



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

INGENIERÍA

INGENIERÍA CIVIL

“EVALUACIÓN DE LA TEMPERATURA, OXÍGENO DISUELTO Y EL POTENCIAL DE HIDRÓGENO DEL AGUA DURANTE EL PROCESO DE RECIRCULACIÓN POR LA BOMBA DE ARIETE HIDRÁULICO EN LA CRIANZA DE ALEVINES, POLLOC – CAJAMARCA: DICIEMBRE 2017 A FEBRERO DE 2018”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero civil

Autor:

Bach. Chávez Chávez, Christian Franciles

Asesor:

Ing. Hernán Espinoza, Chancafe

Provincia – Perú

2018

APROBACIÓN DE LA TESIS

El (La) asesor(a) y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el (la) Bachiller **Christian Franciles Chávez Chávez**, denominada:

**“EVALUACIÓN DE LA TEMPERATURA, OXÍGENO DISUELTO Y EL
POTENCIAL DE HIDRÓGENO DEL AGUA DURANTE EL PROCESO DE
RECIRCULACIÓN POR LA BOMBA DE ARIETE HIDRÁULICO EN LA
CRIANZA DE ALEVINES, POLLOC – CAJAMARCA: DICIEMBRE 2017 A**

Ing. MSc. Hernán Espinoza Chancafe
ASESOR

Ing. MSc José Rafael Mejía Chatilàn
JURADO
PRESIDENTE

Ing. MSc. Irma Horna Hernández
JURADO

Ing. José Ramón Herrera Machuca
JURADO

DEDICATORIA

Dedico mi tesis a Dios a quién amo y admiro; a mis extraordinarios padres, Juan Chávez Chávez y Zoila Chávez Tejada por su noble dedicación y amor, por ser mis amigos, mis consejeros, y por siempre guiarme y ser la voz y bendición de Dios como prioridad en mi vida. A mi novia, Kelly Chávez, por ser mi apoyo fundamental e incondicional en los momentos muy difíciles de mi vida profesional, por haber dedicado tiempo y esfuerzo para culminar una meta más, por ser mi pareja idónea, por ser un ejemplo a seguir y por sobre todas las cosas, por amar a Dios. Los llevo siempre en el corazón. A mi Hijo que es aquel instante que se hace eterno en mi corazón.

Christian Franciles Chávez Chávez

AGRADECIMIENTO

Como prioridad en mi vida agradezco a Dios por su infinita bondad, y por haber estado conmigo en los momentos que más lo necesitaba, Por darme salud, fortaleza, responsabilidad y sabiduría, por haberme permitido culminar un peldaño más de mis metas, y porque tengo la certeza y el gozo de que siempre va a estar conmigo.

A mis Padres, Juan Chávez Chávez y Zoila Chávez Tejada, por ser los mejores, por haber estado conmigo apoyándome en los momentos difíciles, por dedicar tiempo y esfuerzo para ser un hombre de bien, y darme excelentes consejos en mi caminar diario. A mis hermanos, que con su ejemplo y dedicación me han instruido para seguir adelante en mi vida profesional.

De todo corazón aquella mujer muy especial, a quien amo mucho, mi novia, Kelly Chávez, que con su valor y entrega ha sido una persona incondicional en mi vida, ha sido mi soporte, mi mejor amiga, mi consejera, mi apoyo, mi luz, mi guía, mi todo para seguir adelante y no bajar los brazos en los momentos difíciles, sobre todo por amar a Dios, por ser la mujer que Dios me presentó en la vida para ser muy feliz y por su innegable dedicación, amor y paciencia.

Christian Franciles Chávez Chávez

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Contenido

<u>ÍNDICE DE CONTENIDOS</u>	2
<u>ÍNDICE DE TABLAS</u>	8
<u>ÍNDICE DE FIGURAS</u>	9
<u>ÍNDICE DE ANEXOS</u>	9
<u>RESUMEN</u>	12
<u>ABSTRACT</u>	13
I. INTRODUCCIÓN	14
1.1. Realidad problemática	14
1.2. Formulación del problema	14
1.3. Justificación	15
1.4. Limitaciones	15
1.5. Objetivos	16
1.5.1. Objetivo general	16
1.5.2. Objetivos específicos	16
II. MARCO TEÓRICO	17
2.1. Antecedentes	17
2.1.1. Antecedentes internacionales	17
2.1.2. Antecedentes nacionales	17
2.1.3. Antecedentes regionales	18
2.2. Bases teóricas	18
2.2.1. Estándares de calidad ambiental par agua.	18
2.2.2. Factores hidráulicos en una bomba de ariete	19
2.2.3. Elementos y componentes del ariete hidráulico	30
2.2.4. Parámetros de diseño para bombas de ariete	39
2.3. Definición de términos básicos	50
2.3.1. Hidráulica:	50
2.3.2. Energía potencial:	50

2.3.3. Energía cinética:	50
2.3.4. Bomba hidráulica:	50
2.3.5. Bomba de ariete:.....	50
2.3.6. Flujo permanente:	50
2.3.7. Flujo no permanente:	51
2.3.8. Flujo compresible:	51
2.3.9. Flujo incompresible:	51
2.3.10. Caudal:	51
2.3.11. Caudal de suministro:	51
2.3.12. Caudal de entrega:.....	51
2.3.13. Altura de suministro:	51
2.3.14. Altura de entrega:.....	52
2.3.15. Eficiencia de bomba de ariete hidráulico:	52
III. METODOLOGÍA	53
3.1. Operacionalización de variables	53
3.2. Diseño de investigación	53
3.3. Unidad de estudio	54
3.4. Población	55
3.5. Muestra (muestreo o selección).....	55
3.6. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos.....	55
3.6.1. Ubicación	55
3.6.2. Procedimiento para la toma de muestra (protocolo de monitoreo del ANA).	56
3.6.3. Materiales y Equipos.....	57
3.7. Implementación del Proyecto.	59
3.7.1. Trabajo de campo	59
3.7.2. Construcción de la bomba de ariete hidráulico.....	60
3.7.3. Montaje de la bomba de ariete hidráulico en campo.	60
3.7.4. Periodicidad del muestreo	66
3.8. Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos	67
3.8.1. Métodos utilizados para el análisis	67
3.8.2. Trabajo de gabinete	67

IV. DISCUSIÓN Y RESULTADOS	72
4.1. Resultados promedio de los parámetros fisicoquímicos del agua antes y después de pasar por el sistema de la bomba de ariete hidráulico	72
4.2. Resultados de los parámetros fisicoquímicos	73
CONCLUSIONES	76
RECOMENDACIONES	77
REFERENCIAS	78
ANEXOS	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de Operacionalización de la Variable Independiente.....	53
Tabla 2. Matriz de Operacionalización de las Variables Dependientes.....	53
Tabla 3. Periodicidad de muestreo.....	66
Tabla 4. Categoría 3 - Riego de vegetales y bebida de animales	68
Tabla 5. Comportamiento de la trucha en función al pH.....	71
Tabla 6. Comportamiento de la trucha en función al nivel de O ₂	71
Tabla 7. Comportamiento de la trucha en función a la temperatura del agua.....	71
Tabla 8. Resultados del ensayo para pH evaluado	73
Tabla 9. Resultados del ensayo para O ₂ evaluado.....	74
Tabla 10. Resultados del ensayo para °C evaluado	75
Tabla 11. Base de Datos.....	80
Tabla 12. Presupuesto del presente estudio.....	92

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Onda de presión en el cierre instantáneo de una válvula. Recuperado de Mataix, 1986.	22
<i>Figura 2.</i> Tubería sin perturbaciones. Recuperado de Mataix, 1986.	23
<i>Figura 3.</i> Cierre instantáneo de la válvula. Recuperado de Mataix, 1986.	23
<i>Figura 4.</i> Propagación de la onda de presión. Recuperado de Mataix, 1986.	24
<i>Figura 5.</i> Llegada de la sobrepresión al embalse. Recuperado de Mataix, 1986.	24
<i>Figura 6.</i> Tubería con la parte izquierda contraída. Recuperado de Mataix, 1986.	24
<i>Figura 7.</i> Diámetro de la tubería normal. Recuperado de Mataix, 1986.	25
<i>Figura 8.</i> Depresión en la mitad de la tubería. Recuperado de Mataix, 1986.	25
<i>Figura 9.</i> Depresión en toda la tubería. Recuperado de Mataix, 1986.	26
<i>Figura 10.</i> Tubería con la parte izquierda en movimiento. Recuperado de Mataix, 1986.	26
<i>Figura 11.</i> Diámetro de la tubería normal. Recuperado de Mataix, 1986.	26
<i>Figura 12.</i> Bomba de ariete hidráulico palacio Taj Mahal. Recuperado de John Blake, 1975.	29
<i>Figura 13.</i> Componentes de la bomba de ariete.	30
<i>Figura 14.</i> Válvula con resorte de platina. Recuperado de John Blake, 1975.	31
<i>Figura 15.</i> Válvula con plato perforado. Recuperado de IDRC, 1986.	32
<i>Figura 16.</i> Válvula con resorte. Recuperado de IDRC, 1986.	32
<i>Figura 17.</i> Válvula con pesas encima. Recuperado de IDRC, 1986.	33
<i>Figura 18.</i> Válvula con pesas abajo. Recuperado de Vita, 1990.	34
<i>Figura 19.</i> Válvula de impulsión tipo válvula Check con pesas en la parte superior.	35
<i>Figura 20.</i> Válvula de solapa. Recuperado de Smith, 1995.	36
<i>Figura 21.</i> Válvula tipo cabezal. Recuperado de Smith, 1995.	36
<i>Figura 22.</i> Válvula de Bisagra. Recuperado de Smith, 1995.	37
<i>Figura 23.</i> Válvula de disco suelto. Recuperado de Smith, 1995.	37
<i>Figura 24.</i> Válvula de tapón. Recuperado de Smith, 1995.	38
<i>Figura 25.</i> Válvula de tipo Check. Recuperado de Smith, 1995.	38
<i>Figura 26.</i> Esquema de funcionamiento respecto a diferentes caudales. Recuperado de Rivadeneira, 2013.	48
<i>Figura 27.</i> Vista aérea de la zona donde se realizó el estudio. Recuperado de Google Earth Pro - geogpsperu.com – carta 15-g.	54
<i>Figura 28.</i> Vista aérea de la zona donde se tomó la muestra. Recuperado de Google Earth Pro - geogpsperu.com – carta 15-g.	54
<i>Figura 29.</i> Imagen satelital de la ubicación de la zona donde se instaló la bomba de ariete hidráulico. Recuperado de Google Earth Pro - geogpsperu.com – carta 15-g.	56
<i>Figura 30.</i> Sistema global de funcionamiento del estudio. Recuperado de SketchUp 2016.ormaron el montaje de la bomba de ariete hidráulico.	62
<i>Figura 31.</i> Elementos que conformaron el montaje de la bomba de ariete hidráulico.	63
<i>Figura 32.</i> Elementos que conformaron el montaje de la bomba de ariete hidráulico.	64
<i>Figura 33.</i> Elementos que conformaron el montaje de la bomba de ariete hidráulico.	65
<i>Figura 34.</i> Elementos que conformaron el montaje de la bomba de ariete hidráulico.	66
<i>Figura 35.</i> Muestra de las zonas de estudio (A, B). Recuperado de SketchUp 2016.	72
<i>Figura 36.</i> Vista isométrica del diseño tridimensional de la bomba de ariete hidráulico. Recuperado de programa sketchUp pro 2016.	90
<i>Figura 37.</i> Vista en planta del diseño tridimensional de la bomba de ariete hidráulico. Recuperado de programa sketchUp pro 2016.	91
<i>Figura 38.</i> Technical drawing	94
<i>Figura 39.</i> Coordinando con el propietario de la zona de proyecto.	95
<i>Figura 40.</i> Equipos topográficos para encontrar la diferencia de cotas del terreno de la zona.	95
<i>Figura 41.</i> Levantamiento topográfico de la zona.	96
<i>Figura 42.</i> Ubicando estratégicamente el lugar de la bomba de ariete hidráulico.	96
<i>Figura 43.</i> Ubicando la zona estratégica para la captación (A).	97
<i>Figura 44.</i> GPS utilizado para georreferenciar la zona levantada.	97
<i>Figura 45.</i> Vista de panorámica de la zona de estudio.	98
<i>Figura 46.</i> Alistando los diferentes componentes que constituyen la bomba de ariete hidráulico.	98
<i>Figura 47.</i> Lijando las diferentes tuberías galvanizadas que serán pintadas para evitar la corrosión de las mismas.	99

<i>Figura 48.</i> Pre armado o presentación de los diferentes componentes de la bomba de ariete hidráulico.	99
<i>Figura 49.</i> Vista de la bomba de ariete hidráulico.	100
<i>Figura 50.</i> Pintados de los diferentes elementos galvanizados.	100
<i>Figura 51.</i> Pintado de la válvula de cierre.	101
<i>Figura 52.</i> Pintados de la estructura de soporte que será montada al banco del concreto.	102
<i>Figura 53.</i> Diferentes componentes de la bomba de ariete ya en campo listos para ser ensamblados.	102
<i>Figura 54.</i> Cuadrilla lista para el trabajo de ensamblaje y montaje de la bomba de ariete hidráulico.	103
<i>Figura 55.</i> Diferentes componentes de la bomba de ariete ya en campo listos para ser ensamblados.	103
<i>Figura 56.</i> Cuadrilla lista para el trabajo de ensamblaje y montaje de la bomba de ariete hidráulico.	104
<i>Figura 57.</i> Emboñado de componentes de la bomba de ariete hidráulico.	104
<i>Figura 58.</i> Realizando el corte y relleno de terreno para ubicar el dado de concreto que fijara la bomba.	105
<i>Figura 59.</i> Materiales empleados (agregados cemento y piedra de ¾”) utilizados para la construcción del dado de soporte.	105
<i>Figura 60.</i> Materiales empleados para el encofrado del dado de concreto de soporte.	106
<i>Figura 61.</i> Dado de concreto listo y pulido que sirve de soporte de la bomba de ariete hidráulico.	106
<i>Figura 62.</i> Colocado de pernos de anclaje entre el dado de concreto y la bomba de ariete hidráulico.	107
<i>Figura 63.</i> Bomba de ariete hidráulico lista para ser fijada en el dado de concreto.	107
<i>Figura 64.</i> Montaje de la bomba de ariete hidráulico.	108
<i>Figura 65.</i> Acoplamiento de la tubería de suministro.	108
<i>Figura 66.</i> Cuerpo de la bomba de ariete hidráulico acoplada con sus diferentes elementos.	109
<i>Figura 67.</i> Puesto en funcionamiento el sistema de bomba de ariete hidráulico.	110
<i>Figura 68.</i> Toma de muestras de agua, en la zona de captación (A)	110
<i>Figura 69.</i> Muestra de agua tomada para su respectivo análisis zona (A).	111
<i>Figura 70.</i> Toma de muestras de las zonas (B) altura 0+00m.	111
<i>Figura 71.</i> Toma de muestras de las zonas (B) altura 0+20m.	112

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Ficha de recojo de información	79
ANEXO 2. Base de datos del punto de monitoreo	80
ANEXO 3. Figuras de la instalacion de la bomba de ariete	90
ANEXO 4. Presupuesto de mano de obra, materiales, herramientas, equipos topográficos, Ensayos de laboratorio y equipos de protección personal; utilizados en el presente estudio.....	92
ANEXO 5. Panel fotográfico.....	95

RESUMEN

Una bomba de ariete hidráulico es un dispositivo, que usa la energía de una caída de agua, para generar potencia y poder elevar un porcentaje del agua de ingreso a una altura mayor que la altura de caída, de forma continua y automática sin ninguna otra energía externa.

El objetivo del presente trabajo evaluar los parámetros fisicoquímicos del agua durante el proceso de recirculación por la bomba de ariete hidráulico en la crianza de alevines, Polloc – Cajamarca: diciembre de 2017 a febrero de 2018, teniendo como población a todos los ensayos aplicados al fluido de alimentación a la bomba de ariete hidráulico, como también al fluido de descarga por la bomba de ariete hidráulico, Debido a una población infinita, como es la nuestra, cuyas variables de estudio son cuantitativas (parámetros físico químicos pH, O₂, °C) por lo tanto aplicaremos el tipo de muestreo probabilístico; para calcular la muestra se trabajará con 384 ensayos aplicados al fluido, para esta investigación los ensayos serán 192 del fluido de alimentación y 192 del fluido de descarga. Finalmente se evalúo si existe variación en los parámetros fisicoquímicos (potencial de hidrógeno, oxígeno disuelto y temperatura) del agua impulsada por la bomba de ariete hidráulico en la crianza de alevines en la comunidad de Polloc – Cajamarca: diciembre de 2017 a febrero de 2018.

Palabras Claves: Ariete Hidráulico, Bomba de Ariete, PH, Temperatura, Oxígeno disuelto, Válvula de Impulso.

ABSTRACT

A hydraulic ram pump is a device, which uses the energy of a water fall, to generate power and be able to raise a percentage of the intake water to a height higher than the height of fall, continuously and automatically without any other energy external

The objective of this work is to evaluate the physicochemical parameters of the water during the recirculation process by the hydraulic ram pump in the breeding of fingerlings, Polloc - Cajamarca: December 2017 to February 2018, having as a population all the tests applied to the fluid of power supply to the hydraulic ram pump, as well as to the discharge fluid by the hydraulic ram pump, due to an infinite population, such as ours, whose study variables are quantitative (physical chemical parameters pH, O₂, ° C) therefore we will apply the type of probabilistic sampling; to calculate the sample, we will work with 384 tests applied to the fluid, for this investigation the tests will be 192 of the feed fluid and 192 of the discharge fluid. Finally, it was evaluated if there is variation in the physicochemical parameters (hydrogen potential, dissolved oxygen and temperature) of the water driven by the hydraulic ram pump in the breeding of fingerlings in the community of Polloc - Cajamarca: December 2017 to February 2018.

Key Words: Hydraulic Ram, Water Pump, PH, Temperature, Dissolved Oxygen and Impulse Valve.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La escasez del agua en el mundo se ha convertido en una de las mayores amenazas de la humanidad y la causa de múltiples tensiones y conflictos. Las disputas regionales por las fuentes de agua se incrementan. Al ser esenciales para la supervivencia y el desarrollo, a veces, las reservas de agua dulce han sido el origen de controversias y conflictos, aunque también son motivo de cooperación entre quienes comparten los recursos hídricos (Cabel, 2005)

A través del tiempo la humanidad ha desarrollado diversas técnicas de transporte para este líquido elemento. Ahora las más comunes son a través de canales y tuberías, pero estos sistemas aplican siempre y cuando tengamos las diferencias de niveles necesarias para poder llevar agua desde un lugar a otro (John Blake, 1975).

La bomba de ariete hidráulico, también conocida como ariete hidráulico, es una herramienta que aprovecha la energía cinética de un pequeño desnivel para elevar el agua a una altura superior, sin la necesidad de usar electricidad o combustible alguno. De este modo, esta bomba toma el agua de un depósito situado a una altura ligeramente superior, aprovechando la energía cinética que genera el propio fluido al trasladarse por una tubería hasta el cuerpo de la misma provocando una sobrepresión ocasionada por la apertura y cierre continuo de una válvula de pie de pozo diseñada con el fin que genere la presión adecuada y logre alcanzar su altura ideal, esta sobrepresión producida se denomina golpe de ariete y es el principio básico para su funcionamiento. (Nebra, 2013)

Para el cultivo de truchas se requiere de un buen abastecimiento de agua. La cantidad y calidad determinan el éxito o el fracaso de esta actividad, aquí es importante mencionar que en el sistema de estanquerías hay que considerar los recambios de agua por hora de las unidades productivas que nos conlleven a determinar su carga y producción máxima de la unidad productiva (Manual de Crianza de Trucha en Ambientes Convencionales, 2013).

1.2. Formulación del problema

¿Existe variación en la evaluación del potencial de hidrógeno, oxígeno disuelto y temperatura del agua impulsada por la bomba de ariete hidráulico en la crianza de alevines, Polloc – Cajamarca: diciembre de 2017 a febrero de 2018?

1.3. Justificación

El ariete hidráulico, fue inventado por John Whitehurst en el año 1775 y patentado en 1776 por Joseph Mongolfier (Campaña Calero & Guamán Alarcón, 2011); es un sistema de impulsión que se caracteriza por aprovechar la energía potencial de un asalto o desnivel de agua, para elevar parte de su caudal a una altura superior; sin necesidad de ningún tipo de energía externa ni de combustible. El contenido de aire disuelto en el agua depende sobre todo de la presión y la temperatura, por lo que se dice que a mayor temperatura menor contenido de aire disuelto y a mayor presión mayor contenido de aire disuelto, por tal motivo es necesario evaluar en qué proporción la bomba de ariete hidráulico influye en el contenido disuelto de oxígeno, en la temperatura y en el potencial de hidrógeno.

Actualmente la sociedad utiliza el ariete hidráulico para impulsar el agua de sistemas que se alimentan de electricidad o combustibles, el uso indiscriminado de los distintos tipos de combustibles ha ocasionado que las emisiones de CO₂ se incrementen descontroladamente generando grandes daños al medio ambiente y ecosistemas; por esta razón, es que se ha creído conveniente utilizar la bomba de ariete hidráulico, que utiliza la misma energía cinética del agua; esta energía alternativa renovable más algunos desniveles topográficos presentes en la zona; son los que nos permite llegar a elevar el agua a niveles superiores, logrando no solo elevar el recurso agua sino también mejorar los diferentes parámetros fisicoquímicos requeridos en el uso del piscicultor.

En la presente investigación se pretende utilizar la bomba de ariete en la comunidad de Polloc, por su bajo costo, su fácil manejo y autopropulsión de energía para realizar su trabajo, pudiendo realizarlo sin descanso durante las 24 horas del día los 365 días del año.

