario y tienen sistemas de tratamiento y distribución con indicadores altos en calidad y cantidad fijadas por normas de diseño, en estos sistemas cada vivienda se abastece mediante conexiones domiciliarias y pueden ser: por bombeo sin y con tratamiento y por gravedad sin y con tratamiento (GIZ, 2017).

Los sistemas de abastecimiento de agua presentan una serie de componentes, por ejemplo, la captación, conducción, desinfección, potabilización, regulación y distribución; para cada componente se desarrollan obras pertinentes a fin de alcanzar satisfactoriamente sus objetivos particulares. La captación permite explotar el recurso en fuentes hídricas; la conducción facilita transportar el agua hasta la zona de entrega para su posterior distribución; la regulación se centra en convertir el régimen de alimentación hídrico que proviene de las fuentes que usualmente se comportan constantes, en regímenes de demanda variables que necesitan las poblaciones; finalmente, la distribución favorece la proporción de agua en los domicilios de los pobladores a una presión óptima (Comisión Nacional del Agua, 2019).

En la Figura 1 se observa un esquema de los componentes de tres tipos de sistemas de abastecimiento dependientes de los tipos de fuentes hídricas. El primer sistema representa a una captación hídrica subterránea a través de un manantial, donde el recurso se lleva hasta el reservorio mediante una línea de conducción y luego se entrega a las redes de distribución a través de una línea de aducción. El segundo sistema representa a un sistema de captación de agua superficial, donde el agua se conduce a la planta de tratamiento mediante una línea de conducción y se descarga en reservorios con otra línea de conducción, para finalmente distribuir a las redes con una línea de conducción. El tercer sistema muestra la captación de agua subterránea a través de un pozo, conduciendo el recurso hasta el reservorio del segundo sistema mediante una línea de impulsión (Olivarez, 2013).

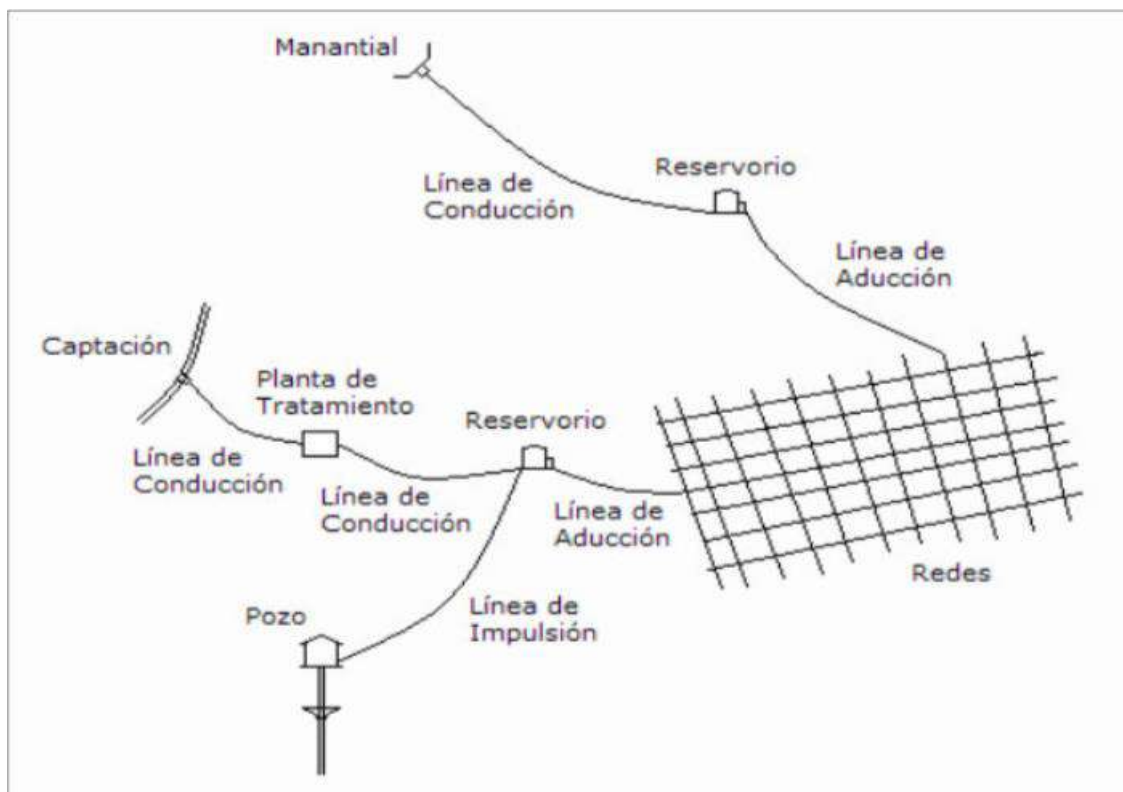


Figura 1

Componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable.

Nota. Tomado de Olivarez (2013).

2.2.2. Fuentes de abastecimiento de agua

Las fuentes de agua son el recurso principal para suministrar de forma colectiva o individual en busca de la satisfacción de necesidades del ser humano de aseo, higiene y alimentación (OPS/CEPIS, 2004).

El recurso hídrico según su fuente de abastecimiento se puede clasificar en: aguas meteóricas (granizo, nieve, lluvias), aguas superficiales (presas, lagos, arroyos, ríos,

etc.) y aguas subterráneas (de manantiales, de pozos someros, profundos o noria y de galería filtrante verticales u horizontales) (Rodríguez, 2001).

2.2.3. Fuentes de agua para consumo mejoradas

De acuerdo a WHO y UNICEF (2021), son aquellas fuentes de agua para consumo humano que, de acuerdo a la naturaleza de su construcción o diseño, cuentan con el potencial necesario para ofrecer agua potable de calidad a las poblaciones.

Por su parte la OMS (2017) refiere que la nueva escalera del “Programa Conjunto OMS/UNICEF de Monitoreo del Abastecimiento de Agua y del Saneamiento (PCM)” para el caso de los servicios de abastecimiento de agua potable doméstica son los que se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 1

Niveles de servicio de abastecimiento de agua potable

Nivel de servicio	Definición
Sin servicio	Agua para consumo humano que es juntado de forma directa desde un canal, estanque, lago, represa, arroyo, río o de un canal de tipo irrigación.
No mejorado	Es el agua que es consumido a partir de un manantial o pozo no mejorado.
Limitado	Es el tipo de agua para consumo que procede a partir de una fuente mejorada donde el tiempo de recolección es mayor a los 30 minutos, donde se incluye el tramo de ida y vuelta, además del tiempo de espera.
Básico	Es el tipo de agua para consumo humano que procede desde una fuente mejorada donde el tiempo de recolección no es mayor a los 30 minutos, donde se incluye el tramo de ida y vuelta, además del tiempo de espera.
Gestionado de forma segura	Es el tipo de agua para consumo humano que procede de una fuente mejorada localizado dentro del hogar o en la parcela o patio, y que se encuentra disponible en cualquier momento que sea necesario, encontrándose sin presencia de contaminantes fecales ni sustancias químicas.

Nota. Tomado y adaptado de OMS (2017).

Las sociedades que emplean diversos tipos de infraestructuras de agua para consumo humano, son clasificados como sociedades que emplean instalaciones mejoradas o no mejoradas, o bien sociedades donde no se emplean instalaciones (Tabla 2) (WHO y UNICEF, 2021).

Tabla 2*Tipos de infraestructuras de agua para consumo humano*

Instalaciones	Agua para consumo humano
No hay instalaciones	Aguas de superficie: Tipos de fuentes de agua abiertas y localizadas en la zona superficial como son: acequias, embalses, canales, arroyos, charcas, lagos o ríos.
Instalaciones no mejoradas	Suministros de agua no corriente: Son los tipos de fuentes como: manantiales y pozos no protegidos.
	Suministro de agua corriente: - Grifos o fuentes públicas. - Agua del grifo en los hogares, parcela o patio, que pueden transportarse mediante tuberías al hogar de un vecino.
Instalaciones mejoradas	Suministro de agua no corriente: - Agua envasada (como agua en bolsitas o embotellada). - Agua de lluvia. - Manantiales y pozos protegidos. - Pozos de sondeo o entubados. - Quiosco de agua. - Agua suministrada (bidón pequeño/tanque o carrito y camiones cisterna).

Nota. Tomado y adaptado de WHO y UNICEF (2021).

2.2.4. Bomba de ariete hidráulico (BAH)

Un ariete hidráulico es una bomba que utiliza la energía del momento de una cantidad de agua que cae constantemente para bombear parte de ella a una elevación mucho mayor que el nivel original en la fuente, mientras haya un suministro constante de agua, la bomba seguirá funcionando de forma continua y automática, esto la convierte en un mecanismo muy útil para bombear agua donde hay fuente de agua disponible (río, canal, presa o cualquier otra forma de embalse). Es bien sabido que las bombas hidráulicas son mucho más respetuosas con el medio ambiente que las bombas eléctricas convencionales o las basadas en combustibles fósiles; además, el agua residual de la bomba hidráulica se puede devolver fácilmente al depósito, con lo que el desperdicio de agua es nulo. La mayoría de las tecnologías de bombeo convencionales están limitadas por el elevado coste de mantenimiento y el consumo eléctrico, lo que hace imposible su desarrollo en zonas rurales (Harith et al., 2017).

Pawlick et al. (2022) mencionan que las BAH se emplearon durante más de 200 años para bombear agua utilizando únicamente la energía potencial del agua elevada, en tanto, en la actualidad, el bajo precio y la simplicidad de los materiales y métodos necesarios para construir bombas de ariete las convierten en una excelente opción para sistemas de agua pequeños y medianos en países en desarrollo donde hay agua

elevada disponible; no obstante, es arriesgado implementar bombas de ariete porque no suministrarán agua si no están diseñadas correctamente.

Por su parte, Young (1996) refiere que las BAH son de mucho interés porque emplean recurso energético renovable y guardan respeto con el ambiente; asimismo, son especialmente apropiadas para ser empleadas en países en vías de desarrollo porque su construcción es robusta y básica, además de ser fáciles de mantener e instalar.

Las BAH existen desde hace más de dos siglos. Sin embargo, estas bombas han estado al borde de la extinción desde la invención de las bombas motorizadas, que son más potentes y eficientes. Por desgracia, las bombas motorizadas son caras de adquirir, utilizar y mantener. Su contribución al cambio climático y a la degradación del medio ambiente ha impulsado la necesidad de una tecnología de bombeo alternativa. Por lo tanto, a medida que la tecnología mundial se orienta hacia la energía verde, es necesario reinventar las bombas hidráulicas (Osome et al., 2023).

a. Tecnología

Las BAH tienen la capacidad de trasladar agua cuesta arriba empleando energía potencial del recurso hídrico elevado sin la necesidad de emplear fuentes energéticas externas. Se emplearon ampliamente desde que se ha producido a comienzos del siglo XIX. Este sistema solamente usa dos piezas móviles, lo cual lo facilita en el funcionamiento de manera fiable en largos periodos de tiempo con poco mantenimiento. La cantidad de recurso hídrico a suministrar depende de diferentes factores, entre los cuales se encuentran la geografía de la zona y el diseño del sistema. Asimismo, algunas BAH suministran suficiente agua para ser usado en sistemas de riego, como también para saneamiento y para beber (Pawlick et al., 2018). La Figura 2 presenta un esquema general del sistema de bomba de ariete hidráulico.

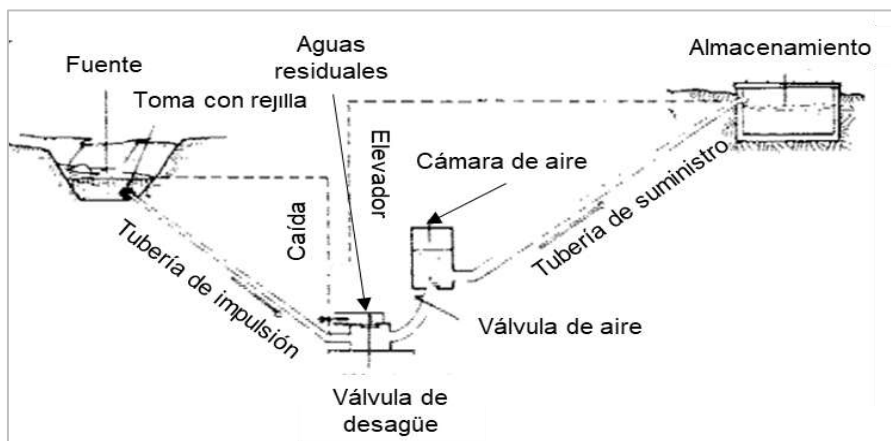


Figura 2

Esquema del sistema de bomba de ariete.

Nota. Tomado y adaptado de Pawlick et al. (2018).

La bomba funciona utilizando el efecto de golpe de ariete, un cambio repentino de presión que se produce al detenerse bruscamente el flujo de agua en una tubería. Este efecto es posible porque la bomba utiliza la energía potencial de toda el agua que fluye hacia ella, pero sólo proporciona energía potencial a un pequeño porcentaje de esa agua, que se bombea por la tubería de impulsión (Pawlick et al., 2018). Las etapas del sistema de bomba de ariete se muestran en la Figura 3.

