

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**  
**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECÁNICA**  
**ELÉCTRICA**



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE JAÉN**

**DISEÑO DE UNA BOMBA DE ARIETE HIDRÁULICO PARA  
SUMINISTRAR AGUA EN EL CENTRO POBLADO SAN  
JUAN DE TUNGUILLAN-LAS PIRIAS, JAÉN-  
CAJAMARCA**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
MECÁNICO ELECTRICISTA**

**Autores: Bach. Carlos Mario Díaz Reyes.**

**Bach. Segundo Michel Segura Peña.**

**Asesor: Mg. Ing. Walter Linder Cabrera Torres.**

**JAÉN-PERÚ, JUNIO 2023**

I



NOMBRE DEL TRABAJO

**DISEÑO DE UNA BOMBA DE ARIETE\_V1.docx**

AUTOR

**Carlos Mario Díaz Reyes.**

RECuento DE PALABRAS

**11586 Words**

RECuento DE CARACTERES

**60325 Characters**

RECuento DE PAGINAS

**86 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**19.2MB**

FECHA DE ENTREGA

**Jul 4, 2023 12:33 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Jul 4, 2023 12:34 PM GMT-5**

● **12% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 11% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 6% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)



Resumen

II



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**  
**Ley de Creación N°29304**  
**Universidad Licenciada con Resolución del consejo Directivo N°002-2018-**  
**SUNEDU/CD**

**FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN**

En la ciudad de Jaén, el día 10 de julio del año 2023, siendo las 15:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente : ... Mg. José Andrés Fernández Mera.....  
Secretario : .... Mg. Mario Félix Olivera Aldana.....  
Vocal : ..... Dr. Christiaan Zayed Apaza Panca....., para evaluar la Sustentación del Informe Final:

- ( ) Trabajo de Investigación
- ( X ) Tesis
- ( ) Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: "DISEÑO DE UNA BOMBA DE ARIETE HIDRÁULICO PARA SUMINISTRAR AGUA EN EL CENTRO POBLADO SAN JUAN DE TUNGUILLAN-LAS PIRIAS, JAÉN-CAJAMARCA"  
presentado por los Bachiller: **Carlos Mario Díaz Reyes** y **Segundo Michel Segura Peña** ,  
de la Escuela Profesional de INGENIERIA MECÁNICA Y ELÉTRICA.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

- ( X ) Aprobado ( ) Desaprobar ( X ) Unanimidad ( ) Mayoría

Con la siguiente mención:

- |                |            |        |
|----------------|------------|--------|
| a) Excelente   | 18,19,20   | ( )    |
| b) Muy bueno   | 16,17      | ( )    |
| c) Bueno       | 14,15      | ( 14 ) |
| d) Regular     | 13         | ( )    |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | ( )    |

Siendo las 14:10 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

  
\_\_\_\_\_  
**Mg. José Andrés Fernández Mera**  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
**Mg. Mario Félix Olivera Aldana**  
Secretario

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Christiaan Zayed Apaza Panca**  
Vocal











# ÍNDICE

ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
RESUMEN.....	9
ABSTRACT.....	10
I. INTRODUCCIÓN.....	11
II. OBJETIVOS.....	21
2.1 Objetivo general.....	21
2.2 Objetivos específicos.....	21
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
3.1 Ubicación del área de estudio.....	22
3.2 Población.....	22
3.3 Muestreo.....	23
3.4 Muestra.....	23
3.5 Variables de estudio.....	23
3.6 Métodos, Técnicas y procedimientos.....	24
3.6.1 Métodos.....	24
3.8. Desarrollo de la investigación.....	29
3.8.1 Dotación de agua.....	29
3.8.2 Cálculo de caudal de entrega.....	29
3.8.3 Cálculo de velocidad de cierre de válvula de impulso.....	30