Actualmente en la comunidad de Polloc; existen pequeños proyectos piscicultores, que se ven limitados por los bajos parámetros de oxígeno disuelto presentes en sus cuerpos de agua, es por eso que surge el interés en la bomba ariete, en su diseño y funcionamiento; además de advertir a la gente que existen otros sistemas de bombeo que hoy en día pueden satisfacer nuestras necesidades; siendo estos tecnológicamente accesibles, eficientes y ecológicos.

1.4. Limitaciones

Para esta investigación hemos tenido las siguientes limitaciones:

- Existe escases de bibliografía.

- El estudio se limitó a evaluar la temperatura, el oxígeno disuelto y el potencial de hidrógeno del agua durante el proceso de recirculación por la bomba de ariete hidráulico, en los meses de diciembre del 2017 a febrero del 2018.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

- 1) Evaluar la temperatura, el oxígeno disuelto y el potencial de hidrógeno del agua durante el proceso de recirculación por la bomba de ariete hidráulico en la crianza de alevines, Polloc – Cajamarca: diciembre de 2017 a febrero de 2018, en la zona denominada San Martín, en el distrito de la Encañada.

1.5.2. Objetivos específicos

- 1) Implementar una bomba de ariete hidráulico que permita la recirculación del agua para la crianza de alevines en Polloc - Cajamarca.
- 2) Comparar la temperatura, el oxígeno disuelto y el potencial de hidrógeno del agua obtenidos con la utilización de la bomba de ariete hidráulico en la crianza de alevines en Polloc – Cajamarca, con los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA) del MINAM para aguas Categoría 3.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Carlos Andrés Sierra Gallo, 2012, México, en la tesis “*Análisis del ariete hidráulico para diferentes configuraciones*” demuestra la influencia de algunos parámetros presentes en el funcionamiento del ariete hidráulico para obtener un mejor rendimiento y aprovechar al máximo su capacidad como sistema de bombeo y aplicación de energía alternativa.

María Magdalena Paredes Godoy, 2012, Ecuador, en la tesis “*Diseño e instalación de un sistema de bombeo mediante ariete hidráulico en la comunidad de Airón Cebadas*” realiza la investigación con la finalidad de abastecer de agua a la comunidad de Airón Cruz Alto, demostrando el funcionamiento del sistema de bombeo, el cual no requiere de ningún tipo de combustible ni energía eléctrica, finalmente se utilizó el sistema hidráulico para riego por aspersión y se demostró la mejora en el nivel de vida de los moradores, ya que ahora aprovechan terrenos que antes no utilizaban por falta de agua.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Maximixe, 2010 en la “*Elaboración de estudio de mercado de la Trucha en Arequipa, Cusco, Lima, Huancayo y Puno*” explica que la trucha arco iris fue introducida al Perú en 1925 desde EEUU por trabajadores de Cerro de Pasco Copper Corporation, y luego de varios años en 1936 se impulsa a sembrar truchas por primera vez en la Laguna de Chaquicocha, gracias a las óptimas condiciones bioecológicas de los ambientes acuáticos de las zonas alto andinas, las cuales presentan entre sus principales factores las buenas condiciones físico-químicas del agua. También nos dice que para la crianza de truchas se necesita de un caudal de agua permanente durante todo el año, con la finalidad de mantener un fluido constante de agua a los estanques para la renovación y recambio del oxígeno disuelto en forma permanente.

Fondo Nacional de Desarrollo pesquero, 2014 en el “*Manual de crianza de trucha en ambientes convencionales*” explica los diferentes factores favorables para el desarrollo de la trucha y obtener una alta productividad; Las características que debe de reunir este recurso hídrico (río) para ser considerado apto para el desarrollo del

cultivo de truchas a nivel intensivo. Así mismo nos dice que la calidad del agua se cuantifica a partir de la determinación de los factores físico-químicos, los mismos que hacen favorables o desfavorables desde el punto de vista técnico-económico, y detalla que los parámetros más importantes en la crianza de truchas (alevines) son: el oxígeno disuelto, la temperatura, el potencial de hidrógeno, la alcalinidad, la dureza total y el dióxido de carbono.

El 31 de julio del 2008 se aprobó los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua con el objetivo de establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en cuyos niveles de concentración no deberán representar riesgo significativo para la salud de las personas, animales ni para el ambiente (MINAM, 2008).

2.1.3. Antecedentes regionales

Luis Fernando Silva Espinoza, 2013, en su tesis "*Diseño y construcción de una bomba de ariete hidráulico con el desarrollo de un software para su dimensionamiento*" demuestra el funcionamiento de las bombas de ariete para el abastecimiento de agua, elevando agua a niveles mucho mayores con respecto a la fuente de agua, y detalla la historia y procedencia de este sistema de bombeo.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Estándares de calidad ambiental par agua.

2.2.1.1. Categoría 1: Poblacional y recreacional.

Aquellas aguas que, previo tratamiento, son destinadas para el abastecimiento de agua para consumo humano, para el uso de actividades como el surf, entre otros.

2.2.1.2. Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales.

Aquellas aguas que están destinadas a la extracción o cultivo de moluscos, el cultivo de especies hidrobiológicas.

2.2.1.3. Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.

Aquellas aguas utilizadas para el riego de los cultivos vegetales, para bebida de animales.

2.2.1.4. Categoría 4: Conservación del ambiente acuático.

Aquellas aguas que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento.

2.2.2. Factores hidráulicos en una bomba de ariete.

2.2.2.1. Energía

Núñez Rodríguez en su libro ECUACIONES FUNDAMENTALES DE LA DINÁMICA DE FLUIDOS afirma que: “Uno de los campos de la física más complicados de estudiar son los fluidos, es fundamental en campos tan diversos como la aeronáutica, la ingeniería química, civil, mecánica e industrial, la meteorología, las construcciones navales y la oceanografía”

2.2.2.2. Flujo Permanente

Se dice que el flujo es permanente cuando las propiedades del fluido y las condiciones del movimiento en cualquier punto no cambian en el transcurso del tiempo. La expresión analítica que define éste concepto es: $(\partial V / \partial t) = 0$.

También no existen cambios en la densidad ρ , en la presión P , ni en la temperatura T , con el tiempo en cualquier punto. (Núñez, 2009)

2.2.2.3. Flujo No Permanente

El flujo es no permanente cuando las condiciones en cualquier punto cambian con el tiempo, $(\partial V / \partial t) \neq 0$, $(\partial T / \partial t) \neq 0$, etc. Ejemplo: bombeo por un sistema con caudal variable, creciente decreciente. Este flujo también es denominado flujo transitorio. (Núñez, 2009)

2.2.2.4. Flujo Incompresible

Se denomina Flujo Incompresible a todo aquel flujo que mantiene su densidad relativamente constante en el tiempo mientras se mueve por un campo de flujo, esto es: $\frac{dp}{dt} = 0$

Esto no exige que la densidad sea constante en todos los puntos. Tanto los flujos líquidos como los flujos de gases a baja velocidad son considerados incompresibles. (Núñez, 2009).

2.2.2.5. Flujo Compresible

Todo aquel flujo en el que la densidad varía significativamente en el tiempo mientras se mueve por un campo de flujo, se denomina flujo compresible.

Estas variaciones de densidad son significativas tanto en los gases como en los líquidos. Lo que hace que el líquido se comprima ligeramente y que el material de la tubería experimente deformaciones muy pequeñas es la interacción de los cambios de momentos y las fuerzas aplicadas. Estos cambios de presión pueden ser perjudiciales, esto se conocen como Golpe de Ariete. Esto va acompañado por perturbaciones de presión y velocidad que viajan a velocidades muy altas, cercanas a la velocidad del sonido en el líquido, además, la acción ondulatoria resultante ocurre a frecuencias relativamente altas. (Núñez, 2009)

2.2.2.6. Golpe de Ariete

El término Golpe de Ariete se refiere a las fluctuaciones de presión debido a un repentino incremento o decremento en la velocidad del flujo. Este fenómeno de estado estable se encarga del cambio entre la energía cinética y la energía de presión, el cual puede ser positivo o negativo. Algunas causas del golpe de ariete son: abertura o cierre repentino de válvulas en un sistema de tuberías. Al arrancar o detener una bomba en un sistema de bombeo. Si la presión al cerrar un conducto disminuye por debajo de la presión de vapor del líquido se forma un espacio o cavidad (donde la columna de agua es separada por un espacio de aire). Este fenómeno es llamado separación de columna de agua, esta es la peor condición de golpe de ariete, y puede provocar que la tubería no sea capaz de soportar las fuerzas externas y colapse. Esto puede ser un problema para tuberías de pared delgada y grandes diámetros y tuberías plásticas con rangos de presión bajos o transportando líquidos calientes. La respuesta de columna de agua separada puede producir altas presiones y poner la tubería en riesgo. En el estudio de este fenómeno hay que abandonar las dos hipótesis normalmente utilizadas en la mecánica de fluidos: fluido incompresible y régimen permanente. El golpe de ariete es un fenómeno transitorio y por

tanto de régimen variable, en que la tubería ya no es rígida y el líquido es compresible. Este fenómeno se produce en los conductos al cerrar o abrir una válvula y al poner en marcha o parar una máquina hidráulica, o también al disminuir bruscamente el caudal. Un caso importante ocurre en las centrales hidroeléctricas, donde se ha de reducir bruscamente el caudal suministrado a las turbinas hidráulicas acopladas a alternadores, cuando se anula la cara del alternador: en este caso la instalación debe proyectarse de manera que no se produzca un golpe de ariete excesivo (Mataix, 1986)

2.2.2.7. Principio del golpe de ariete

En la física el fenómeno de golpe de ariete ocurre cuando varía bruscamente la presión de un fluido dentro de una tubería, causado por el cierre inesperado o violento de una válvula; o por el arranque y parada brusca de una bomba hidráulica. Estas fluctuaciones en la presión ocasionan deformaciones en el líquido y en la tubería provocando la posible rotura de la tubería, siendo necesario que se diseñen los sistemas con este condicionante, que resulta de gran relevancia en muchos sistemas de agua (Rivadeneira, 2013).

Así mismo, durante estos cambios de presión el líquido fluye por la tubería a una determinada velocidad, que es la velocidad de la onda de choque.

Si tomamos el enfoque del problema del ariete desde otra perspectiva, podemos aprovechar esta energía generada por tal fenómeno y convertirla en un beneficio, como es el caso de esta investigación donde utilizaremos esta energía para elevar agua a alturas mayores (Rivadeneira, 2013).

2.2.2.8. Descripción del fenómeno físico del golpe de Ariete

El golpe de ariete es un fenómeno transitorio y por ende de régimen variable, donde la tubería no es rígida y además el líquido es compresible. Se produce cuando cerramos bruscamente una válvula o cuando hacemos cambios bruscos de caudal (IDRC, 1986).

Esto genera una onda de presión la cual se mueve por la tubería a una velocidad independiente de la velocidad del fluido.

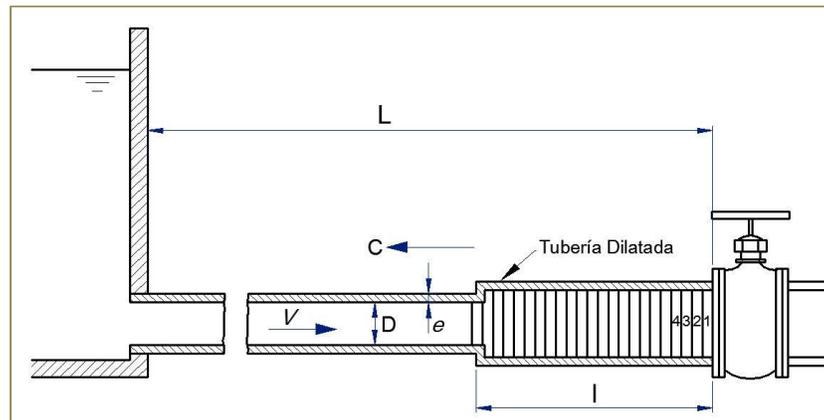


Figura 1. Onda de presión en el cierre instantáneo de una válvula. Recuperado de Mataix, 1986.

En donde, C es la velocidad de propagación de la onda y V la velocidad del fluido y cómo podemos observar en la Figura 1, tenemos una tubería de longitud (L), espesor (e) y diámetro interno (D) que tiene circulando agua de un reservorio hacia una válvula. Al cerrar violentamente la válvula se produce el golpe de ariete, lo cual genera que se llene y dilate la tubería pues al detener el agua la energía cinética se transforma en trabajo de compresión del fluido (Mataix, 1986).

2.2.2.9. Golpe de ariete como fenómeno físico

Es necesario asumir como inmediato el cierre de la válvula, ya que esta presunción inicial de cierre instantáneo ayuda a comprender mejor el estudio de casos reales (Rivadeneira, 2013).

Al cerrarse instantáneamente la válvula, se produce una sobrepresión aguas arriba, que se desplaza por la tubería a una velocidad determinada y con dirección contraria a la velocidad del fluido en un primer instante, y sucede que en las zonas por donde pasa la onda, el flujo se detiene y se comprime, y la tubería se dilata o expande. Esta onda viaja de la válvula al reservorio, vuelve a la válvula y nuevamente al reservorio creando ciclos donde se producen sobrepresiones y dilatación en la tubería (IDRC, 1986).

El tiempo en que recorre la distancia entre la válvula y el reservorio es:

$$t_0 = \frac{L}{c} \quad (\text{Ec. 01})$$

Donde:

L = Longitud de la tubería

C = velocidad de la onda

t_0 = tiempo que tarda en recorrer la onda.

Si consideramos una serie de acontecimientos en la tubería se tiene lo siguiente:

No hay perturbación. Régimen permanente. El líquido en la tubería se desplaza con velocidad del embalse a la válvula (Mataix, 1986).

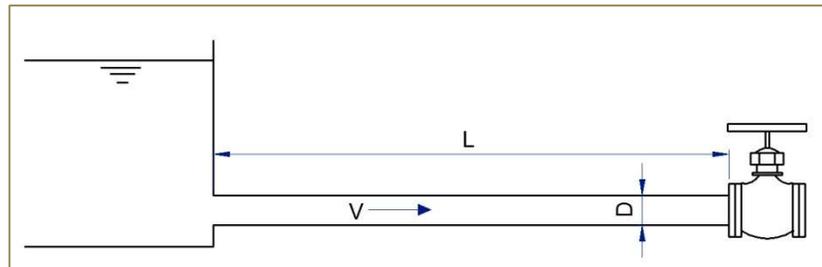


Figura 2. Tubería sin perturbaciones. Recuperado de Mataix, 1986.

Tiempo $t_0 = \frac{L}{c}$. La válvula se cierra instantáneamente. La velocidad del líquido se anula a partir de la válvula (Mataix, 1986).

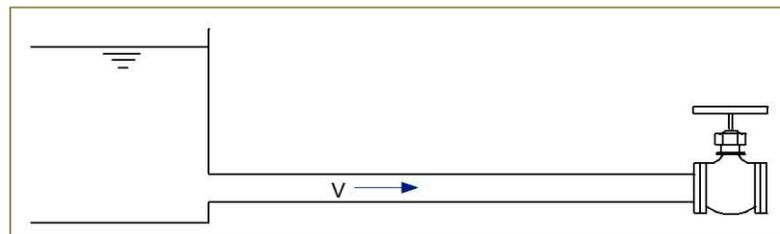


Figura 3. Cierre instantáneo de la válvula. Recuperado de Mataix, 1986

La onda de presión se ha propagado hacia el embalse con celeridad C, la tubería se dilata por la sobrepresión (Mataix, 1986). Ver figura 4.

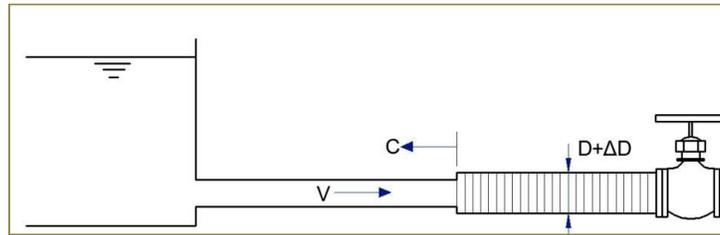


Figura 4. Propagación de la onda de presión. Recuperado de Mataix, 1986

Tiempo $t_0 = \frac{L}{c}$. Toda la tubería está dilatada (Mataix, 1986).

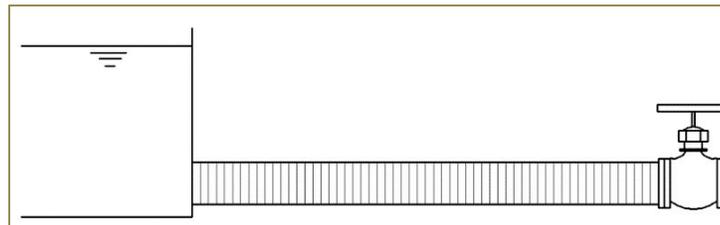


Figura 5. Llegada de la sobrepresión al embalse. Recuperado de Mataix, 1986

Tiempo $\frac{3}{2}t_0 = \frac{3L}{2c}$. La onda sigue propagándose hacia la derecha con velocidad C . En la mitad izquierda de la tubería el fluido circula con la velocidad V (Mataix, 1986).

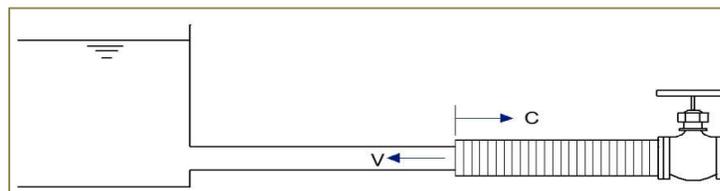


Figura 6. Tubería con la parte izquierda contraída. Recuperado de Mataix, 1986

Tiempo $2t_0 = 2\frac{L}{c}$. No hay sobrepresión en ninguna parte de la tubería, pero por la inercia la presión continúa disminuyendo, la onda elástica se sigue propagando, ahora con depresión desde la válvula hacia el embalse con la velocidad; el diámetro de la tubería irá disminuyendo por debajo de su diámetro normal (Mataix, 1986).

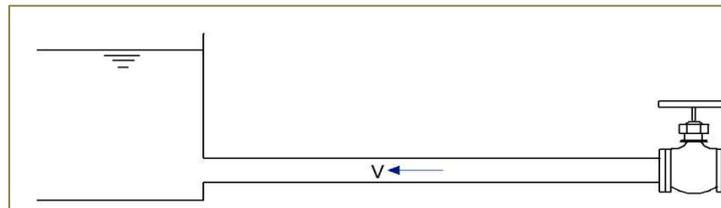


Figura 7. Diámetro de la tubería normal. Recuperado de Mataix, 1986

Tiempo $\frac{5}{2}t_0 = \frac{5L}{2c}$. La depresión ha alcanzado la mitad de la tubería. La mitad derecha de la tubería contiene agua en reposo y a una presión por debajo de la normal, el diámetro de la tubería en esta mitad es inferior al normal (Mataix, 1986).

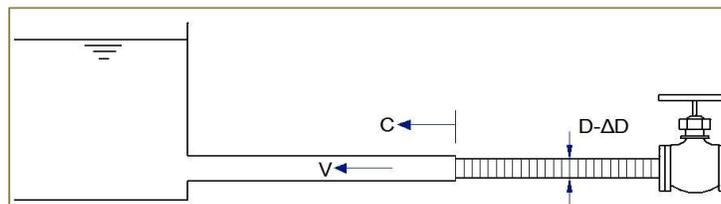


Figura 8. Depresión en la mitad de la tubería. Recuperado de Mataix, 1986

Tiempo $3t_0 = 3\frac{L}{c}$. El agua inicia su movimiento desde el embalse a la válvula con velocidad V , dirigida hacia la derecha. La depresión está presente en toda la tubería, el diámetro de la tubería es inferior al normal (Mataix, 1986).

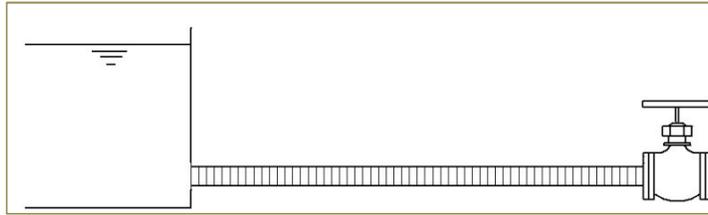


Figura 9. Depresión en toda la tubería. Recuperado de Mataix, 1986.

Tiempo $\frac{7}{2}t_0 = \frac{7L}{2c}$. En la mitad izquierda de la tubería el fluido está en movimiento con velocidad hacia la válvula, la mitad derecha el líquido continúa en reposo y en depresión. El diámetro de la parte izquierda es normal. El diámetro de la mitad derecha es menor que el normal; y tienen el mismo sentido (Mataix, 1986).

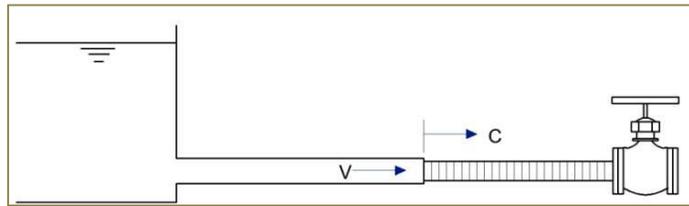


Figura 10. Tubería con la parte izquierda en movimiento. Recuperado de Mataix, 1986.

Tiempo $4t_0 = 4\frac{L}{c}$. El diámetro de la tubería vuelve a la normalidad, todo el fluido se encuentra en movimiento con velocidad hacia la válvula (Mataix, 1986).

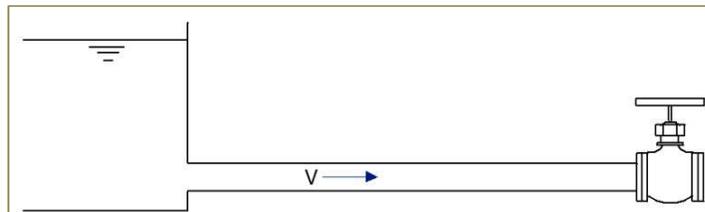


Figura 11. Diámetro de la tubería normal. Recuperado de Mataix, 1986.

