



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Evaluación del rendimiento y eficiencia del ariete hidráulico
variando su altura de alimentación, sector Huevo de la Ovejas,
Chachapoyas - 2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

AUTORES:

Medina Guevara, Roiler (ORCID: 0000-0002-4681-3811)

Santa María Esqueche, Jhoan Sebastian (ORCID: 0000-0002-5061-5594)

ASESOR:

MBA Ing. Patazca Rojas, Pedro Ramón (ORCID 0000-0001-9630-7936)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

MOYOBAMBA — PERÚ

2021

Dedicatoria

Con inmensa gratitud y agradecimiento a toda mi familia por su incomparable e incondicional apoyo me alentaron a cada momento para lograr culminar esta investigación.

Medina Guevara, Roiler

Quiero agradecer a mi asesor de tesis al Ing. Pedro Ramón Patazca Rojas por la dedicación y apoyo que nos ha brindado con este trabajo de investigación, por su sugerencia e ideas que fueron piezas claves para terminar esta tesis.

Santa María Esqueche, Jhoan Sebastian

Agradecimiento

Con mucho cariño y eterno amor a mis queridos padres Homero Medina Dávila y Lucila Guevara Alva, quienes siempre no dudaron en alentarme para la concretización de mi deseo de ser profesional. También a mi querida esposa Erminia Portocarrero Alva quien con mucha paciencia y comprensión supo ayudarme en cada momento desde que inicie este camino para lograr culminar esta investigación.

Medina Guevara, Roiler

La presente tesis se la dedico a Dios quien nos ha dado la vida, a mi hermosa familia, pues sin ellos no podría lograrlo, ya que ellos me han apoyado desde el inicio de mi carrera profesional, también la dedico a mi hermana Yamina, ya que ella me ayudo de una u otra forma en mi proceso de estudiante.

Santa Maria Esqueche, Jhoan Sebastian

Índice de contenidos

Dedicatoria	2
Agradecimiento	3
Índice de contenidos	4
Índice de tablas	5
Índice de gráficos y figuras.....	7
Resumen	8
Abstract	9
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	11
3.2. Variables y operacionalización	11
3.3. Población, muestra y muestreo	11
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	12
3.5. Procedimientos.....	12
3.6. Método de análisis de datos.....	13
3.7. Aspectos éticos	14
IV. RESULTADOS	15
V. DISCUSIÓN.....	33
VI. CONCLUSIONES.....	40
VII. RECOMENDACIONES	41
REFERENCIAS.....	42
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1. Resultado de las pruebas del prototipo de bomba de ariete hidráulico investigado por Condori y Mamani (2021).....	5
Tabla 2. Resultado de las pruebas del prototipo de bomba de ariete hidráulico investigado por Malca y Quiroz (2016) configuración de válvulas en paralelo	5
Tabla 3. Resultado de las pruebas del prototipo de bomba de ariete hidráulico investigado por Malca y Quiroz (2016) configuración de válvulas en serie	6
Tabla 4. Resultado de las pruebas del prototipo de bomba de ariete hidráulico investigado por Peralta (2015)	7
Tabla 5. Resultado de las pruebas del prototipo de bomba de ariete hidráulico investigado por Mori y López (2011)	7
Tabla 6. Cantidades mínimas y máximas de agua suministrada para tamaños específicos de bombas de arietes hidráulicos	10
Tabla 7. Caudal suministrado para diferentes tamaños de arietes hidráulicos	10
Tabla 8. Tabla de aforo del caudal realizado el 17 de agosto del año 2021	15
Tabla 9. Tabla de aforo del caudal realizado el 29 de setiembre del año 2021 ...	19
Tabla 10. Caudal bombeado de la bomba de ariete hidráulico para una altura de alimentación de 1 metro	20
Tabla 11. Caudal bombeado de la bomba de ariete hidráulico para una altura de alimentación de 2 metros	22
Tabla 12. Caudal bombeado de la bomba de ariete hidráulico para una altura de alimentación de 3 metros	23
Tabla 13. Caudal bombeado de la bomba de ariete hidráulico para una altura de alimentación de 4 metros	25
Tabla 14. Eficiencia de Rankine de la bomba de ariete hidráulico por cada altura de alimentación evaluada.....	26
Tabla 15. Eficiencia de D'Aubuisson de la bomba de ariete hidráulico por cada altura de alimentación evaluada.....	27
Tabla 16. Rendimiento Volumétrico de la bomba de ariete hidráulico por cada altura de alimentación evaluada.....	28
Tabla 17. Encuesta de la población de ganado vacuno realizado a los propietarios del sector denominado Corobamba	29

Tabla 18. Dotación de agua por categoría de ganado vacuno según Duarte (2011).	30
Tabla 19. Rendimiento volumétrico y eficiencia por Rankine y D'Aubuisson de la investigación de Ortega (2013)	33
Tabla 20. Rendimiento volumétrico y eficiencia por Rankine y D'Aubuisson de la investigación de Condori y Mamani (2021)	35
Tabla 21. Rendimiento volumétrico y eficiencia por Rankine y D'Aubuisson de la investigación de Malca y Quiroz (2016)	36
Tabla 22. Rendimiento volumétrico y eficiencia por Rankine y D'Aubuisson de la investigación de Malca y Quiroz (2016)	37
Tabla 23. Rendimiento volumétrico y eficiencia por Rankine y D'Aubuisson de la investigación de Peralta (2015)	38

Índice de gráficos y figuras

Gráfico 1. Eficiencia por Rankine de la bomba de ariete (elaboración propia).	26
Gráfico 2. Eficiencia por D'Aubuisson de la bomba de ariete (elaboración propia).	27
Gráfico 3. Rendimiento volumétrico de la bomba de ariete (elaboración propia).	28
<i>Figura 1.</i> Componentes típicos del funcionamiento de una bomba de ariete hidráulico extraído de (Arapa, 2015).	9
<i>Figura 2.</i> Parámetros que determinan la eficiencia de la bomba de ariete hidráulico extraído de Tacke (1988).	9
Figura 3. Método del aforo del caudal realizado el 17 de agosto del año 2021 (elaboración propia).	16
<i>Figura 4.</i> Prototipo de bomba de ariete de entrada de 2 pulgadas y 1 pulgada de salida (INDES-CES UNTRM).	17
<i>Figura 5.</i> Alturas de alimentación de la bomba de ariete hidráulico a un 1, 2, 3 y 4 metros y alturas de bombeo (elaboración propia).	18
<i>Figura 6.</i> Método del aforo del caudal realizado el 29 de setiembre del año 2021 (elaboración propia).	19
<i>Figura 7.</i> Altura de bombeo de evaluación del caudal de bombeo de la bomba de ariete para una altura de alimentación de 1 metro (Elaboración propia).	21
<i>Figura 8.</i> Configuración de la válvula de impulsión de la bomba de ariete para una altura de alimentación de 1 metro (Elaboración propia).	21
<i>Figura 9.</i> Configuración de la válvula de impulsión de la bomba de ariete para una altura de alimentación de 2 metros (elaboración propia).	23
<i>Figura 10.</i> Configuración de la válvula de impulsión de la bomba de ariete para una altura de alimentación de 3 metros y 4 metros (elaboración propia).	24

Resumen

La presente investigación tiene por objetivo determinar el rendimiento y eficiencia de un prototipo de bomba de ariete hidráulico variando la altura de alimentación en el sector denominado Hueco de las Ovejas, para lo cual primero se determinó el caudal de la fuente, para plantear el prototipo de bomba a utilizar, luego en el lugar se determinó las alturas de alimentación de 1, 2, 3 y 4 metros, y así realizar los ensayos correspondientes para determinar parámetros que permitan evaluar el rendimiento y eficiencia de la bomba, los resultados son: la fuente tiene un aforo de 89.4 litros/minuto, por lo cual se utilizó un prototipo de bomba de ariete de acero galvanizado con dos válvulas de impulsión, con entrada de 2 pulgadas y salida de 1 pulgada, concluyendo que para una altura de alimentación de 1 metro el rendimiento es 1.34% y la eficiencia es 10.00%, para 2 metros es 6.04% y 36.24%, para 3 metros es 11.41% y 49.44% y para 4 metros es 18.12% y 63.42%, siendo estos los resultados más altos y por último el caudal bombeado favorable para abastecer de agua a la población de ganado vacuno del sector denominado como Corobamba es de 16.20 litros/minuto.

Palabras Clave: rendimiento, eficiencia, ariete hidráulico, altura de alimentación.

Abstract

The present research aims to determine the performance and efficiency of a hydraulic ram pump prototype by varying the feeding height in the sector called Hueco de las Ovejas, for which the flow of the source was first determined, to propose the prototype of pump to be used, then in the place the feeding heights of 1, 2, 3 and 4 meters were determined, and thus carry out the corresponding tests to determine parameters that allow evaluating the performance and efficiency of the pump, the results are: the source has a capacity of 89.4 liters / minute, for which a galvanized steel ram pump prototype was used with two impulse valves, with a 2-inch inlet and 1-inch outlet, concluding that for a 1 meter feed height the yield is 1.34% and the efficiency is 10.00%, for 2 meters it is 6.04% and 36.24%, for 3 meters it is 11.41% and 49.44% and for 4 meters it is 18.12% and 63.42%, these being the results more high and finally the favorable pumped flow to supply water to the cattle population of the sector known as Corobamba is 16.20 liters / minute.

Keywords: performance, efficiency, hydraulic ram, feed height

I. INTRODUCCIÓN

En el año 2012, en el día mundial del agua, sostuvo que el 70% de toda el agua que se extrae de acuíferos, ríos y lagos es utilizada para la agricultura en comparación que el 20% se utiliza para la industria y el 10% para usos doméstico. Asimismo, expresan que la producción de ganado contribuye en la producción agrícola total con un 40% en países desarrollados y con un 20% en países en desarrollo, apoyando como medio de vida a 1 300 millones de personas en el mundo (FAO, 2012). Además, se estimó la cantidad de cabezas de ganado en el mundo, el ganado vacuno hay 1684 millones de animales por encima de los cerdos que son 966 millones, aunque el consumo de carne de cerdos está por encima del consumo de carne de ganado vacuno, esto se debe a que el ganado vacuno es fuente de consumo de carne y leche, sin embargo, los cerdos solo son fuente de carne, por eso existen más ganado vacuno que cerdos (FAO, 2014)

Se indica que el ganado vacuno consume 6 tipos de nutrientes como los carbohidratos, lípidos, proteínas, minerales, vitaminas y agua para realizar su ciclo de vida normal, aunque en la situación más crítica donde se requiere mantener la vida el agua es el más crítico, si se le priva de alguno de estos nutrientes pueden sobrevivir semanas o meses, pero si se lo priva del agua estos animales pueden sobrevivir apenas pocos días (Wagner y Engle, 2021).

En el Perú la práctica de la ganadería se realiza en todo el ancho del territorio, en las regiones de la Costa, Sierra y Selva y es una de las fuentes económicas de las familias pobres, el sector ganadero representa el 40% del valor bruto de la producción agropecuaria, por eso se está priorizando la crianza de ganado avino y vacunos en poblaciones pobres y vulnerables (PERÚ INFO, 2017). De los 32 millones de habitantes del Perú son de zonas alto andinas que viven a 3200 m.s.n.m. que realizan actividades productivas para su sustento diario por ser la mayoría ellos pobres que sin importar las inclemencias del tiempo realizan su actividad ganadera para subsistir, para educar a sus hijos y para generar su propio bienestar (MINAGRI, 2017). Los ganados que están expuestos a una temporada de verano donde la falta de agua y sombra pueden generar estrés (Como se citó en Vásquez [et al], 2017).