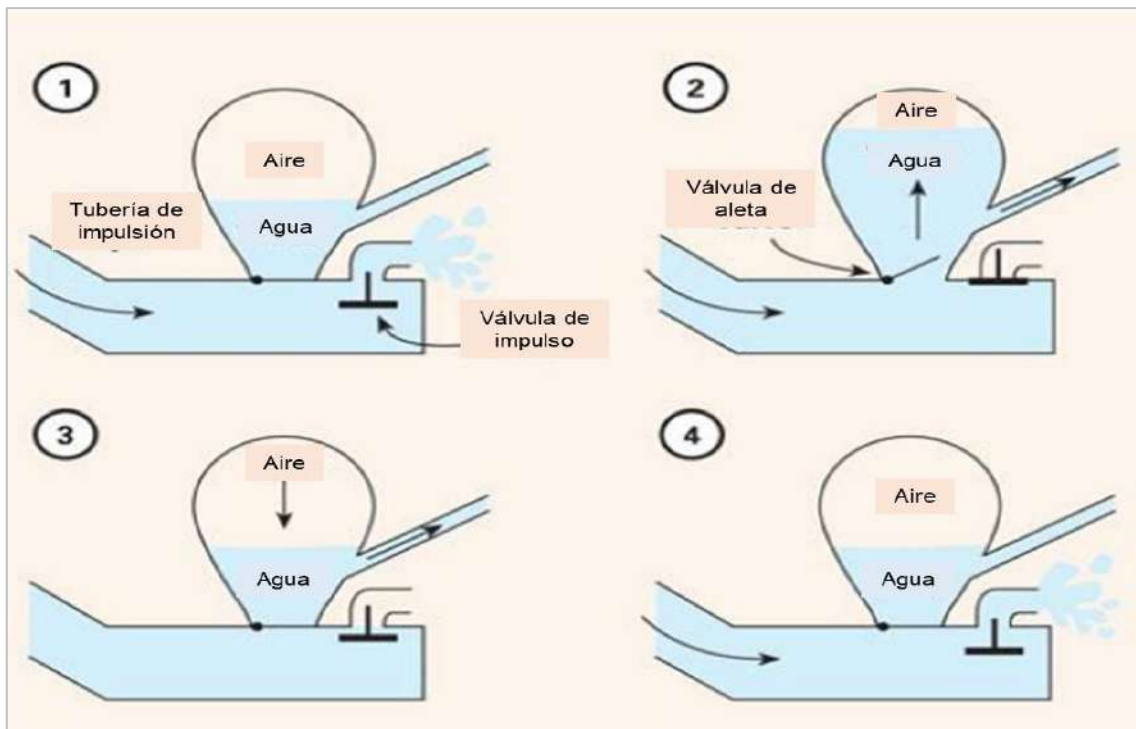


Figura 3

Funcionamiento de la bomba de ariete.

Nota. Tomado y adaptado de Pawlick et al. (2018).

En la primera etapa, el agua fluye a gran velocidad a través de la válvula de descarga (de impulso). Cuando la presión en la tubería sea demasiado fuerte, empujará esta válvula hasta cerrarla, momento en el que el agua que fluye por la tubería de impulsión se detendrá bruscamente. Según la ecuación de Navier Stokes, esta disminución repentina de la velocidad produce un aumento repentino de la presión que obliga a abrir la válvula interna. La apertura de la válvula de aleta alivia la presión sobre la válvula de descarga, permitiendo que se abra de nuevo. Cuando la presión del agua por encima de la válvula de mariposa es grande para que la válvula la sostenga, se cierra, volviendo a aplicar la presión original a la válvula de residuos y comenzando el ciclo de nuevo. Cada vez que se ejecuta el proceso, una pequeña cantidad de agua asciende por la tubería de impulsión, dando lugar a un caudal constante (Pawlick et al., 2018).

b. Partes de una bomba de ariete hidráulico (BAH)

Según Ortega (1995) la BAH se encuentra conformado básicamente por 5 elementos: cámara de aire, cuerpo del ariete y las válvulas de aire, impulsión y escape.

Se observa en la Figura 4, los componentes principales de la BAH: 1) Entrada: tubería de impulsión; 2) Flujo libre en la válvula de descarga; 3) Válvula de descarga; 4) Válvula antirretorno de impulsión; 5) Recipiente de presión; y, 5) Salida: tubería de impulsión (Lee et al., 2016).

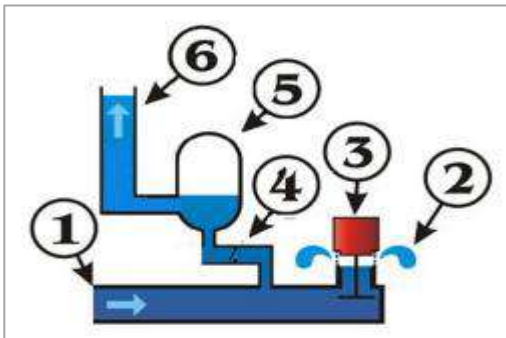


Figura 4

La bomba de ariete hidráulico y sus partes.

Nota. Tomado de Lee et al. (2016).

c. Parámetros de la bomba de ariete hidráulico (BAH)

Se necesita de una altura de alimentación (desnivel de agua constante) de mínimo 1,0 m, el agua puede ser provista por un manante, canal o río y debe ser filtrada y sedimentada para evitar la obstrucción de válvulas. Cuando se apertura la válvula de control el recurso hídrico almacenado en el reservorio desciende a través de la tubería de alimentación con un determinado caudal de alimentación con elevados niveles de energía cinética, después se procede a cerrar de forma brusca la válvula de impulso, acción que favorece el golpe de presión (Arapa, 2016).

Los principios de acción y reacción dentro de la válvula de impulso generan sobrepresiones en dirección contraria. Por una parte, una cantidad del recurso hídrico discurre por la válvula de retención – check hacia la cámara de presión, oprimiendo el aire presente en la cámara. Al agotarse la energía de presión, se produce el cierre de la válvula de retención y el aire descomprimido eleva el caudal a través de la tubería de bombeo hasta la zona del reservorio localizado a una determinada altura (Arapa, 2016).

De forma simultánea que ingresa el agua hacia la cámara de presión, también una cantidad del recurso retrocede a través de la tubería de alimentación, generando presiones de succión en la válvula de impulso, lo cual facilita al mecanismo de la válvula

en abrirla, de igual forma la presión de succión permite que la válvula de aire se active favoreciendo que el aire ingrese al sistema que restaura el aire de la cámara, a partir de este procedimiento se vuelve a repetir el ciclo (Arapa, 2016).

d. Rendimiento energético de la bomba de ariete hidráulico (BAH)

El rendimiento energético (R') de la BAH varía de acuerdo al cociente de la altura de carga y la altura entre la bomba ariete y la presa (H/h), es así que, se produce la disminución del rendimiento cuando se incrementa el valor resultante (Guía Agropecuaria, 2012). La Tabla 3 muestra la variación del rendimiento energético de la BAH.

Tabla 3

Rendimiento energético de la bomba de ariete hidráulico

H/h =	2	3	4	6	8	10	12
R' =	0,85	0,81	0,76	0,67	0,57	0,43	0,23

Nota. Tomado de PASOLAC (2006, como se citó en Guía Agropecuaria, 2012).

e. Rendimiento volumétrico de la bomba de ariete hidráulico (BAH)

El rendimiento volumétrico (η_v) de la BAH es la asociación existente entre el caudal de bombeo y el caudal de suministro de la BAH, cuya fórmula es la siguiente (Chero, 2018):

$$\eta_v = \frac{q_b}{(Q_p + q_b)} \times 100 (\%) \quad (1)$$

Donde:

η_v : "rendimiento volumétrico"; q_b : "caudal de bombeo"; y, Q_p : "caudal perdido".

f. Eficiencia de la bomba de ariete hidráulico (BAH)

Se define a la eficiencia (η) de la BAH como la relación entre la potencia útil y la potencia entregado en la descarga y la potencia recibida en la bomba de ariete hidráulico, cuya fórmula es la siguiente (Chero, 2018):

$$\eta = \frac{P_u}{P_b} \times 100 (\%) \quad (2)$$

Donde:

η : "eficiencia de la bomba de ariete hidráulico"; P_u : "potencia útil entregada en la descarga"; y, P_b : "potencia recibida en el ariete".

Al reemplazar las potencias se tiene que la eficiencia se calcula con la siguiente fórmula, que representa al método de Rankine (Arapa, 2016; Chero, 2018):

$$\eta = \frac{q_b \times H_i}{(Q_p + q_b) \times H_s} \times 100 (\%) \quad (3)$$

Donde:

η : "eficiencia de la bomba de ariete hidráulico"; q_b : "caudal de bombeo"; Q_p : "caudal perdido"; H_i : "Altura de entrega"; y, H_s : "Altura de suministro".

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ámbito y condiciones de la investigación

3.1.1 Contexto de la investigación

a. Ubicación política

- Centro poblado : El Oriente
- Distrito : Jepelacio
- Provincia : Moyobamba
- Departamento : San Martín

b. Ubicación geográfica

El centro poblado El Oriente se ubica al sur de la zona urbana de la localidad de Jepelacio. Limita por el norte con el centro poblado de Barranquita, por el sur con el centro poblado Pacaypite, por el este con el centro poblado La Victoria y por el oeste con el centro poblado La Palma. La plaza central se localiza en las coordenadas UTM (WGS84, 18S) X: 290591; Y: 9315296, a 1 060,0 m.s.n.m. de altitud (ver Anexo N° 1).

c. Condiciones actuales del centro poblado El Oriente

Según el diagnóstico realizado el año 2024, las características del Centro Poblado El Oriente son las siguientes:

- Población: La población actual del centro poblado es de 64 habitantes.
- Viviendas: El número de viviendas en la jurisdicción del centro poblado es 25.
- Energía eléctrica en las viviendas: El centro poblado si cuenta con energía eléctrica dentro de las viviendas.
- Agua por red pública: De igual forma el centro poblado si cuenta con agua por red pública.
- Desagüe por red pública: En cambio el centro poblado no cuenta con el servicio de desagüe, por lo cual los habitantes hacen uso de letrinas y/o fosas sépticas.
- Otras características: Entre otras características, en el centro poblado la vía de mayor uso es la trocha carrozable, con automóviles como principales medios de transporte,

además, no cuenta con alumbrado público, teléfono público, puesto policial, puesto de salud y tampoco alguna institución educativa primaria y secundaria.

d. Condiciones actuales del sistema de abastecimiento de agua del centro poblado El Oriente

Se identificó al momento del estudio que el centro poblado El Oriente contaba con un sistema de abastecimiento de agua en desuso debido a que no había un sistema de bombeo que impulse el recurso hídrico desde captación al reservorio.

El componente captación del sistema fue construido con material de concreto y se ubica en las coordenadas UTM WGS84 Z-18S X: 290444, Y: 9315787 a una altitud de 1 072 m.s.n.m. El reservorio también fue construido con material de concreto y cuenta con una capacidad de 20 m³ y se ubica en las coordenadas UTM WGS84 Z-18S X: 290488, Y: 9315282 a una altitud de 1 077 m.s.n.m.

La distancia entre la captación y el reservorio es de más de 500 m y el desnivel es de 5 m, factor que sumado a la topografía del terreno por donde recorre la tubería es imposible que el recurso hídrico llegue hasta el reservorio sin un sistema de bombeo adecuado. Estos problemas hacen que los habitantes recurran a otras fuentes hídricas para abastecerse de agua y satisfacer sus necesidades básicas.

3.1.2 Período de ejecución

El período de ejecución del presente estudio fue de 8 meses contados desde el 08 – 07 – 2020 al 07 – 03 – 2021, con un período de ampliación de 4 meses hasta el 17 – 07 – 2021.

3.1.3 Autorizaciones y permisos

El presente proyecto no consideró el trámite de autorizaciones y permisos, solamente se realizó una entrevista personal con la comisión de la “Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS)” con el objetivo de buscar apoyo para la instalación y funcionamiento de la bomba de ariete hidráulico.

3.1.4 Control ambiental y protocolos de bioseguridad

Se evitó arrojar desperdicios en el suelo y cuerpos superficiales, para ello como medida de control se utilizó bolsas plásticas para recolectar de forma temporal los residuos y luego arrojarlos en un contenedor público para su disposición final adecuada.

Frente al COVID 19 se tomaron todas las medidas pertinentes como el uso de guantes y mascarillas para evitar la exposición al virus del equipo de investigación.

Por otro lado, se usaron equipos de protección personal como guantes, mascarillas, mandil, casco y otros.

3.1.5 Aplicación de principios éticos internacionales

Los investigadores manifiestan que el desarrollo de la investigación respetó a todos los principios éticos correspondientes a la investigación; sobre todo el respeto a la beneficencia, justicia, ecosistema, personas y la integridad, además de la transparencia, confidencialidad, consentimiento informado y anonimato de identificación personal de los participantes en el estudio.