Como se pudo apreciar, la deformación de la tubería y la viscosidad del líquido disipan la energía y las oscilaciones se amortiguan, hasta llegar al reposo (Mataix, 1986).

2.2.2.10. Velocidad de propagación de onda elástica

Denominaremos con la letra C la velocidad de propagación de la onda elástica en tuberías, esta magnitud está condicionada por las dimensiones de la tubería, su espesor y la densidad del fluido (IDRC, 1986).

Los cambios localizados que se producen en la presión y velocidad del flujo se propagan a lo largo de la tubería con una velocidad cercana a la velocidad del sonido, pero afectada por la elasticidad de la tubería (Mataix, 1986).

La velocidad de propagación de la onda de sobrepresión se puede calcular por medio de la fórmula de Allievi (1903) basada en la teoría elástica:

$$C = \sqrt{\frac{\frac{Ev}{\rho}}{1 + \left(\frac{Ev}{E}\right)\left(\frac{D}{e}\right)}} \quad (\text{Ec. 02})$$

Dónde:

C = Celeridad o velocidad de propagación de la onda de sobrepresión (m/s).

Ev = Módulo de elasticidad volumétrica del agua (MPa).

ρ = Densidad del fluido (Kg / m^3).

E = Módulo de elasticidad de Young de la tubería (GPa).

D = Diámetro interno del tubo (m).

e = Espesor de la pared del tubo (m).

2.2.2.11. Sobrepresión debido al cierre de una válvula

Como es de conocimiento general la presión es la magnitud que relaciona la fuerza con la superficie sobre la que actúa, es decir, equivale a la fuerza que actúa sobre la unidad de superficie (Rivadeneira, 2013).

En el caso de tuberías, la presión o la sobrepresión que se ejerce viene originado por un fenómeno particular denominado golpe de ariete, que se origina debido a que el fluido es ligeramente elástico (aunque en diversas situaciones se puede considerar como un fluido no compresible). En consecuencia, cuando se cierra bruscamente una válvula o un grifo instalado en el extremo de una tubería de cierta longitud, las partículas de fluido que se han detenido son empujadas por las que vienen inmediatamente detrás y que siguen aún en movimiento. Esto origina una sobrepresión que se desplaza por la tubería a una velocidad que puede superar la velocidad del sonido en el fluido. Esta sobrepresión tiene dos efectos: comprime ligeramente el fluido, reduciendo su volumen, y dilata ligeramente la tubería. Cuando todo el fluido que circulaba en la tubería se ha detenido, cesa el impulso que la comprimía y, por tanto, ésta tiende a expandirse. Por otro lado, la tubería que se había ensanchado ligeramente tiende a retomar su dimensión normal (Rivadeneira, 2013).

La sobrepresión debida al golpe de ariete es instantánea y está relacionada directamente con la velocidad del líquido, con la elasticidad del material de la tubería y con el tiempo en que se produce el paso de circulación del líquido (Jeffery, 1992).

Las ondas de presión pueden ser positivas (sobrepresiones) o negativas (depresiones). Las sobrepresiones originadas pueden aumentar la presión total interna hasta llegar a superar la presión máxima admisible, lo que puede ocasionar daños mecánicos graves a las tuberías y accesorios. Las ondas negativas pueden disminuir la presión total hasta generar cavitación, separación de la columna de líquido o el colapso de la tubería por efecto de la presión externa (Rivadeneira, 2013).

La fórmula expresada por Joukowski para calcular la sobrepresión es.

$$p = \rho \times C \times V \quad (\text{Ec. 03})$$

Dónde:

p = Sobrepresión máxima (MPa).

C = Celeridad de propagación de onda (m/s).

V = Velocidad del fluido (m/s).

ρ = Densidad del agua (kg/m³).

2.2.2.12. Reseña histórica de la Bomba de Ariete

Los orígenes de la bomba de ariete se remontan a la antigua Grecia, en el año 300 a.c. donde era un equipo bastante utilizado por no necesitar de combustible para su funcionamiento. También tenemos aplicaciones históricas de la bomba de ariete en distintos lugares del mundo (Jeffery, 1992).

Un ejemplo: Las bombas de ariete instaladas en la famosa fuente frente al Palacio de Taj Mahal, en India (Jeffery, 1992).

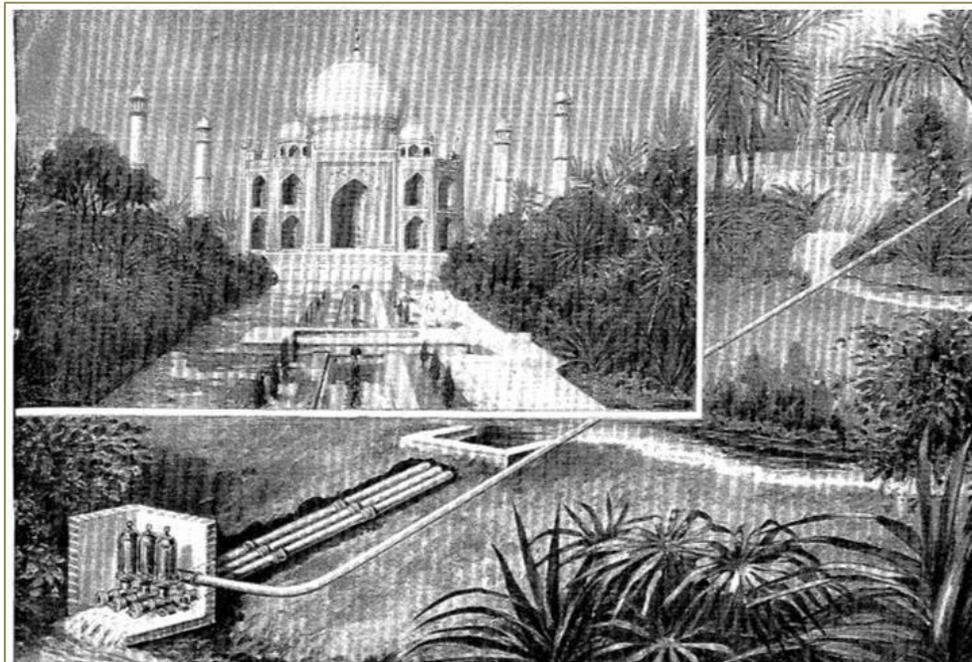


Figura 12. Bomba de ariete hidráulico palacio Taj Mahal. Recuperado de John Blake, 1975.

2.2.2.13. Funcionamiento de las bombas de ariete

El funcionamiento de una bomba de ariete se basa en la conversión de la energía de velocidad del agua que fluye en energía de elevación. El agua fluye desde el reservorio a través del tubo de accionamiento (A) y escapa a través de la válvula de desagüe (B) hasta que se acumula la presión

suficiente para cerrar la válvula de desagüe. Después, el agua surge a través de la válvula de descarga interior (C) en la cámara de aire (D), comprimiendo el aire atrapado en la cámara. Cuando el agua a presión alcanza el equilibrio con el aire atrapado, rebota, haciendo que la válvula de descarga (C) cierre. El agua a presión entonces se escapa de la cámara de aire a través de una válvula de retención y el tubo de descarga (E) a su destino. El cierre de la válvula de descarga (C) causa un ligero vacío, permitiendo que la válvula de desagüe (B) se abra iniciando así un nuevo ciclo (John Blake, 1975).

El ciclo se repite entre 20 y 100 veces por minuto, dependiendo de la velocidad de flujo. Si se instala correctamente, un ariete hidráulico operará en forma continua con un mínimo de atención, siempre que el suministro de agua que fluye sea continuo y el exceso de agua se derrame fuera de la bomba (John Blake, 1975).

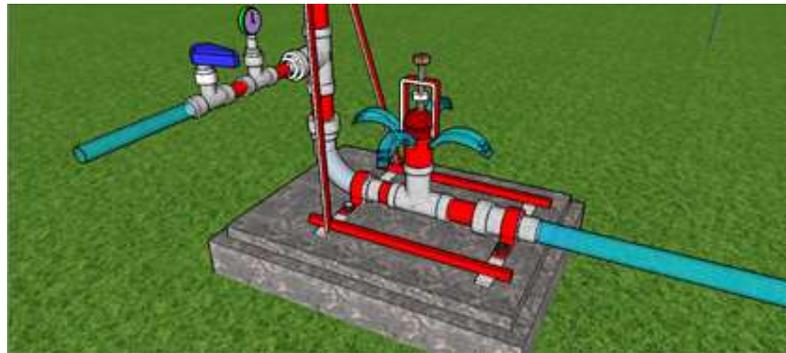


Figura 13. Componentes de la bomba de ariete.

2.2.3. Elementos y componentes del ariete hidráulico

2.2.3.1. Cuerpo del ariete hidráulico

El cuerpo del Ariete es estructuralmente simple, constituido por una caja de válvulas la cual puede estar formada por una te y un codo, una unidad ensamblada cuyos elementos pueden estar unidos por pernos, tornillos, elementos roscados o mediante soldadura según los recursos, tecnificación y complejidad para la misma. Es la parte donde se produce la propagación de la onda de presión, donde se ubican la válvula de impulso y la válvula de entrega (John Blake, 1975).

2.2.3.2. Tipos de válvula de impulso

Esta válvula es una de las partes más sensibles e importantes de la bomba de ariete, la correcta selección y buen diseño de esta, garantizará la máxima eficiencia en el funcionamiento del dispositivo (IDRC, 1986).

Constituye la parte móvil más importante y determinante en el funcionamiento del equipo. Es la encargada de producir el golpe de ariete debido al cierre brusco que se produce por el efecto del incremento de la velocidad del agua (IDRC, 1986).

Esta válvula permite regular la cantidad de agua que penetra en la cámara de aire, esto se logra al variar el número de golpes por minutos.

2.2.3.2.1. Válvula con resorte de platina

La válvula de platina es netamente artesanal consta de materiales de fácil adquisición como son tubos, planchas, platinas y pernos. Es de fácil construcción y se la puede fabricar en cualquier taller mecánico con un mínimo de herramientas (John Blake, 1975).

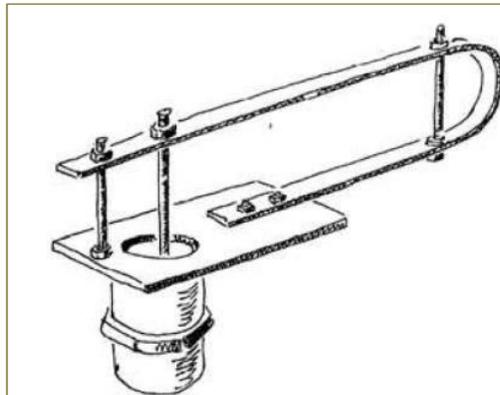


Figura 14. Válvula con resorte de platina. Recuperado de John Blake, 1975

2.2.3.2.2. Válvula con plato perforado

Esta válvula posee un plato perforado de geometría variable y compleja junto a un material que tiene una gran flexibilidad, resistencia al desgaste y alta tolerancia a la fatiga. Material con estas características es a la vez costoso y poco accesible en los países en desarrollo, su construcción es complicada y su vida útil es muy corta (IDRC, 1986).

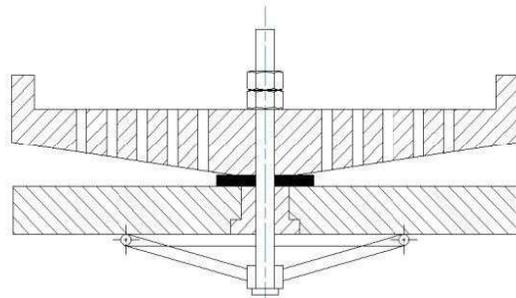


Figura 15. Válvula con plato perforado. Recuperado de IDRC, 1986.

2.2.3.2.3. Válvula regulada con resorte

Este diseño implica cálculos previos muy precisos y construcción de elementos exactos. El desplazamiento de la carrera de la válvula lo gobierna un resorte, la válvula puede estar dispuesta en forma vertical u horizontal (IDRC, 1986).

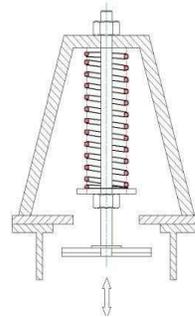


Figura 16. Válvula con resorte. Recuperado de IDRC, 1986.

2.2.3.2.4. Válvula con pesas encima

Este diseño tiene la ventaja de poder ajustar su carrera y su velocidad de cierre con la modificación de su conjunto de pesas, su construcción es robusta lo que garantiza una gran durabilidad para un ciclo de vida elevado. Como desventaja se tiene que este tipo de válvulas solo pueden trabajar en forma vertical para que las pesas actúen por la gravedad (IDRC, 1986).

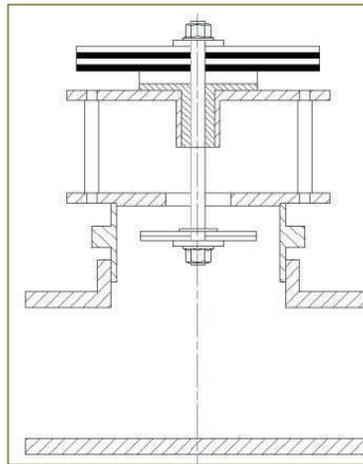


Figura 17. Válvula con pesas encima. Recuperado de IDRC, 1986.

2.2.3.2.5. Válvula con pesas a debajo

Básicamente cumple el mismo principio de la válvula de pesas arriba, posee un diseño robusto, su configuración es sólida, las pesas se ubican en la parte inferior de la tapa de la válvula, tiene la capacidad de variar su carrera y velocidad, con la modificación de su conjunto de pesas. De igual manera debe ser posicionada en forma vertical (Vita, 1990).

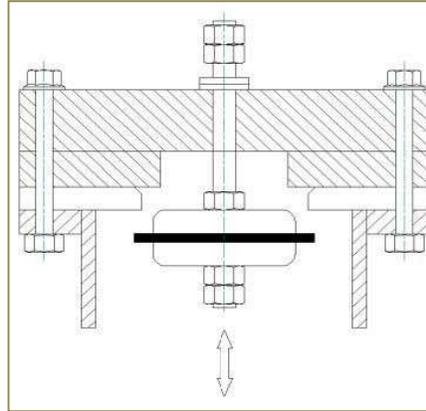


Figura 18. Válvula con pesas abajo. Recuperado de Vita, 1990.

2.2.3.2.6. Válvula con pesas encima tipo Check

Este tipo de válvula será utilizada en la presente tesis, ya que su diseño para la válvula de impulsión funciona de forma similar al de válvulas con pesas encima, pero en el cual se incorpora la utilización de una válvula tipo Check y las pesas tienen una guía de recorrido para obtener la ventaja de poder ajustar su carrera y su velocidad de cierre con la modificación del conjunto de pesas que están encima; su construcción es robusta lo que garantiza una gran durabilidad para un ciclo de vida elevado. Como desventaja se tiene que este tipo de válvulas solo pueden trabajar en forma vertical para que las pesas actúen por la gravedad.

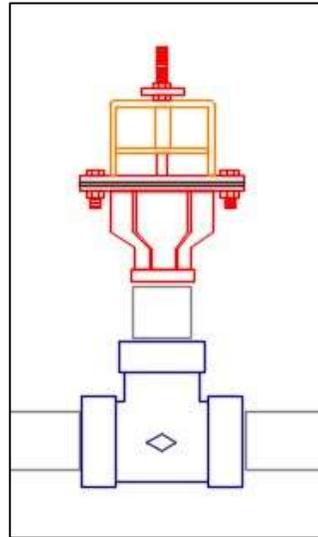


Figura 19. Válvula de impulsión tipo válvula Check con pesas en la parte superior.

2.2.3.3. Tipos de válvula de entrega

Es la que permite el paso del agua, desde la caja de válvulas hasta la cámara de aire, no permitiendo su retroceso al cerrarse por los efectos del rebote que se produce con el aire comprimido dentro de la cámara, lo que hace que el agua sea impulsada hasta un nivel superior al de la captación. Debe estar construida de forma tal que se logre una buena hermeticidad, lo que evita pérdidas en la eficiencia y el rendimiento (Rivadeneira, 2013).

2.2.3.3.1. Válvula de solapa

Compuesta de una tapa de goma sencilla fijada en el centro contra una placa plana perforada. El movimiento está restringido por el tipo y espesor del caucho utilizado. La cantidad de flujo que atraviesa el agujero en la placa de entrega está limitada por la resistencia del caucho y la presión de entrega. Su baja inercia brinda una respuesta más rápida que otros tipos de válvulas (Jeffery, 1992).

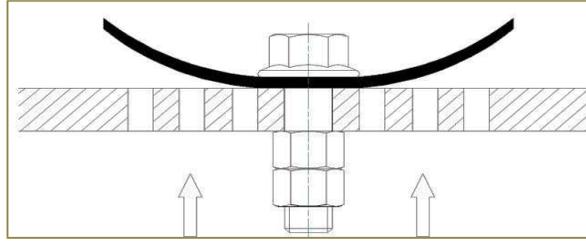


Figura 20. Válvula de solapa. Recuperado de Smith, 1995.

2.2.3.3.2. Válvula tipo cabezal

El obturador utiliza caucho muy rígido tal como el material de la suela del zapato subiendo y bajando con un eje central, ver figura 21. Esta es una buena opción para bombas de cabeza alta, aunque puede tener problemas de sellado en las bombas de cabeza baja. Tiene la ventaja de permitir agujeros de gran diámetro en la placa de entrega. La carrera de la válvula debe ser regulada para que realice desplazamientos muy breves (menos de 5 mm) para ayudar a prevenir el reflujó. El agujero en la placa de la entrega y el perno necesitan cuidado en el dimensionamiento para asegurar la facilidad del movimiento. Este tipo de válvulas están sujetas a desgaste muy breve lo que puede ser un problema (Jeffery, 1992).

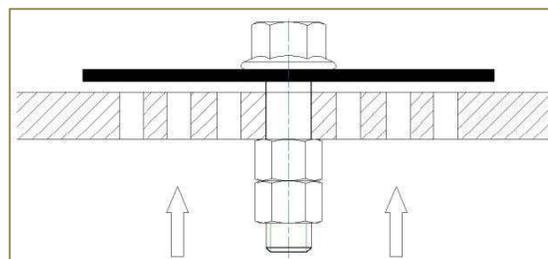


Figura 21. Válvula tipo cabezal. Recuperado de Smith, 1995.

2.2.3.3.3. Válvula de bisagra

La válvula de bisagra permite un agujero grande en la placa de entrega, minimizando la resistencia al flujo. Los materiales utilizados para la bisagra y el método de fijación son cruciales y con frecuencia causan problemas. La posibilidad de reflujo debido al cierre lento puede ser un problema (Jeffery, 1992).

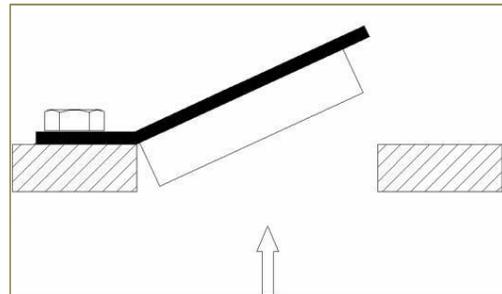


Figura 22. Válvula de Bisagra. Recuperado de Smith, 1995.

2.2.3.3.4. Válvula de disco suelto

La válvula de disco suelto utiliza material similar a la válvula de tipo cabezal ya que está restringido por una jaula unida a la placa de suministro. Es más difícil de fabricar, pero tiene las mismas características que la válvula de tipo cabezal (Jeffery, 1992).

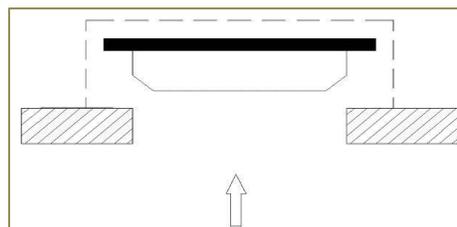


Figura 23. Válvula de disco suelto. Recuperado de Smith, 1995.

2.2.3.3.5. Válvula de tapón

Esta es una válvula de impulsos efectivamente invertida con la presión diferencial que tiene que superar el peso de la válvula con el fin de levantarla. El área de flujo grande de la placa de entrega puede ser una ventaja, pero también puede conducir a un flujo de retorno grande, mientras que la válvula se cierra. Un resorte puede ser añadido para facilitar un cierre rápido, pero esto se suma a la presión diferencial requerida para abrirlo (Jeffery, 1992).

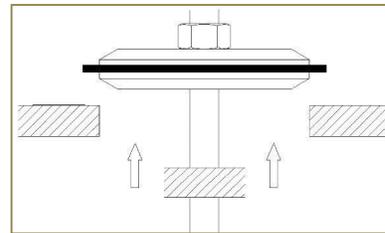


Figura 24. Válvula de tapón. Recuperado de Smith, 1995.

2.2.3.3.6. Válvula de tipo Check

Este tipo de válvula será utilizada en la presente tesis. Tiene el mismo funcionamiento que la válvula de tipo tapón, con la diferencia que esta válvula tiene un cuerpo que protege a su sistema de funcionamiento. También se puede añadir un resorte para facilitar un cierre rápido, pero esto se suma a la presión requerida para abrirlo (John Blake, 1975).

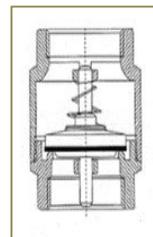


Figura 25. Válvula de tipo Check. Recuperado de Smith, 1995

2.2.3.4. Cámara de aire o campana

Es el dispositivo que regula el flujo de agua hacia la tubería de descarga, absorbe la sobrepresión (funciona como amortiguador de los golpes de ariete) e impulsa el agua por la tubería, dando de esta forma un flujo casi continuo, logrando un nivel superior al de captación y va montada sobre su propia base en la caja de válvulas mediante tornillos (Jeffery, 1992).

En el interior de la cámara de aire se producen dos presiones producto de sus condiciones de funcionamiento, una presión mínima cuando una cantidad de aire soporta la columna de agua presente en la tubería de entrega y otra presión máxima cuando el fluido ingresa y el aire de la cámara se comprime.