El distrito de Montevideo es una población que utiliza la crianza de ganado vacuno como sustento económico, existiendo varias extensiones de terreno para pastoreo de ganado vacuno, de lo cual existe un terreno con una importante extensión conocida como Corobamba, los propietarios de esa zona comentan que hace mucha falta el abastecimiento de agua en tiempo de verano y las únicas fuentes que abastecen de agua son lagunas, una red de tubería de agua que se sirve del rebose de una cámara de rompe presión de la línea de agua que abastece de agua al distrito de Montevideo y tanques de almacenamiento de aguas fluviales, las cuales según los pobladores son fuentes de agua que no perduran en el tiempo porque se secan, y que existe en la parte alta dos fuentes de agua continua para abastecer a sus animales, de las cuales una se sirve la población Montevideo y la otra se encuentra en una sima donde el agua se pierde y no es aprovechada, porque no se puede instalar un sistema por gravedad, esta fuente el agua necesita ser impulsada desde un punto bajo en el que se encuentra hasta un punto alto, esta función lo cumple tal y cual un dispositivo de bomba conocido como bomba de ariete hidráulico (Sengupta y Narula, 2013), este mecanismo tiene una parte principal para su funcionamiento como lo es la válvula de impulso que provoca el golpe de ariete y que permite realizar la función de elevar o impulsar el agua (Inthachota [et al], 2015), una vez que el agua se encuentra en la parte más alta se puede aprovechar mediante un sistema de gravedad, es ahí donde nace la necesidad de plantear un sistema de bombeo como es la bomba de ariete hidráulico y medir el rendimiento de cuanto de caudal de agua logra elevar dicho dispositivo hasta la parte más alta.

Por eso nos planteamos el siguiente problema ¿Cuál es el rendimiento y eficiencia al cambiar la altura de alimentación del ariete hidráulico en el sector Hueco de las Ovejas del distrito de Montevideo? La hipótesis frente al problema es que el rendimiento y eficiencia es mayor cuando la altura de alimentación es la mayor y de ahí baja conforme se va bajando la altura de alimentación.

La investigación desarrollada se justifica porque tiene relevancia social económica y ambiental ya que el dispositivo de bomba de ariete hidráulico está recibiendo interés mundial porque se reavivaron el ahorro energético en los últimos años (Najm, Azoury y Piasecki, 1999), además son dispositivos que utilizan energía renovable por lo que son considerados ecológicos (Young, 1995), ningún otros sistema de bombeo utiliza este tipo de energía ya que necesitan de dispositivos mecánicos y eléctricos para su funcionamiento (Iversen, 1975), esta energía es limpia y tienen un impacto ambiental mucho menor que las energías convencionales (Fatahi-Alkouhi, Lashkar-Ara y Keramat, 2017), las bombas de ariete hidráulico no necesitan de combustible para funcionamiento por lo que no emiten gases que generen el efecto invernadero (como cito Roberts [et al], 2019), además son considerados sostenibles, fiables y poco o nada de mantenimiento en comparación con las motobombas (Inthachota [et al], 2015), también si en caso se utilizara motobombas como se conoce que el precio del petróleo aumenta cada día y si consideramos la economía de una agricultor que muchas veces necesita de un dispositivo como este para abastecerse de agua y es ahí que se ve más viable a la bomba de ariete (Tacke 1988), y por último la bomba de ariete a solucionado muchos problemas de abastecimiento de agua hasta ha sido utilizada para bombear agua de mar para luego ser desalinizada (Maratos, 2003).

El objetivo general es determinar el rendimiento y eficiencia del Ariete Hidráulico variando la altura de alimentación en el sector Hueco de la Ovejas del distrito de Montevideo de la provincia de Chachapoyas.

Los objetivos específicos son: determinar el aforo de agua de la fuente en el sector Hueco de la Ovejas, elegir un prototipo de ariete hidráulico de acuerdo al aforo de la fuente, determinar el rendimiento y la eficiencia del ariete hidráulico por alturas de alimentación y por último señalar el caudal de salida más favorable para abastecer de agua a la población de ganado vacuno del sector denominado Corobamba.

II. MARCO TEÓRICO

Los antecedentes de la presente investigación son los siguientes: Asvapoositkul [et al] (2019), en su investigación: “Determination of Hydraulic Ram Pump Performance: Experimental Results” realizado en Tailandia donde experimentaron una bomba de ariete hidráulico fabricado con tubos y accesorios de PVC obtuvieron resultados que a medida que se aumenta la altura de alimentación aumenta el caudal de bombeo y la eficiencia.

Yang [et al] (2014), en su investigación: “Design and hydraulic performance of a novel HYDRAM” ejecutado en China, ensayaron un prototipo de bomba de ariete hidráulico de material de acero donde concluyeron que a medida que la altura de bombeo es menor la eficiencia aumenta.

Ortega (2013) en su proyecto fin de carrera titulado: “Construcción, caracterización hidráulica y estudio de aplicación de una bomba de ariete para el riego de una finca agrícola” presentada en la Universidad de Zaragoza de España, se estudió un prototipo de bomba de ariete de 1 pulgada de entrada y salida de $\frac{1}{2}$ pulgada, sus partes hechas de acero galvanizado, configurada con una sola válvula de impulso, para una altura de alimentación de 3.30 metros, los resultados fueron los siguientes: en 5 metros de altura de bombeo se logró elevar un caudal de 1.30 litros/minuto con un caudal de suministro 20.3 litros/minuto, en 9 metros de altura de bombeo se logró elevar un caudal de 0.52 litros/minuto con un caudal de suministro de 16.52 litros/minuto y en 17 metros de altura no se logró elevar ninguna cantidad de caudal.

Condori y Mamani (2021) en su tesis: “Diseño y construcción de una bomba de Ariete Hidráulico de 2 pulgadas para el fundo Pachaticgra – Pinaya distrito de Santa Lucia región Puno, 2020” para optar el título profesional de ingeniero mecánico electricista en la Universidad Nacional del Altiplano de Puno - Perú, evalúan un prototipo de bomba de ariete de 2 pulgadas de entrada y $\frac{1}{2}$ pulgada de salida construida de tubería de acero galvanizado, la evaluación se da de acuerdo a lo siguientes: altura de alimentación 4 metros, altura de bombeo es de 35 metros y longitud y diámetro de la manguera de descarga es de 50 metros de $\frac{1}{2}$ pulgada con los cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 1. Resultado de las pruebas del prototipo de bomba de ariete hidráulico investigado por Condori y Mamani (2021)

Golpes por minuto	Caudal de alimentación (litros/minuto)	Altura de bombeo (metros)	Caudal bombeado (litros/minuto)
40	58.98	35	7.50
50	55.20	35	7.06
60	28.80	35	3.70

Fuente: Adaptado de Condori y Mamani (2021).

La Tabla 1 presenta los resultados de caudal bombeado a una sola altura de alimentación, pero diferentes golpes por minuto de la válvula de impulsión.

Malca y Quiroz (2016) en su tesis: “Eficiencia de un sistema de suministro de agua por impulsión utilizando Bombas de Ariete Hidráulico con válvulas en serie y en paralelo” para optar el título de Ingeniero Civil en la Universidad Privada del Norte de Perú, evaluaron un prototipo de bomba de ariete hidráulico de entrada de 2 pulgadas y salida de ½ pulgada, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 2. Resultado de las pruebas del prototipo de bomba de ariete hidráulico investigado por Malca y Quiroz (2016) configuración de válvulas en paralelo

Altura de alimentación (metros)	Caudal de alimentación (litros/segundos)	Altura de bombeo (metros)	Caudal bombeado (litros/segundos)
1.80	4.52	2.35	0.094
1.80	4.52	2.80	0.088
1.80	4.52	3.25	0.085
1.80	4.11	2.35	0.071
1.80	4.11	2.80	0.065
1.80	4.11	3.25	0.060
1.80	3.67	2.35	0.055
1.80	3.67	2.80	0.048
1.80	3.67	3.25	0.044

Fuente: Adaptado de Malca y Quiroz (2016).

La Tabla 2 presenta el caudal de bombeo de la bomba de ariete hidráulico configurada sus válvulas de impulsión en paralelo, con una sola altura de alimentación y diferentes alturas de bombeo.

Tabla 3. Resultado de las pruebas del prototipo de bomba de ariete hidráulico investigado por Malca y Quiroz (2016) configuración de válvulas en serie

Altura de alimentación (metros)	Caudal de alimentación (litros/segundos)	Altura de bombeo (metros)	Caudal bombeado (litros/segundos)
1.80	4.52	2.35	0.111
1.80	4.52	2.80	0.102
1.80	4.52	3.25	0.095
1.80	4.11	2.35	0.094
1.80	4.11	2.80	0.085
1.80	4.11	3.25	0.083
1.80	3.67	2.35	0.067
1.80	3.67	2.80	0.061
1.80	3.67	3.25	0.055

Fuente: Adaptado de Malca y Quiroz (2016).

La Tabla 3 presenta el caudal de bombeo de la bomba de ariete hidráulico configurada sus válvulas de impulsión en serie, con una sola altura de alimentación y diferentes alturas de bombeo.

Peralta (2015) en su tesis: “Aplicación del Golpe de Ariete Hidráulico para el aprovechamiento del agua de manantial en Quequerana Moho” para optar el título de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional del Altiplano de Perú, probaron un prototipo de bomba de ariete hidráulico compuesta de fierro galvanizado de entrada de 2 pulgadas y salida de ½ pulgada, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 4. Resultado de las pruebas del prototipo de bomba de ariete hidráulico investigado por Peralta (2015)

Altura de alimentación (metros)	Caudal de alimentación (litros/minuto)	Altura de bombeo (metros)	Caudal bombeado (litros/minuto)
4.00	192.00	18.35	18.00
8.00	192.00	18.96	48.60

Fuente: Adaptado de Peralta (2015).

La Tabla 4 se presenta el caudal bombeado y altura de bombeo por dos alturas de alimentación.

Mori y López (2011) en su tesis: “Implementación de un sistema de riego tecnificado abastecido con bomba de doble ariete en el distrito de Molinopampa, provincia Chachapoyas, región Amazonas”, para optar el título de Ingeniero Agroindustrial en la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, utilizan un prototipo de bomba de ariete hidráulico igual que el prototipo de bomba utilizada en esta investigación, solo con algunas modificaciones (Figura 10), donde obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 5. Resultado de las pruebas del prototipo de bomba de ariete hidráulico investigado por Mori y López (2011)

Altura de bombeo (metros)	Caudal de bombeo (litros/minuto)	Caudal desperdiciado (litros/minuto)	Rendimiento volumétrico (%)
10.00	57.350	12.260	82.39
15.00	41.090	28.520	59.03
20.00	36.310	33.300	52.16
25.00	29.980	39.630	43.07
30.00	27.890	41.720	40.07
35.00	22.820	46.790	32.78
40.00	20.680	48.930	29.71
45.00	17.000	52.610	24.42
50.00	8.010	61.600	11.51

Fuente: Adaptado de Mori y López (2011).

La Tabla 5 presenta el rendimiento volumétrico del prototipo de bomba de ariete hidráulico investigado por Mori y Lopez (2011), con un caudal de alimentación de 69.61 litros/minuto y una altura de alimentación de 3.80 metros.

El primer intento de utilizar el fenómeno de golpe de ariete para bombear agua por una tubería fue el inglés John Whitehurst en el año 1775 (Como se citó en International Development Research Centre, 1986, p. 14). Obteniéndose un dispositivo que funcionaba manualmente, se utilizó para suministrar de agua por primera vez a una cervecería (Inthachota, 2015). La primera bomba de ariete hidráulico automático fue construida por Montgolfier en 1796, utilizada para abastecer de agua a su fábrica de papel, la bomba no tenía válvula de aire, introduciendo esta válvula el señor Pierre (1816), que permitía introducir aire a la cámara de aire. Easton y James en 1820, fueron los primeros en comerciantes de grandes cantidades de bombas de ariete hidráulico, sus dispositivos fueron utilizadas por personas que tenían casas de campo, granjas y las que vivían en comunidades de aldeas (Mohammed, 2007).