3.2. Sistema de variables

3.2.1 Variables principales

- Variable independiente : Bomba de ariete hidráulico (BAH).
- Variable dependiente : Caudal del sistema de abastecimiento de agua.

Tabla 4

Descripción de variables por objetivo específico

Variable abstracta	Variable concreta	Medio de registro	Unidad de medida
Objetivo específico Nº 1: Estimar los parámetros de diseño e instalar el sistema de bomba de ariete hidráulico en el centro poblado El Oriente.			
Parámetros de diseño	- Altura de entrega (Hd).	- Recolección directa en campo mediante ficha de recolección de datos, GPS.	
	- Altura de suministro (Hs).		
	- Longitud de la tubería de suministro (L).		- m
	- Ángulo de la tubería de suministro con el terreno (θ).		- Grados ($^{\circ}$)
	- Diámetro de la tubería de suministro (Ds).		- Pulgadas ($''$)
	- Tipo de tubería de suministro.		- Tipo de tubería
	- Diámetro de la tubería de descarga (Dd).		- Pulgadas ($''$)
	- Tipo de tubería de descarga.	- Tipo de tubería	
Objetivo específico Nº 2: Estimar la eficiencia del sistema de bomba de ariete hidráulico instalado en el centro poblado El Oriente.			
Eficiencia del sistema de bomba de ariete hidráulico	- Caudal de alimentación.	- Recolección directa en campo mediante	- l/s, l/min
	- Caudal de entrega.	ficha de recolección	- l/s, l/min
	- Rendimiento volumétrico.	de datos, balde,	- %
	- Eficiencia.	cronómetro.	- %
Objetivo específico Nº 3: Evaluar la satisfacción de la población antes y después de implementar el sistema de bomba de ariete hidráulico en el centro poblado El Oriente.			

Satisfacción de la población	- Servicio de agua las 24 horas del día.		
	- Servicio de agua los 7 días de la semana.		
	- Servicio de agua de buena calidad.		- Muy insatisfactorio (25-44)
	- Satisfacción de las necesidades básicas con el servicio de agua.		- Insatisfactorio (45-64)
	- Participación en actividades de mejora del sistema de abastecimiento de agua.	- Recolección directa en campo mediante cuestionario.	- Ni insatisfactorio ni satisfactorio (65-84)
	- Cumplimiento de deberes y obligaciones del área técnica municipal,	- Procedimiento indirecto a partir de datos obtenidos con el cuestionario.	- Satisfactorio (85-104)
	- Cumplimiento de pretensiones económicas y ambientales del sistema de abastecimiento de agua.		- Muy satisfactorio (105-125)
	- Satisfacción con la eficiencia del sistema de abastecimiento de agua.		
	- Mejora de la satisfacción.		- H_0 : p valor > 0,05; H_1 : p valor < 0,05.
Objetivo específico № 4: Evaluar el incremento del caudal en el sistema de abastecimiento de agua en el centro poblado El Oriente con la aplicación de la bomba de ariete hidráulico.			
Incremento del caudal	- Incremento del caudal.	- Procedimiento indirecto a partir de datos de caudal obtenidos con la ficha de recolección de datos.	- H_0 : p valor > 0,05; H_1 : p valor < 0,05.

3.3 Procedimientos de la investigación

Tipo de investigación:

La investigación es de tipo “aplicada”, ya que la finalidad se centró en solucionar el problema relacionado al ineficiente sistema de abastecimiento de agua en el centro poblado El Oriente. Tipo de investigación que tiene como fin primordial dar solución a problemas prácticos inmediatos, donde el propósito de desarrollar aportes al conocimiento teórico resulta ser secundario (Sánchez y Reyes, 2006).

Nivel de investigación:

Es de nivel “explicativo”, debido a que la investigación tuvo como fin descubrir, analizar y explicar características asociadas a la carencia o deficiencia del sistema de

abastecimiento de agua del centro poblado El Oriente. Este nivel de investigación se encarga de buscar el porqué de los fenómenos o hechos a través del establecimiento de relaciones causa-efecto (Sánchez y Reyes, 2006).

Población:

La población estuvo conformada por el caudal de alimentación que ingresó a la bomba de ariete (2,311 l/s).

Asimismo, se consideró como población al total de usuarios de la “Junta Administradora de Servicios de Saneamiento” (JASS), cuya cantidad es de 25 usuarios.

Muestra:

La muestra estuvo conformada por la misma población; es decir, un caudal de 2,311 l/s y un total de 25 usuarios del centro poblado a quienes se les aplicó un cuestionario para medir la satisfacción poblacional.

Diseño:

a) Diseño experimental o muestral

El diseño de la investigación es preexperimental con un solo grupo donde se analizaron los cambios producidos en el caudal de entrega en el reservorio del centro poblado El Oriente. Según Ramos (2021) en este diseño de investigación la variable independiente cuenta solo con un nivel conocido llamado “grupo de experimentación”, este es parte de la intervención que los investigadores desarrollan; en cambio, la variable dependiente es medible empleando un instrumento en dos momentos (pre y post-test). El esquema de este diseño es el siguiente:

G: O1 X O2

Donde:

G: Grupo experimental.

O1: Medición del caudal de entrega en el reservorio antes de implementar el sistema de bomba de ariete hidráulico.

O2: Medición del caudal de entrega en el reservorio después de implementar el sistema de bomba de ariete hidráulico.

X: Sistema de bomba de ariete hidráulico.

b) Representación de la información

Con el objetivo de un mejor análisis e interpretación de los resultados la información se representa a través de tablas y figuras.

c) Análisis estadístico

Se utilizó la estadística descriptiva y la estadística inferencial (prueba t de Wilcoxon) para determinar la mejora de la satisfacción poblacional y el incremento significativo del caudal, ambas pruebas se realizaron con 95 % de confianza. Se desarrolló el análisis de supuesto de normalidad del conjunto de datos a fin de determinar la mejor prueba estadística (paramétrica o no paramétrica). Se empleó el paquete estadístico del programa Excel y SPSS Statistics.

3.3.1 Objetivo específico 1

Estimar los parámetros de diseño e instalar el sistema de bomba de ariete hidráulico en el centro poblado El Oriente.

a. Actividades y tareas

- Entrevista con autoridades del centro poblado.
- Estimación de los parámetros de diseño.
- Instalación del sistema de bomba de ariete hidráulico.
- Procesamiento y análisis de datos.

b. Descripción de los procedimientos

Entrevista con autoridades del centro poblado

- Se coordinó con los responsables de la JASS y se dió a conocer el proyecto de investigación con el objetivo de comprometerlos a participar en el desarrollo de las actividades y particularmente en la instalación del sistema de bomba de ariete hidráulico.

Estimación de los parámetros de diseño

- Para estimar los parámetros de diseño para el sistema de bomba de ariete hidráulico se tuvo en consideración información secundaria como artículos científicos y tesis. Los parámetros de diseño considerados fueron: Altura de entrega (H_d) y de suministro (H_s), longitud de la tubería de suministro (L), ángulo formado por la tubería de suministro con el terreno (θ), diámetro (D_s) y tipo de tubería de suministro, y el diámetro (D_d) y tipo de tubería de descarga. A continuación, se detallan los procedimientos utilizados para determinar cada parámetro de diseño:

1. Altura de entrega (H_d)

Se determinó mediante la diferencia de altitudes entre la ubicación del sistema de BAH y reservorio, lugar a donde se condujo el agua para su posterior distribución. Se utilizó un GPS manual para medir la altitud de ubicación (m.s.n.m.) de los componentes mencionados.

2. Altura de suministro (H_s)

Para calcular H_s se consideró la relación de “Bombas Williamson HiFlo Ram”, que es 1/10 por la altura de descarga (Chero, 2018). Además, se consideró que el valor de H_s sea mayor que 1 m y menor o igual que 20 m según Martínez (2012 como se citó en Piña, 2021) y también se consideró la topografía del terreno entre el sistema de BAH y el tanque de abastecimiento.

3. Longitud, diámetro y tipo de tubería de suministro (L)

Se utilizó una ecuación que describe que la longitud óptima de la tubería de suministro es 4 veces la altura de suministro. Asimismo, se consideró que la longitud de la tubería de suministro sea mayor a 10 m y menor que 30 m según Chero (2018).

Con respecto al diámetro de la tubería de suministro se estableció una relación con la longitud de la tubería, evaluando que el valor obtenido se encuentre entre 150 a 500 según lo manifestado por Watt (1974).

Sobre el tipo de tubería de suministro, se priorizó como mejor alternativa el material capaz de soportar sobrepresiones y aquel más económico para la población del centro poblado, con el objetivo de fomentar la implementación y mantenimiento de la BAH.

4. Ángulo formado por la tubería de suministro con el terreno (θ)

Se consideró que la tubería de suministro en relación con la horizontal forme un ángulo de inclinación entre 10° y 45° según lo referido por Romero y Lorenzo (2014, como se citó en Chero, 2018).

5. Diámetro (D_d) y tipo de tubería de descarga

En el caso del diámetro de la tubería de descarga se consideró un valor que se encuentre entre la relación del diámetro de suministro sobre 4 y el diámetro de suministro sobre 2.

Con respecto a la selección de la tubería de descarga, se priorizó condiciones económicas de bajo costo, facilidades para conducir el agua y capacidad de soportar sobrepresiones.

Instalación del sistema de bomba de ariete hidráulico

- La instalación del sistema de bomba de ariete se realizó con la participación de los usuarios de la “Junta Administrado de servicios de saneamiento” (JASS) del centro poblado El Oriente. Esta actividad se desarrolló en febrero de 2021.
- Asimismo, antes de comenzar con las labores se adquirieron todos los materiales con el objetivo de facilitar las labores y evitar inconvenientes.

c. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se usó la estadística descriptiva para procesar los datos y elaborar tablas y figuras. El paquete estadístico utilizado fue el programa Excel.

3.3.2 Objetivo específico 2

Estimar la eficiencia del sistema de bomba de ariete hidráulico instalado en el centro poblado El Oriente.

a. Actividades y tareas

- Medición de caudal de alimentación y caudal de entrega.
- Estimación del rendimiento volumétrico y la eficiencia.
- Procesamiento y análisis datos.

b. Descripción de los procedimientos

Medición de caudal de alimentación y caudal de entrega

- Para medir el caudal de alimentación (caudal de ingreso al sistema de BAH) y el caudal de entrega (caudal que llega al reservorio) se realizó mediante el método volumétrico. Se utilizó un balde de 20 l y para medir el tiempo de llenado del recipiente se utilizó un cronómetro. Se realizó un total de 15 mediciones en 5 días diferentes, es decir, se desarrolló 3 mediciones por día.
- Para estimar el caudal se utilizó la fórmula del método volumétrico (ecuación 4) (Alvarado, 2017, p. 3):

$$Q = \frac{V}{T} \quad (4)$$

Donde:

Q: caudal (l/s); V: volumen (l); y, T: tiempo (s).

Estimación del rendimiento volumétrico y la eficiencia

- Luego de obtener el caudal promedio de alimentación y de entrega o de bombeo, se procedió a estimar el rendimiento volumétrico (ecuación 1) (Chero, 2018):

$$\eta_v = \frac{q_b}{(Q_p + q_b)} \times 100 (\%) \quad (1)$$

Donde:

η_v : “rendimiento volumétrico”; q_b : “caudal de bombeo”; Q_p : “caudal perdido”; $Q_p + q_b$: “caudal de alimentación”.

- Asimismo, con los valores obtenidos se procedió a calcular la eficiencia usando la ecuación 3 (Arapa, 2016; Chero, 2018):

$$\eta = \frac{q_b \times H_i}{(Q_p + q_b) \times H_s} \times 100 (\%) \quad (3)$$

Donde:

η : “eficiencia de la bomba de ariete hidráulico”; q_b : “caudal de bombeo”; Q_p : “caudal perdido”; $Q_p + q_b$: “caudal de alimentación”; H_i : “Altura de entrega”; H_s : “Altura de suministro”.

c. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se usó la estadística descriptiva para procesar los datos y elaborar tablas y figuras. El paquete estadístico utilizado fue el programa Excel.

3.3.3 Objetivo específico 3

Evaluar la satisfacción de la población antes y después de implementar el sistema de bomba de ariete hidráulico en el centro poblado El Oriente.

a. Actividades y tareas

- Aplicación de cuestionario a usuarios.
- Determinación de prueba estadística.
- Desarrollo de prueba estadística.
- Procesamiento y análisis de datos.

b. Descripción de los procedimientos

Aplicación de cuestionario a usuarios

- Se evaluó la satisfacción de los usuarios del servicio de agua del centro poblado El Oriente a través de la aplicación de la técnica de la encuesta con un cuestionario como instrumento de medición (ver Anexo 4). Esta actividad se desarrolló en mayo de 2021.
- El cuestionario se estructuró en base a 8 preguntas, donde cada pregunta representó a un indicador de satisfacción, es decir, se evaluó la satisfacción de acuerdo 8 indicadores y los niveles de satisfacción se estimaron mediante el promedio aritmético y promedio ponderado (Tabla 5).