Para el cálculo de estas presiones se utiliza la Ley de Boyle que relaciona el volumen y la presión de una cierta cantidad de gas mantenida a una temperatura constante (Jeffery, 1992).

$$P_1 \times V_{1\text{ AIRE}} = P_2 \times V_{2\text{ AIRE}} \quad (\text{Ec. 04.})$$

Dónde:

P_1 = Presión mínima (Pa).

$V_{1\text{ aire}}$ = Volumen inicial de aire en la cámara (m^3).

P_2 = Presión máxima (Pa).

$V_{2\text{ aire}}$ = Volumen dos de aire en la cámara (m^3).

2.2.4. Parámetros de diseño para bombas de ariete

2.2.4.1. Locación de la bomba

Determinar el lugar donde se va a utilizar la bomba es la etapa primordial que marcará factores determinantes para el diseño de la misma, debido a las necesidades en el caso específico para su funcionamiento.

2.2.4.2. Altura de entrega

La altura de entrega viene dada por el requerimiento de elevar el fluido a un nivel determinado, para orientar la utilización del líquido hacia una función

específica entre las cuales se pueden mencionar; riego, almacenamiento de agua, distribución, potabilización del agua, entre otros (Jeffery, 1992).

2.2.4.3. Altura de suministro

Para establecer la altura con la cual se debe contar para llegar al nivel de descarga requerido se hace uso de relaciones matemáticas realizadas por fabricantes y estudiosos del tema como Wáter S.B Watt que en su publicación expresa que la altura de suministro se determina por medio de la siguiente fórmula y debe estar entre 1 y 12 m como rangos recomendados.

$$H_s = \frac{1}{3} H_d \quad (\text{Ec. 05})$$

Donde:

H_s = Altura de suministro (m).

H_d = Altura de entrega (m).

2.2.4.4. Tubería de suministro

La tubería de suministro tiene dos objetivos primordiales que son:

Permitir la entrada de agua al cuerpo de la bomba desde el tanque de suministro con la ganancia adicional de velocidad.

Resistir el efecto de martillo del impacto producidos por el golpe de ariete.

Las dimensiones, tanto del diámetro como la longitud de la tubería de suministro son factores determinantes para garantizar el buen funcionamiento de la bomba de ariete, ya que conduce el agua desde la fuente a la bomba y retiene la onda de presión producida por el golpe de ariete. Estas deben cumplir con ciertas relaciones desarrolladas de manera experimental y obviamente de acuerdo al espacio físico disponible.

La longitud de la tubería de suministro es única para cada bomba. La misma no puede ser de material plástico ni PVC porque la sobrepresión efectuada por el golpe de ariete es muy fuerte para este tipo de tubos, es muy

recomendable utilizar acero galvanizado de primera calidad o tuberías de hierro. El uso de otros materiales no apropiados conllevará a rutinas de mantenimiento seguidas y posibles fugas en la tubería de suministro. Los estudiosos del tema y los expertos fabricantes mencionan que, tanto el diámetro como la longitud de la tubería de caída son muy importantes, existen relaciones matemáticas desarrolladas experimentalmente que garantizan el buen funcionamiento del ariete. Normalmente, la longitud del tren de tubos debe ser alrededor de tres a siete veces la altura de suministro. Idealmente, el tren de tubos debe tener una longitud de al menos 100 veces su propio diámetro. Según S.B Watt en su publicación que menciona la siguiente relación como la más recomendada (Rivadeneira, 2013).

La bomba funcionará bien si la relación entre la longitud (L) y el diámetro interno (D) se encuentra dentro de los límites.

$$\frac{L}{D} = 150 \text{ a } 500 \quad (\text{Ec. 06})$$

2.2.4.5. Tubería de entrega

El objetivo principal de la tubería de entrega es conducir al fluido hasta su descarga, puede componerse de elementos de acople como uniones, codos, nipples, etc. Los que sean necesarios para armar el tren de tubos que cumpla con la distancia establecida (Jeffery, 1992).

El diámetro de la tubería de entrega normalmente se calcula como la mitad del diámetro de la tubería de suministro.

2.2.4.6. Caudal de entrega

Es el caudal que la bomba de ariete entrega una vez puesta en marcha, se utiliza la siguiente fórmula para su cálculo.

$$\frac{q \times H_d}{H_s \times D^2 \times \mu c} = \frac{\pi \times C_d}{10} \quad (\text{Ec.07})$$

Donde:

q = Caudal de entrega (m^3/s).

H_s = Altura de suministro (m).

H_d = Altura de entrega (m).

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

u_c = Velocidad de cierre de la válvula de impulso (m/s).

C_d = Coeficiente de descarga.

De donde el caudal de entrega queda:

$$q = \frac{H_s \times D^2 \times \mu_c \times C_d}{H_d \times 10} \quad (\text{Ec. 08})$$

2.2.4.7. Velocidad de cierre de la válvula de impulso

Para determinar la velocidad de cierre de la válvula de impulso se utiliza la siguiente relación matemática (Jeffery, 1992).

$$U_c = 0.135 \times C_{vi} \quad (\text{Ec. 09})$$

Dónde:

U_c = Velocidad de cierre de la válvula de impulso (m/s).

C_{vi} = Carrera de la válvula de impulso (mm).

2.2.4.8. Coeficiente de descarga

El coeficiente de descarga es un factor adimensional el cual relaciona el caudal con el cual el fluido se desplaza libremente por una tubería, junto al nivel del fluido en el embalse (Δh)

$$Q_1 = C_d (\sqrt{2 \times g \times \Delta h}) A \quad (\text{Ec. 10})$$

El coeficiente de descarga es igual a:

$$C_d = \left(\frac{Q_1}{\sqrt{2 \times g \times \Delta h}} \right) \times \frac{1}{A} \quad (\text{Ec. 11})$$

Dónde:

Q_1 = Caudal libre (m^3/s)

C_d = Coeficiente de descarga.

g = Gravedad (m/s^2)

Δh = Diferencia de alturas (m).

A = Área a la salida del fluido (m^2)

2.2.4.9. Caudal libre

El caudal libre es obtenido con la consideración de que la válvula de impulso se mantenga inmóvil permitiendo que el agua fluya hacia la atmósfera sin ninguna interrupción (Rivadeneira, 2013).

Por medio de la Ecuación General de la Energía que es una expansión de la Ecuación de Bernoulli, se hace posible resolver problemas con presencia de pérdidas, las cuales aparecen a medida que un flujo fluye por un conducto debido a la fricción interna en el fluido, permite saber cuál será la velocidad del fluido en el interior de la tubería (Rivadeneira, 2013).

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + h_A - h_R = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} \quad (\text{Ec. 12})$$

P_1 = Presión en el punto uno (Pa).

P_2 = Presión en el punto dos (Pa).

γ = Peso específico del agua (N/m^3)

Z_1 = Altura del punto uno sobre nivel de referencia (m).

Z_2 = Altura del punto dos sobre nivel de referencia (m).

V_1 = Velocidad en el punto uno (m/s).

V_2 = Velocidad en el punto dos (m/s).

g = Aceleración de la gravedad (m/s^2)

h_A : Energía añadida (m).

h_R : Energía removida (m).

h_L : Pérdidas de energía (pérdidas mayores y menores) por parte del sistema (m).

2.2.4.10. Pérdidas mayores

Las pérdidas mayores son producto de la fricción del fluido con el conducto. Se expresa por la ecuación de Darcy-Weisbach:

$$h_L = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V_2^2}{2g} \quad (\text{Ec. 13})$$

Dónde:

h_L = Pérdida mayor (m).

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

D = Diámetro interno de la tubería (m).

V_2 = Velocidad en el punto dos (m/s).

f = Factor de fricción.

2.2.4.11. Pérdidas menores

Las pérdidas menores ocurren cuando hay un cambio u obstrucción de la trayectoria del flujo, debido a la presencia de conectores, válvulas o accesorios (Mataix, 1986).

$$h_{Lm} = k \times \frac{V_2^2}{2g} \quad (\text{Ec. 14})$$

h_{Lm} = Pérdida menor (m).

k = Coeficiente de resistencia al flujo.

V_2 = Velocidad en el punto dos (m/s)

g = Gravedad (m/s^2)

2.2.4.12. Factor de fricción

Para el cálculo del factor de fricción, la siguiente ecuación desarrollada por P. K. Swamee y A. K. Jain permite el cálculo directo del factor:

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7 \frac{\varepsilon}{D}} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2} \quad (\text{Ec. 15})$$

Dónde:

f = Factor de fricción.

D = Diámetro interno de la tubería (m).

ε = Rugosidad (m).

Re = Número de Reynolds.

2.2.4.13. Número de Reynolds

Para calcular la pérdida de energía debido a la fricción en un sistema de fluido, es necesario caracterizar la naturaleza del flujo. Un flujo lento y uniforme se conoce como fluido laminar, mientras que un flujo rápido y caótico se conoce como flujo turbulento (Mataix, 1986).

Re < 2000 Flujo Laminar

Re > 4000 Flujo Turbulento

2000 < Re < 4000 Flujo Impredecible

El tipo de flujo puede predecirse mediante el cálculo del Número de Reynolds:

$$Re = \frac{v \times D}{\nu} \quad (\text{Ec. 16})$$

v = Velocidad del flujo (m/s).

D = Diámetro interno de la tubería (m).

ν = Viscosidad cinética (m²/s).

2.2.4.14. Rugosidad relativa

Es la relación del diámetro de la tubería y la rugosidad promedio de su pared

$$\varepsilon = \frac{e}{D} \quad (\text{Ec. 17})$$

Dónde:

ε : Rugosidad relativa.

D: Diámetro interno de la tubería (m).

e: Rugosidad absoluta (m).

2.2.4.15. Caudal de suministro

En un sistema ideal habrá una buena transferencia de flujo de donde se tiene:

$$q \times H_d = Q \times H_s \quad (\text{Ec. 18})$$

Dónde:

q = Caudal de entrega (m^3/s).

H_d = Altura de descarga (m).

Q = Caudal de suministro (m^3/s).

H_s = Altura de suministro (m).

Desafortunadamente, esto no sucede en un sistema real. Existen varias pérdidas producidas por fricción entre el fluido y los elementos que se utilizan para la configuración de la red de tubería con la finalidad de transportar el líquido (Jeffery, 1992).

El ariete no utiliza toda el agua proveniente de la tubería de entrada. Su eficiencia puede ir desde 20 hasta 90% en algunos casos y depende de la relación entre la cota de la toma y la cota de suministro, con el nivel de referencia en el aparato. La eficiencia es directamente proporcional al

valor de esta relación, es decir inversamente proporcional a la altura a la que se va a suministrar el agua. Con el fin de calcular el caudal de suministro, si la eficiencia es desconocida se puede utilizar un valor asumido de 50% (Jeffery, 1992).

2.2.4.16. Eficiencia

$$n = \frac{q \times H_d}{Q \times H_s} \quad (\text{Ec. 19})$$

Caudal de suministro en función de la eficiencia.

$$Q = \frac{q \times H_d}{n \times H_s} \quad (\text{Ec. 20})$$

Dónde:

n = Eficiencia (%)

q = Caudal de
entrega (m³/s).

H_d = Altura de descarga (m).

Q = Caudal de suministro (m³/s).

H_s = Altura de suministro (m).

2.2.4.17. Caudal desechado

Es la cantidad de agua que la bomba de ariete expulsa hacia la atmósfera cuando está en marcha, ver figura 26.

$$Q = q + Q_p \quad (\text{Ec.1.21})$$

Dónde:

Q = Caudal de suministro (m³/s).

Q_p = Caudal desechado (m³/s).

q = Caudal de entrega (m³/s).

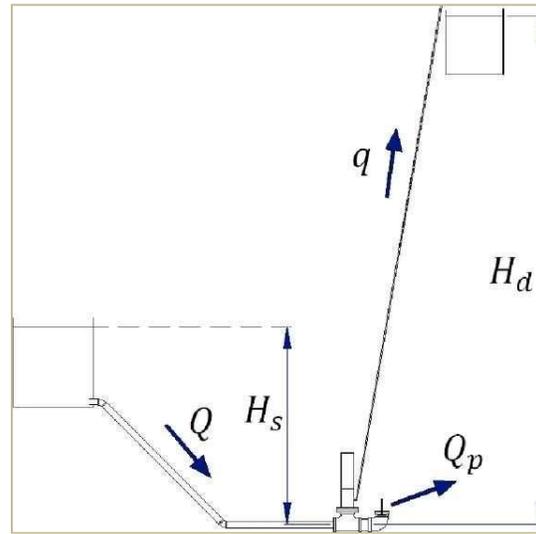


Figura 26. Esquema de funcionamiento respecto a diferentes caudales. Recuperado de Rivadeneira, 2013.

2.2.4.18. Rendimiento volumétrico

El rendimiento volumétrico es la relación existente entre el caudal de entrega y el caudal de suministro de una bomba hidráulica.

$$n_v = \frac{q}{Q} \times 100 \quad (\text{Ec. 1.22})$$

Dónde:

n_v = Rendimiento volumétrico (%).

q = Caudal de entrega (m^3/s).

Q = Caudal de suministro (m^3/s).

2.2.4.19. Potencia de la bomba de ariete

La potencia requerida para elevar el fluido es proporcional a la tasa de flujo de agua multiplicado por la altura de descarga de la bomba de ariete y el peso específico del agua (Mataix, 1986).

$$P = \gamma \times q \times H_d \quad (\text{Ec.1.23})$$

Dónde:

P = Potencia (W).

γ = Peso específico del agua (N/m³).

q = Caudal de entrega (m³/s).

H_d = Altura de entrega (m).

2.2.4.20. Fuerza de arrastre para la válvula de impulso

Cuando el fluido acelera lo suficiente para cerrar la válvula de impulso se produce una fuerza de arrastre que genera este cierre según E. J. Schiller en su publicación la describe por la fórmula: (Mataix, 1986).

$$F_a = C_a \times A_v \times \rho \frac{V_2}{g} \quad (\text{Ec.1.24})$$

Dónde:

F_a = Fuerza de arrastre sobre la válvula de impulso (kgF).

C_a = Coeficiente de arrastre.

A_v = Área de sección transversal de la válvula de impulso (m²).

ρ = Densidad del agua (kg/m³).

V = Velocidad del fluido en el cuerpo del ariete (m/s).

g = Gravedad (m/s²).

2.2.4.21. Peso máximo para la válvula de impulso

Para determinar el peso de la válvula de impulso se utiliza la siguiente relación:

$$0 < W_v < \frac{C_a \times A_{vp} \times H_s}{M} \quad (\text{Ec.1.25})$$

Dónde:

W_v = Peso (kg).

Ca = Coeficiente de arrastre para la válvula de impulso.

Av = Área de sección transversal de la válvula (m²).

Hs = Altura de suministro (m).

M = Sumatorio de pérdidas totales (m).

p = Densidad de agua a 20 grados Celsius (kg/m³).

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Hidráulica:

Es la ciencia que estudia las propiedades mecánicas de los líquidos, a partir de las fuerzas que se le aplican, y las condiciones en que se encuentra el fluido (Mataix, 1986).

2.3.2. Energía potencial:

Es la energía que tiene un cuerpo situado a una determinada altura o posición (Mataix, 1986).

2.3.3. Energía cinética:

La energía cinética se define como el trabajo necesario para acelerar un fluido de una masa determinada desde el reposo hasta una determinada velocidad (Mataix, 1986).

2.3.4. Bomba hidráulica:

La bomba hidráulica es una máquina generadora que transforma la energía con la que funciona, en energía del fluido, el cual es desplazado o impulsado (Mataix, 1986).

2.3.5. Bomba de ariete:

Es una bomba hidráulica que utiliza energía cinética, ocasionada por un golpe de ariete para elevar una parte del fluido hacia una altura mayor a la utilizada (Mataix, 1986).

2.3.6. Flujo permanente:

Un flujo permanente se presenta cuando las propiedades del fluido y las condiciones del movimiento en cualquier punto no cambian en el transcurso del tiempo, tampoco cambia la densidad, presión, ni temperatura (Mataix, 1986).

2.3.7. Flujo no permanente:

Un flujo no permanente se presenta cuando las condiciones en cualquier punto cambian con el tiempo. También se lo conoce como flujo transitorio (Mataix, 1986).

2.3.8. Flujo compresible:

Es todo flujo en el que la densidad varía significativamente en el tiempo mientras está en movimiento, esto genera que la tubería sufra deformaciones muy pequeñas (Mataix, 1986).

2.3.9. Flujo incompresible:

Es todo flujo que mantiene su densidad constante en el tiempo mientras está en movimiento, en su mayoría los fluidos que se desplazan a baja velocidad son considerados flujos incompresibles (Mataix, 1986).

2.3.10. Caudal:

Es la cantidad de fluido que circula a través de una sección del conducto por unidad de tiempo Pérez, s.f. (Jeffery, 1992).

2.3.11. Caudal de suministro:

Es el caudal que alimenta a la bomba de ariete hidráulico y se transporta por la tubería de alimentación (Mataix, 1986).

2.3.12. Caudal de entrega:

Es el caudal de salida de la bomba de ariete hidráulico y se transporta por la tubería de descarga (Rivadeneira, 2013).

2.3.13. Altura de suministro:

Es la altura que se mide desde la base de la bomba de ariete hidráulico y la lámina de agua en la fuente de alimentación (Rivadeneira, 2013).

2.3.14. Altura de entrega:

Es la altura que se mide desde la base de la bomba de ariete hidráulico y la lámina de agua en la salida de la tubería de descarga (Mataix, 1986).

2.3.15. Eficiencia de bomba de ariete hidráulico:

La eficiencia de la bomba de ariete hidráulico está determinada por el cociente del producto del caudal de entrega por la altura de entrega y el producto del caudal de suministro por la altura de suministro (Rivadeneira, 2013).

III. METODOLOGÍA

3.1. Operacionalización de variables

Tabla 1.

Matriz de Operacionalización de la Variable Independiente

VARIABLES	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES
CONCEPTUAL			
Potencial de hidrógeno (pH)	Medida que indica la concentración del ion hidrógeno en una solución	mg/L	APHA-AWWA-WEF 5210 B. 21 st edition

Tabla 2.

Matriz de Operacionalización de las Variables Dependientes

VARIABLES	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES
CONCEPTUAL			
Oxígeno disuelto (O ₂)	Viene a hacer la cantidad de oxígeno disuelta en el agua	O ₂	APHA 4500-H+ -B Pág. 4-90 a 4-94 21 ava edi
Temperatura (°C)	Magnitud que mide el nivel de calor de un determinado cuerpo	°C	APHA-2540-D Pag. 2-58 2-59 31 ava edición

3.2. Diseño de investigación

Sampieri et al (2014); define a la investigación no experimental como una investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios en los que no hacemos variar en forma intencional las variables para ver su efecto sobre otras variables, lo que se hace es observar fenómenos tal como se dan en su contexto, para luego analizarlos (The SAGA Glossary of the Social and Behavioral Sciences 2009b); así mismo también define alcance exploratorio como; la examinación de un tema poco estudiado o que no se ha abordado antes. Es, decir cuando la revisión de la literatura reveló que tan sólo hay guías no investigadas e ideas vagamente relacionadas con el problema de estudio, o bien, si deseamos indagar sobre temas y áreas desde nuevas perspectivas.

De acuerdo a las definiciones planteadas por el autor, nuestra investigación propuesta cumple con las características planteadas, por lo que se define como una investigación no experimental cuantitativa de alcance exploratorio.

3.3. Unidad de estudio

La unidad de estudio está enfocada al fluido (agua) del afluente denominado san Martin (798781 E, 9216702 N) que desemboca en el rio Tambomayo, antes y después de circular por los diferentes componentes de la bomba de ariete hidráulico, en la comunidad de Polloc distrito de la Encañada.

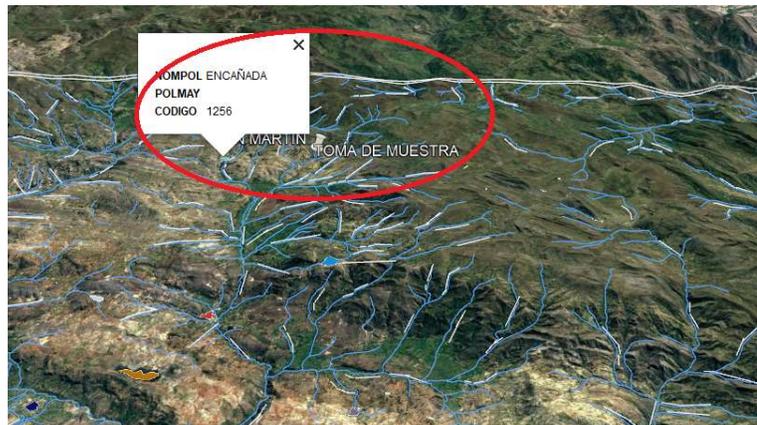


Figura 27. Vista aérea de la zona donde se realizó el estudio. Recuperado de Google Earth Pro - geogpsperu.com – carta 15-g.



Figura 28. Vista aérea de la zona donde se tomó la muestra. Recuperado de Google Earth Pro - geogpsperu.com – carta 15-g.

3.4. Población

La población de estudio está limitada a la zona donde se toma las muestras de estudio en el punto de monitoreo (798781E – 9216702N; 798118E-9216581N).

3.5. Muestra (muestreo o selección)

Debido a una población infinita (todos los ensayos aplicados al fluido de alimentación y al fluido de descarga), nuestras variables de estudio son cuantitativas (parámetros fisicoquímicos pH, O₂, °C) aplicaremos el tipo de muestreo probabilístico, utilizando la siguiente fórmula:

$$n = \frac{z^2 \times p \times q}{e^2}$$

$$n = \frac{1.95^2 \times 0.5 \times 0.5}{0.05^2} = 384$$

Donde:

Z = nivel de confianza = 95 %.

p = variabilidad negativa para máximo tamaño de muestra = 0.5

q = variabilidad positiva para máximo tamaño de muestra = 0.5

e = error = 0.05

Muestra investigación está conformada por 384 ensayos aplicados al fluido para un margen de error del 5 % y un nivel de confianza del 95 %, los cuales están divididos en: 192 ensayos del fluido de alimentación y 192 del fluido de descarga.