¿Cómo funciona la bomba de ariete hidráulico? El agua de alimentación de la bomba de ariete hidráulico se acelera a lo largo del tubería de alimentación para alcanzar una velocidad que es suficiente para cerrar la válvula de impulso, generándose así una fuerte presión al detenerse rudamente el agua, este fenómeno de golpe de presión o fenómeno de golpe de ariete abre la válvula de pase para la cámara de aire entrando así el agua a ese espacio donde encuentra el aire almacenado y al equilibrarse ambas presiones de aire y agua, es ahí que la gravedad abre la válvula de impulsión y se cierra la válvula de pase a la cámara de aire, repitiéndose este mismo ciclo, al momento del equilibrio de presiones brusco que se genera en la cámara de aire hace que el agua sea bombeado por la manguera o tubo de salida del caudal bombeado (Ordaz [et al], 2015). Según Inthachota (2015), aproximadamente el 10.00% del agua que ingresa a la bomba de ariete hidráulico es bombeada o elevada. Además, son capaces de bombear hasta una altura de bombeo igual o el doble de la altura de suministro (Fatahi-Alkouhi, Lashkar-Ara y Keramat, 2017). La bomba de ariete hidráulico requiere al menos una altura de suministro de 1 metro para funcionar. (Suarda y Wirawan, 2008).

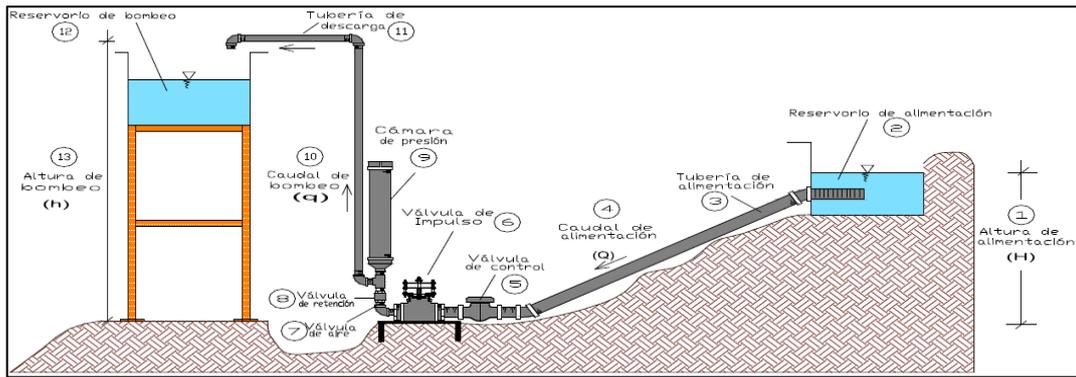


Figura 1. Componentes típicos del funcionamiento de una bomba de ariete hidráulico extraído de (Arapa, 2015).

De la Figura 1 se tiene los componentes típicos de funcionamiento de la bomba de ariete hidráulico, para el caso de la presente investigación lo que vamos hablar es sobre la (1) altura de alimentación “H”: viene a ser la medida de la altura vertical entre la bomba de ariete hidráulico y el reservorio de alimentación.

La bomba de ariete es una tecnología con muchas ventajas, no requiere de supervisión; costo cero en combustible; no usa electricidad y se puede utilizar anualmente (Bonilla [et al], 2015). A pesar de las ventajas múltiples que te ofrece la bomba de ariete hidráulico no tienen un uso frecuente porque no se comprende completamente el funcionamiento lo que hace dificultoso en las mejoras de su diseño (Schille y Kahangire, 1984).

Las dos propuestas para definir la eficiencia fueron realizadas por Eytewein, una fue la expresión de D`Aubuisson y la otra de Rankine (Tacke, 1988):

$$E \text{ (Rankine)} = ((q \times h_d - H_s) / (Q \times H_s)) \times 100 \text{ y } E \text{ (D'Aubuisson)} = ((Q \times h_d) / ((Q + q) \times H_s)) \times 100$$

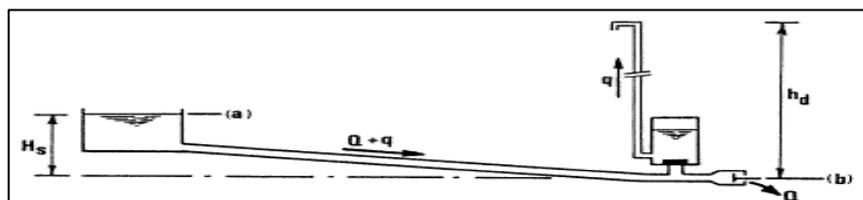


Figura 2. Parámetros que determinan la eficiencia de la bomba de ariete hidráulico extraído de Tacke (1988).

Donde “E” es la eficiencia, “q” es el caudal bombeado, “Q” es el caudal desperdiciado, “H_s” es la altura de alimentación y h_d es la altura de bombeo. Se recomienda que para pruebas de en campo en mismo lugar de los hechos se realice con la definición de eficiencia de Rankine (Como se citó en International Development Research Centre, 1986).

Para calcular el rendimiento de la bomba de ariete hidráulico se utiliza siguiente relación $R_v = (q / Q) \times 100$, dónde: “R_v” es Rendimiento volumétrico (%), “q” es caudal de bombeado (m³/s) y “Q” es caudal de alimentación (m³/s) (Como se citó en Malca y Quiroz, 2016).

Para elegir el tamaño de la bomba de ariete hidráulico existe experiencias, en la Tabla 6 se presenta una de la experiencia (Silver, 1977):

Tabla 6. Cantidades mínimas y máximas de agua suministrada para tamaños específicos de bombas de arietes hidráulicos

Diámetro de entrada (pulgadas)	Mínimo suministro (litros/minuto)	Máximo de suministro (litros/minuto)
1.00	7.60	37.90
1.50	15.10	56.80
2.00	30.30	94.60
2.50	56.80	151.40
3.00	94.60	265.00
4.00	151.40	378.50

Fuente: Adaptado de Silver (1977)

También a continuación se presenta otra perspectiva (Tabla 7) (Watt, 1975):

Tabla 7. Caudal suministrado para diferentes tamaños de arietes hidráulicos

Tamaño de bomba de ariete		1	2	3	3 ½	4	5	6
Diámetro interno	milímetros	32	38	51	63.5	76	101	127
	pulgadas	1 ¼	1 ½	2	2.5	3	4	5
Caudal de suministro (litros/minuto)	desde	7	12	27	45	68	136	180
	hasta	16	25	55	96	137	270	410

Fuente: Adaptado de Watt (1975)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

En la presente tesis se empleó una investigación aplicada porque lo que se pretendió investigar cubre una necesidad reconocida y específica (Lozada, 2014). También se utilizó un diseño de investigación experimental porque se pretende manipular intencionalmente la variable independiente para analizar la consecuencia que tiene en las variables dependientes, dentro del tipo de diseño experimental elegido para la presente investigación es el preexperimental porque el grado de control de la variable independiente es mínimo. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014)

3.2. Variables y operacionalización

Una variable es aquella propiedad que varía y que se puede medir u observar, se clasifican según la relación con otras variables en variable independiente y dependiente, donde las dependientes dependen de las independientes se puede definir dependiente es la altura de alimentación del ariete hidráulico (Cortés e Iglesias, 2004). Las variables dependientes en esta investigación son el rendimiento y eficiencia del ariete hidráulico y la variable independiente es la altura de alimentación. En el Anexo 1 se muestra la matriz de operacionalización de variables.

3.3. Población, muestra y muestreo

La muestra es de clase no probabilística o dirigida de tipo orientada por conveniencia porque de acuerdo a lo que se pretende investigar se eligió la muestra (Hernández, Fernández y Baptista, 2014). En este caso la muestra fue el prototipo de bomba de ariete hidráulico que se utilizó en la investigación, como solamente se evaluó por conveniencia un solo prototipo de bomba entonces no se evaluó una población y por ser una muestra no probabilístico no hay un tipo de muestreo.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas que se utilizó fueron la observación porque se visualizó el funcionamiento de la bomba de ariete para diferentes alturas de alimentación para ver su rendimiento y eficiencia. Además, la encuesta para saber la población de ganado vacuno que pastorean en el lugar denominado Corobamba y, por último, se utilizó el análisis documental para consultar diferentes bibliografías referentes a la investigación desarrollada. Los instrumentos de recolección de datos utilizados son ficha de observación y el cuestionario (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

3.5. Procedimientos

Primero se recopiló y revisó la información bibliográfica con relación a la investigación para tener pleno conocimiento de lo que se realizará, esto significa examinar distintas fuentes de información (catálogos, bases de datos, buscadores, repositorios, etc.) y recuperar distintos documentos en formatos diferentes, esta revisión es sistemática y ordenada que implica la detección y selección de información acorde a la investigación tratada lo cual ayuda a realizar el marco teórico (Martin y Lafuente, 2017).

Segundo se procede hacer un aforo de la fuente del sector denominado Hueco de las Ovejas esto se realizó con el método volumétrico ya que el sector es una pequeña naciente de agua lo cual consiste en captar el agua y luego conducir está a un recipiente con un volumen conocido y calcular el tiempo en que se llena dicho depósito así se obtiene el aforo que es la división entre el volumen conocido y el tiempo calculado (IIC, 2017)

Tercero para la elección del prototipo de bomba de ariete hidráulico se realizó con el cálculo del aforo del caudal de la fuente de agua que por criterio debe ser el mínimo y con ayuda de esta información y con las Tablas 11 y 12 que nos permiten por experiencias elegir el tamaño de la bomba de ariete hidráulico de acuerdo a la cantidad o el caudal existente en la fuente de agua, se realizó la elección del prototipo (Silver, 1977 y Watt, 1975).

Cuarto, una vez elegida el prototipo de la bomba de ariete hidráulico se realizó un levantamiento topográfico en el sector denominado Hueco de las Ovejas donde se encuentra la fuente de agua con la finalidad de determinar la ubicación de los componentes de un sistema de bombeo con bomba de ariete hidráulico, para luego construirlos e instalarlos (Arapa, 2015).

Por último, ubicado y construido los componentes del sistema de bombeo con bomba de ariete hidráulico y principalmente ubicado las alturas de alimentación se realizó las pruebas para conocer el rendimiento y eficiencia del prototipo de bomba de ariete que se planteó en la investigación (Arapa, 2015).

3.6. Método de análisis de datos

Se emplearán la estadística descriptiva ya que se formuló los datos en cuadros y gráficos de forma clara y sencilla, donde los cuadros nos darán información puntual y los gráficos representarán tendencias, todos estos se basarán en los objetivos de la investigación (Rendón, Villasís y Miranda, 2016).

3.7. Aspectos éticos

En la presente investigación toda la información que se recolecto mediante fuentes bibliográficas están correctamente citadas de acuerdo a la guía de elaboración de tesis de pregrado de la Universidad, además de la información obtenida del lugar donde se realizó la investigación se obtuvieron de encuestas y entrevistas realizadas a los pobladores, los datos obtenidos de campo como topografía, aforo y de los ensayos realizados se demostró su veracidad en fotos que se incluyen en los anexos del presente informe de tesis y por último para validar los aspectos éticos se utilizó la herramienta Turnitin (Acevedo, 2002).

IV. RESULTADOS

En relación al objetivo donde se pretende determinar el aforo de la fuente se presenta el siguiente resultado: El aforo del caudal de la fuente del lugar denominado Hueco de las Ovejas se realizó el 17 de agosto del año 2021, un mes de estiaje, se utilizó el método de volumétrico según (Agüero, 1997):

$$Q = v / t$$

Donde: "Q" es el caudal en litros/segundos, "v" es el volumen del recipiente en litros y "t" es el tiempo promedio en segundos, para su cálculo se recomienda mínimo 5 mediciones.