Tabla 5

Indicadores de satisfacción evaluados

Indicadores	Niveles de evaluación				
	MI	I	NIS	S	MS
Servicio de agua las 24 horas del día. Servicio de agua los 7 días de la semana. Servicio de agua de buena calidad. Satisfacción de las necesidades básicas con el servicio de agua. Participación en actividades de mejora del sistema de abastecimiento de agua. Cumplimiento de deberes y obligaciones del área técnica municipal. Cumplimiento de pretensiones económicas y ambientales del sistema de abastecimiento de agua. Satisfacción con la eficiencia del sistema de abastecimiento de agua.	25-44	45-64	65-84	85-104	105-125
Puntaje total	200-359	360-519	520-679	680-840	839-1 000

Nota. MI: Muy insatisfactorio; I: Insatisfactorio; NIS: Ni insatisfactorio ni satisfactorio; S: Satisfactorio; MS: Muy satisfactorio.

- Cada indicador se evaluó a través de la escala ordinal de Likert: Siempre (SI = 5), casi siempre (CS = 4), a veces (AV = 3), casi nunca (CN = 2) y nunca (N = 1).
- Asimismo, el cuestionario se aplicó después de un mes de funcionamiento del sistema a la totalidad de usuarios (25) y los que participaron fueron los jefes de vivienda o personas mayores a los 18 años de edad.

Determinación de prueba estadística

- Antes de desarrollar la prueba estadística se realizó el análisis de supuesto de normalidad mediante el test de Shapiro Wilk al ser una muestra menor de 50, a partir de

ello el p-valor determinado fue $< 0,05$ lo que demostró que los datos no se distribuían según la normal. De acuerdo a lo encontrado se optó por aplicar la prueba estadística no paramétrica “t de Wilcoxon”, la misma que permite comparar medias en grupos relacionados.

Desarrollo de prueba estadística

- Se desarrollo la prueba estadística no paramétrica “t de Wilcoxon” en el software estadístico “SPSS Statistics”. La prueba se realizó al 0,05 de nivel de significancia y se buscó evaluar la siguiente hipótesis:

Primera hipótesis:

H_i : La implementación del sistema de bomba de ariete hidráulico (BAH) mejora la satisfacción de la población sobre el servicio de abastecimiento de agua en el centro poblado El Oriente.

H_0 : La implementación del sistema de bomba de ariete hidráulico (BAH) no mejora la satisfacción de la población sobre el servicio de abastecimiento de agua en el centro poblado El Oriente.

- La decisión estadística buscó rechazar H_0 si “p-valor $< 0,05$ ” o aceptar H_0 si “p-valor $> 0,05$ ”.

c. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se utilizó la estadística descriptiva para procesar las encuestas y para elaborar figuras con el paquete estadístico del programa Excel. En tanto, para analizar la mejora de la satisfacción poblacional se usó la estadística inferencial no paramétrica “prueba t de Wilcoxon” al 0,05 de significancia, para lo cual se empleó el paquete estadístico del programa SPSS Statistics.

3.3.4 Objetivo específico 4

Evaluar el incremento del caudal en el sistema de abastecimiento de agua en el centro poblado El Oriente con la aplicación de la bomba de ariete hidráulico.

a. Actividades y tareas

- Medición de los caudales antes y después de implementar el sistema de BAH.
- Determinación de prueba estadística.
- Desarrollo de prueba estadística.

- Elaboración del presupuesto.
- Procesamiento y análisis de resultados.

b. Descripción de los procedimientos

Medición de los caudales antes y después de implementar el sistema de BAH

- Se midió el caudal en el reservorio antes y después de implementar el sistema de BAH, en ambos casos se utilizó un balde de 20 l y un cronómetro para medir el tiempo en segundos. Asimismo, se realizó en total 15 mediciones durante 5 días diferentes, es decir, 3 mediciones por día. Para estimar el caudal se utilizó la ecuación 4.

Determinación de prueba estadística

- A fin de determinar la mejor prueba estadística para el conjunto de datos se realizó el análisis de supuesto de normalidad mediante el test de Shapiro Wilk al ser un conjunto de datos menor a 50. El p-valor determinado fue $> 0,05$ que indicó que los datos se distribuyeron según la normal. En base a lo encontrado se optó por aplicar la prueba estadística paramétrica "t-student".

Desarrollo de prueba estadística

- Se desarrolló la prueba estadística paramétrica "t-Student" en el software estadístico "SPSS Statistics". La prueba se realizó al 0,05 de nivel de significancia y se buscó evaluar la siguiente hipótesis:

Primera hipótesis:

H_1 : La implementación del sistema de bomba de ariete hidráulico (BAH) incrementa el caudal en el sistema de abastecimiento de agua en el centro poblado El Oriente, Moyobamba.

H_0 : La implementación del sistema de bomba de ariete hidráulico (BAH) no incrementa el caudal en el sistema de abastecimiento de agua en el centro poblado El Oriente, Moyobamba.

- La decisión estadística buscó rechazar H_0 si "p-valor $< 0,05$ " o aceptar H_0 si "p-valor $> 0,05$ ".

Elaboración del presupuesto

- Para elaborar el presupuesto se tomó en cuenta la totalidad de equipos, herramientas y materiales utilizados en la implementación del sistema de BAH en el centro poblado

El Oriente. Se consideró el precio de mercado por los cuales fueron adquiridos al momento de la compra.

Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se utilizó la estadística descriptiva para procesar los datos de caudales y para elaborar tablas con el paquete estadístico del programa Excel. En tanto, para evaluar el incremento del caudal al implementar el sistema de BAH, se desarrolló la prueba estadística paramétrica "t-Student" al 0,05 de significancia, para lo cual se empleó el paquete estadístico del programa SPSS Statistics.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Parámetros de diseño e instalación del sistema de bomba de ariete hidráulico en el centro poblado El Oriente

4.1.1. Parámetros de diseño del sistema de bomba de ariete hidráulico

Tomando en cuenta factores como el caudal de la fuente de abastecimiento, la pendiente del terreno y la topografía se decidió ubicar el sistema de bomba de ariete hidráulico a una distancia perpendicular de 295 m desde la captación y a 213 m del reservorio, específicamente en las coordenadas UTM WGS84 Z-18S X: 290484, Y: 9315494 a una altitud de 1 054 m.s.n.m.

Tabla 6

Parámetros de diseño de la bomba de ariete hidráulico

Parámetros	Unidades de medida
Altura de entrega (Hd)	23,0 m
Altura de suministro (Hs)	6,0 m
Longitud de la tubería de suministro (L)	24,0 m
Ángulo de la tubería de suministro con el terreno (θ)	14,7°
Diámetro de la tubería de suministro (Ds)	2"
Tipo de tubería de suministro	PVC
Diámetro de la tubería de descarga (Dd)	1"
Tipo de tubería de descarga	Manguera HDPE

- Altura de entrega o descarga (Hd):

La Tabla 6 muestra que la altura de entrega calculada fue 23,0 m, altura que representa el desnivel entre el punto referencial de ubicación del sistema de bomba de ariete hidráulico (1 054 m.s.n.m.) y el reservorio (1 077 m.s.n.m.), lugar a donde el sistema debería bombear el recurso hídrico para su respectivo llenado y posterior distribución a la población. Esta información se corrobora con lo sustentado por Crisóstomo (2020) quien refiere que la Hd representa al desnivel entre la base de la BAH y el final de la tubería de descarga.

- Altura de suministro (Hs):

La Tabla 6 muestra que la altura de suministro considerada para el diseño fue 6,0 m. Si bien Martínez (2012 como se citó en Piña, 2021) refiere que la altura de suministro es la relación entre 1/10 multiplicado por la altura de descarga, ecuación que al ser aplicada dio un valor de 2,3; sin embargo, debido a la topografía del terreno no se podía instalar un tanque de abastecimiento para el sistema de BAH a la altura calculada, factor que

obligó a modificar la Hs a una altura de 6,0 m considerando también la proximidad para ubicar el tanque de abastecimiento a la red de tubería principal.

Asimismo, Martínez (2012 como se citó en Piña, 2021) menciona que la altura para la instalación de la BAH debe ser entre 1,0 y 20,0 m, por lo cual, con la Hs considerado (6,0 m) se cumplió el criterio mencionado por el autor.

- Longitud de la tubería de suministro (L):

La Tabla 6 muestra que la longitud de la tubería de suministro estimada fue 24,0 m, valor que es 4 veces la altura de suministro de acuerdo a los estudios de Weinmann, además, la longitud determinada se encuentra entre los 10,0 y 30,0 m de acuerdo a lo referido por Chero (2018).

- Ángulo de la tubería de suministro con el terreno (θ):

La Tabla 6 muestra que el ángulo estimado que forma la tubería de suministro con el terreno fue $14,7^\circ$. Este valor θ se encuentra dentro de los ángulos (10° y 45°) que según Romero y Lorenzo (2014, como se citó en Chero, 2018) debe formar la tubería con la horizontal.

- Diámetro de la tubería de suministro (Ds):

La Tabla 6 muestra que el diámetro de la tubería de suministro estimada en el diseño fue de 2" (50,8 mm), valor que se encuentra dentro de los límites ($48,0 > 50,8 > 160,0$) de los cálculos realizados.

- Tipo de tubería de suministro:

La Tabla 6 muestra que debido a temas económicos se eligió para la tubería como mejor material al tipo "PVC", este tipo de tubería es más económica para los pobladores del centro poblado. Al momento de la instalación, la tubería PVC fue enterrada con el objetivo de crear condiciones óptimas de rigidez (Chero, 2018).

- Diámetro de la tubería de descarga (Dd):

La Tabla 6 muestra que el diámetro de la tubería de descarga estimada en el diseño fue de 1" (25,4 mm), este valor cumplió la relación del diámetro de la tubería de suministro entre 2 (Chero, 2018).

- Tipo de tubería de descarga:

La Tabla 6 muestra que el tipo de tubería de descarga elegida fue una manguera HDPE de 220 m de longitud, lo cual permitió conducir el agua al tanque de almacenamiento y fue capaz de soportar la sobrepresión que se puede producir.

4.1.2. Instalación del sistema de bomba de ariete hidráulico**- Consideraciones preliminares**

Para instalar el sistema de bomba de ariete hidráulico en el centro poblado se georreferenciaron los diferentes componentes del sistema (reservorio y captación); asimismo, se definió la ubicación del tanque de alimentación y el punto de bombeo, para el cual se tomó en cuenta la proximidad al río Gera a fin de verter el caudal perdido directamente al río.

- Instalación de la fuente de alimentación

Para ubicar la fuente de alimentación se tuvo en consideración la topografía del terreno de acuerdo a la altura de suministro determinado mediante los cálculos; asimismo, se consideró la ubicación próxima a la tubería matriz del sistema de abastecimiento. Se derivó la tubería matriz con una Tee de PVC de 2" que abastece al tanque de almacenamiento, cuyo caudal es regulado con una válvula de control tipo bola de PVC de 2", también se utilizó una tubería de 2" y el tanque de polietileno tuvo una capacidad de 1 100 l.

- Instalación de la tubería de suministro

Se utilizó tubería PVC de 2" a fin de que se soporte la presión que se produce, la longitud de cada tubo fue de 5 m y se utilizaron en total 6 tubos considerando la longitud de la tubería de suministro calculada, para unir las tuberías se usó pegamento para PVC. La tubería se instaló en un terreno excavado desde la fuente hasta el lugar de la bomba de ariete con el objetivo de crear condiciones óptimas de rigidez, además, se tomó en cuenta un ángulo de inclinación de 14,7°.

- Instalación de la bomba de ariete hidráulico

Luego de ubicar el área se procedió a empalmar la tubería de suministro con la válvula de control de la bomba de ariete, donde se utilizó cinta teflón a fin de evitar posibles fugas, procedimiento que se desarrolló manteniendo la válvula de control cerrada. Luego se empalmó la válvula de salida con la tubería de descarga, procedimiento que también se ejecutó con la válvula de control cerrada.

Una vez empalmadas ambas tuberías al cuerpo del ariete se procedió a abrir la válvula de alimentación y para que entre en funcionamiento el sistema se buscó el punto de golpe de ariete mediante la calibración de las dos válvulas de impulso aprovechando la presión que ejerce el agua dentro del cuerpo del ariete acompañado por la presión de la cámara de aire, logrando así que el agua sea impulsada por la tubería de descarga.

- Instalación de la tubería de descarga

El diámetro de la tubería de descarga fue de 1" y el material elegido fue una manguera HDPE con la suficiente capacidad de resistir la sobrepresión que se produce. Se adquirió 3 unidades de manguera de 100 m cada uno, lo cual permitió conducir el recurso hídrico desde la bomba de ariete hasta el reservorio. Para el recorrido de la manguera se tuvo en cuenta la topografía del terreno evitando generar dobleces ni curvas.