3.6. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

3.6.1. Ubicación

La Investigación se llevó a cabo en las instalaciones piscícolas de propiedad del Director Regional de Producción – Cajamarca el Ing. Elmer Culqui Muñoz, en el sector denominado San Martín, jurisdicción del distrito de la Encañada, provincia de Cajamarca cuyas coordenadas son: 798581 E y 9215897 N y una altitud de 2 917 msnm. La vía de acceso lo constituye la carretera a Cajamarca - Celendín, hasta la altura del kilómetro 27+800, para luego continuar en dirección Este a través de una trocha Carrozable de 4.9 km. La sección de la trocha de acceso tiene un ancho

promedio aproximado de 4 metros, encontrándose actualmente en regular estado de conservación.

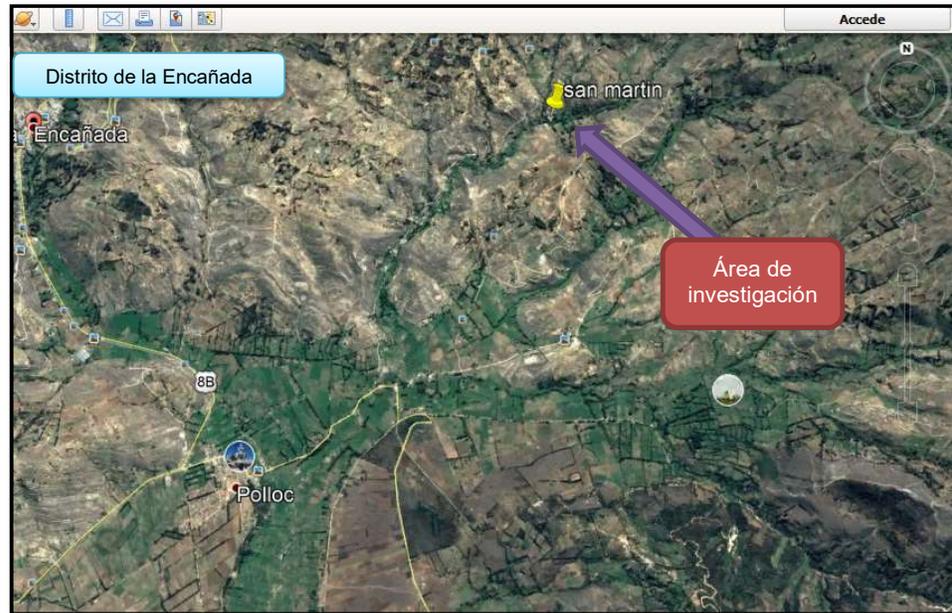


Figura 29. Imagen satelital de la ubicación de la zona donde se instaló la bomba de ariete hidráulico. Recuperado de Google Earth Pro - geogpsperu.com – carta 15-g.

Ubicación del área de Estudio

- El área del proyecto tiene por límites:
- Por el norte, con la quebrada San Martín
- Por el este, con terreno de propiedad de terceros.
- Por el sur, con la trocha Carrozable Polloc – San Martín
- Por el oeste, con terreno de propiedad de terceros

3.6.2. Procedimiento para la toma de muestra (protocolo de monitoreo del ANA).

3.6.2.1. Toma de muestras en ríos o quebradas con bajo caudal.

- El encargado del muestreo se colocará las botas de jebes y los guantes descartables antes del inicio de la toma de muestras de agua.
- Se ubicará en un punto medio de la corriente principal, donde la corriente sea homogénea, evitando aguas estancadas y poco profundas.

- Medir los parámetros de campo directamente en el río o tomando un volumen adecuado de agua en un balde limpio y evitar hacer remoción del sedimento.
- Coger un recipiente, retirar la tapa y contratapa sin tocar la superficie interna del frasco.
- Antes de coleccionar las muestras, los frascos se deben enjuagar como mínimo dos veces, a excepción de los frascos para el análisis de los parámetros orgánicos o microbiológicos.
- Coger la botella por debajo del cuello, sumergirla en dirección opuesta al flujo de agua.
- Considerar un espacio de alrededor de 1 % aproximadamente de la capacidad del envase para aquellos parámetros que requieren preservación.
- Evitar coleccionar suciedad, películas de la superficie o sedimentos del fondo.

3.6.3. Materiales y Equipos

3.6.3.1. Materiales y equipos de Laboratorio para análisis fisicoquímicos

➤ Oxígeno Disuelto:

- Frascos Winkler
- Frascos de 0.5 litros
- Matraz Erlenmeyer de 50 y 100 mL
- Pipeta de 10 mL
- Bureta graduada de 50 mL
- Soporte universal con pinza
- Balanza marca “Sartorius” de 0,0001 g de sensibilidad
- Ácido sulfúrico concentrado
- Almidón al 10%
- Agua destilada
- Campana desecadora, marca pobel modelo 929220
- Incubadora Solfarma
- Estufa Marca MEMMERT rango Max T = 250 °C

➤ pH:

- Beaker de 100 mL
- Agua destilada
- Rejillas para tubos de ensayos.
- Pipeta de 10 mL
- Bureta graduada de 50 mL
- Soporte universal con pinza
- Matraz Erlenmeyer de 50 y 100 mL
- Solución buffer de fosfato
- Solución de sulfato de magnesio
- Solución de cloruro de calcio
- Solución de cloruro férrico
- Solución ioduro alcalina
- Gotero

➤ Temperatura

- Termómetro

3.6.3.2. Componentes de la bomba de ariete hidráulico

- Tubo galvanizado de 2"
- Arena gruesa
- Cemento
- Codos, Tee, pvc
- Materiales galvanizados

3.6.3.3. Materiales de campo (protocolo de monitoreo)

- Frascos de plásticos y vidrio.
- Baldes de plásticos.
- Guantes descartables.
- GPS.
- Cámara fotográfica.
- Agua destilada.

- Solución estándar (pH).
- Zapatos de seguridad.
- Botas de jebe cortas.
- Lentes.
- Casco.
- Gorra.
- Plumones indelebles.
- Lápices.
- Cinta adhesiva.
- Papel secante.
- Libreta de campo.
- Soga.
- Cinta métrica.
- Linterna de mano.
- Tablero.

3.7. Implementación del Proyecto.

3.7.1. Trabajo de campo

Se efectuaron las coordinaciones correspondientes con el propietario de la piscicultura en la localidad de Polloc – Cajamarca, el Ing. Elmer Culqui Muñoz, quien informado de todos los alcances del trabajo de investigación aceptó, concedernos la autorización, y así poder ubicar estratégicamente la bomba de ariete hidráulico e identificar la captación como también los puntos de descarga.

Se procedió a realizar el levantamiento topográfico de la zona partiendo de las lecturas dadas por el GPS, dejando los respectivos BMS, que servirán posteriormente para que el trabajo de replanteo tenga los controles topográficos necesarios, luego se procedió a los trabajos de despalme o desbroce de la superficie para luego realizar el encofrado y el vaciado de concreto obteniendo la base donde se instaló la bomba de ariete hidráulico

Luego de la instalación de los diferentes componentes de la bomba de ariete hidráulico, y terminando el acoplamiento de las manguera de captación y descarga de fluido se realizó la toma de muestras después de dos días de iniciado el funcionamiento de la bomba de ariete hidráulico, las muestras fueron tomadas en 04 periodos tratando que las muestras sean las más representativas posible, teniendo

en cuenta, el protocolo de monitoreo de la calidad de recurso hídrico para la crianza de truchas FONDEPES en el manual de crianza de truchas en ambientes convencionales.

3.7.2. Construcción de la bomba de ariete hidráulico

3.7.2.1. Materiales empleados

Se construyó una bomba de ariete hidráulico de 2" (pulgadas) tipo lapicero para el cual se requirió materiales metálicos como tubos galvanizados y también materiales de PVC (policloruro de vinilo), en los distintos accesorios de la bomba, algunos materiales son derivados del petróleo tales como jebes presentes en las válvulas que hacen la función de sellar herméticamente el flujo continuo del agua, originando el llamado golpe de ariete, este principio es el que logra impulsar el agua hacia niveles superior.

Luego de entrar en funcionamiento la bomba se tomó las respectivas muestras representativas para luego enviar al laboratorio para su respectivo análisis.

3.7.3. Montaje de la bomba de ariete hidráulico en campo.

Los distintos elementos que componen el cuerpo de la bomba de ariete hidráulico fueron llevados y ensamblados en campo, por razones de difícil acceso a la zona de instalación, cuya topografía es bastante inclinada que imposibilita la entrada de elementos voluminosos y pesados, razón por la cual se optó por trasladar las partes de dicho elemento y ser armado en el lugar de la instalación.

Los elementos principales que fueron armados y conformaron la bomba de ariete hidráulico fueron:

3.7.3.1. Válvula de check inicial.

Esta pieza fabricada en nuestro caso en tubo galvanizado de 2" pulgadas, es probablemente una de las partes más importantes en el funcionamiento de la bomba de ariete, sin restar a las demás su respectiva transcendencia, debido a que va a ser la encargada de producir el golpe de ariete como consecuencia al cierre brusco que se produce por el efecto del incremento de la velocidad del agua; para lograr obtener un sellado hermético al

momento de cerrar el flujo de agua, se creyó conveniente utilizar gomas circulares que fueron necesarias para conseguir que la válvula trabajara perfectamente.

3.7.3.2. Válvula de cheque final.

Esta válvula anti retorno hechiza comunica el cuerpo del ariete hidráulico con la tubería de descarga y la cámara de aire. Su apertura se produce como consecuencia de la sobrepresión ocasionada, permitiendo el paso del fluido hacia el depósito de descarga, pero no su retorno.

3.7.3.3. Cuerpo de la bomba de ariete.

Es la sección de la bomba de ariete hidráulico donde se produce la inversión de la onda de presión y donde se ubican las válvulas de cheque inicial y de descarga, y a su vez base de asientos para el acople con el banco de concreto que permite brindar una mayor fijación estacionaria a la bomba, también el cuerpo de la bomba de ariete nos sirvió para ubicación de los elementos del ariete (manómetros de presión).

3.7.3.4. Cámara de aire o calderín.

Este elemento fabricado en tubo galvanizado de 2" y con una altura promedio de 1 metro, es el que nos brindó la energía potencial elástica propio de los gases que, en este caso fue el oxígeno, embonada a elementos plásticos (PVC) clase 10, que regularon el flujo de agua hacia la tubería de descarga, absorbiendo la sobrepresión (funciona como amortiguador de los golpes de ariete) e impulsando el agua por la tubería de descarga, dando de esta forma, un flujo de descarga casi continuo.

3.7.3.5. Tubería de suministro de 2" pulgadas.

Cincuenta metros de tubería de 2" pulgadas en material HDPE, que permitieron conducir el fluido desde a la zona de captación (zona A), hasta el lugar de la bomba de ariete y con un peso promedio de 47 kilogramos esta tubería facilita el fácil acople a los demás componentes de la bomba.

3.7.3.6. Manguera

Esta manguera que permite conducir el fluido impulsado por la bomba de ariete hidráulico hacia los diferentes puntos de altura, gracias a su propiedad de tan flexibles nos permitió un fácil acoplamiento al sistema de la bomba como también facilitó en el tendido adhiriéndose a las diferentes formas topográficas de la zona.

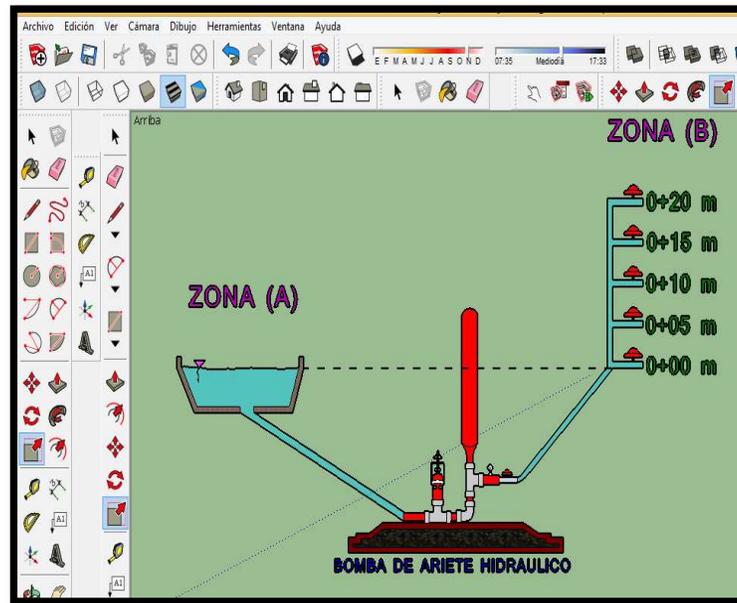


Figura 30. Sistema global de funcionamiento del estudio. Recuperado de SketchUp 2016.

N°	Elemento	Fotografía
01	En cuanto a la captación denominada zona (A) ubicada a 50m de longitud de la bomba de ariete hidráulico.	

- 02** Tubería (HDPE) de 2" pulgadas de alimentación a la bomba de ariete hidráulico, pendiente de 10 %.



- 03** Banco de concreto (lugar donde se llevó el montaje de la bomba de ariete hidráulico)



Figura 31. Elementos que conformaron el montaje de la bomba de ariete hidráulico.

N°	Elemento	Fotografía
04	Montaje de la estructuras de soporte metálico de la bomba de ariete hidráulico al banco de concreto.	

- 05** Acoplamiento de los diferentes componentes de la bomba de ariete hidráulico.



- 06** Bomba de ariete hidráulico.



Figura 32. Elementos que conformaron el montaje de la bomba de ariete hidráulico.

Nº	Elemento	Fotografía
07	Manómetro.	

- 08** Válvula de tubería galvanizada hechiza.



- 09** Cámara de aire de función hidroneumática hechizo.



Figura 33. Elementos que conformaron el montaje de la bomba de ariete hidráulico.

N°	Elemento	Fotografía
10	Tubería de ingreso a la bomba de ariete hidráulico de 2" pulgadas	

- 11 Manguera de salida del sistema de bomba de 3/4" de pulgada.



- 12 Válvula tipo globo reguladora del caudal de descarga.



Figura 34. Elementos que conformaron el montaje de la bomba de ariete hidráulico.

3.7.4. Periodicidad del muestreo

Para cada punto de muestreo se realizó lo siguiente

Tabla 3.

Periodicidad de muestreo

Mes	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Punto de muestreo
Diciembre	03/12/2017	9:40 am	Zona (A,B)
Enero	01/01/2018	9:50 am	Zona (A,B)
Enero	31/01/2018	10:00 am	Zona (A,B)
Febrero	13/02/2018	9:30 am	Zona (A,B)

3.7.4.1. Toma de muestras

Se tomaron las muestras en los frascos debidamente rotulados, en cuanto a la captación denominado zona (A) el nivel de captación permanecerá fijo he inalterable durante todo el periodo de muestreo; por el contrario la altura de descarga de la zona (B) que corresponde al fluido (agua) que sale del sistema de impulsión de la bomba de ariete en una manguera de ½" pulgada se verá aumentando equidistantemente cada cinco metros de altura partiendo de 0+00 m, 0+05 m, 0+10 m, 0+15 m, 0+20m, tomando el nivel de 0+00 m, a la cota de ingreso de la zona (A) las muestras fueron tomadas en 04 periodos por lo que se trabajara con promedios de las lecturas de muestras.

3.8. Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos

3.8.1. Métodos utilizados para el análisis

- Potencial de hidrógeno (pH): Método electrométrico. Parte 4500-h-b SMEWW.APHA-AWWA- WEF.20 Ed.
- Oxígeno disuelto (DBO): SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22 nd Ed. 2012: Biochemical Oxygen Demand 5 – Day BOD Test. Método yodométrico modificación de azida
- Temperatura (°C): NMX-AA-089/1-SCFI-2010 estará determinada por grados Celsius.

El pH se determinó mediante la utilización de un electrodo específico de pH, in situ, en el lugar de muestreo.

Las muestras fueron tomadas en unos frascos colocados en la zona A y zona B, y luego fueron llevados al laboratorio para su respectivo análisis, teniendo en cuenta que los parámetros fisicoquímicos a medir fueron: (pH, O₂, °C).

3.8.2. Trabajo de gabinete

El trabajo de gabinete consistió en el procesamiento de datos, análisis y redacción de estos.

Para las determinaciones fisicoquímicas, se desarrollaron las fórmulas con los cálculos correspondientes a cada parámetro como: potencial de hidrogeniones (pH), cantidad de oxígeno disuelto (O₂) y temperatura del agua (°C). Igualmente, los resultados de dichos parámetros ya descargados en las diferentes alturas equidistantes en cada uno de los puntos de muestreo tuvieron que ser contrastados con los estándares de calidad de agua óptima para crianza de truchas arcoíris.

Para la evaluación de cada parámetro fisicoquímico se tuvo en cuenta los Estándares Proporcionados por Romero Baquerizo & Vilchez Macuri (2016) y los estándares de calidad de agua. Se detalla a continuación.

Tabla 4.

Categoría 3 - Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales
Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales	
FÍSICOS- QUÍMICOS			
Aceites y Grasas	mg/L	5	10
Bicarbonatos	mg/L	518	**
Cianuro Wad	mg/L	0,1	0,1
Cloruros	mg/L	500	**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)	100 (a)
Conductividad	(µS/cm)	2 500	5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	15	15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40	40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2	0,5
Fenoles	mg/L	0,002	0,01
Fluoruros	mg/L	1	**
Nitratos (NO ₃ --N) + Nitritos (NO ₂ --N)	mg/L	100	100
Nitritos (NO ₂ --N)	mg/L	10	10

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales
Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales	
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4	≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000	1 000
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3
INORGÁNICOS			
Aluminio	mg/L	5	5
Arsénico	mg/L	0,1	0,2
Bario	mg/L	0,7	**
Berilio	mg/L	0,1	0,1
Boro	mg/L	1	5
Cadmio	mg/L	0,01	0,05
Cobre	mg/L	0,2	0,5
Cobalto	mg/L	0,05	1
Cromo Total	mg/L	0,1	1
Hierro	mg/L	5	**
Litio	mg/L	2,5	2,5
Magnesio	mg/L	**	250
Manganeso	mg/L	0,2	0,2
Mercurio	mg/L	0,001	0,01
Níquel	mg/L	0,2	1
Plomo	mg/L	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,02	0,05
Zinc	mg/L	2	24
ORGÁNICO			
<u>Bifenilos Policlorados</u>			
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0,04	0,045
PLAGUICIDAS			
Paratión	µg/L	35	35
<u>Organoclorados</u>			

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales
Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales	
Aldrín	µg/L	0,004	0,7
Clordano	µg/L	0,006	7
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)	µg/L	0,001	30
Dieldrín	µg/L	0,5	0,5
Endosulfán	µg/L	0,01	0,01
Endrin	µg/L	0,004	0,2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01	0,03
Lindano	µg/L	4	4
<u>Carbamato</u>			
Aldicarb	µg/L	1	11
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO			
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	$\frac{2}{000}$ 1 000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	1 000	** **
Huevos de Helminthos	Huevo/L	1	1 **

Fuente: D.S. N° 004-2017-MINAM – Aprueban estándares de calidad ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias.

Tabla 5.

Comportamiento de la trucha en función al pH

pH	4.0 – 5.0	5.1 – 6.5	6.6 – 7.9	8.0 – 10.0
Condición	Mucho estrés crecimiento lento	Estrés crecimiento lento	Óptimo desarrollo	Crecimiento lento muere

Fuente: Romero Baquerizo & Vilchez Macuri (2016)

Tabla 6.

Comportamiento de la trucha en función al nivel de O₂

O ₂ mg/l	0 – 3.0	3.1 – 4.5	4.6 – 5.9	6.0 – 8.5
Condición	Muere	Sufre grave estrés	Poco estrés crecimiento lento	Óptimo desarrollo

Fuente: Romero Baquerizo & Vilchez Macuri (2016)

Tabla 7.

Comportamiento de la trucha en función a la temperatura del agua

Temperatura °C	1 - 3	4 - 8	9 - 14	15 - 17	18 - 20
Consecuencia	Muere	Crecimiento lento	Crecimiento optimo buena incubación y reproducción	Velocidad de crecimiento disminuye	Estrés, bajo contenido de O ₂

Fuente: Romero Baquerizo & Vilchez Macuri (2016)

IV. DISCUSIÓN Y RESULTADOS

La bomba de ariete, también conocida como ariete hidráulico, es una máquina sencilla que aprovecha la energía hidráulica potencial gravitatoria del agua para la elevación de una porción de la misma, mediante la transformación de la energía potencial, primero, en energía cinética y posteriormente en ondas de presión, conocidas como golpes de ariete. Toda bomba de ariete requiere una cantidad excedentaria de agua capaz de ceder su energía potencial al agua impulsada.