3.8.4 Cálculo de coeficiente de descarga.....	30
3.8.5 Cálculo de caudal libre .....	30
3.8.6 Cálculo de pérdidas en la bomba de ariete hidráulico .....	30
3.8.7 Cálculo del factor de fricción .....	30
3.8.8 Cálculo del número de Reynolds.....	30
3.8.9 Cálculo de la Rugosidad Relativa.....	31
3.8.10 Cálculo del caudal de suministro.....	31
3.8.11 Cálculo del rendimiento de la bomba .....	31
3.8.12 Cálculo de la potencia de la bomba .....	31
3.8.13 Cálculo del caudal de llegada al tanque de almacenamiento.....	31
3.8.14 Análisis de datos .....	32
<b>IV. RESULTADOS .....</b>	<b>33</b>
4. Cálculo de la demanda de Agua .....	33
4.1 Dotación de Agua .....	33
4.2 Cálculo del Caudal de la quebrada Tumguillan .....	33
4.3 Localización de la bomba .....	35
4.4 Cálculos para el Diseño de la Bomba de Ariete Hidráulico .....	37
4.4.1 Altura de entrega ( $H_d$ ).....	37
4.4.2 Altura de suministro( $H_s$ ) .....	37
4.4.3 Tubería de suministro .....	37
4.4.4 Tuberías de descarga .....	38




4.4.5 Caudal de entrega .....	38
4.4.6 Velocidad de cierre de la válvula de impulso.....	38
4.4.7 Caudal libre .....	39
4.4.8 Factor de Fricción.....	40
4.4.9 Número de Reynolds .....	40
4.4.10 Rugosidad Relativa.....	41
4.4.11 Coeficiente de descarga.....	41
4.4.12 Pérdidas mayores.....	42
4.4.13 Pérdidas menores.....	43
4.4.14 Caudal de suministro .....	45
4.4.15 Potencia de la bomba de ariete hidráulico .....	46
4.4.16 Cálculo del caudal de llegada al tanque de almacenamiento.....	46
4.4.16 Análisis mecánico y simulación de Fluido del Diseño de la Bomba de ariete hidráulico.....	47
4.4.16.1 Simulación del fluido en su recorrido a través de la Bomba de Ariete Hidráulico: .....	52
4.4.16.2 Dimensionamiento del reservorio de agua: .....	58
Reservorio de almacenamiento.....	59
V. DISCUSIÓN.....	62
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	64
CONCLUSIONES.....	64
RECOMENDACIONES .....	66




VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68
DEDICATORIA.....	73
AGRADECIMIENTO.....	74
ANEXOS.....	75

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de las variables.....	22
Tabla 2. Diagrama de flujo de la metodología de la investigación .....	27
Tabla 3. Rendimiento de Ariete.....	29
Tabla 4. Cuadro resumen de la medición del caudal de la quebrada.....	32
Tabla 5. Lista de materiales para la construcción de la bomba de ariete hidráulico.....	59

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio. ....	22
Figura 2. Dotación de agua para instalaciones sanitarias .....	33
Figura 3. Localización de la Bomba de ariete hidráulico .....	35
Figura 4. Esquema general de la Bomba .....	36
Figura 5. Localizacion de las viviendas beneficiadas.....	36
Figura 6. Bomba de ariete hidráulico sin restricciones de paso de flujo.....	39
Figura 7. Diámetro de la tubería de la Bomba de ariete hidráulico.....	42
Figura 8. Longitud de la Bomba de ariete hidráulico .....	43
Figura 9. Diseño final de la Bomba de ariete hidráulico .....	48
Figura 10. Estudio estático de la Bomba de ariete Hidráulico .....	50
Figura 11. Mallado para realizar el estudio estático de los componentes .....	51
Figura 12. Resultados del Estudio estático de los componentes .....	52



Figura 13. Estudio del Flow simulation de la bomba .....	53
Figura 14. Estudio del Flow simulation de la bomba .....	54
Figura 15. Estudio del Flow simulation mostrando el flujo del agua.....	55
Figura 16. Estudio del Flow simulation, recorrido del agua dentro de la Bomba mostrando los valores de ingreso y salida del agua.....	56
Figura 17. Estudio del Flow simulation, presión atmosférica y presión del agua.....	57
Figura 18. Modelado del Tanque de reservorio.....	59
Figura 19. Datos técnicos para la selección del Tanque de reservorio.....	60





## RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo diseñar un sistema de bombeo hidráulico a base del principio de golpe de ariete, para suministrar una demanda de agua, desarrollado en el Centro Poblado San Juan de Tinguillan-Las Pirias, Jaén-Cajamarca. Para ello se realizó un estudio aplicativo y experimental, donde la población fueron nueve viviendas, quedando la muestra conformada por tres viviendas, cada una constituida por cinco miembros. Se utilizó la observación directa, técnica analítica, análisis documental y el programa SolidWorks, para diseño y simulación. La determinación de la cantidad de agua/ hab se realizó según Norma I.S.010, la cual fue 150 L/hab/día; el promedio del caudal de suministro fue 34,168 L/min; la potencia de la bomba fue 55,85 W. La simulación de la bomba de ariete hidráulico evidenció que el diseño fue funcional, para el suministro de agua.

**Palabras clave:** diseño, bomba, ariete hidráulico, suministro, agua.



## ABSTRACT

The objective of this research was to design a hydraulic pumping system based on the water hammer principle, to supply a water demand, developed in the San Juan de Tinguillan-Las Pirias Village Center, Jaen-Cajamarca. For this purpose, an applicative and experimental study was carried out, where the population consisted of nine houses, and the sample consisted of three houses, each one with five members. Direct observation, analytical technique, documentary analysis and the SolidWorks program were used for design and simulation. The determination of the quantity of water/inhabitant was carried out according to I.S.010 Standard, which was 150 L/inhabitant/day; the average supply flow was 34,168 L/min; the pump power was 55,85 W. The simulation of the hydraulic ram pump showed that the design was functional for water supply.

**Keywords:** design, pump, hydraulic ram, supply, water.



## I. INTRODUCCIÓN

Según información del Programa Naciones Unidas para el Desarrollo, más de 1.100 millones de personas en el mundo carecen agua potable, 31 países padecen escasez de ella y dos de cada cinco personas no cuentan con instalaciones adecuadas de saneamiento, sin embargo el Perú cuenta con tres vertientes en su territorio, con una disponibilidad de casi 2 billones de metros cúbicos de agua cada año; sin embargo, por la geografía, la vertiente del Pacífico –donde reside el 66 % de la población- sólo cuenta con una disponibilidad de 2,2 % de acceso al agua. La distribución de su uso está dispuesta en agrícola (30-35 %); poblacional (40- 45 %) e industrial (45-50 %) (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, 2019)

ANA (2022) el agua es el elemento fundamental para todos los seres vivos y su abastecimiento es primordial; sin embargo, no todos tienen este elemento diariamente durante las 24 h. El consumo mundial de agua se incrementa cada 20 años (un ritmo dos veces mayor que el crecimiento humano) dependiendo de la población.

INEI (2019) para el año 2019, a nivel nacional 90,8 % consumen agua proveniente de red pública; en el área rural, 69,0 % tiene agua todos los días y el 6,6% no. Asimismo, entre los que cuentan con el servicio todos los días el 58,9 % de la población cuenta con agua por red pública las 24 horas del día y el 10,2 % menos de 24 horas. En el departamento de Cajamarca, para ese año, 89.7 % de la población consumía agua proveniente de red pública, mientras que 66.2 % de la población consume agua proveniente de red pública las 24 horas del día.

Torres ,et al., (2017) menciona que aunque el acceso a estos servicios ha mejorado en los últimos tiempos, sigue presentándose inequidad entre las zonas urbanas y rurales, debido principalmente a las condiciones de prestación de estos servicios, por lo que la carencia de agua de calidad impacta negativamente en los pobladores, ubicados en sitios donde las instituciones



responsables no han podido brindar una solución centralizada, para abastecer con agua segura a estas zonas, es decir, la población necesita recurrir a quebradas, ríos para sus actividades diarias, por lo que se requieren soluciones eficaces y de fácil adopción, otras alternativas como, sistemas de bombeo.