4.2. Eficiencia del sistema de bomba de ariete hidráulico instalado en el centro poblado El Oriente

Tabla 7

Caudal de alimentación, caudal elevado y eficiencia del sistema de bomba de bomba de ariete hidráulico (BAH)

Mediciones	Volumen (l)	Reservorio		Ingreso a la BAH		η_v (%)	η (%)
		Tiempo (s)	Caudal (l/s)	Tiempo (s)	Caudal (l/s)		
1	20	140,25	0,143	10,12	1,976		
2	20	142,05	0,141	8,18	2,445		
3	20	143,80	0,139	9,03	2,215		
4	20	143,35	0,140	9,40	2,128		
5	20	144,32	0,139	8,50	2,353		
6	20	141,20	0,142	9,15	2,186		
7	20	142,47	0,140	8,32	2,404		
8	20	142,28	0,141	9,42	2,123		
9	20	143,31	0,140	8,34	2,398		
10	20	140,15	0,143	8,55	2,339		
11	20	142,22	0,141	9,17	2,181		
12	20	141,30	0,142	10,22	1,957		
13	20	143,12	0,140	7,30	2,740		
14	20	143,51	0,139	7,14	2,801		
15	20	142,36	0,140	8,28	2,415		
Promedio			0,140		2,311	6,08	23,30

Nota. η_v : Rendimiento volumétrico; η : Eficiencia.

La Tabla 7 muestra los valores de caudal de agua registrados en el ingreso a la BAH y en el reservorio (caudal bombeado por el sistema de BAH), ambos caudales se midieron mediante el método volumétrico empleando un balde de 20 l, donde los tiempos de llenado variaron entre 7,14 y 10,22 s en el ingreso a la BAH y entre 140,15 y 144,32 s en el reservorio, estos valores permitieron determinar los caudales que difirieron entre

1,957 y 2,801 l/s con promedio de 2,311 l/s en el ingreso a la BAH y entre 0,139 y 0,143 l/s con promedio de 0,140 l/s en el reservorio.

El caudal promedio en l/min determinado en el reservorio fue 8,43 l/min, caudal que abastecía de agua al reservorio de 20,0 m³ en su totalidad durante un tiempo aproximado de 39 hrs 33 min. Al respecto, Piña (2021) determinó que con un caudal de 6,138 l/min un tanque de 600 l se llenaría en 1 hr 37 min, tanque que fácilmente se podría llenar en 1 hr 11 min con el caudal registrado en el reservorio, particularmente esto se debe a que el valor del caudal determinado es mayor a lo estimado por el mencionado autor, por lo cual un recipiente de cualquier volumen será llenado en menos tiempo con el caudal bombeado por la BAH en el centro poblado El Oriente en comparación al caudal de bombeo estimado por el mencionado autor.

La Tabla 7 muestra que el sistema de bomba de ariete hidráulico implementado en el centro poblado El Oriente presentó un rendimiento volumétrico de 6,08 % a una altura de descarga de 23 m. Al respecto, Delgado y Guerrero (2021) determinaron una relación de 3,61 % entre el caudal elevado y el caudal de alimentación a una altura de elevación de 20 m indicando que conforme aumenta la altura disminuye la relación; en tanto, Chero (2018) determinó un rendimiento de 7,50 % a una altura de entrega de 55,26 m. Si bien diversos autores manifiestan que existe una relación inversa entre la altura de entrega y el rendimiento volumétrico del ariete, es decir, a mayor altura menor rendimiento, la disparidad en los resultados mencionados se puede asumir a la diferencia en los valores de los caudales de bombeo con respecto al caudal de alimentación de las bombas de ariete en cada uno de las áreas de estudio.

Finalmente, la Tabla 7 muestra que la eficiencia de la bomba de ariete hidráulico implementado fue 23,30 % a una altura de suministro de 6 m y altura de entrega de 23 m. El valor estimado es menor al rendimiento máximo (51,49 %) y mínimo (32,00 %) encontrado por Mishra et al. (2018) y también menor que lo estimado por Chero (2018) (78,24 %) a una altura de suministro de 5,30 m y altura de entrega de 55,26 m, la diferencia en los resultados se asume que se debe a la longitud de la tubería de suministro, caudal de alimentación y de bombeo, altura de suministro y entrega, ya que a una altura teórica de 2,3 m que representa a la relación de 1/10 multiplicado por la altura de descarga la eficiencia de la bomba de ariete sería de 60,79 % considerando los caudales medidos, por lo tanto, se recomienda realizar pruebas modificando la altura de suministro y entrega, longitud de la tubería de suministro y volver a evaluar el caudal de bombeo y de alimentación, ya que según Asvapoositkul et al. (2019) y Osome et al.

(2023) al aumentar la altura de suministro e impulso del agua se incrementa también el caudal de impulsión, caudal de descarga, potencia de entrega y eficiencia de la bomba.

La Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2013) manifiesta que una persona requiere 150 l/día de agua para limpieza de la casa, lavar la ropa, aseo personal, para cocinar y para beber. Tomando en cuenta dicha dotación se tiene que de acuerdo al INEI (2017) el centro poblado cuenta con 60 habitantes, por lo cual para satisfacer las mencionadas necesidades de todos los pobladores se requeriría 9 000 l/día, volumen de agua que fácilmente se puede cubrir con el sistema de BAH implementado ya que este puede abastecer al reservorio un caudal de hasta 12 137,46 l/día, suficiente y necesario para satisfacer las necesidades de los ciudadanos.

4.3. Satisfacción de la población antes y después de implementar el sistema de bomba de ariete hidráulico en el centro poblado El Oriente

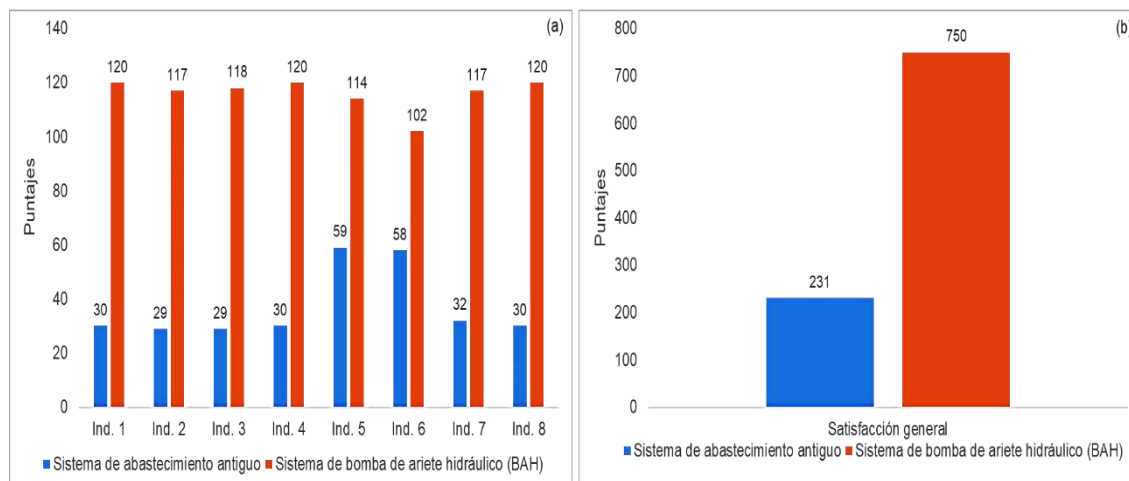


Figura 5

Satisfacción de la población antes y después de implementar el sistema de bomba de ariete hidráulico (BAH). (a) Satisfacción según indicadores, (b) Satisfacción general.

Nota. Ind.: Indicador.

La Figura 5a muestra que antes de implementar el sistema de bomba de ariete hidráulico (BAH), el 75,0 % de indicadores (6) fueron calificados por la población como “muy insatisfactorio” (puntaje entre 25 y 44), entre los cuales se encuentran el servicio de agua las 24 horas y los 7 días de la semana, agua de buena calidad, satisfacción de las necesidades básicas, cumplimiento de pretensiones económicas y ambientales, y la satisfacción con la eficiencia del sistema de abastecimiento de agua; en tanto, la participación en actividades de mejora del sistema de abastecimiento y el cumplimiento de deberes y obligaciones del área técnica municipal fueron calificados como “insatisfactorio” (puntaje entre 45 y 64).

Asimismo, la Figura 5a muestra que después de implementar el sistema de BAH, el 87,5 % de indicadores (7) fueron calificados por la población como “muy satisfactorio” (puntaje entre 105 y 125), entre los cuales se encuentran el servicio de agua las 24 horas y los 7 días de la semana, agua de buena calidad, satisfacción de las necesidades básicas, participación en actividades de mejora del sistema de abastecimiento, cumplimiento de pretensiones económicas y ambientales, y la satisfacción con la eficiencia del sistema de abastecimiento de agua; en tanto, solo las obligaciones del área técnica municipal fue calificado como “satisfactorio” (puntaje entre 85 y 104).

A nivel general, la Figura 5a muestra que todos los indicadores que fueron calificados como “muy insatisfactorio” antes de implementar el sistema de BAH, se calificaron por la población como “muy satisfactorio” luego de implementar el sistema, lo que demuestra que el sistema de BAH mejoró la satisfacción de la población, evidenciado también en la Figura 5b donde la suma de los puntajes de todos los indicadores pasó de una calificación de “muy insatisfactorio” (puntaje entre 200 y 359) a “muy satisfactorio” (puntaje entre 840 y 1 000).

Tabla 8

Puntajes de satisfacción poblacional obtenidos antes y después de implementar el sistema de bomba de ariete hidráulico (BAH)

Indicadores de satisfacción poblacional	Después	Antes	Mejora
Ind. 1 Servicio de agua las 24 horas del día	120	30	90
Ind. 2 Servicio de agua los 7 días de la semana	117	29	88
Ind. 3 Servicio de agua de buena calidad	118	29	89
Ind. 4 Satisfacción de las necesidades básicas con el servicio de agua	120	30	90
Ind. 5 Participación en actividades de mejora del sistema de abastecimiento de agua	114	59	55
Ind. 6 Cumplimiento de deberes y obligaciones del área técnica municipal	102	58	44
Ind. 7 Cumplimiento de pretensiones económicas y ambientales del sistema de abastecimiento de agua	117	32	85
Ind. 8 Satisfacción con la eficiencia del sistema de abastecimiento de agua	120	30	90
Calificación	Muy satisfactorio	Muy insatisfactorio	

Nota. Ind.: Indicador.

La Tabla 8 muestra los puntajes de la satisfacción poblacional obtenidos antes y después de implementar el sistema de bomba de ariete hidráulico, se observa de forma clara diferencias positivas entre los valores, resaltando mayores puntajes de mejora para indicadores como: servicio de agua las 24 horas del día, satisfacción de las necesidades básicas y satisfacción con la eficiencia del sistema de abastecimiento de agua; además, la calificación pasó de muy insatisfactorio a muy satisfactorio.

Tabla 9

Prueba t de Wilcoxon para comparar la satisfacción de la población antes y después de implementar el sistema de bomba de ariete hidráulico (BAH)

	Después - Antes
Z	-2,533
Sig. asin. (bilateral)	,011

Nota. Significación asintótica.

La Tabla 9 muestra los resultados de la prueba t de Wilcoxon, donde se evidencia un $p = 0,011 < 0,05$, valor que permite rechazar H_0 y aceptar H_1 , concluyendo que el sistema de bomba de ariete hidráulico implementado mejoró la satisfacción de la población del centro poblado El Oriente con respecto al servicio de agua que se brinda en la localidad; en otras palabras, la población o usuarios en comparación a la insatisfacción con el sistema de abastecimiento de agua antiguo mostraron satisfacción con el servicio de abastecimiento de agua con el sistema de bomba de ariete hidráulico.

Los resultados encontrados demostraron que la satisfacción de los usuarios sobre el servicio de abastecimiento de agua mejoró al implementar el sistema de bomba de ariete hidráulico, lo que demuestra eficiencias para cubrir las necesidades del hogar y probablemente también para cubrir demanda de riego de cultivos y bebida de animales, tal y como lo refiere Piña (2021) quien en el sector punta de Doña de Moyobamba determinó que la implementación de un sistema de BAH mejoró la satisfacción de las familias ya que el recurso hídrico bombeado les permitía satisfacer actividades agropecuarias y domésticas. Asimismo, Delgado y Guerrero (2021) demostraron que la implementación de una BAH de 2" satisfacía la demanda de cultivos, ganados y personas; los resultados obtenidos en el centro poblado El Oriente particularmente se deben a que con el sistema antiguo los usuarios carecían del servicio y al implementar el sistema de BAH se abastecían con suficiente recurso hídrico para cubrir sus necesidades, por lo cual la satisfacción mejoró.

4.4. Incremento del caudal en el sistema de abastecimiento de agua en el centro poblado El Oriente con la aplicación de la bomba de ariete hidráulico

4.4.1. Incremento del caudal en el reservorio del centro poblado El Oriente con la implementación de la bomba de ariete hidráulico

Tabla 10

Caudales obtenidos en el reservorio antes y después de implementar el sistema de bomba de ariete hidráulico (BAH)

Mediciones de caudal (l/s)	Después	Antes	Incremento
1	0,143	0,000	0,143
2	0,141	0,000	0,141
3	0,139	0,000	0,139
4	0,140	0,000	0,140
5	0,139	0,000	0,139
6	0,142	0,000	0,142
7	0,140	0,000	0,140
8	0,141	0,000	0,141
9	0,140	0,000	0,140
10	0,143	0,000	0,143
11	0,141	0,000	0,141
12	0,142	0,000	0,142
13	0,140	0,000	0,140
14	0,139	0,000	0,139
15	0,140	0,000	0,140
Promedio	0,140	0,000	0,140

La Tabla 10 muestra los caudales registrados en el reservorio antes y después de implementar el sistema de bomba de ariete hidráulico, se observa claramente un incremento del 100 % en cada medición y en el caudal promedio, debido a que antes de implementar el sistema de bomba de ariete hidráulico no llegaba recurso hídrico al reservorio a diferencia de niveles de caudales registrados después de implementar el sistema para el abastecimiento de la población.