En la siguiente tabla se presenta los resultados del aforo del caudal:

Tabla 8. Tabla de aforo del caudal realizado el 17 de agosto del año 2021

Número de Prueba	Volumen (litros)	Tiempo (segundos)
1	8.00	5.00
2	8.00	6.00
3	8.00	5.00
4	8.00	6.00
5	8.00	6.00
Promedio	8.00	5.60
	Q (litros/segundos)	1.43
	Q (litros/minutos)	85.80

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 8 se presenta el cálculo del aforo del caudal en litros/segundos y litros/minutos de la fuente realizado el 17 de agosto del año 2021.



Figura 3. Método del aforo del caudal realizado el 17 de agosto del año 2021 (elaboración propia).

Ahora obtenido el aforo realizado el 17 de agosto del año 2021, donde se calculó y conoció el caudal mínimo que se encuentra en la fuente, con lo cual se pretende dar solución al objetivo de elegir el prototipo de bomba de ariete, para eso se utiliza la tabla presentada anteriormente por Silver (1977) y el caudal calculado.

Como el caudal calculado de la fuente es 85.80 litros/minuto y según la tabla elegimos que el prototipo de bomba de ariete es de 2 pulgadas de entrada, a continuación, presentamos una imagen del prototipo de bomba de ariete utilizado en la presente investigación:



Figura 4. Prototipo de bomba de ariete de entrada de 2 pulgadas y 1 pulgada de salida (INDES-CES UNTRM).

En la Figura 4 se presenta la figura de bomba de ariete de entrada de 2 pulgadas y 1 pulgada, donde las partes de su cuerpo está construida con accesorios y tubería de fierro galvanizado, es un prototipo que fue patentado por el INDES-CES UNTRM.

En relación al objetivo donde se pretende determinar el rendimiento y la eficiencia del ariete hidráulico por alturas de alimentación, se realizó el levantamiento topográfico para ubicar 4 puntos donde será instalado la bomba de ariete y así tener cuatro alturas de alimentación de 1 metro, 2 metros, 3 metros y 4 metros, así como también conocer la altura de bombeo, teniendo como resultado lo siguiente:

Por la topografía del terreno en la presente Figura 5 se muestra los cuatro puntos donde se ubicó la bomba de ariete, además el punto hasta donde se mide la altura de bombeo, a partir de ese punto se puede conducir el agua con un sistema de gravedad hasta los potreros del lugar conocido como Corobamba, donde se calculó el caudal de salida:

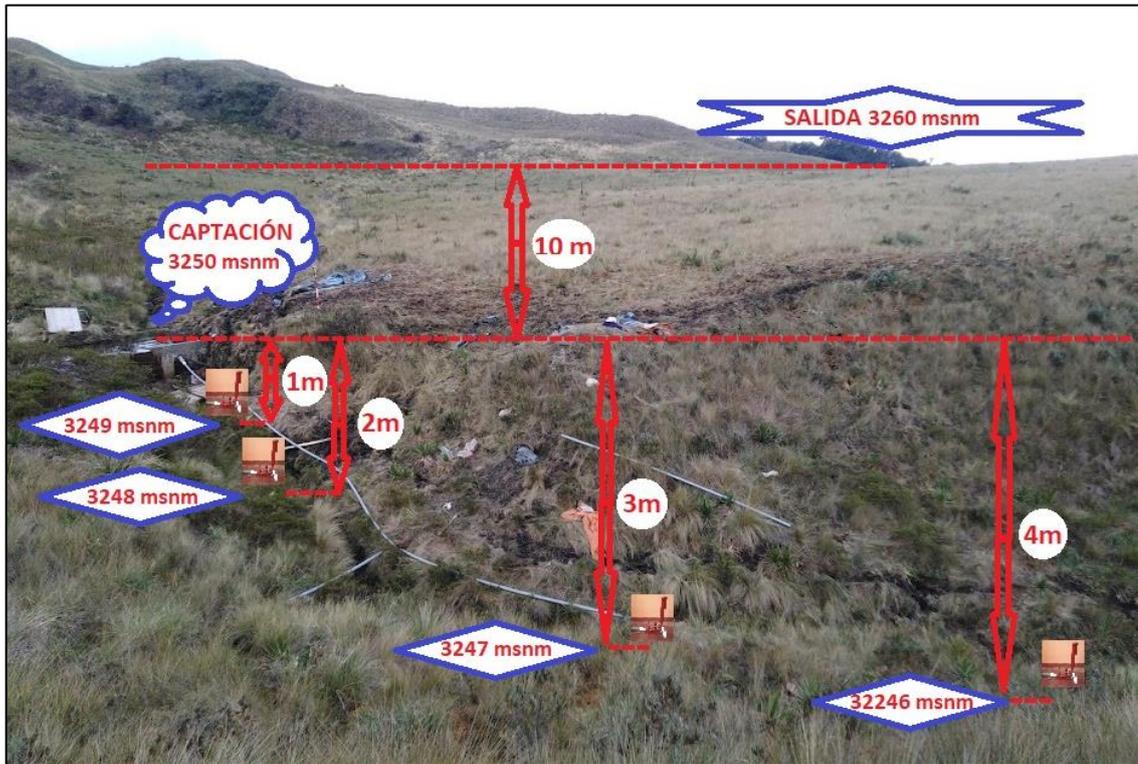


Figura 5. Alturas de alimentación de la bomba de ariete hidráulico a un 1, 2, 3 y 4 metros y alturas de bombeo (elaboración propia).

Una vez determinado las alturas de alimentación y altura de bombeo ahora se proceden a determinar el caudal bombeado de la bomba de ariete.

Para realizar los experimentos en la zona de estudio nos retardemos aproximadamente todo el mes de setiembre del año 2021, era un tiempo lluvioso y soleado, el caudal de la fuente crecía y decrecía, el 29 de setiembre fue el día que se realizó todos los ensayos planificados en aquel día después de haber soleado aproximadamente una semana se notó que el caudal disminuyó considerablemente por lo que se realizó un nuevo aforo (utilizando el mismo método antes mencionado) del caudal de la fuente, antes de realizar la pruebas y teniendo como resultado lo siguiente:

Tabla 9. Tabla de aforo del caudal realizado el 29 de setiembre del año 2021

Número de Prueba	Volumen (litros)	Tiempo (segundos)
1	22.00	14.50
2	22.00	15.00
3	22.00	15.00
4	22.00	15.00
5	22.00	14.50
Promedio	22.00	14.80
	Q (litros/segundos)	1.49
	Q (litros/minutos)	89.40

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la Tabla 9 se tiene resultados de caudal un poco más que el primer aforo, esto se debe a que el primer aforo se realizó con una captación donde no se captaba toda el agua, en cambio en el segundo aforo se construyó una captación de concreto armado donde se logró captar toda el agua, en la siguiente figura se presenta el segundo aforo:



Figura 6. Método del aforo del caudal realizado el 29 de setiembre del año 2021 (elaboración propia).

Con este aforo se procedió a realizar todas las pruebas por cada altura de alimentación para ver el caudal bombeado de la bomba de ariete, obteniéndose así los siguientes resultados:

Tabla 10. Caudal bombeado de la bomba de ariete hidráulico para una altura de alimentación de 1 metro

Número de Prueba	Volumen (litros)	Tiempo (segundos)
1	22.00	980.00
2	22.00	982.00
3	22.00	982.00
4	22.00	981.00
5	22.00	980.00
Promedio	22.00	981.00
	Q (litros/segundos)	0.02
	Q (litros/minutos)	1.20

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 10 se presenta el resultado de caudal bombeado en litros/segundos y litros/minutos para una altura de alimentación de 1 metro, longitud de tubería de alimentación de 4 metros y 76 metros de tubería de descarga.

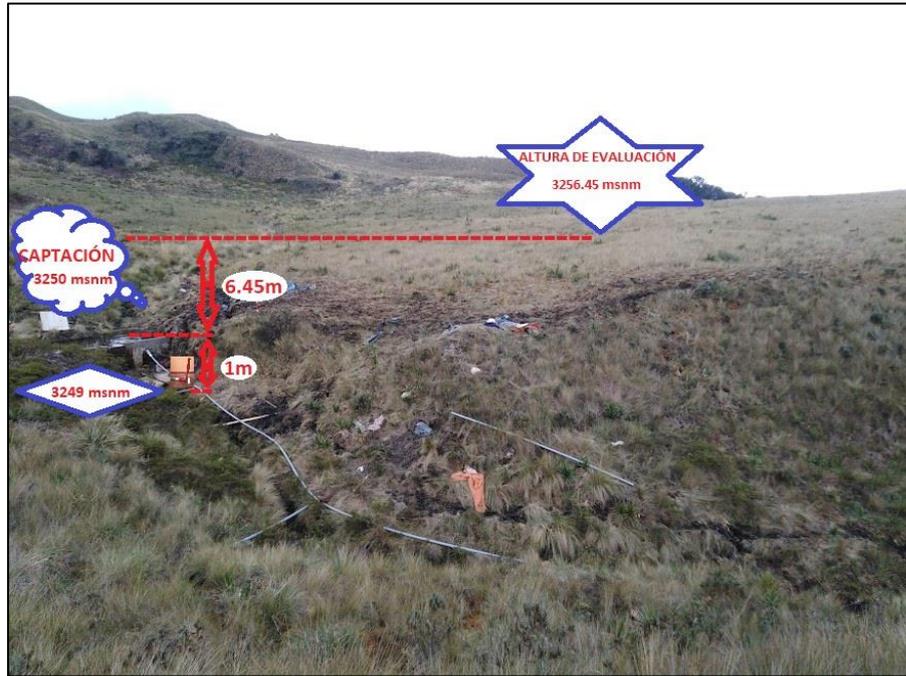


Figura 7. Altura de bombeo de evaluación del caudal de bombeo de la bomba de ariete para una altura de alimentación de 1 metro (Elaboración propia).

En la Figura 7 se presenta la altura de bombeo de evaluación del caudal de bombeo de la bomba de ariete para una altura de alimentación de 1 metro, como se puede ver que no se cumplió con la altura de bombeo fija si no que el caudal bombeado de la bomba de ariete con 1 metro de altura de alimentación se calculó a una altura de bombeo de 7.45 metros faltando 3.55 metros para alcanzar la altura fija.



Figura 8. Configuración de la válvula de impulsión de la bomba de ariete para una altura de alimentación de 1 metro (Elaboración propia).

En la Figura 8 se presenta la configuración de la válvula de impulsión de la bomba de ariete para una altura de alimentación de 1 metro, con esta configuración de resortes y pernos es que se logró hacer funcionar la bomba de ariete hidráulico.

Tabla 11. Caudal bombeado de la bomba de ariete hidráulico para una altura de alimentación de 2 metros

Número de Prueba	Volumen (litros)	Tiempo (segundos)
1	22.00	241.00
2	22.00	242.00
3	22.00	242.00
4	22.00	242.00
5	22.00	243.00
Promedio	22.00	242.00
	Q (litros/segundos)	0.09
	Q (litros/minutos)	5.40

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 11 se presenta el resultado de caudal bombeado en litros/segundos y litros/minutos para una altura de alimentación de 2 metros, longitud de tubería de alimentación de 8.50 metros y 125 metros de tubería de descarga. El caudal bombeado se calculó a una altura de bombeo de 12m donde se ubica la altura de bombeo fija.



Figura 9. Configuración de la válvula de impulsión de la bomba de ariete para una altura de alimentación de 2 metros (elaboración propia).

En la Figura 9 se presenta la configuración de la válvula de impulsión de la bomba de ariete para una altura de alimentación de 2 metros, con esta configuración de resortes, pernos y arandela de jebe, es que se logró hacer funcionar la bomba de ariete hidráulico.