4.1. Resultados promedio de los parámetros fisicoquímicos del agua antes y después de pasar por el sistema de la bomba de ariete hidráulico

Las muestras se tomaron en dos zonas bien marcadas la zona (A), que pertenece al agua ubicada en la captación, y la zona (B), que representa al punto de descarga. En este punto los niveles o alturas de descarga se vieron aumentados progresivamente cada 5 metros de altura a fin de analizar los diferentes cambios en los parámetros fisicoquímicos que se experimentaron al aumentar la columna de agua de descarga, los parámetros fisicoquímicos evaluados son: (ver anexo Base de datos de toma de muestra del fluido en ambas zonas)

- pH (potencial de hidrogeniones)
- O₂ (oxígeno disuelto)
- °C (temperatura)

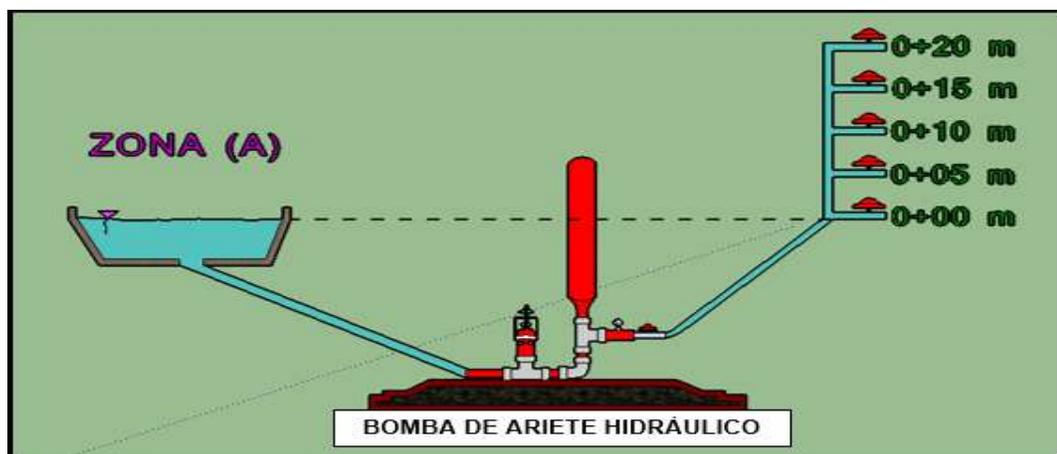


Figura 35. Muestra de las zonas de estudio (A, B). Recuperado de SketchUp 2016

4.2. Resultados de los parámetros fisicoquímicos

4.2.1. Potencial de hidrógeno (pH)

El pH es una de las pruebas más comunes para conocer parte de la calidad del agua, el pH evaluado tanto en la zona (A) como en la zona (B) registran lecturas que se encuentran dentro de los límites máximos y mínimos permisibles en la crianza de trucha arcoíris con nombre científico: *Oncorhynchus mykiss*, de la familia: SALMONIDAE. Analizando más a detalle los resultados notaremos que la concentración del potencial de hidrógeno va variando de ligeramente ácido a alcalina, por ejemplo las lecturas correspondientes al 31 de enero del 2018, en la zona de captación (A) obtuvimos una lectura de 6.80 que indica un (pH) ligeramente ácido que va aumentando a medida que el fluido va ingresando a la bomba de ariete hidráulico para luego ser medida a diferentes alturas de descarga experimentando un leve incremento en la concentración pasando de ligeramente ácido a alcalino.

Tabla 8.

Resultados del ensayo para pH evaluado

MESES	ZONA (A) (pH) 798781E - 9216702N	ZONA (B) (pH) 798118E-9216581N				
		0+00m	0+05m	0+10m	0+15m	0+20m
Dic. 03/12/2017	7.00	7.05	7.05	7.05	7.10	7.10
Ene. 01/01/2018	7.00	7.10	7.05	7.10	7.08	7.08
Ene. 31/01/2018	6.80	6.83	6.87	6.85	6.85	6.85
Febr. 13/02/2018	7.50	7.45	7.60	7.60	7.65	7.65
PROMEDIO (pH)	7.08	7.11	7.14	7.15	7.17	7.17

En esta tabla vemos los resultados obtenidos del pH en ambos puntos, resultados que se encuentran dentro de los rangos de la categoría 3 de los ECAS.

4.2.2. Oxígeno disuelto (O₂)

La concentración de oxígeno (O₂) que esta disuelto en el agua que circula en nuestro sistema de la bomba de ariete hidráulico fue analizada en el presente estudio, el agua que ha sufrido los golpes repentinos de las válvulas de ariete. Experimenta cambios

en la concentración de oxígeno. Aumentando progresivamente conforme se aumenta equidistancia cada cinco metros.

Los peces y los animales acuáticos (trucha arcoíris) no pueden diferenciar el oxígeno del agua (H₂O) o de otros compuestos que contengan oxígeno. Solo las plantas verdes y algunas bacterias pueden hacerlo a través de la fotosíntesis y procesos similares. Virtualmente el oxígeno que nosotros respiramos es producido por las plantas verdes.

Analizando los diferentes gráficos que muestran las fluctuaciones en concentración de oxígeno disuelto podemos apreciar un aumento de concentración de oxígeno a medida que la columna de agua va aumentando y también la altura equidistante de descarga se va acrecentando.

Tabla 9.

Resultados del ensayo para O₂ evaluado

MESES	ZONA (A) (O ₂) 798781E - 9216702N	ZONA B (O ₂) 798118E-9216581N				
		0+00m	0+05m	0+10m	0+15m	0+20m
Dic. 03/12/2017	7.20	7.67	7.75	7.80	7.87	7.90
Ene. 01/01/2018	7.75	8.15	8.15	8.30	8.35	8.45
Ene. 31/01/2018	6.70	7.35	7.40	7.45	7.50	7.70
Febr. 13/02/2018	7.80	8.15	8.35	8.60	8.70	8.85
PROMEDIO (O₂)	7.36	7.83	7.91	8.04	8.11	8.23

En esta tabla podemos ver los resultados del O₂, valores que se encuentran dentro de la categoría 3 de los ECAS.

4.2.3. Temperatura (°C)

La temperatura del agua está establecida por la absorción de la cantidad de radiación en las capas superiores del líquido, también está ligado a la energía cinética propia de los ríos con pendientes abruptas presentes en nuestra área de estudio, analizando los diferentes datos y gráficos estadísticos podemos encontrar que la temperatura del fluido va desarrollando un ligero aumento a medida que va ingresando a los diferentes componentes de la bomba de ariete hidráulico, también presenciamos algunos cambios ligeros conforme aumentamos la altura de descarga equidistantemente en

nuestro caso cada cinco metros. Pero también notamos que el salto más notorio en la lectura se da muy próxima a la bomba de ariete y que luego si bien es cierto va conservando este aumento lo realiza, pero con aumentos en la concentración cada vez menores.

Tabla 10.

Resultados del ensayo para °C evaluado

MESES	ZONA (A) (°C)	ZONA (B) (°C) 798118E-9216581N				
		0+00m	0+05m	0+10m	0+15m	0+20m
Dic. 03/12/2017	13.30	13.80	13.90	14.10	14.19	14.35
Ene. 01/01/2018	9.95	10.23	10.36	10.38	10.55	10.73
Ene. 31/01/2018	13.15	13.43	13.57	13.65	13.80	13.05
Febr. 13/02/2018	9.25	9.95	9.90	10.09	10.25	10.35
PROMEDIO (°C)	11.41	11.87	11.95	12.05	12.20	12.12

CONCLUSIONES

- Al evaluar la temperatura, el oxígeno disuelto y el potencial de hidrógeno del agua, durante el proceso de recirculación por la bomba de ariete hidráulico en la crianza de alevines, se llega a la conclusión de que el agua al pasar por el proceso de recirculación no sufre ningún cambio brusco que afecte a la crianza de alevines ya que los parámetros evaluados siguen dentro del rango óptimo (ver tabla 5, 6, 7).
- Se logró implementar en forma óptima una bomba de ariete que permita la recirculación del agua en la crianza de alevines en la comunidad de Polloc – Cajamarca, dicha bomba permite obtener un mejor caudal de agua.
- El potencial de hidrógeno (pH), experimentó un leve aumento en las diferentes lecturas tal como se puede apreciar en los gráficos estadísticos promedios, una lectura promedio de 7.08 de pH, en la zona (A). Los siguientes parámetros de la zona (B) se ven incrementando a medida que la altura de la equidistancia va aumentando; pero se pone hincapié en que el cambio más notorio se produce inmediatamente después que el agua hace su ingreso por la bomba de ariete es decir en la altura 0+00 metros, terminando en la equidistancia de 0+20 metros con una lectura promedio de 7.17 de pH, valor que se encuentra dentro de los rangos de la categoría 3 (6.5 a 8.5 ph). La cantidad de Oxígeno disuelto (O_2) presente en el agua no debería experimentar algún cambio sustancial, interpretando nuestros resultados promedios de nuestro estudio notaremos que la lectura va aumentando de 7.36 ppm (partes por millón) en la zona (A), a una lectura máxima promedio de 8.23 ppm a la altura de 0+20 metros zona (B). Cabe concluir que, a pesar de contar en el sistema de bomba de ariete con presiones internas positivas en algún momento, esta presión baja instantáneamente lo que permite que el oxígeno de la atmósfera que está presente junto a las válvulas ingrese al sistema y sumado al golpe de válvulas hacen que las lecturas se incrementen y a su vez la concentración de oxígeno aumentó progresivamente a la altura. Las lecturas de los promedios de la temperatura ($^{\circ}C$) del agua se ven dependientes de la temperatura de los diferentes materiales y concluimos que analizando los diferentes gráficos estadísticos promedios notamos que el valor va aumentando producto de la movimiento cinético que está sometido el fluido estos cambios de presión y dirección de fluido producto del mecanismo de las válvulas incrementan la temperatura, por tal razón concluiremos que nos encontramos dentro de la variación de temperatura de $\pm 3^{\circ}C$ (Categoría 3), ya que el afluente San Martín desemboca en el río Tambomayo y la temperatura que ronda dicho afluente máxima $13^{\circ}C$ y una mínima de $5^{\circ}C$ (fuente: es.getamap.net).

RECOMENDACIONES

- La válvula de impulso es el elemento que se encuentra sometido a la mayor suma de esfuerzos por lo cual se debe tener las precauciones necesarias en el diseño construcción y montaje, así mismo se debe fijar correctamente la bomba de ariete en una posición horizontal; bien anclada para evitar deslizamiento por vibración
- Las pérdidas en la etapa de bombeo deben ser reducidas al mínimo en la instalación; esto se logra haciendo un tendido rectilíneo del conducto de entrega.
- El usuario debe evitar fuerzas externas a la cámara de aire; ya que su correcto funcionamiento depende de su posición vertical. Por ningún motivo, la válvula de desperdicio debe ser obstruida de lo contrario el dispositivo deja de funcionar. Si se requiere cambiar alguna pieza por mantenimiento; hacerlo con las válvulas cerradas.

REFERENCIAS

- Carlos Andrés Sierra Gallo, (2012), “Análisis del ariete hidráulico para diferentes configuraciones”, México.
- Egg, E. A. (1995). Técnicas de Investigación Social. Argentina: Lumen.
- Hernández, R., Baptista, P., & Fernández, C. (1997). Metodología de la Investigación. Bogotá: MCGRAW- HILL.
- IDRC. (1986). Manuscript Report Proceedings of a workshop on hydraulic Ram Pump.
- Jeffery, T. (1992). Hydraulic Ram Pumps.
- John Blake. (1975). A Manual on the Hidraulic Ram for pumping wáter.
- Luis Fernando Silva Espinoza, (2013), “Diseño y construcción de una bomba de ariete hidráulico con el desarrollo de un software para su dimensionamiento”.
- Mataix, C. (1986). Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas. Madrid: Ediciones del Castillo S.A.
- María Magdalena Paredes Godoy, (2012), “Diseño e instalación de un sistema de bombeo mediante ariete hidráulico en la comunidad de Airón Cebadas”, Ecuador.
- Rivadeneira, L. S. (2013). Software de bomba de ariete hidráulico. Quito - Ecuador.
- Smith, (1995). A guide to ram pump water supply systems.
- UPN, U. P. (2005). Glosario de término. Cajamarca.
- UPN. (2016). Tesis eficiencia de un sistema de suministro de agua por impulsión utilizando bombas de ariete hidráulico con válvulas en serie y en paralelo.
- VITA. (1990). Volunteers in Technical Assistance.

ANEXOS

ANEXO 1: Ficha de recojo de información

 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>	FORMATO DE LA TOMA DE DATOS DE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS EN LAS ZONAS (A, B)		
	FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL		
	CARRERA DE INGENIERIA CIVIL		
TESIS	APLICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DE LA BOMBA DE ARIETE HIDRÁULICO EN LA CRIANZA DE ALEVINES EN POLLOC - CAJAMARCA*		
TESISTAS	CHRISTIAN FRANCILES CHÁVEZ CHÁVEZ		
ASESOR	ING. HERNÁN ESPINOZA CHANCAFE		
N° DE PRUEBA:			
UTM:	HORA DE INICIO:	LUGAR:	Laboratorio
FECHA:			
PARAMETROS FISICOQUIMICOS A EVALUAR		OBSERVACIONES	
POTENCIAL DE HIDROGENO (pH)			
OXIGENO DISUELTO (O2)			
TEMPERATURA (T°C)			
ZONAS DE MUESTRAS	POTENCIAL DE HIDROGENIONES (pH)	OXIGENO DISUELTO (O2)	TEMPERATURA (T° C)
ZONA (A)			
ALTURAS DE DESCARGA ZONA (B)			
0 + 00 m			
0 + 05 m			
0 + 10 m			
0 + 15 m			
0 + 20 m			
CHÁVEZ CHÁVEZ	ING. HERNÁN ESPINOZA CHANCAFE	ING. ORLANDO AGUILAR ALIAGA	
CHRISTIAN FRANCILES			
TESISTA	ASESOR	DIRECTOR DE CARRERA	

ANEXO 2. Base de datos del punto de monitoreo

Tabla 11.

Base de Datos

ZONA A (AGUA UBICADA EN LA CAPTACIÓN)	Número de Prueba	Fecha	PH	O ₂	°C	ZONA B	Número de Prueba	Fecha	ALTURA	PH	O ₂	°C
INGRESO DE FLUIDO	1	3/12/2017	6.9	7.2	14	DESCARGA DEL FLUIDO	1	3/12/2017	0	6.3	7.4	14
INGRESO DE FLUIDO	2	3/12/2017	7.2	7.2	15	DESCARGA DEL FLUIDO	2	3/12/2017	0	7.6	7.6	15
INGRESO DE FLUIDO	3	3/12/2017	7.4	7.4	13	DESCARGA DEL FLUIDO	3	3/12/2017	0	7.5	7.5	15
INGRESO DE FLUIDO	4	3/12/2017	7.4	7.6	13	DESCARGA DEL FLUIDO	4	3/12/2017	0	7.7	7.4	13
INGRESO DE FLUIDO	5	3/12/2017	6.9	7.5	12	DESCARGA DEL FLUIDO	5	3/12/2017	0	6.3	8.2	12
INGRESO DE FLUIDO	6	3/12/2017	6.9	7.4	12	DESCARGA DEL FLUIDO	6	3/12/2017	0	6.4	7.5	12
INGRESO DE FLUIDO	7	3/12/2017	6.6	7.5	12	DESCARGA DEL FLUIDO	7	3/12/2017	0	6.3	7.5	14
INGRESO DE FLUIDO	8	3/12/2017	7.2	7.4	15	DESCARGA DEL FLUIDO	8	3/12/2017	0	7.2	7.1	15
INGRESO DE FLUIDO	9	3/12/2017	7.6	6.9	13	DESCARGA DEL FLUIDO	9	3/12/2017	0	7.6	8.3	15
INGRESO DE FLUIDO	10	3/12/2017	7.2	6.9	14	DESCARGA DEL FLUIDO	10	3/12/2017	0	7.6	8.2	13
INGRESO DE FLUIDO	11	3/12/2017	6.6	6.8	15	DESCARGA DEL FLUIDO	11	3/12/2017	5	6.3	7.5	15
INGRESO DE FLUIDO	12	3/12/2017	6.9	7.2	13	DESCARGA DEL FLUIDO	12	3/12/2017	5	7.6	7.6	15
INGRESO DE FLUIDO	13	3/12/2017	6.6	7.4	13	DESCARGA DEL FLUIDO	13	3/12/2017	5	7.5	7.5	15
INGRESO DE FLUIDO	14	3/12/2017	7.6	7.3	12	DESCARGA DEL FLUIDO	14	3/12/2017	5	7.7	7.4	13
INGRESO DE FLUIDO	15	3/12/2017	7.2	7.2	12	DESCARGA DEL FLUIDO	15	3/12/2017	5	6.3	8.2	12

INGRESO DE FLUIDO	16	3/12/2017	7.2	7.4	12	DESCARGA DEL FLUIDO	16	3/12/2017	5	6.4	7.5	12
INGRESO DE FLUIDO	17	3/12/2017	6.6	7.4	15	DESCARGA DEL FLUIDO	17	3/12/2017	5	6.3	7.5	14
INGRESO DE FLUIDO	18	3/12/2017	6.8	7.4	14	DESCARGA DEL FLUIDO	18	3/12/2017	5	7.2	7.4	15
INGRESO DE FLUIDO	19	3/12/2017	6.6	6.9	14	DESCARGA DEL FLUIDO	19	3/12/2017	5	7.6	8.5	15
INGRESO DE FLUIDO	20	3/12/2017	7.4	6.9	15	DESCARGA DEL FLUIDO	20	3/12/2017	5	7.6	8.4	13
INGRESO DE FLUIDO	21	3/12/2017	7.2	7	13	DESCARGA DEL FLUIDO	21	3/12/2017	10	6.3	7.5	15
INGRESO DE FLUIDO	22	3/12/2017	7.2	7	13	DESCARGA DEL FLUIDO	22	3/12/2017	10	7.6	7.6	15
INGRESO DE FLUIDO	23	3/12/2017	6.6	7	12	DESCARGA DEL FLUIDO	23	3/12/2017	10	7.5	7.5	15
INGRESO DE FLUIDO	24	3/12/2017	6.8	7	12	DESCARGA DEL FLUIDO	24	3/12/2017	10	7.7	7.4	13
INGRESO DE FLUIDO	25	3/12/2017	7.2	7	12	DESCARGA DEL FLUIDO	25	3/12/2017	10	6.3	8.2	12
INGRESO DE FLUIDO	26	3/12/2017	7.2	7.4	15	DESCARGA DEL FLUIDO	26	3/12/2017	10	6.4	8.1	14
INGRESO DE FLUIDO	27	3/12/2017	6.6	7.4	15	DESCARGA DEL FLUIDO	27	3/12/2017	10	6.3	7.5	14
INGRESO DE FLUIDO	28	3/12/2017	6.8	7.4	13	DESCARGA DEL FLUIDO	28	3/12/2017	10	7.2	7.4	15
INGRESO DE FLUIDO	29	3/12/2017	7.2	6.9	12	DESCARGA DEL FLUIDO	29	3/12/2017	10	7.6	8.5	15
INGRESO DE FLUIDO	30	3/12/2017	6.6	7	12	DESCARGA DEL FLUIDO	30	3/12/2017	10	7.6	8.3	13
INGRESO DE FLUIDO	31	3/12/2017	6.8	6.8	12	DESCARGA DEL FLUIDO	31	3/12/2017	15	6.1	7.5	15
INGRESO DE FLUIDO	32	3/12/2017	6.6	7.3	15	DESCARGA DEL FLUIDO	32	3/12/2017	15	7.6	7.6	15
INGRESO DE FLUIDO	33	3/12/2017	7.2	7.3	16	DESCARGA DEL FLUIDO	33	3/12/2017	15	7.2	8.2	15
INGRESO DE FLUIDO	34	3/12/2017	7.2	7.3	13	DESCARGA DEL FLUIDO	34	3/12/2017	15	7.7	7.4	13
INGRESO DE FLUIDO	35	3/12/2017	7.2	7.2	12	DESCARGA DEL FLUIDO	35	3/12/2017	15	7.5	8.2	12

INGRESO DE FLUIDO	36	3/12/2017	6.6	7.3	12	DESCARGA DEL FLUIDO	36	3/12/2017	15	6.6	8.1	14
INGRESO DE FLUIDO	37	3/12/2017	6.9	7.2	12	DESCARGA DEL FLUIDO	37	3/12/2017	15	6.1	7.5	14
INGRESO DE FLUIDO	38	3/12/2017	7.2	7.3	15	DESCARGA DEL FLUIDO	38	3/12/2017	15	7.2	7.4	15
INGRESO DE FLUIDO	39	3/12/2017	7.6	6.9	15	DESCARGA DEL FLUIDO	39	3/12/2017	15	7.5	8.5	15
INGRESO DE FLUIDO	40	3/12/2017	6.6	7.2	13	DESCARGA DEL FLUIDO	40	3/12/2017	15	7.5	8.3	13
INGRESO DE FLUIDO	41	3/12/2017	6.9	7.3	11	DESCARGA DEL FLUIDO	41	3/12/2017	20	6.1	7.8	13
INGRESO DE FLUIDO	42	3/12/2017	7.2	7.3	11	DESCARGA DEL FLUIDO	42	3/12/2017	20	7.6	7.6	12
INGRESO DE FLUIDO	43	3/12/2017	7.2	7.1	14	DESCARGA DEL FLUIDO	43	3/12/2017	20	7.2	8.2	14
INGRESO DE FLUIDO	44	3/12/2017	6.6	7.4	16	DESCARGA DEL FLUIDO	44	3/12/2017	20	7.7	7.9	14
INGRESO DE FLUIDO	45	3/12/2017	6.8	7.2	15	DESCARGA DEL FLUIDO	45	3/12/2017	20	7.5	8.2	15
INGRESO DE FLUIDO	46	3/12/2017	7	7.2	12.4	DESCARGA DEL FLUIDO	46	3/12/2017	20	6.9	8.1	15
INGRESO DE FLUIDO	47	3/12/2017	7	7.2	13	DESCARGA DEL FLUIDO	47	3/12/2017	20	6.6	8.1	13
INGRESO DE FLUIDO	48	3/12/2017	7.2	7.1	13	DESCARGA DEL FLUIDO	48	3/12/2017	20	7.2	7.3	15
INGRESO DE FLUIDO	49	1/01/2018	6.9	8	9.8	DESCARGA DEL FLUIDO	49	1/01/2018	0	6.1	7.2	9.8
INGRESO DE FLUIDO	50	1/01/2018	7.2	7.5	11	DESCARGA DEL FLUIDO	50	1/01/2018	0	7.6	8.6	11
INGRESO DE FLUIDO	51	1/01/2018	7.4	7.9	10	DESCARGA DEL FLUIDO	51	1/01/2018	0	7.2	8.3	10
INGRESO DE FLUIDO	52	1/01/2018	7.4	7.6	10	DESCARGA DEL FLUIDO	52	1/01/2018	0	7.7	8.7	10
INGRESO DE FLUIDO	53	1/01/2018	6.9	7.2	9.9	DESCARGA DEL FLUIDO	53	1/01/2018	0	7.5	7.5	9.9
INGRESO DE FLUIDO	54	1/01/2018	6.9	7.4	9.9	DESCARGA DEL FLUIDO	54	1/01/2018	0	6.6	8.6	9.9
INGRESO DE FLUIDO	55	1/01/2018	6.6	7.5	10	DESCARGA DEL FLUIDO	55	1/01/2018	0	6.1	7.4	10