Tabla 11

Prueba t-student para comparar los caudales registrados en el reservorio antes y después de implementar el sistema de bomba de ariete hidráulico (BAH)

	Después - Antes
t	405,000
gl	14
Sig. asin. (bilateral)	< 0,001

Nota. Significación asintótica; gl: grados de libertad.

La Tabla 11 muestra los resultados de la prueba t-Student, donde se evidencia un $p = < 0,001$ que es $< 0,05$, valor que permite rechazar H_0 y aceptar H_1 , concluyendo que el sistema de bomba de ariete hidráulico implementado incrementó los caudales en el reservorio del centro poblado El Oriente; en otras palabras, con el sistema implementado fue posible hacer llegar agua al reservorio y de esta manera abastecer de agua al centro poblado para satisfacer sus necesidades. Este resultado afirma lo encontrado por Delgado y Guerrero (2021); Piña (2021); Velasquez y Quintana (2022) quienes refieren

que la bomba de ariete hidráulico incrementa los caudales de bombeo para el abastecimiento de las personas.

4.4.2. Presupuesto para la implementación de la bomba de ariete hidráulico en el centro poblado El Oriente

Tabla 12

Presupuesto de implementación del sistema de bomba de ariete hidráulico (BAH)

Nº	Descripción	Unidad de medida	Cant.	Precio unitario (S/.)	Precio total (S/.)
1	Bomba de ariete	Und.	1	2 200,00	2 200,00
2	Manguera HDPE de 1" x 100m	Und.	3	100,00	300,00
3	Tanque de polietileno de 1100 litros	Und.	1	800,00	800,00
4	Tubería PVC 2" C-10	Und.	6	52,00	312,00
5	Conector de manguera HDPE 1"	Und.	3	16,00	48,00
6	Pegamento para tubería PVC x 1/4 gal	Und.	1	18,00	18,00
7	Válvula de bola 2" PVC	Und.	3	32,00	96,00
8	Válvula de bola 1" bronce	Und.	1	18,00	18,00
9	Válvula de bola 1/2" bronce	Und.	1	12,00	12,00
10	Teflón	Und.	4	2,00	8,00
11	Unión universal 2" PVC	Und.	3	24,00	72,00
Costo total del sistema					3 884,00

Se observa que el presupuesto total para la implementación del sistema de bomba de ariete hidráulico para abastecer a la población del centro poblado El Oriente fue S/. 3 884,00. Este valor es mayor que lo determinado por Piña (2021) para dos prototipos (S/. 2 182,0), siendo el costo del prototipo A (S/. 1 155,0) mayor que del prototipo B (S/. 1 026,50). La diferencia en los resultados se puede atribuir a que en el presente estudio la BAH fue comprada de un proveedor externo y solo se adquirieron materiales para su instalación, en cambio el mencionado autor adquirió materiales para la construcción de los prototipos, lo cual pudo haber reducido notablemente los gastos.

CONCLUSIONES

1. El diseño del sistema de BAH comprende una altura de entrega de 23,0 m y de suministro de 6,0 m, la longitud y el diámetro de la tubería de suministro de tipo PVC es de 24,0 m y 2", respectivamente, además, el ángulo que la tubería forma con la horizontal es de 14,7°, por otro lado, la tubería de descarga es una manguera HDPE de 1" de diámetro.
2. El caudal de alimentación en el sistema de BAH es 2,311 l/s y el caudal de bombeo en el reservorio es 0,140 l/s (8,43 l/min = 12 137,46 l/día), lo cual permite el llenado del reservorio en 39 hrs 33 min, además, el caudal requerido por la población del centro poblado El Oriente es de 9 600 l/día, dotación que se puede lograr con el sistema de BAH y así satisfacer las necesidades de limpieza de casa, bebida, preparación de comida, aseo personal y para el lavado de ropa. Asimismo, el sistema de BAH implementado tiene un rendimiento volumétrico de 6,08 % y una eficiencia de 23,30 %.
3. La implementación del sistema de bomba de ariete hidráulico en el centro poblado El Oriente mejora la satisfacción de los usuarios, pasando de un nivel de muy insatisfactorio con el antiguo sistema de abastecimiento a un nivel muy satisfactorio con el sistema de BAH, lo cual demuestra la eficiencia del sistema implementado para cubrir las necesidades básicas de la población.
4. El sistema de BAH implementado en el centro poblado mejora el caudal de agua en el reservorio pasando de 0,00 l/s a valores entre 0,139 y 0,143 l/s con caudal promedio de 0,140 l/s, esto demuestra que el sistema de BAH incrementa significativamente el caudal de entrega, mejorando así el sistema de abastecimiento del centro poblado El Oriente con un presupuesto de S/. 3 885,00 para la implementación del sistema.

RECOMENDACIONES

1. A la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS) del centro poblado EL Oriente recomendarles dar mantenimiento al sistema de bomba de ariete hidráulico y al mismo tiempo tomar conciencia en el uso del recurso hídrico, evitando tener piletas malogradas, tuberías rotas y desperdiciando el agua.
2. A las JASS de otros centros poblados con la misma problemática recomendarles adquirir e implementar el sistema de bomba de ariete hidráulico para abastecer de agua a sus pobladores y de esta manera poder cubrir una de las necesidades básicas que todo ser humano tiene.
3. A las municipalidades y a la dirección regional de vivienda, recomendarles implementar y/o mejorar el abastecimiento de agua potable en centros poblados que presentan deficiencias técnicas con sistemas de bomba de ariete hidráulico, ya que se ha demostrado al igual que muchos autores que este sistema es eficiente para incrementar los caudales de bombeo y hacer llegar agua a los reservorios para su posterior distribución a la población.
4. A investigadores y estudiantes de la escuela profesional de Ingeniería Sanitaria de la Universidad Nacional de San Martín recomendarles abordar proyectos de investigación con la temática estudiada a fin de solucionar problemas comunes en los centros poblados; asimismo, recomendarles desarrollar varias pruebas, modificando la altura de suministro, a longitud de la tubería de suministro y otros factores más que influyen en el rendimiento volumétrico y eficiencia del sistema de BAH.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, E. (2017). *Manual de medición de caudales*. <https://icc.org.gt/wp-content/uploads/2018/02/Manual-de-medici%C3%B3n-de-caudales-ICC.pdf>
- Arangurí, D. J. (2018). *Efectividad del sistema de bomba de ariete hidráulico en la zona rural de la provincia de San Pablo – Cajamarca* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de Cajamarca].
- Aranguri, D. J. (2018). Efectividad del sistema de bombeo con ariete hidráulico en La zona rural de la provincia de San Pablo - Cajamarca [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio institucional. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/2138>
- Arapa, J. B. (2016). Evaluación del rendimiento del ariete hidráulico BAH-1.1/2 variando la longitud de la tubería de alimentación y condiciones de operación de la válvula de impulso. *Anales Científicos*, 77(2), 155–165. <https://doi.org/10.21704/ac.v77i2.485>
- Asvapoositkul, W., Juruta, J., Tabtimhin, N., y Limpongsa, Y. (2019). Determination of hydraulic ram pump performance: Experimental results. *Advances in Civil Engineering*, 2019, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2019/9702183>
- Asvapoositkul, W., Nimitpaitoon, T., Rattanasuwan, S., y Manakitsirisuthi, P. (2021). The use of hydraulic ram pump for increasing pump head-technical feasibility. *Engineering Reports*, 3(5). <https://doi.org/10.1002/eng2.12314>
- Beker, B. A., y Kansal, M. L. (2023). Complexities of the urban drinking water systems in Ethiopia and possible interventions for sustainability. *Environment, Development and Sustainability*, 1–31. <https://doi.org/10.1007/S10668-022-02901-7/FIGURES/14>
- Boretti, A., y Rosa, L. (2019). Reassessing the projections of the World Water Development Report. *Npj Clean Water*, 2(1), 15. <https://doi.org/10.1038/s41545-019-0039-9>
- Chero, A. (2018). *Diseño de un sistema de bombeo mediante ariete hidráulico* [Tesis de pregrado, Universidad de Piura]. Repositorio institucional. <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3903>
- Comisión Nacional del Agua. (2019). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Obras de captación superficiales*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. <https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/SGAPDS-1-15-Libro7.pdf>

- Cosgrove, W. J., y Loucks, D. P. (2015). Water management: Current and future challenges and research directions. *Water Resources Research*, 51(6), 4823–4839. <https://doi.org/10.1002/2014WR016869>
- Crisóstomo, E. F. (2020). *Eficiencia en el abastecimiento de agua por bomba de ariete al predio de Utcucucho - Uchusquillo, distrito de San Luis - Ancash – 2019* [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio institucional. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/49454>
- Cronin, A., Mehta, P. K., y Prakash, A. (Eds.). (2015). *Gender Issues in Water and Sanitation Programmes: Lessons from India*. New Delhi: Sage.
- Delgado, S., y Guerrero, J. (2021). *Eficiencia de bomba de ariete hidráulico de 2" para abastecer un sistema de riego tecnificado en el caserío Nueva Victoria, distrito La Peca, provincia de Bagua, región Amazonas* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas]. Repositorio institucional. <https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/2479>
- Dirección Regional de Vivienda, Construcción y Saneamiento (DRVCS). *Plan regional de saneamiento de San Martín 2021 - 2025*. <https://www.regionsanmartin.gob.pe/OriArc.pdf?id=121088>
- Harith, M. N., Bakar, R. A., Ramasamy, D., y Quanjin, M. (2017). A significant effect on flow analysis & simulation study of improve design hydraulic pump. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 257, 012076. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/257/1/012076>
- Hussin, N. S. M., Gamil, S. A., Amin, N. A. M., Safar, M. J. A., Majid, M. S. A., Kazim, M. N. F. M., y Nasir, N. F. M. (2017). Design and analysis of hydraulic ram water pumping system. *Journal of Physics: Conference Series*, 908, 012052. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/908/1/012052>
- GIZ. (2017). *Manual para la cloración del agua en sistemas de abastecimiento de agua potable en el ámbito rural*. <https://docplayer.es/55362880-De-fortalecimiento-de-los-en-la-gestion-de-los-servicios-de-saneamiento-en-el-ambito-rural.html>
- Guía Agropecuaria. (2012). *Estudio de promoción y difusión de buenas prácticas "bomba de ariete" del proyecto Tawan Ingnika*. https://www.academia.edu/25442349/Manual_de_bomba_de_ariete
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2020). *Perú: Formas de acceso al agua y saneamiento básico*.