Tabla 12. Caudal bombeado de la bomba de ariete hidráulico para una altura de alimentación de 3 metros

Número de Prueba	Volumen (litros)	Tiempo (segundos)
1	22.00	126.00
2	22.00	128.00
3	22.00	128.00
4	22.00	128.00
5	22.00	127.00
Promedio	22.00	127.40
	Q (litros/segundos)	0.17
	Q (litros/minutos)	10.20

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 12 se presenta el resultado de caudal bombeado en litros/segundos y litros/minutos para una altura de alimentación de 3 metros, longitud de tubería de alimentación de 22.20 metros y 125 metros de tubería de descarga. El caudal bombeado se calculó a una altura de bombeo de 13m donde se ubica la altura de bombeo fija.



Figura 10. Configuración de la válvula de impulsión de la bomba de ariete para una altura de alimentación de 3 metros y 4 metros (elaboración propia).

En la Figura 10 se presenta la configuración de la válvula de impulsión de la bomba de ariete para una altura de alimentación de 3 metros y 4 metros, con esta configuración de resortes (uno más flexible que el otro), pernos (dos pernos por válvula) y arandela de jebe, es que se logró hacer funcionar la bomba de ariete hidráulico.

Para una altura de alimentación de 4 metros, longitud de tubería de alimentación de 37.20 metros y 125 metros de tubería de descarga:

Tabla 13. Caudal bombeado de la bomba de ariete hidráulico para una altura de alimentación de 4 metros

Número de Prueba	Volumen (litros)	Tiempo (segundos)
1	22.00	83.00
2	22.00	82.00
3	22.00	84.00
4	22.00	83.00
5	22.00	81.00
Promedio	22.00	82.60
	Q (litros/segundos)	0.27
	Q (litros/minutos)	16.20

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 13 se presenta el resultado de caudal bombeado en litros/segundos y litros/minutos para una altura de alimentación de 3 metros, longitud de tubería de alimentación de 37.20 metros y 125 metros de tubería de descarga. El caudal bombeado se calculó a una altura de bombeo de 13m donde se ubica la altura de bombeo fija. Para el ensayo la bomba de ariete tiene la misma configuración de la válvula de impulso que para la prueba de 3m de altura de alimentación.

Una vez obtenido los resultados mencionados anteriormente ahora presentamos el resultado del rendimiento y eficiencia de la bomba de ariete hidráulico:

Tabla 14. Eficiencia de Rankine de la bomba de ariete hidráulico por cada altura de alimentación evaluada

Altura de alimentación (metros)	Altura de bombeo (metros)	Caudal de alimentación (litros/minuto)	Caudal de bombeo (litros/minuto)	Caudal desperdiciado (litros/minuto)	Eficiencia por Rankine (%)
1.00	7.45	89.40	1.20	88.20	8.78
2.00	12.00	89.40	5.40	84.00	32.14
3.00	13.00	89.40	10.20	79.20	42.93
4.00	14.00	89.40	16.20	73.20	55.33

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 14 se presenta la Eficiencia de Rankine de la bomba de ariete hidráulico por cada altura de alimentación evaluada que se calculó de acuerdo a la fórmula presentada en el marco teórico.

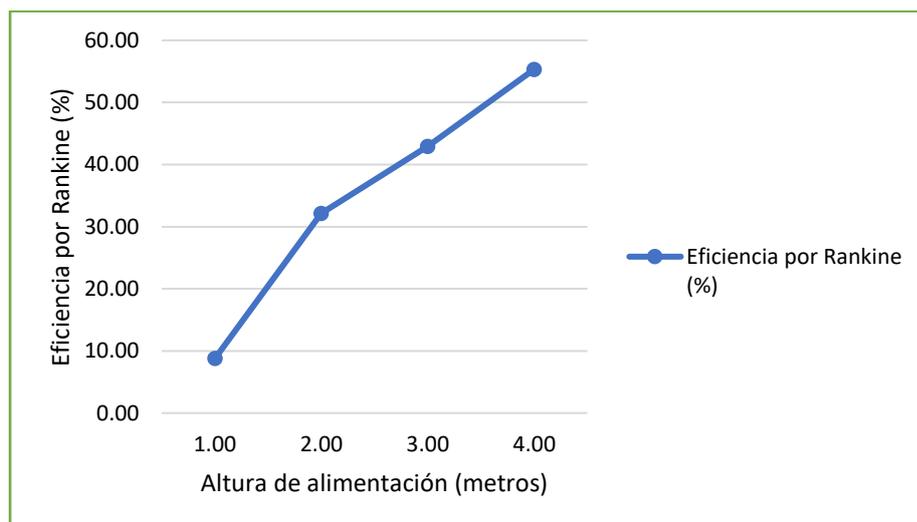


Gráfico 1. Eficiencia por Rankine de la bomba de ariete hidráulico (elaboración propia).

En la Grafica 1 se presenta la tendencia creciente de la eficiencia por Rankine por cada altura de alimentación.

Tabla 15. Eficiencia de D'Aubuisson de la bomba de ariete hidráulico por cada altura de alimentación evaluada

Altura de alimentación (metros)	Altura de bombeo (metros)	Caudal de alimentación (litros/minuto)	Caudal de bombeo (litros/minuto)	Caudal desperdiciado (litros/minuto)	Eficiencia por D'Aubuisson (%)
1.00	7.45	89.40	1.20	88.20	10
2.00	12.00	89.40	5.40	84.00	36.24
3.00	13.00	89.40	10.20	79.20	49.44
4.00	14.00	89.40	16.20	73.20	63.42

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 15 se presenta la Eficiencia de D'Aubuisson de la bomba de ariete hidráulico por cada altura de alimentación evaluada que se calculó de acuerdo a la fórmula presentada en el marco teórico.

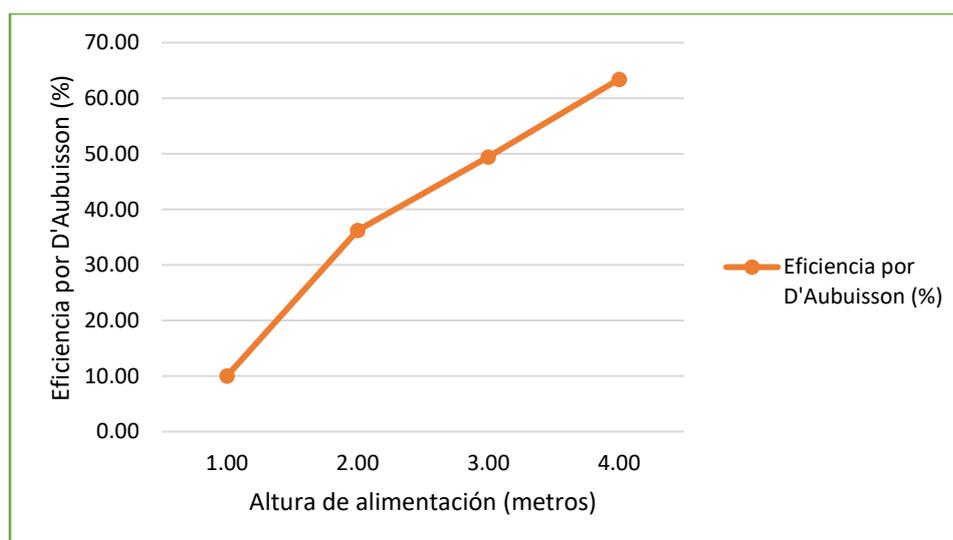


Gráfico 2. Eficiencia por D'Aubuisson de la bomba de ariete hidráulico (elaboración propia).

En la Gráfica 2 se presenta la tendencia creciente de la eficiencia por D'Aubuisson por cada altura de alimentación.

Tabla 16. Rendimiento Volumétrico de la bomba de ariete hidráulico por cada altura de alimentación evaluada

Altura de alimentación (metros)	Altura de bombeo (metros)	Caudal de alimentación (litros/minuto)	Caudal de bombeo (litros/minuto)	Caudal desperdiciado (litros/minuto)	Rendimiento volumétrico (%)
1.00	7.45	89.40	1.20	88.20	1.34
2.00	12.00	89.40	5.40	84.00	6.04
3.00	13.00	89.40	10.20	79.20	11.41
4.00	14.00	89.40	16.20	73.20	18.12

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 16 se presenta el rendimiento volumétrico de la bomba de ariete hidráulico por cada altura de alimentación evaluada que se calculó de acuerdo a la fórmula presentada en el marco teórico.

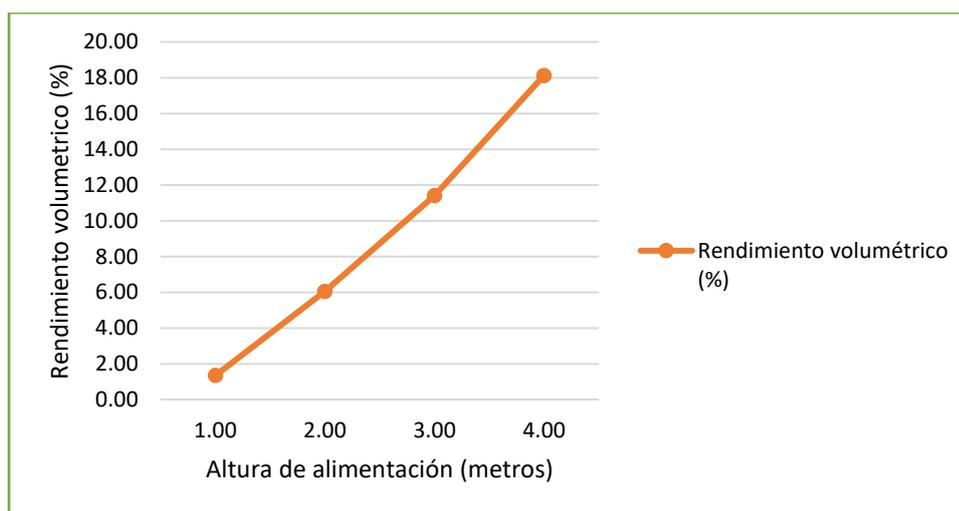


Gráfico 3. Rendimiento volumétrico de la bomba de ariete (elaboración propia).

En la Grafica 3 se presenta la tendencia creciente del rendimiento volumétrico por cada altura de alimentación.

Por último, para en relación al objetivo donde se pretende señalar el caudal de salida más favorable para abastecer de agua a la población de ganado vacuno del sector denominado Corobamba, para eso se realizó una encuesta a los propietarios de los que tienen sus potreros en el sector denominado Corobamba y a continuación se presenta los resultados de la encuesta:

Tabla 17. Encuesta de la población de ganado vacuno realizado a los propietarios del sector denominado Corobamba

NOMBRE Y APELLIDOS	Vacas	Toros	Terneras y Toretas	becerros (as)
Percy Omar Tafur Damacén	6	1	12	-
Amilcar Vergaray Zavaleta	7	1	3	2
Melita Revilla Epquin	3	1	1	2
Ydlivil Arvildo Tafur Damacén	4	-	1	-
Miguel Trigoso Torres	10	1	3	2
Dorfilia Lopez Vela	2	2	2	-
Anelit Epquin Pinpingos	12	6	8	9
Raúl Epquin Pinpingos	8	7	5	6
Teodomiro Epquin Camán	9	3	5	4
Eduar Epquin Pinpingos	4	-	5	3
Andy Carol Rojas Tafur	6	4	3	2
Elidergio Tafur Gutierrez	8	4	5	4
Lucila Roelita Tafur de Santillan	5	1	2	-
Julian alvarado Cruz	6	5	6	5
Juan Carlos Vazquez Tafur	10	4	4	3
Daniel Vergaray Lopez	4	2	4	2
Helner Tafur Damacén	2	1	1	1
Comunidad Campesina de Montevideo	3	1	5	2
Suma total	109	44	75	47

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 17 se presenta los resultados de la encuesta de la población de ganado vacuno realizado a los propietarios del sector denominado Corobamba, la encuesta se realizó el 20 de octubre del 2021 en el distrito de Montevideo, provincia de Chachapoyas y departamento de Amazonas.