INGRESO DE FLUIDO	56	1/01/2018	7.2	7.6	10	DESCARGA DEL FLUIDO	56	1/01/2018	0	7.2	8.2	10
INGRESO DE FLUIDO	57	1/01/2018	7.6	7.9	10	DESCARGA DEL FLUIDO	57	1/01/2018	0	7.5	8.5	10
INGRESO DE FLUIDO	58	1/01/2018	7.2	7.5	9.8	DESCARGA DEL FLUIDO	58	1/01/2018	0	7.5	8.5	9.8
INGRESO DE FLUIDO	59	1/01/2018	6.6	7.7	9.9	DESCARGA DEL FLUIDO	59	1/01/2018	5	6.1	7.2	9.9
INGRESO DE FLUIDO	60	1/01/2018	6.9	8.2	9.8	DESCARGA DEL FLUIDO	60	1/01/2018	5	7.6	8.6	9.8
INGRESO DE FLUIDO	61	1/01/2018	6.6	8	9.8	DESCARGA DEL FLUIDO	61	1/01/2018	5	7.2	8.3	9.8
INGRESO DE FLUIDO	62	1/01/2018	7.6	8	9.8	DESCARGA DEL FLUIDO	62	1/01/2018	5	7.7	8.7	9.8
INGRESO DE FLUIDO	63	1/01/2018	7.2	7.6	10	DESCARGA DEL FLUIDO	63	1/01/2018	5	7.5	7.5	10
INGRESO DE FLUIDO	64	1/01/2018	7.2	7.7	9	DESCARGA DEL FLUIDO	64	1/01/2018	5	6.6	8.6	9
INGRESO DE FLUIDO	65	1/01/2018	6.6	7.5	9	DESCARGA DEL FLUIDO	65	1/01/2018	5	6.1	7.4	9
INGRESO DE FLUIDO	66	1/01/2018	6.8	8	9	DESCARGA DEL FLUIDO	66	1/01/2018	5	7.2	8.2	9
INGRESO DE FLUIDO	67	1/01/2018	6.6	8	9	DESCARGA DEL FLUIDO	67	1/01/2018	5	7.5	8.5	9
INGRESO DE FLUIDO	68	1/01/2018	7.4	8	9	DESCARGA DEL FLUIDO	68	1/01/2018	5	7.5	8.5	9
INGRESO DE FLUIDO	69	1/01/2018	7.2	7.7	10	DESCARGA DEL FLUIDO	69	1/01/2018	10	6.1	7.2	10
INGRESO DE FLUIDO	70	1/01/2018	7.2	7.9	9	DESCARGA DEL FLUIDO	70	1/01/2018	10	7.6	8.6	9
INGRESO DE FLUIDO	71	1/01/2018	6.6	7.9	9	DESCARGA DEL FLUIDO	71	1/01/2018	10	7.2	8.5	9
INGRESO DE FLUIDO	72	1/01/2018	6.8	7.8	9.9	DESCARGA DEL FLUIDO	72	1/01/2018	10	7.7	8.7	9.9
INGRESO DE FLUIDO	73	1/01/2018	7.2	7.8	10	DESCARGA DEL FLUIDO	73	1/01/2018	10	7.5	7.9	10
INGRESO DE FLUIDO	74	1/01/2018	7.2	8	10	DESCARGA DEL FLUIDO	74	1/01/2018	10	6.6	8.6	10
INGRESO DE FLUIDO	75	1/01/2018	6.6	7.9	10	DESCARGA DEL FLUIDO	75	1/01/2018	10	6.1	7.9	10

INGRESO DE FLUIDO	76	1/01/2018	6.8	7.7	10	DESCARGA DEL FLUIDO	76	1/01/2018	10	7.2	8.4	10
INGRESO DE FLUIDO	77	1/01/2018	7.2	7.3	11	DESCARGA DEL FLUIDO	77	1/01/2018	10	7.5	8.5	11
INGRESO DE FLUIDO	78	1/01/2018	6.6	7.2	11	DESCARGA DEL FLUIDO	78	1/01/2018	10	7.1	8.7	11
INGRESO DE FLUIDO	79	1/01/2018	6.8	7.7	11	DESCARGA DEL FLUIDO	79	1/01/2018	15	6.1	8.1	11
INGRESO DE FLUIDO	80	1/01/2018	6.6	7.6	11	DESCARGA DEL FLUIDO	80	1/01/2018	15	7.6	8.6	11
INGRESO DE FLUIDO	81	1/01/2018	7.2	7.7	10	DESCARGA DEL FLUIDO	81	1/01/2018	15	7.2	8.5	10
INGRESO DE FLUIDO	82	1/01/2018	7.2	7.7	10	DESCARGA DEL FLUIDO	82	1/01/2018	15	7.7	8.7	10
INGRESO DE FLUIDO	83	1/01/2018	7.2	7.7	10	DESCARGA DEL FLUIDO	83	1/01/2018	15	7.5	7.7	10
INGRESO DE FLUIDO	84	1/01/2018	6.6	7.9	10	DESCARGA DEL FLUIDO	84	1/01/2018	15	6.5	8.6	10
INGRESO DE FLUIDO	85	1/01/2018	6.9	7.9	10	DESCARGA DEL FLUIDO	85	1/01/2018	15	6.1	7.9	10
INGRESO DE FLUIDO	86	1/01/2018	7.2	7.6	10	DESCARGA DEL FLUIDO	86	1/01/2018	15	6.9	8.4	10
INGRESO DE FLUIDO	87	1/01/2018	7.6	7.4	10	DESCARGA DEL FLUIDO	87	1/01/2018	15	7.5	8.5	10
INGRESO DE FLUIDO	88	1/01/2018	6.6	7.7	10	DESCARGA DEL FLUIDO	88	1/01/2018	15	6.8	8.5	10
INGRESO DE FLUIDO	89	1/01/2018	6.9	7.7	10	DESCARGA DEL FLUIDO	89	1/01/2018	20	6.8	8.1	10
INGRESO DE FLUIDO	90	1/01/2018	7.2	8.1	10	DESCARGA DEL FLUIDO	90	1/01/2018	20	7.4	8.6	10
INGRESO DE FLUIDO	91	1/01/2018	7.2	8.1	10	DESCARGA DEL FLUIDO	91	1/01/2018	20	7.1	8.5	10
INGRESO DE FLUIDO	92	1/01/2018	6.6	7.7	10	DESCARGA DEL FLUIDO	92	1/01/2018	20	7.1	8.7	10
INGRESO DE FLUIDO	93	1/01/2018	6.8	7.7	10	DESCARGA DEL FLUIDO	93	1/01/2018	20	6.8	8.5	10
INGRESO DE FLUIDO	94	1/01/2018	6.7	8.1	11	DESCARGA DEL FLUIDO	94	1/01/2018	20	7.1	8.6	11
INGRESO DE FLUIDO	95	1/01/2018	6.7	7.8	10	DESCARGA DEL FLUIDO	95	1/01/2018	20	6.8	8.2	10

INGRESO DE FLUIDO	96	1/01/2018	7.2	7.9	10	DESCARGA DEL FLUIDO	96	1/01/2018	20	7.5	8.4	10
INGRESO DE FLUIDO	97	31/01/2018	6.9	6.7	12.5	DESCARGA DEL FLUIDO	97	31/01/2018	0	6.9	7.5	13
INGRESO DE FLUIDO	98	31/01/2018	6.8	6.8	13.5	DESCARGA DEL FLUIDO	98	31/01/2018	0	6.8	7.6	14
INGRESO DE FLUIDO	99	31/01/2018	6.8	6.8	13.5	DESCARGA DEL FLUIDO	99	31/01/2018	0	6.8	7.3	14
INGRESO DE FLUIDO	100	31/01/2018	6.8	6.8	14.5	DESCARGA DEL FLUIDO	100	31/01/2018	0	6.9	7.4	15
INGRESO DE FLUIDO	101	31/01/2018	6.9	6.7	12.5	DESCARGA DEL FLUIDO	101	31/01/2018	0	6.9	7.1	13
INGRESO DE FLUIDO	102	31/01/2018	6.9	6.7	12.5	DESCARGA DEL FLUIDO	102	31/01/2018	0	6.9	7.4	13
INGRESO DE FLUIDO	103	31/01/2018	6.6	6.6	12.5	DESCARGA DEL FLUIDO	103	31/01/2018	0	6.6	7.5	13
INGRESO DE FLUIDO	104	31/01/2018	6.8	6.8	14.5	DESCARGA DEL FLUIDO	104	31/01/2018	0	6.8	7.4	15
INGRESO DE FLUIDO	105	31/01/2018	6.8	6.8	12.5	DESCARGA DEL FLUIDO	105	31/01/2018	0	6.8	7.1	13
INGRESO DE FLUIDO	106	31/01/2018	6.9	6.7	12.5	DESCARGA DEL FLUIDO	106	31/01/2018	0	6.9	7.2	13
INGRESO DE FLUIDO	107	31/01/2018	6.6	6.6	12.5	DESCARGA DEL FLUIDO	107	31/01/2018	5	6.9	7.5	13
INGRESO DE FLUIDO	108	31/01/2018	6.9	6.7	12.5	DESCARGA DEL FLUIDO	108	31/01/2018	5	6.8	7.6	13
INGRESO DE FLUIDO	109	31/01/2018	6.6	6.6	12.5	DESCARGA DEL FLUIDO	109	31/01/2018	5	6.8	7.8	13
INGRESO DE FLUIDO	110	31/01/2018	6.9	6.7	12.5	DESCARGA DEL FLUIDO	110	31/01/2018	5	7.1	7.4	13
INGRESO DE FLUIDO	111	31/01/2018	6.9	6.7	13	DESCARGA DEL FLUIDO	111	31/01/2018	5	6.9	7.1	13
INGRESO DE FLUIDO	112	31/01/2018	6.9	6.7	13	DESCARGA DEL FLUIDO	112	31/01/2018	5	7.1	7.4	13
INGRESO DE FLUIDO	113	31/01/2018	6.6	6.6	13.5	DESCARGA DEL FLUIDO	113	31/01/2018	5	6.6	7.5	14
INGRESO DE FLUIDO	114	31/01/2018	6.8	6.8	14.5	DESCARGA DEL FLUIDO	114	31/01/2018	5	6.8	7.4	15
INGRESO DE FLUIDO	115	31/01/2018	6.6	6.6	12.5	DESCARGA DEL FLUIDO	115	31/01/2018	5	6.8	7.1	13

INGRESO DE FLUIDO	116	31/01/2018	6.9	6.7	12.5	DESCARGA DEL FLUIDO	116	31/01/2018	5	6.9	7.2	13
INGRESO DE FLUIDO	117	31/01/2018	6.9	6.7	12.5	DESCARGA DEL FLUIDO	117	31/01/2018	10	6.9	7.5	13
INGRESO DE FLUIDO	118	31/01/2018	6.9	6.7	12.5	DESCARGA DEL FLUIDO	118	31/01/2018	10	6.6	7.6	13
INGRESO DE FLUIDO	119	31/01/2018	6.9	6.7	12.5	DESCARGA DEL FLUIDO	119	31/01/2018	10	6.8	7.3	13
INGRESO DE FLUIDO	120	31/01/2018	6.8	6.8	12.5	DESCARGA DEL FLUIDO	120	31/01/2018	10	7.1	7.4	13
INGRESO DE FLUIDO	121	31/01/2018	7	6.9	13	DESCARGA DEL FLUIDO	121	31/01/2018	10	6.9	7.9	13
INGRESO DE FLUIDO	122	31/01/2018	7	6.9	13	DESCARGA DEL FLUIDO	122	31/01/2018	10	7.1	7.4	13
INGRESO DE FLUIDO	123	31/01/2018	6.6	6.6	13.5	DESCARGA DEL FLUIDO	123	31/01/2018	10	6.6	7.5	14
INGRESO DE FLUIDO	124	31/01/2018	6.8	6.8	14	DESCARGA DEL FLUIDO	124	31/01/2018	10	6.8	7.4	14
INGRESO DE FLUIDO	125	31/01/2018	7	6.9	14	DESCARGA DEL FLUIDO	125	31/01/2018	10	6.8	7.2	14
INGRESO DE FLUIDO	126	31/01/2018	6.6	6.6	14	DESCARGA DEL FLUIDO	126	31/01/2018	10	6.9	7.3	14
INGRESO DE FLUIDO	127	31/01/2018	6.8	6.8	14	DESCARGA DEL FLUIDO	127	31/01/2018	15	6.9	7.5	14
INGRESO DE FLUIDO	128	31/01/2018	6.6	6.5	12.5	DESCARGA DEL FLUIDO	128	31/01/2018	15	6.6	7.6	13
INGRESO DE FLUIDO	129	31/01/2018	6.9	6.7	13	DESCARGA DEL FLUIDO	129	31/01/2018	15	6.8	7.3	13
INGRESO DE FLUIDO	130	31/01/2018	6.9	6.7	13	DESCARGA DEL FLUIDO	130	31/01/2018	15	7.1	7.4	13
INGRESO DE FLUIDO	131	31/01/2018	6.9	6.7	13.6	DESCARGA DEL FLUIDO	131	31/01/2018	15	6.9	7.9	14
INGRESO DE FLUIDO	132	31/01/2018	6.6	6.5	12.5	DESCARGA DEL FLUIDO	132	31/01/2018	15	7.1	7.4	13
INGRESO DE FLUIDO	133	31/01/2018	6.9	6.7	14	DESCARGA DEL FLUIDO	133	31/01/2018	15	6.6	7.5	14
INGRESO DE FLUIDO	134	31/01/2018	6.9	6.7	12.5	DESCARGA DEL FLUIDO	134	31/01/2018	15	6.8	7.9	13
INGRESO DE FLUIDO	135	31/01/2018	7	6.9	14	DESCARGA DEL FLUIDO	135	31/01/2018	15	6.8	7.2	14

INGRESO DE FLUIDO	136	31/01/2018	6.6	6.6	14	DESCARGA DEL FLUIDO	136	31/01/2018	15	6.9	7.3	14
INGRESO DE FLUIDO	137	31/01/2018	6.6	6.6	14	DESCARGA DEL FLUIDO	137	31/01/2018	20	6.9	7.5	14
INGRESO DE FLUIDO	138	31/01/2018	6.9	6.7	14	DESCARGA DEL FLUIDO	138	31/01/2018	20	6.6	7.9	14
INGRESO DE FLUIDO	139	31/01/2018	6.9	6.7	14	DESCARGA DEL FLUIDO	139	31/01/2018	20	6.8	7.8	14
INGRESO DE FLUIDO	140	31/01/2018	6.6	6.6	12.5	DESCARGA DEL FLUIDO	140	31/01/2018	20	7.1	7.2	13
INGRESO DE FLUIDO	141	31/01/2018	6.8	6.8	13	DESCARGA DEL FLUIDO	141	31/01/2018	20	6.9	7.9	13
INGRESO DE FLUIDO	142	31/01/2018	6.7	6.5	13	DESCARGA DEL FLUIDO	142	31/01/2018	20	7.1	7.9	13
INGRESO DE FLUIDO	143	31/01/2018	6.7	6.7	13.6	DESCARGA DEL FLUIDO	143	31/01/2018	20	6.6	7.5	14
INGRESO DE FLUIDO	144	31/01/2018	6.7	6.5	12.5	DESCARGA DEL FLUIDO	144	31/01/2018	20	6.8	7.9	13
INGRESO DE FLUIDO	145	13/02/2018	7.6	8.1	9.3	DESCARGA DEL FLUIDO	145	13/02/2018	0	7.6	7.2	9.3
INGRESO DE FLUIDO	146	13/02/2018	7.8	7.5	9.2	DESCARGA DEL FLUIDO	146	13/02/2018	0	7.8	8.6	9.2
INGRESO DE FLUIDO	147	13/02/2018	7.8	8.1	9.3	DESCARGA DEL FLUIDO	147	13/02/2018	0	7.8	8.3	9.3
INGRESO DE FLUIDO	148	13/02/2018	6.9	7.6	9.3	DESCARGA DEL FLUIDO	148	13/02/2018	0	6.9	8.7	9.3
INGRESO DE FLUIDO	149	13/02/2018	7.5	7.2	9.1	DESCARGA DEL FLUIDO	149	13/02/2018	0	7.5	7.5	9.1
INGRESO DE FLUIDO	150	13/02/2018	7.7	7.4	9.1	DESCARGA DEL FLUIDO	150	13/02/2018	0	7.7	8.6	9.1
INGRESO DE FLUIDO	151	13/02/2018	7.8	7.5	9.1	DESCARGA DEL FLUIDO	151	13/02/2018	0	7.5	7.4	9.1
INGRESO DE FLUIDO	152	13/02/2018	6.9	8	9.4	DESCARGA DEL FLUIDO	152	13/02/2018	0	6.9	8.2	9.4
INGRESO DE FLUIDO	153	13/02/2018	7.8	7.9	9.2	DESCARGA DEL FLUIDO	153	13/02/2018	0	7.5	8.5	9.2
INGRESO DE FLUIDO	154	13/02/2018	7.8	8	9.8	DESCARGA DEL FLUIDO	154	13/02/2018	0	7.3	8.5	9.8
INGRESO DE FLUIDO	155	13/02/2018	7.7	7.7	9.3	DESCARGA DEL FLUIDO	155	13/02/2018	5	7.7	8.1	9.3

INGRESO DE FLUIDO	156	13/02/2018	7.7	8.2	9.6	DESCARGA DEL FLUIDO	156	13/02/2018	5	7.8	8.6	9.6
INGRESO DE FLUIDO	157	13/02/2018	7.7	8	9.6	DESCARGA DEL FLUIDO	157	13/02/2018	5	7.9	8.5	9.6
INGRESO DE FLUIDO	158	13/02/2018	7.8	8	9.3	DESCARGA DEL FLUIDO	158	13/02/2018	5	7.2	8.7	9.3
INGRESO DE FLUIDO	159	13/02/2018	7.8	8.1	9.3	DESCARGA DEL FLUIDO	159	13/02/2018	5	7.5	7.7	9.3
INGRESO DE FLUIDO	160	13/02/2018	7.8	7.7	9.3	DESCARGA DEL FLUIDO	160	13/02/2018	5	7.7	8.6	9.3
INGRESO DE FLUIDO	161	13/02/2018	7.8	7.5	9.2	DESCARGA DEL FLUIDO	161	13/02/2018	5	7.5	7.9	9.2
INGRESO DE FLUIDO	162	13/02/2018	7.8	8.1	9.4	DESCARGA DEL FLUIDO	162	13/02/2018	5	7.2	8.4	9.4
INGRESO DE FLUIDO	163	13/02/2018	7.8	8.1	9.2	DESCARGA DEL FLUIDO	163	13/02/2018	5	7.9	8.5	9.2
INGRESO DE FLUIDO	164	13/02/2018	7.8	8.1	9.3	DESCARGA DEL FLUIDO	164	13/02/2018	5	7.6	8.5	9.3
INGRESO DE FLUIDO	165	13/02/2018	7.8	7.7	9.8	DESCARGA DEL FLUIDO	165	13/02/2018	10	7.7	8.7	9.8
INGRESO DE FLUIDO	166	13/02/2018	7.6	7.9	8.9	DESCARGA DEL FLUIDO	166	13/02/2018	10	7.8	8.5	8.9
INGRESO DE FLUIDO	167	13/02/2018	7.8	7.9	8.9	DESCARGA DEL FLUIDO	167	13/02/2018	10	7.9	8.6	8.9
INGRESO DE FLUIDO	168	13/02/2018	7.5	7.8	9.4	DESCARGA DEL FLUIDO	168	13/02/2018	10	7.2	8.4	9.4
INGRESO DE FLUIDO	169	13/02/2018	7.8	7.8	9.2	DESCARGA DEL FLUIDO	169	13/02/2018	10	7.5	8.9	9.2
INGRESO DE FLUIDO	170	13/02/2018	7.5	8	9.1	DESCARGA DEL FLUIDO	170	13/02/2018	10	7.7	8.5	9.1
INGRESO DE FLUIDO	171	13/02/2018	7.5	7.9	9.1	DESCARGA DEL FLUIDO	171	13/02/2018	10	7.5	8.5	9.1
INGRESO DE FLUIDO	172	13/02/2018	7.7	7.7	9.2	DESCARGA DEL FLUIDO	172	13/02/2018	10	7.2	8.2	9.2
INGRESO DE FLUIDO	173	13/02/2018	6.9	7.3	9.1	DESCARGA DEL FLUIDO	173	13/02/2018	10	7.9	8.9	9.1
INGRESO DE FLUIDO	174	13/02/2018	7.8	7.2	9.2	DESCARGA DEL FLUIDO	174	13/02/2018	10	7.6	8.8	9.2
INGRESO DE FLUIDO	175	13/02/2018	6.9	7.7	9.2	DESCARGA DEL FLUIDO	175	13/02/2018	15	7.7	8.7	9.2