https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_agua_junio2020.pdf

- Inthachot, M., Saehaeng, S., Max, J. F. J., Müller, J., y Spreer, W. (2015). Hydraulic ram pumps for irrigation in Northern Thailand. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 5, 107–114. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.08.015>
- Januddi, F. S., Huzni, M. M., Effendy, M. S., Bakri, A., Mohammad, Z., y Ismail, Z. (2018). Development and testing of hydraulic ram pump (Hydram): Experiments and simulations. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 440, 012032. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/440/1/012032>
- Jiménez, J. M. (2011). *Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario*. <https://www.uv.mx/ingenieriacivil/files/2013/09/Manual-de-Diseno-para-Proyectos-de-Hidraulica.pdf>
- Lee, S.-H., Yoon, H., Kim, D.-H., Shin, E., Kim, Y., Ko, K.-S., y Ha, K. (2016). Evaluation of field feasibility and efficiency of hydraulic ram pump. *Economic and Environmental Geology*, 49(3), 243–248. <https://doi.org/10.9719/EEG.2016.49.3.243>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS). *Decreto Supremo que aprueba el Plan Nacional de Saneamiento 2017 - 2021*. El Peruano. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-supremo-que-aprueba-el-plan-nacional-de-saneamiento-decreto-supremo-n-018-2017-vivienda-1537154-9/>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS). (2021). *Plan Nacional de Saneamiento 2022 - 2026*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2648833/PNS%20%281%29.pdf.pdf?v=1661013508>
- Mishra, N., Indu Bhusan Bhagat, Er., y Jyoti, Y. K. (2018). Effect of water hammering action on performance of hydraulic ram pump. *International Journal of Scientific and Research Publications (IJSRP)*, 8(12). <https://doi.org/10.29322/IJSRP.8.12.2018.p8453>
- Olivarez, J. L. (2013). *Abastecimiento de agua. Problemas resueltos: Vol. I*. https://www.academia.edu/29788349/Abastecimiento_de_Agua
- Ortega, L. (1995). *Selección e instalación del ariete hidráulico*. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/35760/NR18414.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2017). *Servicios de agua potable gestionada de forma segura. Informe temático sobre el agua potable 2017*.
- OPS/CEPIS. (2004). *Guía para el diseño y construcción de captación de manantiales*. https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/AGUERO%202004.%20Gu%C3%ADa%20dise%C3%B1o%20y%20construcci%C3%B3n%20de%20captaci%C3%B3n%20de%20manantiales.pdf
- Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2013). *Cantidad de agua necesaria para emergencias*. <https://www.paho.org/es/documentos/cantidad-agua-necesaria-para-emergencias>
- Osome, J. K., Kosgei, J. R., Kipkorir, E. C., Nyandwaro, G. N., y Sempewo, J. I. (2023). Performance evaluation of hydraulic ram pumping systems for small-scale farmers: a case study of West Pokot county, Kenya. *Water Practice and Technology*, 18(1), 274–284. <https://doi.org/10.2166/wpt.2022.161>
- Othman, M., Halimee, N. F. H. A., Sobri, M. N. M., Suif, Z., y Ahmad, N. (2020). Hydraulic ram pump: A practical solution for green energy. In *Sustainable development of water and environment* (pp. 171–176). https://doi.org/10.1007/978-3-030-45263-6_16
- Pawlick, M., Chesser, A., Grguras, C., Benson, A., y Sagerman, A. (2018). *Comprehensive ram pump design and installation manual for use in developing countries*. https://www.researchgate.net/profile/Max-Pawlick/publication/327059954_Ram_Pump_Design_and_Installation_Manual_for_use_in_Developing_Countries/links/5b75b3cea6fdcc87df816c49/Ram-Pump-Design-and-Installation-Manual-for-use-in-Developing-Countries.pdf
- Pawlick, M., Vaughn, D., y Plumlee, J. (2022). Determining hydraulic ram pump feasibility. *Journal of Humanitarian Engineering*. <https://doi.org/10.36479/JHE.VI0.180>
- Piña, A. (2021). *Evaluación de un sistema de bombeo tipo ariete hidráulico para el abastecimiento de agua, sector Punta de Doña - Moyobamba* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín]. Repositorio institucional. <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/4118>
- Quispe, R. A. (2018). *Evaluación y mejoramiento del abastecimiento del sistema de agua potable aplicando golpe de ariete, barrio Partido Alto-Shanao-Lamas-2018* [Tesis de

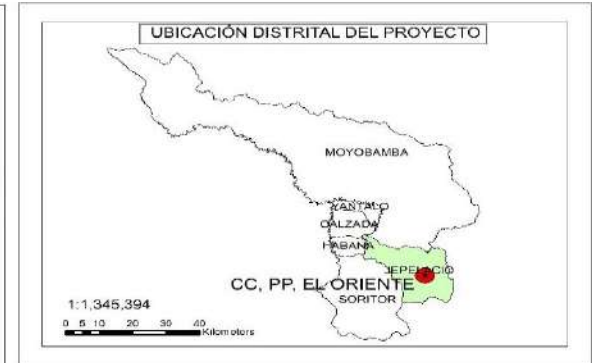
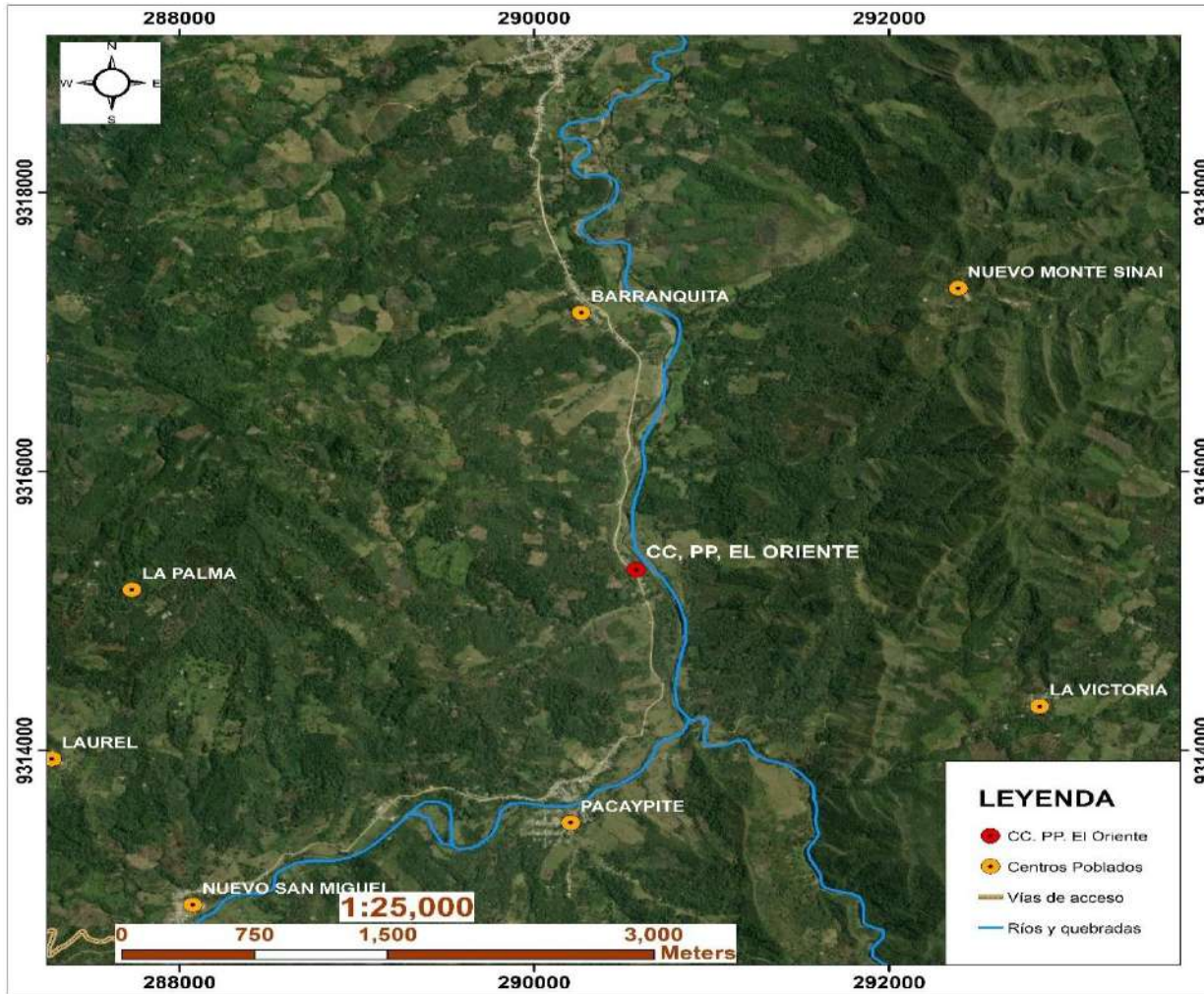
- pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio institucional. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/30729>
- Ramos, C. (2021). Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica*, 10(1), 1–7. <https://doi.org/10.33210/ca.v10i1.356>
- Rodríguez, P. (2001). *Abastecimiento de agua*. Instituto Tecnológico de Oaxaca. https://www.academia.edu/7341842/Abastecimiento_de_Agua_Pedro_Rodr%C3%ADguez_Completo
- Sánchez, C., y Reyes, C. (2006). *Metodología y diseño en la investigación científica* (E. V. Universitaria, Ed.).
- Velasquez, S. M., y Quintana, R. E. (2022). *Diseño de un sistema de riego aplicando el sistema de bombeo mediante ariete hidráulico en el tramo km 02+000 al 06+000 del Río Lircay– Angaraes* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. Repositorio institucional. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/4753>
- Water For People. (2021). *Logrando un acceso sostenible al agua: lecciones de Perú*. Water For People. <https://www.waterforpeople.org/es/lecciones-de-peru/>
- Watt, S. B. (1974). *A manual on the hydraulic ram for pumping water*. Silsoe, Bedford: Intermediate Technology Development Group. <https://www.doc-developpement-durable.org/file/eau/pompes/belier-hydraulique/A%20Manual%20on%20the%20Hydraulic%20Ram%20for%20Pumping%20VWater.pdf>
- World Health Organization (WHO). (2022). *Universal access to safe drinking water requires increased investment backed by strong government institutions - WHO, UNICEF, World Bank*. World Health Organization. <https://www.who.int/news/item/24-10-2022-universal-access-to-safe-drinking-water-requires-increased-investment-backed-by-strong-government-institutions--who--unicef--world-bank>
- World Health Organization (WHO), y United Nations Children’s Fund (UNICEF). (2021). *Progress on household drinking water, sanitation and hygiene, 2000-2020: Five years into the SDGs*. <https://data.unicef.org/resources/progress-on-household-drinking-water-sanitation-and-hygiene-2000-2020/>
- Young, B. W. (1996). Simplified analysis and design of the hydraulic ram pump. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy*, 210(4), 295–303. https://doi.org/10.1243/PIME_PROC_1996_210_048_02

Zeidan, M., y Ostfeld, A. (2021). Hydraulic ram pump integration into water distribution systems for energy recovery application. *Water*, 14(1), 21. <https://doi.org/10.3390/w14010021>

Zwarteveen, M., Ahmed, S., y Gautam, S. R. (Eds.). (2012). *Diverting the Flow: Gender Equity and Water in South Asia* (1st ed.). New Delhi: Zubaan.

ANEXOS

Anexo 1. Ubicación del área de estudio

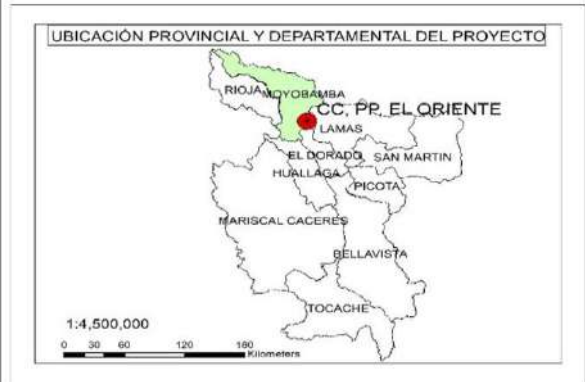
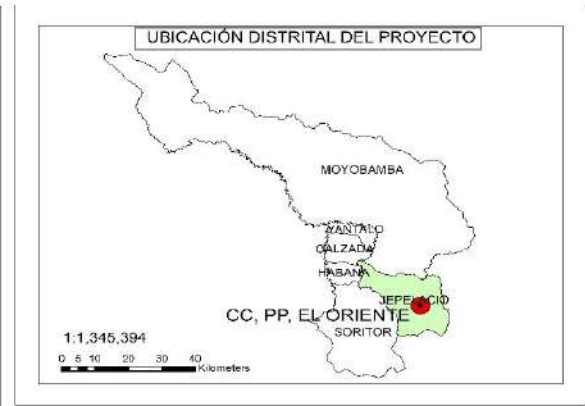
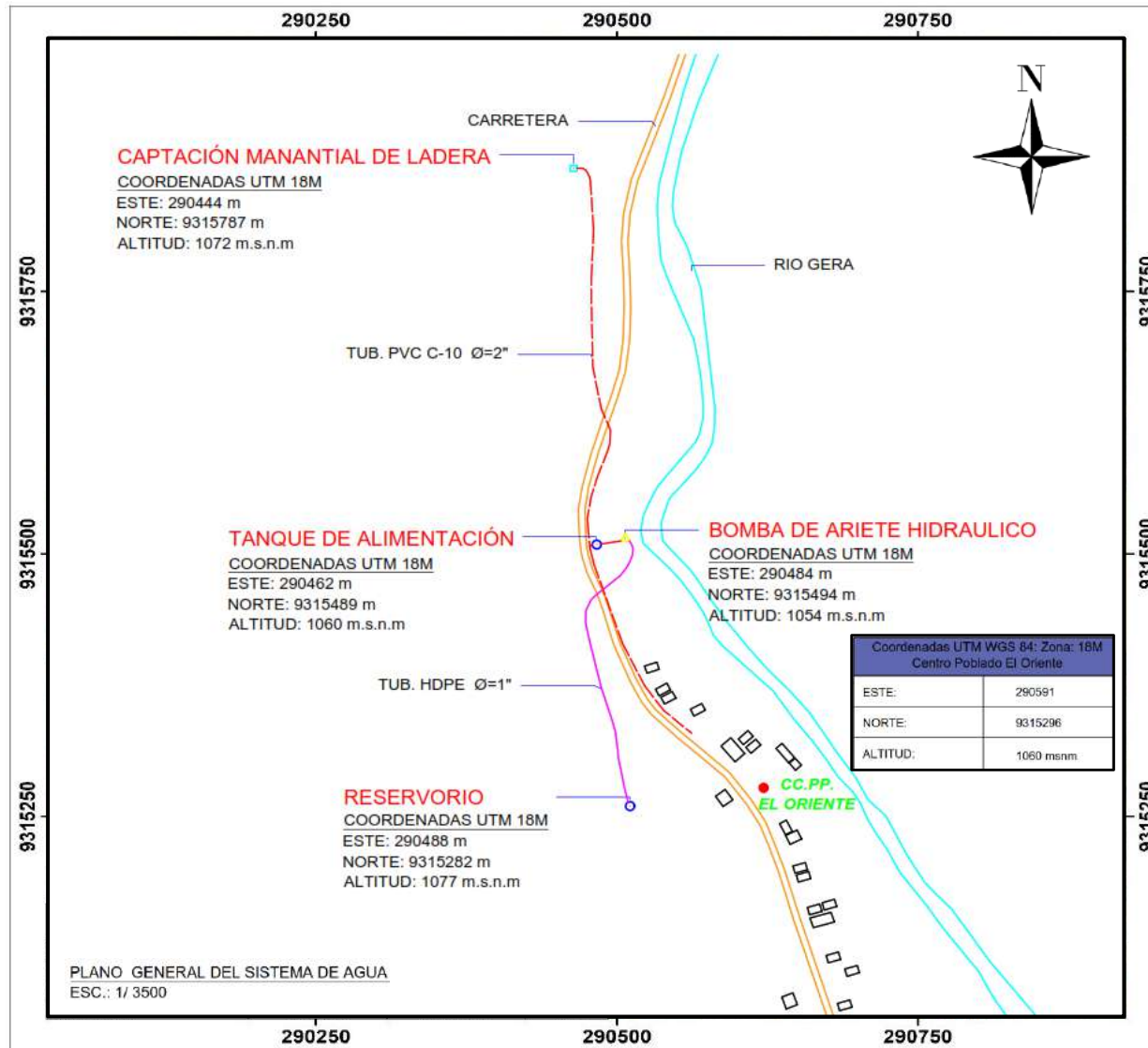