A continuación, en la Tabla 18, Duarte (2011) en su publicación da una aproximación de la cantidad de la dotación de agua por categoría de ganado vacuno en litros/animal/día:

Tabla 18. Dotación de agua por categoría de ganado vacuno según Duarte (2011).

Categoría	Dotación litros/animal/día
Vacas lecheras	110
Vacas de carne	70
Vaquillonas 1° Cría	55
Vaquillonas 1-2 años	35
Terneros / as	25
Novillos 1-2 años	35
Novillos 2-3 años	55
Vacas invernar	55
Vaquillonas invernar	50
Toros	70

Fuente: Adaptado de Duarte (2011).

Con los resultados más altos de la Tabla 18 se trabajará, solo que hay que aclarar que al momento de realizar la encuesta los pobladores mencionan que los términos no lo conocen si no que a los terneros (as) le conocen como becerros (as), los Novillos como Terneros y las Vaquillonas como Terneras.

Ahora calculamos el consumo total de agua diario de la población de ganado vacuno para eso multiplicamos la población total de cada categoría con la dotación entonces tendremos lo siguiente: $(109)(110) + (44)(55) + (75)(55) + (47)(25) = 20370$ litros, con este resultado calculamos en cuanto tiempo tendremos esta cantidad con los caudales bombeados encontrados por las alturas de alimentación de 1, 2, 3 y 4 metros, que es igual al consumo total de agua diario entre cada uno de estos caudales bombeados, en el caso de 1 metro no logramos alcanzar el punto que se requería bombear el agua por lo tanto lo obviamos, para 2 metros el caudal de bombeo fue 5.40 litros/minuto con este caudal el tiempo es $(20370)/(5.4 \times 60) = 62.90$ horas \approx 62 horas con 54 minutos, para 3 metros el caudal de bombeo fue 10.20 litros/minuto con este caudal el tiempo es $(20370)/(10.20 \times 60) = 33.30$ horas \approx 33 horas con 18 minutos y para 4 metros el caudal de bombeo fue 16.20 litros/minuto con este caudal el tiempo es $(20370)/(16.20 \times 60) = 21$ horas.

Como la bomba de ariete hidráulico funciona las 24 horas y si tuviéramos un reservorio de almacenamiento de capacidad igual al consumo total de agua diario y antes de abastecer de agua a toda la población de ganado se llena todo el reservorio y una vez lleno se empieza a abastecer de agua entonces sucederá las siguientes situaciones:

Para el caudal de 5.40 litros/minuto se necesita 62 horas con 54 minutos para poder llenar la capacidad del reservorio, una vez lleno se empieza abastecer de agua a la población de ganado vacuno, si bien es cierto durante el primer día no hay problema con el abastecimiento, pero al segundo día se acabaría los 20370 litros, solamente quedaría la cantidad que se abasteció en 24 horas con el caudal mencionado, teniendo un resultado de 7776 litros, esto quiere decir que se necesita más capacidad del reservorio de almacenamiento para que la población de ganado vacuno no se quede desabastecida.

Con el caudal de 10.20 litros/minuto sucede algo semejante que pasada las 24 horas el reservorio se queda con una capacidad de $(24\text{horas})(10.2\text{litros/minuto})(60\text{minutos/hora})$ que sería igual a 14688 litros, con lo cual se desabastece de agua a la población de ganado, por lo tanto la capacidad del reservorio tiene que ser mayor.

Sin embargo, con un caudal de 16.20 litros/minuto solamente se necesita 21 horas para llenar el reservorio, si en ese día de abastecimiento se acaba toda esa cantidad, al siguiente como pasaron 24 horas vamos a seguir contando con la cantidad necesaria para abastecer de agua a la población de ganado, incluso con un exceso de agua que sería igual a $(2\text{horas})(16.20\text{litros/minuto})(60\text{minutos/hora})$ que es igual 1944 litros.

Con este razonamiento se obtiene que el caudal más favorable para abastecer de agua a la población de ganado vacuno en sector denominado Corobamba es de 16.20 litros/minuto.

V. DISCUSIÓN

Asvapoositkul [et al] (2019), en su investigación afirman que a medida que se aumenta la altura de alimentación aumenta el caudal y la eficiencia, e igual sucede con la investigación presentada en cuanto al aumento de caudal bombeado y eficiencia por Rankine y D'Aubuisson.

Yang [et al] (2014), en su investigación atestiguan que mientras la altura de bombeo es menor la eficiencia aumenta, en este caso de la investigación podríamos decir que esa afirmación es correcta, aunque no tengamos datos de caudal de bombeo a diferentes alturas de bombeo, sino que a una altura específica por cada altura de alimentación, pero se ha visto en campo en las pruebas que a menor altura de bombeo el caudal de bombeo aumenta y entonces la eficiencia aumentaría.

Tabla 19. Rendimiento volumétrico y eficiencia por Rankine y D'Aubuisson de la investigación de Ortega (2013)

Altura de alimentación (metros)	Altura de bombeo (metros)	Caudal de alimentación (litros/minutos)	Caudal de bombeo (litros/minutos)	Caudal desperdiciado (litros/minutos)
3.30	5.00	21.30	1.30	20.00
3.30	9.00	16.52	0.52	16.00
Eficiencia por Rankine (%)				3.35
Eficiencia por D'Aubuisson (%)				5.61
Rendimiento volumétrico (%)				9.25
Rendimiento volumétrico (%)				8.58
Rendimiento volumétrico (%)				6.1
Rendimiento volumétrico (%)				3.15

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 19 se presenta la eficiencia y rendimiento de la investigación de Ortega (2013), donde trabaja con una bomba de ariete hidráulico más pequeño que esta investigación, como se puede notar el cuadro anterior la eficiencia por Rankine aumenta conforme aumenta la altura de bombeo, sin embargo la eficiencia por D'Aubuisson disminuye, esto se debe a que conforme la altura de bombeo aumenta, el caudal de alimentación va disminuyendo al igual que el caudal bombeado, en nuestra investigación desarrollada no se evaluó una sola altura de alimentación pero se ha notado en campo que el caudal de alimentación no disminuye para todas las pruebas, solo que el caudal que desperdiciaba la bomba de ariete hidráulico fue mayor, por eso que la eficiencia de Rankine y D'Aubuisson aumentan conforme la altura de bombeo. Para el caso del rendimiento volumétrico también se lo evalúa para una sola altura de alimentación con lo cual podemos notar que mientras más sea la altura de bombeo el rendimiento disminuye, para esta investigación se podría decir esta afirmación es válida ya que al momento de evaluar con una altura de alimentación de 1 metro no se logró bombear el caudal hasta un cierto punto de evaluación, por lo tanto, en ese punto el rendimiento fue cero por eso que se cumple esa afirmación.

Tabla 20. Rendimiento volumétrico y eficiencia por Rankine y D'Aubuisson de la investigación de Condori y Mamani (2021)

Altura de alimentación (metros)	Altura de bombeo (metros)	Caudal de alimentación (litros/minutos)	Caudal de bombeo (litros/minutos)	Caudal desperdiciado (litros/minutos)
4.00	35.00	58.98	7.50	51.48
4.00	35.00	55.20	7.06	48.14
4.00	35.00	28.80	3.70	25.10
				112.91
Eficiencia por Rankine (%)				113.66
				114.24
				111.27
Eficiencia por D'Aubuisson (%)				111.91
				112.41
				12.72
Rendimiento volumétrico (%)				12.79
				12.85

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 20 la experiencia de Condori y Mamani (2021) de una bomba de ariete hidráulico de tubería galvanizada y una sola válvula, sucede que si los golpes por minuto de la válvula de impulsión es diferente, la eficiencia y el rendimiento dan resultados que no tienen mucha diferencia al evaluarlos, en la investigación se obvio este concepto, pero lo que se notó en campo que no tenía mucha influencia los golpes por minuto respecto a los parámetros que se deseaba obtener.

Tabla 21. Rendimiento volumétrico y eficiencia por Rankine y D'Aubuisson de la investigación de Malca y Quiroz (2016)

Altura de alimentación (metros)	Altura de bombeo (metros)	Caudal de alimentación (litros/minutos)	Caudal de bombeo (litros/minutos)	Caudal desperdiciado (litros/minutos)
1.80	2.35	4.52	0.111	4.409
1.80	2.80	4.52	0.102	4.418
1.80	3.25	4.52	0.095	4.425
1.80	2.35	4.11	0.094	4.016
1.80	2.80	4.11	0.085	4.025
1.80	3.25	4.11	0.083	4.027
1.80	2.35	3.67	0.067	3.603
1.80	2.80	3.67	0.061	3.609
1.80	3.25	3.67	0.055	3.615
		0.77	0.72	0.57
Eficiencia por Rankine (%)		1.28	1.17	0.94
		1.73	1.66	1.23
		3.21	2.99	2.38
Eficiencia por D'Aubuisson (%)		3.51	3.22	2.59
		3.79	3.65	2.71
		2.46	2.29	1.83
Rendimiento volumétrico (%)		2.26	2.07	1.66
		2.1	2.02	1.5

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 21 se muestra el rendimiento volumétrico y eficiencia por Rankine y D'Aubuisson de la investigación de Condori y Mamani (2021), con configuración de las válvulas en serie.

Tabla 22. Rendimiento volumétrico y eficiencia por Rankine y D'Aubuisson de la investigación de Malca y Quiroz (2016)

Altura de alimentación (metros)	Altura de bombeo (metros)	Caudal de alimentación (litros/minutos)	Caudal de bombeo (litros/minutos)	Caudal desperdiciado (litros/minutos)
1.80	2.35	4.52	0.094	4.426
1.80	2.80	4.52	0.088	4.432
1.80	3.25	4.52	0.085	4.435
1.80	2.35	4.11	0.071	4.039
1.80	2.80	4.11	0.065	4.045
1.80	3.25	4.11	0.060	4.050
1.80	2.35	3.67	0.055	3.615
1.80	2.80	3.67	0.048	3.622
1.80	3.25	3.67	0.044	3.626
Eficiencia por Rankine (%)		0.65	0.54	0.46
		1.1	0.89	0.74
		1.54	1.19	0.98
Eficiencia por D'Aubuisson (%)		2.72	2.26	1.96
		3.03	2.46	2.03
		3.4	2.64	2.16
Rendimiento volumétrico (%)		2.08	1.73	1.5
		1.95	1.58	1.31
		1.88	1.46	1.2

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 22 se muestra el rendimiento volumétrico y eficiencia por Rankine y D'Aubuisson de la investigación de Condori y Mamani (2021), con configuración de las válvulas en paralelo.

Malca y Quiroz (2016) en su investigación presenta dos tipos de arreglo de válvulas en serie y en paralelo, se observa que los resultados de eficiencia y rendimiento en la configuración en serie es la que tiene mejores resultados, se evaluó a una sola altura de alimentación con tres diferentes caudales de alimentación y tres alturas diferentes, también se visualiza si el caudal de alimentación es más grande entonces da mejores resultados de eficiencia y rendimiento, además que el rendimiento volumétrico disminuye conforme aumenta la altura de alimentación, en este caso los resultados son congruentes con los resultados obtenidos en la presente investigación.