INGRESO DE FLUIDO	176	13/02/2018	6.9	8	9.2	DESCARGA DEL FLUIDO	176	13/02/2018	15	7.8	8.5	9.2
INGRESO DE FLUIDO	177	13/02/2018	7.7	7.7	9.3	DESCARGA DEL FLUIDO	177	13/02/2018	15	7.9	8.6	9.3
INGRESO DE FLUIDO	178	13/02/2018	7.6	7.7	9.2	DESCARGA DEL FLUIDO	178	13/02/2018	15	7.4	8.4	9.2
INGRESO DE FLUIDO	179	13/02/2018	7.7	7.7	9.3	DESCARGA DEL FLUIDO	179	13/02/2018	15	7.5	8.9	9.3
INGRESO DE FLUIDO	180	13/02/2018	7.7	7.9	9.2	DESCARGA DEL FLUIDO	180	13/02/2018	15	7.7	9.5	9.2
INGRESO DE FLUIDO	181	13/02/2018	6.9	7.9	9.1	DESCARGA DEL FLUIDO	181	13/02/2018	15	7.5	8.5	9.1
INGRESO DE FLUIDO	182	13/02/2018	6.9	7.6	9.1	DESCARGA DEL FLUIDO	182	13/02/2018	15	7.3	8.2	9.1
INGRESO DE FLUIDO	183	13/02/2018	7.6	7.4	9.2	DESCARGA DEL FLUIDO	183	13/02/2018	15	7.9	8.9	9.2
INGRESO DE FLUIDO	184	13/02/2018	6.9	7.7	9.2	DESCARGA DEL FLUIDO	184	13/02/2018	15	7.8	8.8	9.2
INGRESO DE FLUIDO	185	13/02/2018	7.8	7.7	9.3	DESCARGA DEL FLUIDO	185	13/02/2018	20	7.7	8.7	9.3
INGRESO DE FLUIDO	186	13/02/2018	7.8	8.1	9.1	DESCARGA DEL FLUIDO	186	13/02/2018	20	7.8	9.2	9.1
INGRESO DE FLUIDO	187	13/02/2018	6.9	8.1	9.1	DESCARGA DEL FLUIDO	187	13/02/2018	20	7.9	8.6	9.1
INGRESO DE FLUIDO	188	13/02/2018	7.7	7.7	9.4	DESCARGA DEL FLUIDO	188	13/02/2018	20	7.4	9.4	9.4
INGRESO DE FLUIDO	189	13/02/2018	7.7	7.7	9.3	DESCARGA DEL FLUIDO	189	13/02/2018	20	7.6	8.9	9.3
INGRESO DE FLUIDO	190	13/02/2018	6.9	8.1	9.3	DESCARGA DEL FLUIDO	190	13/02/2018	20	7.7	9.3	9.3
INGRESO DE FLUIDO	191	13/02/2018	7.6	7.8	9.2	DESCARGA DEL FLUIDO	191	13/02/2018	20	7.5	8.5	9.2
INGRESO DE FLUIDO	192	13/02/2018	7.6	7.9	9.1	DESCARGA DEL FLUIDO	192	13/02/2018	20	7.6	8.2	9.1

ANEXO 3. Figuras de la instalación de la bomba de ariete

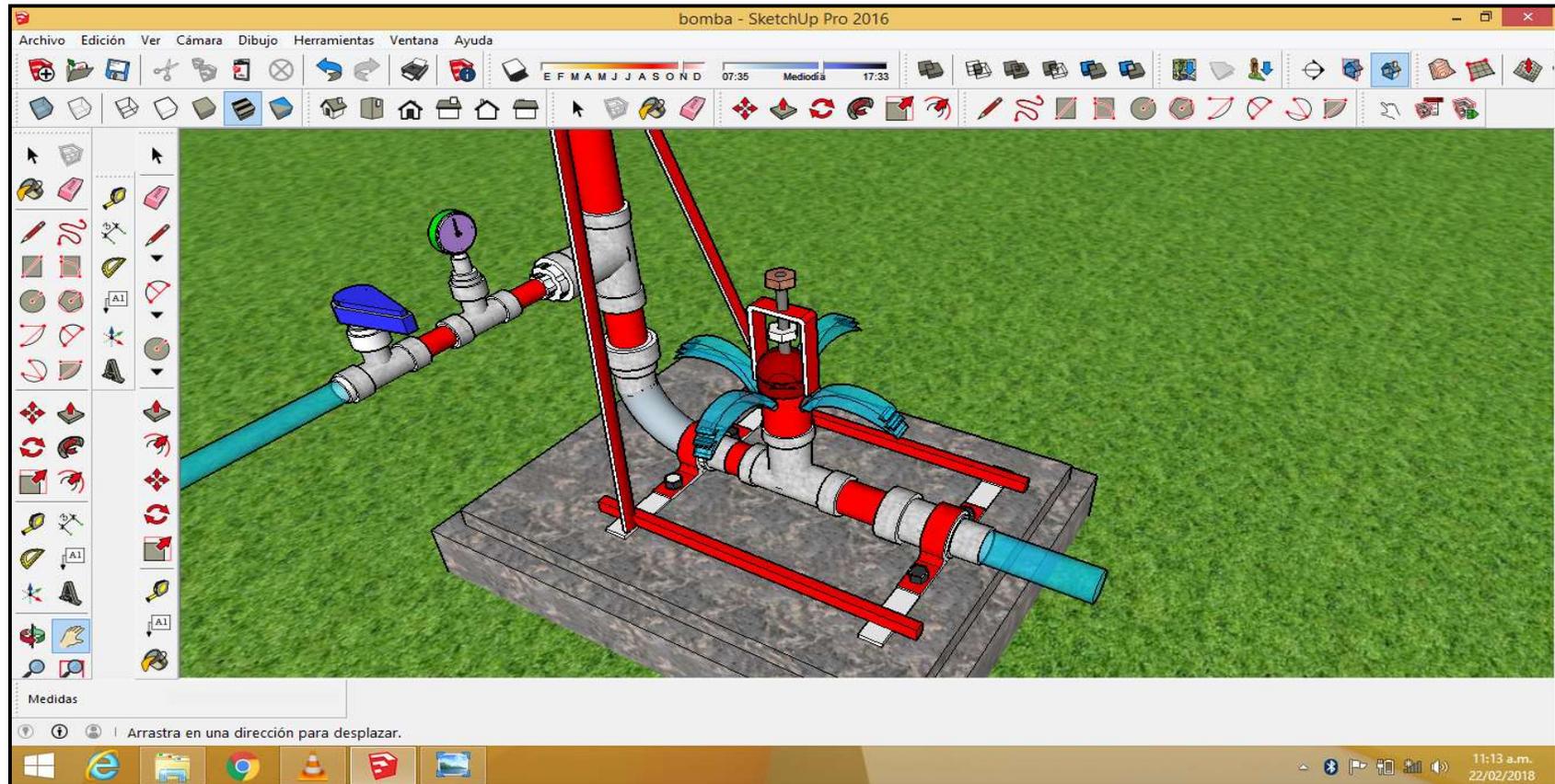


Figura 36. Vista isométrica del diseño tridimensional de la bomba de ariete hidráulico. Recuperado de programa sketchUp pro 2016

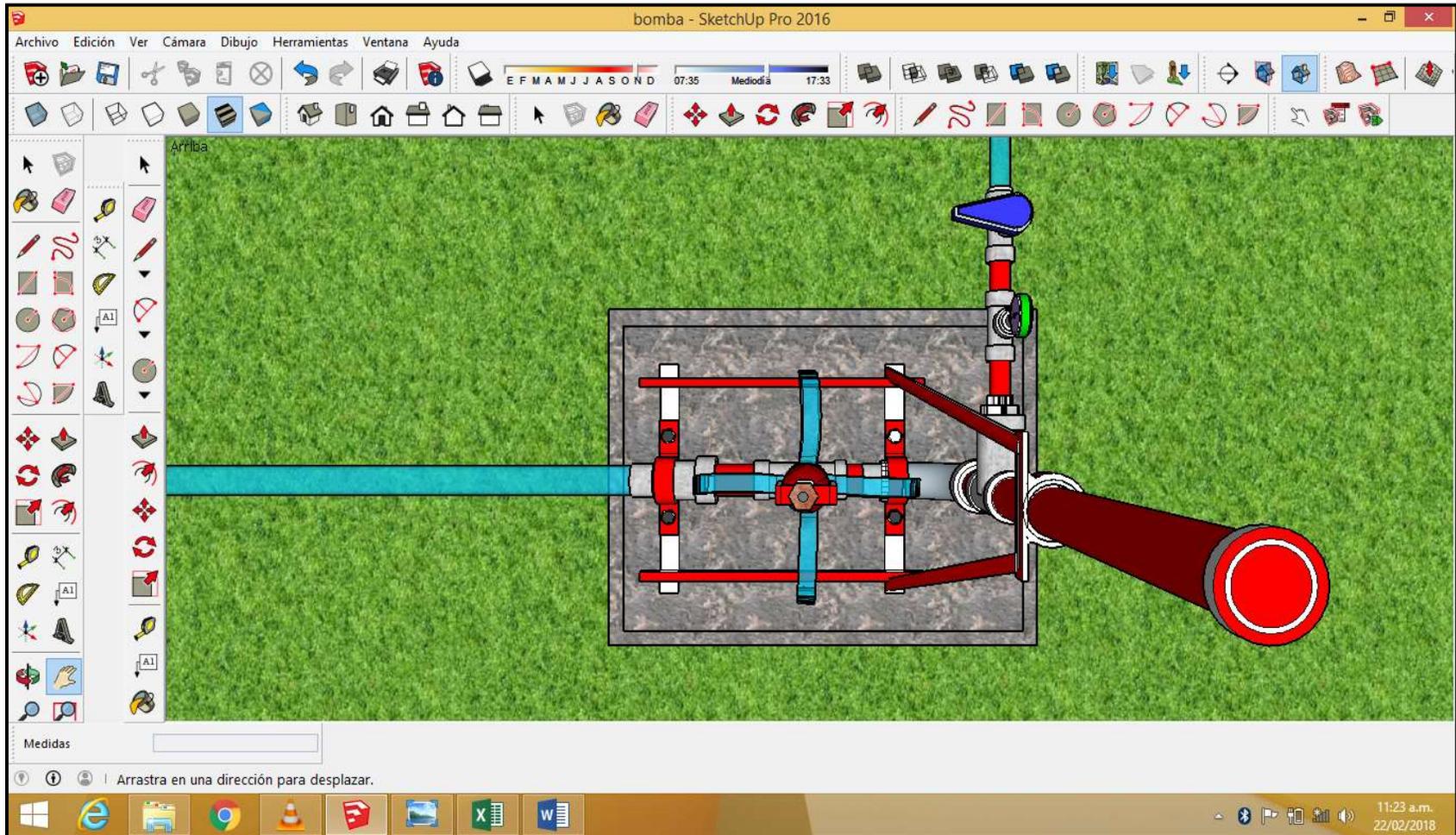


Figura 37. Vista en planta del diseño tridimensional de la bomba de ariete hidráulico. Recuperado de programa sketchUp pro 2016.

ANEXO 4. Presupuesto de mano de obra, materiales, herramientas, equipos topográficos, Ensayos de laboratorio y equipos de protección personal; utilizados en el presente estudio

Tabla 12.

Presupuesto del presente estudio

ÍTEMS	UND.	CANT	C.U.	PARCIAL	SUB - TOTAL
1.0 Mano de obra					S/ 630.00
Operario	Día	2	S/ 95.00	S/ 190.00	
Oficial	Día	4	S. 80.00	S/ 320.00	
Peón	Día	2	S/ 60.00	S/ 120.00	
2.0 Materiales y herramientas					S/ 1, 352.20
Adaptador PVC CR 2"	Und.	2	S/ 4.50	S/. 9.00	
Adaptador PVC SP 2"	Und.	3	S/ 4.50	S/ 13.50	
Bushing 1/2"	Und.	2	S/ 0.50	S/ 1.00	
Cinta teflón METUSA 1/2" x 0.75 x 10 m	Und.	15	S/ 2.00	S/ 30.00	
Campana de F°G° de 2" - 1"	Und.	2	S/ 6.50	S/ 13.00	
Cinta teflón METUSA 3/4" x 0.75 x 12 m	Und.	15	S/ 2.00	S/ 30.00	
Lija	Und.	5	S/ 1.80	S/ 9.00	
Bushing 1/2"	Und.	1	S/ 1.00	S/ 1.00	
Codo F°G° 2" x 90° CR	Und.	5	S/ 14.60	S/ 73.00	
Manguera de agua PVC 1/2"	m.	50	S/ 1.00	S/ 50.00	
Pegamento PVC 4 oz	Und.	3	S/ 8.00	S/ 24.00	
Niple F°G° 2" x 4"	Und.	1	S/ 7.90	S/ 7.90	
Niple F°G° 1/2" x 2"	Und.	2	S/ 1.80	S/ 3.60	
Niple F°G° 1" x 2"	Und.	4	S/ 3.20	S/ 12.80	
Niple F°G° 2" x 2"	Und.	12	S/ 6.90	S/ 82.80	
Manómetro aire 100 psi Fimes	Und.	1	S/ 45.50	S/ 45.50	
Cemento portland	Und.	2	S/ 28.50	S/ 57.00	
Piedra chancada de 1/2" pulgada	m ³	0.2	S/ 85.00	S/ 17.00	
Manguera HDPE, DE 2"	ml	50	S/ 5.00	S/ 250.00	
Soporte metálico para la bomba (inc. accesorios)	Und.	1	S/150.00	S/ 150.00	
Spray agro	Und.	2	S/ 10.00	S/ 20.00	
Tee PVC 2" CR	Und.	6	S/ 10.00	S/ 60.00	
Tee PVC° 1/2" CR	Und.	1	S/ 1.20	S/ 1.20	
Tee PVC° 1" CR	Und.	1	S/ 3.50	S/ 3.50	

Tee PVC 2" CR	Und.	6	S/ 12.30	S/ 73.8	
Unión universal PVC CR 2"	Und.	2	S/ 22.50	S/ 45.00	
Válvulas de impulsión (inc. accesorios)	Und.	2	S/ 70.00	S/ 140.00	
Válvula check 1" CIM	Und.	1	S/ 45.50	S/ 45.50	
Válvula tipo globo PVC SP 2"	Und.	1	S/ 20.80	S/ 20.80	
Válvula esférica 1/2"	Und.	1	S/ 6.50	S/ 6.50	
Llave mixta Stanley 10 mm	Und.	1	S/ 10.00	S/ 10.00	
Sierra ajustable profesional Stanley	Und.	1	S/ 19.90	S/ 19.90	
Wincha Stanley 25 m	Und.	1	S/ 25.90	S/ 25.90	
3.0 Equipos topográficos.					S/ 210.00
GPS (sistema de posicionamiento global)	GLB	1	S/ 60.00	S/ 60.00	
Estación total, sokkia - 330 R	GLB	1	S/ 150.00	S/ 150.00	
4.0 Equipos (Laboratorio).					S/ 870.00
Ensayos, de las muestras y reactivos	GLB	1	S/ 870.00	S/ 870.00	
5.0 Implementos de seguridad					S/ 459.00
Botas de seguridad	Und.	3	S/ 18.00	S/ 54.00	
Zapatos de seguridad	Und.	3	S/ 80.00	S/ 240.00	
Chaleco de seguridad	Und.	3	S 25.00	S/ 75.00	
Casco de seguridad	Und.	3	S/ 30.00	S/ 90.00	
TOTAL, DE PRESUPUESTO (S/)					S/ 3,521.20

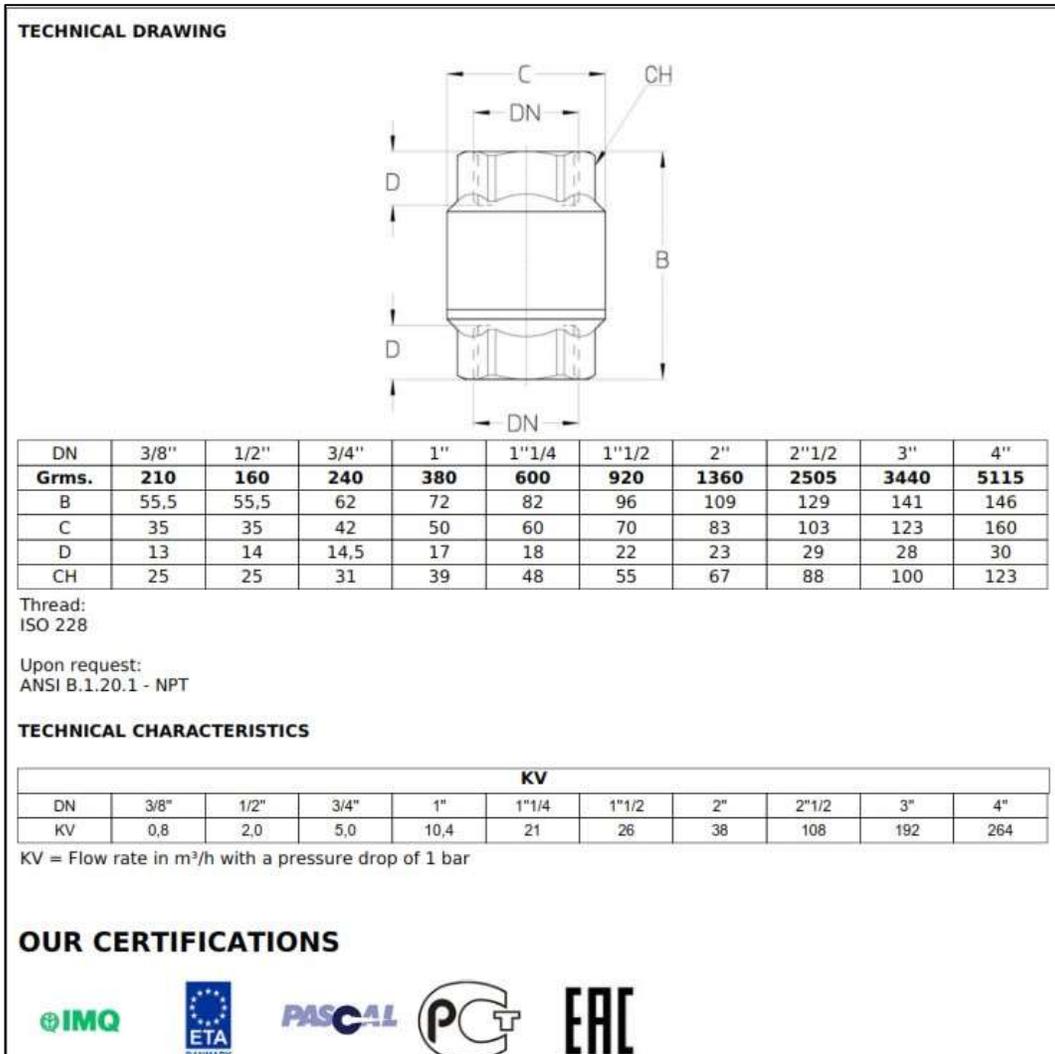


Figura 38. Technical drawing

ANEXO 5. Panel fotográfico.



Figura 39. Coordinando con el propietario de la zona de proyecto.



Figura 40. Equipos topográficos para encontrar la diferencia de cotas del terreno de la zona.



Figura 41. Levantamiento topográfico de la zona.

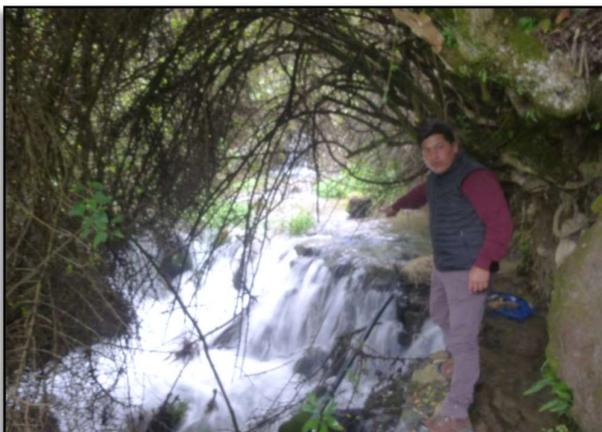


Figura 42. Ubicando estratégicamente el lugar de la bomba de ariete hidráulico.



Figura 43. Ubicando la zona estratégica para la captación (A).



Figura 44. GPS utilizado para georreferenciar la zona levantada



Figura 45. Vista de panorámica de la zona de estudio.



Figura 46. Alistando los diferentes componentes que constituyen la bomba de ariete hidráulico.



Figura 47. Lijando las diferentes tuberías galvanizadas que serán pintadas para evitar la corrosión de las mismas.



Figura 48. Pre armado o presentación de los diferentes componentes de la bomba de ariete hidráulico.



Figura 49. Vista de la bomba de ariete hidráulico.



Figura 50. Pintados de los diferentes elementos galvanizados.



Figura 51. Pintado de la válvula de cierre.



Figura 52. Pintados de la estructura de soporte que será montada al banco del concreto.



Figura 53. Diferentes componentes de la bomba de ariete ya en campo listos para ser ensamblados.



Figura 54. Cuadrilla lista para el trabajo de ensamblaje y montaje de la bomba de ariete hidráulico.



Figura 55. Diferentes componentes de la bomba de ariete ya en campo listos para ser ensamblados.



Figura 56. Cuadrilla lista para el trabajo de ensamblaje y montaje de la bomba de ariete hidráulico.



Figura 57. Embonado de componentes de la bomba de ariete hidráulico.



Figura 58. Realizando el corte y relleno de terreno para ubicar el
dado de concreto que fijara la bomba.



Figura 59. Materiales empleados (agregados cemento y piedra de $\frac{3}{4}$ "
utilizados para la construcción del dado de soporte



Figura 60. Materiales empleados para el encofrado del dado de concreto de soporte.



Figura 61. Dado de concreto listo y pulido que sirve de soporte de la bomba de ariete hidráulico



Figura 62. Colocado de pernos de anclaje entre el dado de concreto y la bomba de ariete hidráulico.



Figura 63. Bomba de ariete hidráulico lista para ser fijada en el dado de concreto.



Figura 64. Montaje de la bomba de ariete hidráulico.



Figura 65. Acoplamiento de la tubería de suministro.



Figura 66. Cuerpo de la bomba de ariete hidráulico acoplada con sus diferentes elementos.



Figura 67. Puesto en funcionamiento el sistema de bomba de ariete hidráulico.



Figura 68. Toma de muestras de agua, en la zona de captación (A)



Figura 69. Muestra de agua tomada para su respectivo análisis zona (A).



Figura 70. Toma de muestras de las zonas (B) altura 0+00m



Figura 71. Toma de muestras de las zonas (B) altura 0+20m