PROYECTO:
"APLICACIÓN DE UNA BOMBA DE ARIETE HIDRÁULICO PARA INCREMENTAR EL CAUDAL EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN EL CENTRO POBLADO EL ORIENTE, MOYOBAMBA"

MAPA: "UBICACIÓN DE ÁREA DE ESTUDIO"

UBICACIÓN: CC, PP.: EL ORIENTE PROVINCIA : MOYOBAMBA	DISTRITO : JEPELACIO REGIÓN : SAN MARTÍN	MAPA N°: 01
ESCALA: INDICADA PROYECCIÓN/UTM: UTM/WGS84-18S	TESISTA: JULIO CÉSAR TORREJÓN PAREDES ASESOR: Ing. M.Sc. SANTIAGO ALBERTO CASAS LUNA	

Anexo 2. Ubicación de los componentes del sistema de bomba de ariete hidráulico



PROYECTO: "APLICACIÓN DE UNA BOMBA DE ARIETE HIDRAULICO PARA INCREMENTAR EL CAUDAL EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN EL CENTRO POBLADO EL ORIENTE, MOYOBAMBA"

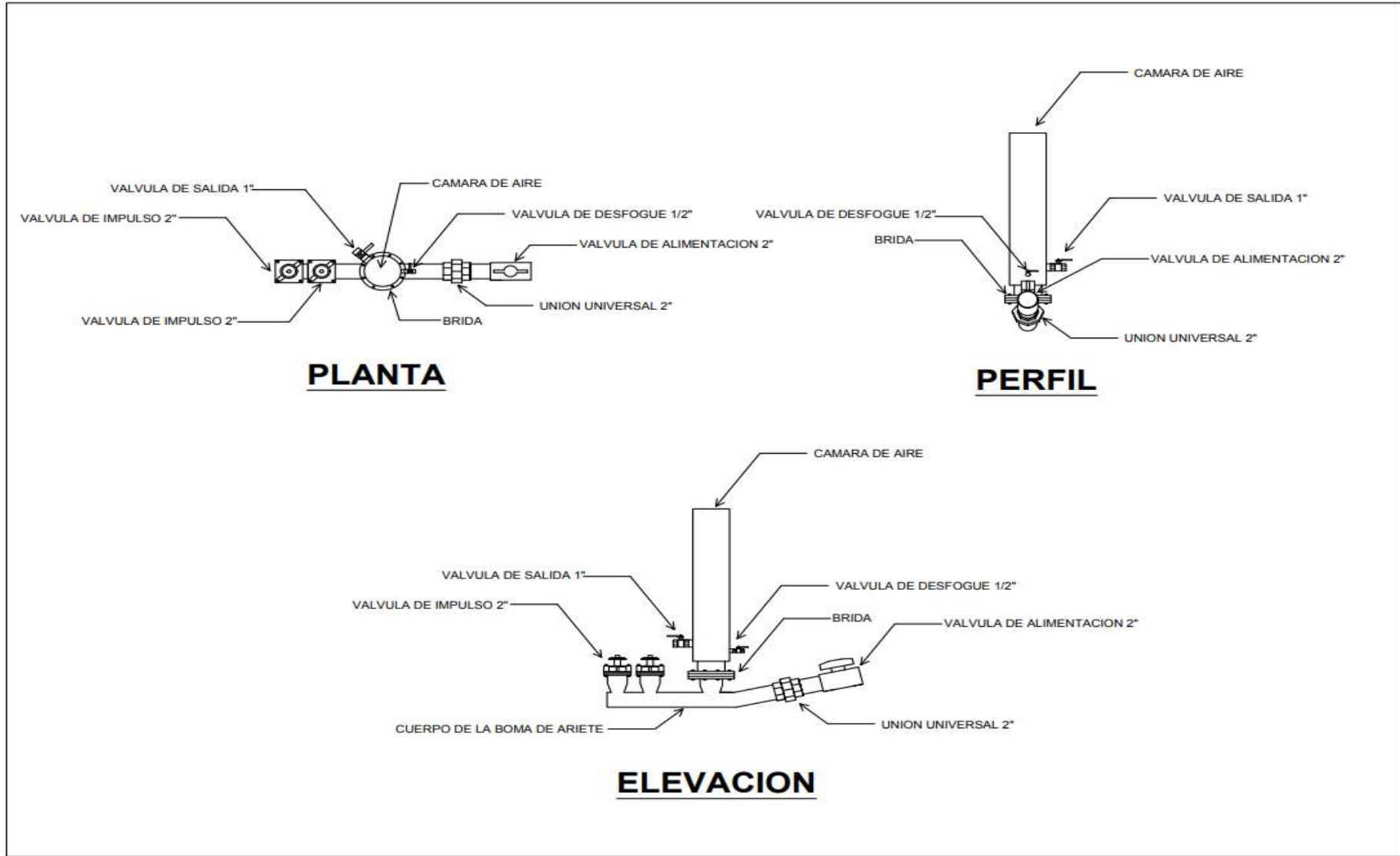
MAPA: "UBICACIÓN DE COMPONENTES DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA"

UBICACIÓN:
 CC.PP.: EL ORIENTE DISTRITO: JEPELACIO
 PROVINCIA : MOYOBAMBA REGIÓN : SAN MARTÍN

ESCALA: INDICADA TESISISTA: JULIO CÉSAR TORREJÓN PAREDES
 PROYECCIÓN/UTM: UTM/WGS84-18S ASESOR: Ing. M.Sc. SANTIAGO ALBERTO CASAS LUNA

MAPA Nº: **02**

Anexo 3. Diseño de la bomba de ariete hidráulico



Anexo 4. Cuestionario para evaluar la satisfacción de la población sobre el servicio de abastecimiento de agua en el centro poblado El Oriente

I. Instrucciones

El cuestionario es de interés académico y tiene como fin dar cumplimiento al estudio titulado: Aplicación de una bomba de ariete hidráulico para incrementar el caudal en el sistema de abastecimiento de agua en el centro poblado El Oriente, Moyobamba. Además, el presente busca evaluar la satisfacción de los usuarios del servicio de abastecimiento de agua antes y después de implementar el sistema de bomba de ariete hidráulico (BAH). Es por ello que se le pide a usted señor usuario contestar con la mayor objetividad y veracidad posible, marcando con una (X), la respuesta que usted crea pertinente.

II. Evaluación de indicadores de satisfacción poblacional

Indicador	Preguntas	SI	CS	AV	CN	N
1	¿Cuenta usted con el servicio de agua las 24 horas del día?					
2	¿Cuenta usted con el servicio de agua los 7 días de la semana?					
3	¿El agua que usa del sistema de abastecimiento lo considera de buena calidad?					
4	¿El sistema de abastecimiento de agua permite en su vivienda satisfacer las necesidades básicas?					
5	¿Con qué frecuencia participarías en actividades de mejora del sistema de abastecimiento de agua?					
6	¿Considera que el área técnica municipal de su localidad cumple sus deberes y obligaciones para mejorar el servicio de abastecimiento de agua?					
7	¿Considera que el sistema de abastecimiento de agua cumple con sus pretensiones económicas y ambientales?					
8	¿Está usted satisfecho con la eficiencia del sistema de abastecimiento de agua en su localidad?					
<p>Indicador 1: Servicio de agua las 24 horas del día Indicador 2: Servicio de agua los 7 días de la semana Indicador 3: Servicio de agua de buena calidad Indicador 4: Satisfacción de las necesidades básicas con el servicio de agua Indicador 5: Participación en actividades de mejora del sistema de abastecimiento de agua Indicador 6: Cumplimiento de deberes y obligaciones del área técnica municipal Indicador 7: Cumplimiento de pretensiones económicas y ambientales del sistema de abastecimiento de agua Indicador 8: Satisfacción con la eficiencia del sistema de abastecimiento de agua</p> <p>Ponderación para todos los indicadores: SI = Siempre (5) CS = Casi siempre (CS) AV = A veces (3) CN = Casi nunca (2) N = Nunca (1)</p>						

Anexo 5. Validez de contenido de instrumentos de recolección de datos.

**FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS
(ENCUESTA) POR CRITERIO EXPERTO**

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y nombres del experto: Arnold Rafael Maldonado Ushiñahua
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Coordinador Regional - Dirccc. Regi. de Vivanda, C. y S.
- 1.3. Nombre del instrumento evaluado:
Cuestionario de la Encuesta de la investigación "Aplicación de una bomba de ariete hidráulico para incrementar el caudal en el sistema de abastecimiento de agua en el centro poblado El Oriente, Moyobamba"

II. ASPECTO DE LA VALIDACIÓN DE LA ENCUESTA:

ÍTEMS	SI	NO	SUGERENCIAS
1. Las preguntas persiguen fines del objetivo general	X		
2. Las preguntas persiguen los fines del objetivo específico.	X		
3. Las preguntas abarcan variables e indicadores.	X		
4. Los ítems permiten medir el problema de la investigación.	X		
5. Los términos utilizados son claros y comprensibles.	X		
6. El grado de dificultad o complejidad es aceptable.	X		
7. Los ítems permiten contrastar la hipótesis de la investigación.	X		
8. Los reactivos siguen un orden lógico.	X		
9. Se deben considerar otros ítems.		X	
10. Los ítems despiertan ambigüedad en el encuestado.		X	

III. CALIFICACIÓN GLOBAL (ubique el coeficiente de validez obtenido en el intervalo respectivo y marque con un aspa el cuadro asociado)

Categoría	Intervalo
Desaprobado <input type="checkbox"/>	0 - 3
Observado <input type="checkbox"/>	4 - 7
Aprobado <input checked="" type="checkbox"/>	8 - 10

Lugar y fecha: Moyobamba, 31 de julio del 2024.


Ing. Arnold Rafael Maldonado Ushiñahua
Ingeniero Sanitario
CIP 215641
Firma del experto

Anexo 6. Registro fotográfico



Fotografía 1. Captación del sistema de abastecimiento de agua del centro poblado El Oriente.



Fotografía 2. Reservorio del sistema de abastecimiento de agua del centro poblado El Oriente.



Fotografía 3. Acondicionamiento del área para la ubicación de la bomba de ariete hidráulico.



Fotografía 4. Instalación de la bomba de ariete hidráulico con la participación de la población.



Fotografía 5. Bomba de ariete hidráulico instalado como parte del sistema de abastecimiento de agua.



Fotografía 6. Instalación de manguera HDPE para conducir el agua desde la BAH hasta el reservorio.



Fotografía 7. Medición de caudal de bombeo en el reservorio del centro poblado El Oriente.



Fotografía 8. Medición de caudal de bombeo en el reservorio del centro poblado El Oriente.

Aplicación de una bomba de ariete hidráulico para incrementar el caudal en el sistema de abastecimiento de agua en el centro poblado El Oriente, Moyobamba

por JULIO CeSAR TORREJON PAREDES

Fecha de entrega: 06-feb-2025 08:52a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2581183380

Nombre del archivo: TESIS_JULIO_TORREJON_06.02.2025.docx (6.85M)

Total de palabras: 16180

Total de caracteres: 85382

Aplicación de una bomba de ariete hidráulico para incrementar el caudal en el sistema de abastecimiento de agua en el centro poblado El Oriente, Moyobamba

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICE DE SIMILITUD

21%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	5%
2	repositorio.unsm.edu.pe Fuente de Internet	4%
3	Submitted to Universidad Nacional de San Martín Trabajo del estudiante	2%
4	tesis.unsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	drive.google.com Fuente de Internet	1%
7	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	repositorio.uladech.edu.pe Fuente de Internet	1%