Tabla 23. Rendimiento volumétrico y eficiencia por Rankine y D'Aubuisson de la investigación de Peralta (2015)

Altura de alimentación (metros)	Altura de bombeo (metros)	Caudal de alimentación (litros/minutos)	Caudal de bombeo (litros/minutos)	Caudal desperdiciado (litros/minutos)
4.00	18.35	192.00	18.00	174.00
8.00	18.96	192.00	48.60	143.40
Eficiencia por Rankine (%)				37.11
				46.43
Eficiencia por D'Aubuisson (%)				43.01
				59.99
Rendimiento volumétrico (%)				9.38
				25.31

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 23, se ve que Peralta (2015) ensaya una bomba de ariete hidráulico donde los resultados de eficiencia van creciendo conforme crece la altura de alimentación y el rendimiento volumétrico también incrementa conforme crece la altura de alimentación, de igual forma sucede en la investigación desarrollada.

Mori y Lopez (2011) como se comentó en los antecedentes, ellos ensayaron una bomba de ariete igual a la investigación presentada con algunas modificaciones, se ve que los resultados son mejores en cuanto caudal bombeado por alturas de bombeo, pero aun así se ve que el rendimiento disminuye conforme disminuye la altura de bombeo, esta situación también sucede con el prototipo de bomba utilizado en la investigación.

VI. CONCLUSIONES

El rendimiento y eficiencia del prototipo de bomba de ariete hidráulico variando la altura de alimentación en el sector Hueco de la Ovejas del distrito de Montevideo de la provincia de Chachapoyas, aumenta conforme la altura de alimentación es mayor.

1. El aforo mínimo de agua de la fuente en el sector Hueco de la Ovejas en tiempo de estiaje utilizando el método volumétrico es 89.40 litros/minuto.
2. El prototipo de bomba de ariete hidráulico que se eligió es de material de acero galvanizado, de entrada, de 2 pulgadas y salida de 1 pulgada con dos válvulas de impulso como se muestra en la Figura 14.
3. El rendimiento volumétrico del prototipo de bomba de ariete hidráulico utilizado en la investigación es: para 1 metro de altura de alimentación es 1.34% evaluada en una altura de bombeo insatisfecha ya que no se logró bombear la altura sugerida, para 2 metros de altura de alimentación es 6.04%, para 3 metros de altura de alimentación es 11.41% y para 4 metros de altura de alimentación es 18.12%. La eficiencia utilizando la fórmula de Rankine del prototipo de bomba de ariete hidráulico utilizado en la investigación es: para 1 metro de altura de alimentación 8.78%, para 2 metros de altura de alimentación 32.14%, para 3 metros de altura de alimentación es 42.93% y para 4 metros de altura de alimentación es 55.33%. La eficiencia utilizando la fórmula de D'Aubuisson del prototipo de bomba de ariete hidráulico utilizado en la investigación es: para 1 metro de altura de alimentación 10.00%, para 2 metros de altura de alimentación 36.24%, para 3 metros de altura de alimentación es 49.44% y para 4 metros de altura de alimentación es 63.42%.
4. El caudal bombeado más favorable para abastecer de agua a la población de ganado vacuno del sector denominado Corobamba es 16.2 litros/minuto obtenido con una altura de alimentación de 4 metros.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda que para realizar otras investigaciones que tienen que ver con el tema presentado en esta investigación, también se evalúe a parte de la altura de alimentación, los parámetros de funcionamiento de la válvula de impulso y la altura de bombeo, cuando se evalúe rendimiento y eficiencia de un prototipo de bomba de ariete.

1. Se recomienda para una mejor evaluación del aforo del caudal de una fuente de agua por el método volumétrico planificar los materiales y la forma adecuada para su realización, para que en el día planificado del aforo no se tenga inconvenientes en captar el caudal total de la fuente y así realizar un aforo preciso y sin error.
2. Elegir una bomba de ariete según lo investigado depende del caudal de alimentación, se recomendaría a lo que pretendan desarrollar nuevas investigaciones sobre el tema, investigar otros puntos de partida para elegir la bomba de ariete hidráulico.
3. Cuando se realice los ensayos en campo para la evaluación de los parámetros que permiten determinar la eficiencia y rendimiento de la bomba de ariete hidráulico, se recomienda construir los elementos adecuados del sistema de bombeo como son el reservorio de alimentación para captar el caudal que va ingresar a la bomba, instalar adecuadamente la tubería de alimentación ya que va estar sujeto al golpe de ariete y si no están conectas firmes pueda que vaya desconectarse o en todo caso realizarlo con maguera que no existe ninguna conexión, la bomba de ariete tratarlo a lo posible de instalar fija donde se va realizar el experimento, por lo que tiende a estar sujeto a fuertes presiones que un simple movimiento se puede desconectar de la tubería de alimentación y finalmente para tubería de descarga conectar bien las juntas para que no haya perdida de carga o si no utilizar manguera.
4. En la investigación se trabajó con parámetros de dotación de agua de experiencias pasadas, se recomendaría que se podría investigar el tema del cálculo de la dotación de agua de los ganados vacunos del sector denominado Corobamba.

REFERENCIAS

- AGÜERO, Roger. Agua potable para poblaciones rurales - Sistemas de abastecimiento por gravedad sin tratamiento. Lima: Asociación Servicios Educativos Rurales (SER), 1997.
- Analysis and computerized model of the automatic hydraulic ram pump. SCHILLE, E. J. y KAHANGIRE, P. 4, s.l. : Canadian Journal of Civil Engineering, 1984, Vol. 11, págs. 743-750.
- An Analysis of the Hydraulic Ram. IVERSEN, H. W. . 1, s.l. : Journal of Fluids Engineering, 1975, Vol. 143, págs. 191-196.
- Aspectos éticos en la investigación científica. ACEVEDO, Irene. 1, s.l. : Ciencia y enfermería, 2002, Vol. 8, págs. 15-18.
- CONDORI, Marco A. y MAMANI, Rolando. Diseño y construcción de una bomba de Ariete Hidráulico de 2 pulgadas para el fundo Pachaticgra – Pinaya distrito de Santa Lucia región Puno, 2020. Tesis (Ingeniero Mecánico Electricista). Puno, Universidad Nacional del Altiplano de Puno, 2021.
- DUARTE, Emilio. Uso del Agua en establecimientos agropecuarios. Sistema de abrevadero (Parte I), Uruguay. Revista Plan Agropecuario [online]. 2011, vol.1, n.139, pp.52-55. ISSN 0797-3047. https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R139/R_139_52.pd.
- CORTÉS, Manuel e IGLESIAS, Miriam. Generalidades sobre Metodología de la Investigación. México: Universidad Autónoma del Carmen, 2004.
- Design and Construction of a Hydraulic Ram Pump. MOHAMMED, S. N. . 11, s.l. : Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies, 2007, págs. 59-70.
- Determination of Hydraulic Ram Pump Performance: Experimental Results. ASVAPOOSITKUL, Wanchai [et al]. 1, s.l. : Advances in Civil Engineering, 2019, Vol. 2019, págs. 1-11.
- Design And Hydraulic Performance Of A Novel Hydraulic Ram Pump. YANG, Kailin [et al], s.l. : CUNY Academic Works. 2014.
- Design of hydraulic ram pump systems. YOUNG, B. W. . 4, s.l. : Journal of Power and Energy, 1995, Vol. 209, págs. 313-322.

- Dispositivo de bombeo (Bomba de Ariete) para sistema de riego por goteo. BONILLA, Stalin [et al]. 4, s.l. : Academia Journals, 2015, Vol. 7, págs. 585-588.
- Estadística descriptiva. RENDÓN, Mario E., VILLASÍS, Miguel A. y MIRANDA, Maria G. 4, s.l. : Revista Alergia México, 2016, Vol. 2016, págs. 397-407.
- 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. ARAPA, José B. 2, s.l. : Anales Científicos, 2015, Vol. 77, págs. 155-165.
- Experimental Study of Effect of Length to Diameter Ratio of Drive Pipe on The Ram Pump Performance. FATTAHI-ALKOHI, R., LASHKAR-ARA, B. y KERAMAT, A.R. .1, s.l. : Irrigation Sciences and Engineering, 2017, Vol. 40, págs. 247-257.
- FAO. 2012. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura. [En línea] 22 de Marzo de 2012. <https://www.fao.org/americas/noticias/ver/es/c/229495/>.
- FAO. 2014. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura. [En línea] 26 de Noviembre de 2014. https://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/backgr_sources.html.
- Ganadería en el Perú: El importante desarrollo ganadero en el Perú [en línea]. Perú Info. 11 de diciembre de 2017. [Fecha de consulta: 01 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://peru.info/es-pe/inversiones/noticias/5/23/el-importante-desarrollo-ganadero-en-el-peru>.
- Generating renewable power from water hammer pressure surges. ROBERTS, A. [et al]. 1, s.l. : Renewable Energy, 2019, Vol. 134, págs. 1 1392-1399.
- HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la Investigación. 6.a ed. México D.F.: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2014. ISBN: 978-1-4562-2396-0
- Hydraulic ram analysis: a new look at an old problem. NAJM, H. N., AZOURY, P. H. y PIASECKI, M.. 2, s.l. : Journal of Power and Energy, 1999, Vol. 213, págs. 127-141.

Hydraulic ram pumps for irrigation in Northern Thailand. INTHACHOTA, Matthias [et al]. 1, s.l. : Agriculture and Agricultural Science Procedia, 2015, Vol. 5, págs. 107-114.

International Development Research Centre. Proceedings of a Workshop on Hydraulic Ram Pump (Hydram) Technology. 1986.

Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (IIC). Manual de medición de caudales. 2017.

Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria. LOZADA, José. 1 s.l. : CienciAmérica, 2014, Vol. 3, págs. 34-39.

Kajian eksperimental pengaruh tabung udara pada head tekanan pompa hidram. SUARDA, Made y WIRAWAN, Ikg. 1, s.l. : Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM, 2008, Vol. 2, págs. 10-14.

MALCA, Julio R. y QUIROZ, Raider A. Eficiencia de un sistema de suministro de agua por impulsión utilizando Bombas de Ariete Hidráulico con válvulas en serie y en paralelo. Tesis (Ingeniero Civil). Riobamba, Universidad Privada del Norte, 2016

MINAGRI. 2017. Plan Nacional de desarrollo Ganadero 2017 - 2027. 2017.

MORI, Carmela y LÓPEZ, Mariños. Implementación de un sistema de riego tecnificado abastecido con bomba de doble ariete en el distrito de Molinopampa, provincia Chachapoyas, región Amazonas. Tesis (Ingeniero Agroindustrial). Chachapoyas, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, 2011

ORTEGA, Javier. Construcción, caracterización hidráulica y estudio de aplicación de una bomba de ariete para el riego de una finca agrícola. Proyecto (fin de carrera). Zaragoza: Universidad de Zaragoza, 2013.

PERALTA, Hermes. Aplicación del Golpe de Ariete Hidráulico para el aprovechamiento del agua de manantial en Quequerana Moho. Tesis (Ingeniero Civil). Puno, Universidad Nacional del Altiplano, 2015.

Prototipo de un Ariete Hidráulico para el abastecimiento de agua sin electricidad. ORDAZ, Jerónimo [et al]. 4, s.l. : Academia Journals, 2015, Vol. 7, págs. 4100-4104.

Referencias bibliográficas: indicadores para su evaluación en trabajos científicos. MARTÍN, Sandra G. y LAFUENTE, Valentina. 71, s.l. : Investigación Bibliotecológica, 2017, Vol. 31, págs. 636-638.

- RV Form and Function: A Piston Pump, Vortex Impeller, or Hydraulic Ram?.
SENGUPTA, P. Pharto y NARULA, Jagat. 5, s.l. : JACC: Cardiovascular Imaging, 2013, Vol. 6, págs. 151-180.
- SILVER, Mitchel. A Guide to Manufacturing and Installation: Use of Hydraulic Rams in Nepal. 1977.
- TACKE, J.H.P.M. . hydraulic rams - a comparative investigation. Delft University of Technology, Dept. of Civil Engineering.1988.
- Technical feasibility of wavepower for seawater desalination using the hydro-ram (Hydram). MARATOS, D.F. . 1-3, s.l. : DESALINATION, 2003, Vol. 153, págs. 287-293.
- VASQUEZ, Ángel [et al]. Influencia del Sistema de Enfriamiento sobre la Productividad del Ganado Bovino Lechero en el Valle de Huaura, Perú. Rev. investig. vet. Perú [online]. 2017, vol.28, n.1, pp.195-200. ISSN 1609-9117. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v28i1.12928>.
- Water consumption, and drinking behavior of beef cattle, and effects of water quality. WAGNER, J. J. y ENGLE, T. E. 4, s.l. : Applied Animal Science, 2021, Vol. 37, págs. 418-435.
- Watt, S. B. A Manual on the Hydraulic Ram for Pumping Water. 1975

ANEXOS

Anexo 1. Operacionalización de Variables.

Variables	Dimensión	Indicador	Escala de Medición
Rendimiento de la bomba de ariete hidráulico.	Rendimiento volumétrico de la bomba de ariete hidráulico	Porcentaje (%)	Nominal
Eficiencia de la bomba de ariete hidráulico.	Eficiencia de la bomba de ariete planteada por Rankine y D'Aubuisson	Porcentaje (%)	Nominal
Altura de alimentación de la bomba de ariete hidráulico.	Medida vertical entre los puntos de ubicación de la bomba de ariete y el reservorio de alimentación	Metros (m)	Nominal

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2. Instrumentos de recolección de datos.

Modelo de Ficha de Observación para el aforo y cálculo de caudal bombeado de agua.

Número de Prueba	Volumen (litros)	Tiempo (segundos)
1	-----	-----
2	-----	-----
3	-----	-----
4	-----	-----
5	-----	-----
Promedio	-----	-----
	Q (litros/segundos)	-----
	Q (litros/minutos)	-----

MODELO DE ENCUESTA SOBRE LA POBLACIÓN DE ANIMALES VACUNOS EN EL SECTOR DENOMINADO COROBAMBA DEL DISTRITO DE MONTEVIDEO DE LA PROVINCIA DE CHACHAPOYAS DEL DEPARTAMENTO DE AMAZONAS

1. Escriba su nombre y apellidos

.....

2. Conteste las siguientes preguntas:

a) ¿Cuántas vacas tiene en el sector denominado Corobamba?

.....

b) ¿Cuántos toros tiene en el sector denominado Corobamba?

.....

c) ¿Cuántos terneros y terneras en total tiene en el sector denominado Corobamba?

.....

d) ¿Cuántos becerros y becerras en total tiene en el sector denominado Corobamba?

.....

Anexo 3. Panel fotográfico de la ejecución de la presente investigación.



Fotografía 1. Sector denominado Hueco de las Ovejas.



Fotografía 2. Captación de agua para alimentación a la bomba de ariete hidráulico.



Fotografía 3. Ubicación de la bomba de ariete hidráulico a 1 metro de altura de alimentación.



Fotografía 4. Caudal bombeado a 1 metro de altura de alimentación.



Fotografía 5. Ubicación de la bomba de ariete hidráulico a 4 metros de altura de alimentación.



Fotografía 6. Caudal bombeado a 4 metros de altura de alimentación.

Anexo 4. Planos y fotos del prototipo de la bomba de ariete hidráulico de entrada de 2 pulgadas y salida de 1 pulgada.



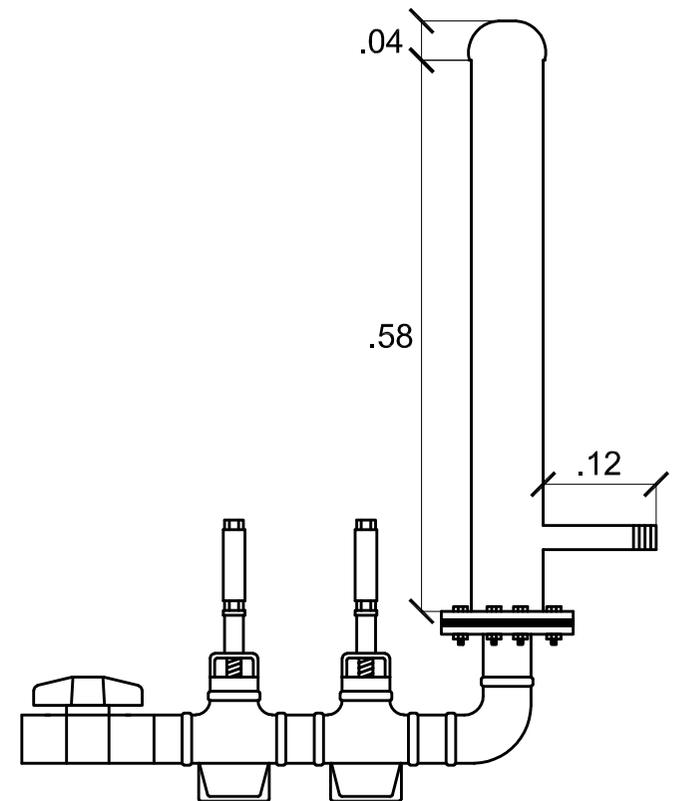
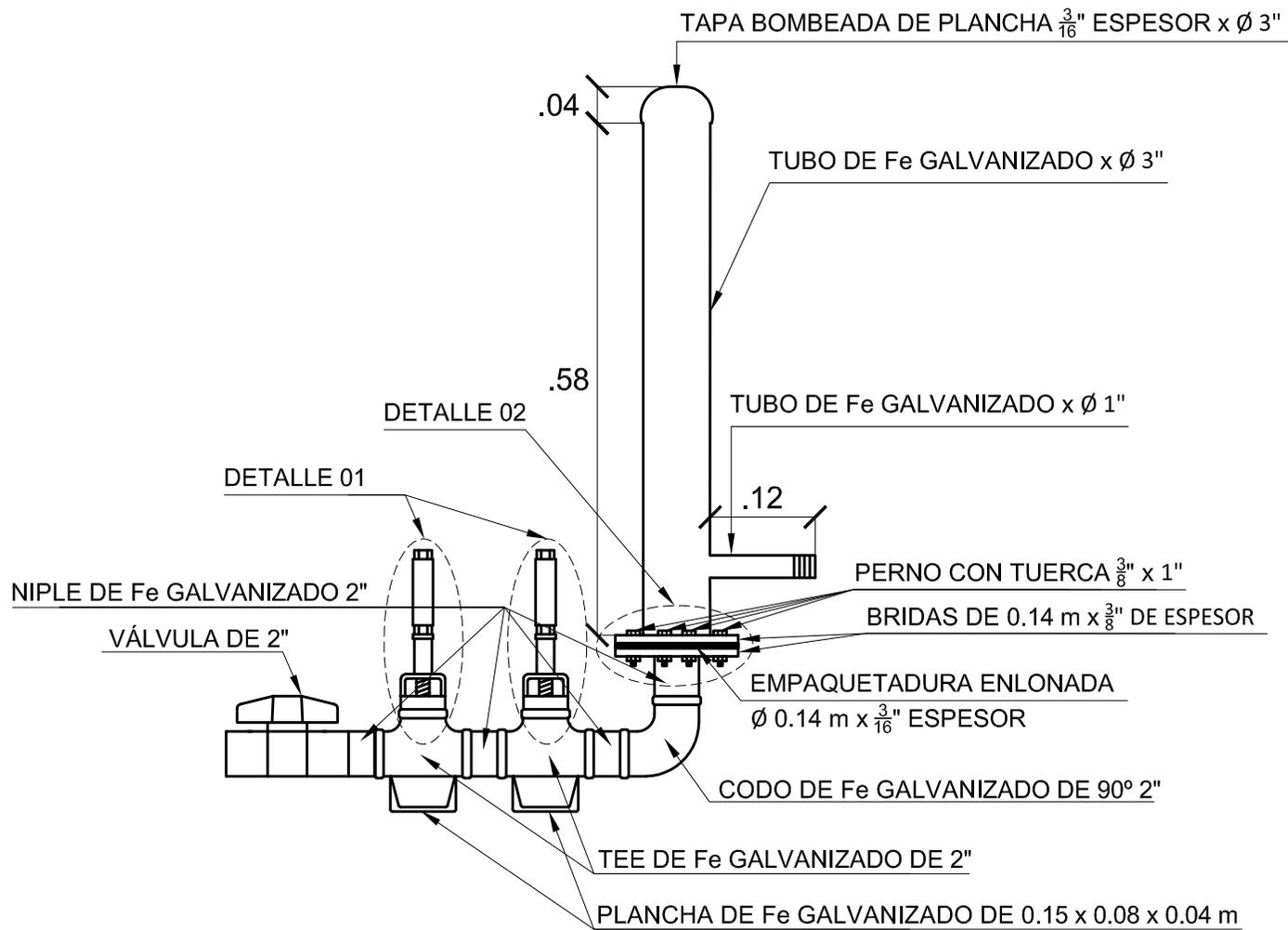
Fotografía 7. Partes de la empaquetadura enlonada.



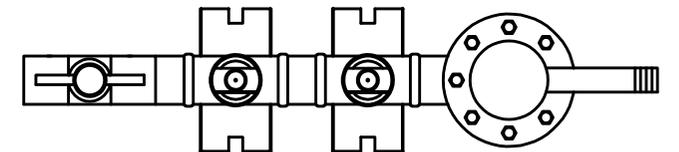
Fotografía 8. Partes de la válvula de impulsión de la bomba de ariete hidráulico.



Fotografía 9. Partes del cuerpo de la bomba de ariete hidráulico.



ELEVACION PRINCIPAL



PLANTA PRINCIPAL

PLANO:

BOMBA DE ARIETE

HIDRÁULICO DE 2"

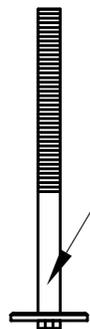
Y SALIDA DE 1"

DIBUJO:

Medina, R. y Santa Maria, J.

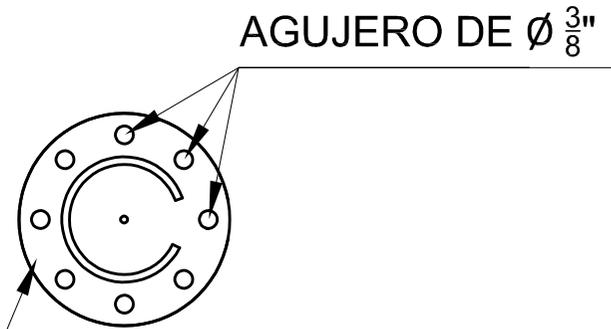
LÁMINA :

01



EJE DE LA VÁLVULA

EMPAQUETADURA ENLONADA
Ø 0.14 m x $\frac{3}{16}$ " ESPESOR



AGUJERO DE Ø $\frac{3}{8}$ "

DETALLE 01

TUERCA DE $\frac{1}{2}$ "

CONTRAPESO DE Fe Ø 3 cm EXTERIOR
x Ø 1.20 cm INTERIOR x 8 cm LARGO

ARANDELA DE
JEBE CON LONA
PUENTE DE Fe
GALVANIZADO
RESORTE

TUERCA DE $\frac{1}{2}$ "

GUÍA DEL EJE DE LA VÁLVULA

Ø $\frac{1}{2}$ " x $1\frac{1}{2}$ "

DISCO CON ÁNGULO 45°

Ø $2\frac{1}{8}$ " x $\frac{3}{8}$ " DE ESPESOR

$\frac{1}{2}$ NIPLE DE Fe
GALVANIZADO 2"

TUERCA DE $\frac{1}{2}$ "

DETALLE 02

DISCO DE Fe

PERNO CON TUERCA

PLANO:

BOMBA DE ARIETE

HIDRÁULICO DE 2"

Y SALIDA DE 1"

DIBUJO:

Medina, R. y Santa Maria, J.

LÁMINA :

02