Dentro de los sistemas de bombeo, la Bomba de Ariete Hidráulico, es automática para elevar el agua, cuyo objetivo es aprovechar la energía del salto de agua elevando el caudal hacia una mayor altitud que la inicial, donde se coloca para la captación de agua; este tipo de sistema podría dar solución a la falta de agua, ya que la zona donde se va realizar la investigación cuenta con la geografía adecuada para este tipo de sistema y recurso natural necesario, para poder hacer uso de la bomba de ariete hidráulico, además de esto, su costo es bajo, de fácil construcción y mantenimiento, este sistema podría resolver el problema de suministro de agua que se necesita en las zonas rurales.

Enriquez Alva(2017) evaluó de forma experimental los factores hidráulicos que intervienen en el funcionamiento de una bomba de ariete, para poder abastecer de agua potable a un área rural de Huaraz, en la cual se tiene un desnivel de 9 metros entre la captación y la zona que será abastecida con el sistema. Se pudo observar que a medida que se incrementa la altura del tanque de alimentación, la altura de descarga en el sistema con la bomba de ariete de 1 " y 2", aumento considerablemente, hasta obtener una altura de descarga de 10,2 m con la de 2 " , a una altura de tanque de alimentación de 2 m; así mismo, también se observó que la eficiencia disminuye al aumentar la altura de descarga, debido a que, a más altura de descarga, menor es el caudal de descarga. Concluyendo, que la bomba de ariete puede elevar el fluido a alturas mayores gracias a la energía que produce la caída de agua, por consiguiente, la altura del tanque



de alimentación del sistema en estudio fue uno de los factores más influyentes en la eficiencia del sistema.

Arangurí Cayetano(2018) se determinó la efectividad del sistema de bombeo con ariete hidráulico en la zona rural de la provincia de San Pablo-Cajamarca, analizando los parámetros hidráulicos de una bomba de agua, de acuerdo al área en estudio y la configuración adecuada para su instalación, la eficiencia del sistema; así como, el grado de satisfacción de los habitantes rurales Este sistema de bombeo con ariete hidráulico fue la más óptima bajo las circunstancias de trabajo analizadas, ya que la eficiencia del equipo fue 55,23 % y es más económica desde su inversión hasta sus costos de operación y mantenimiento; además, el nivel de satisfacción fue positivo en los aspectos técnicos, económicos y ambiental.

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones en la Norma IS.010, indica que la dotación promedio diaria anual por habitante, se fijará en base a un estudio de consumos técnicamente justificado, sustentado en informaciones estadísticas comprobadas. Si se comprobara la no existencia de estudios de consumo y no se justificará su ejecución, se considerará por lo menos para sistemas con conexiones domiciliarias una dotación de 180 I/hab/d, en clima frío y de 220 I/hab/d en clima templado y cálido. Para programas de vivienda con lotes de área menor o igual a 90 m<sup>2</sup>, las dotaciones serán de 120 I/hab/d en clima frío y de 150 I/hab/d en clima templado y cálido, se consideró una dotación 150 I/hab/d. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016).

En virtud a la problemática de nuestra investigación, se encontró investigaciones similares, en las que se plantean una solución similar a la que hemos planteado y ejecutado, siendo tomadas como base para el desarrollo y ejecución de nuestra investigación.



## **ANTECEDENTES**

### **Internacional**

Rivas (2021), en su tesis para la obtención de título de Ingeniero Civil “Mecanismo de bombeo de agua sin energía eléctrica mediante Ariete hidráulico y sifón invertido”, cuyo objetivo fue elaborar un modelo hidráulico implementando un mecanismo de bombeo de agua sin utilizar energía eléctrica mediante el ariete hidráulico, utilizando la metodología investigativa, donde obtuvo como resultado el cumplimiento de los parámetros hidráulicos para el funcionamiento del sistema. Por medio de esta investigación se obtuvo un modelo didáctico para uso general.

Otí (2017), en su tesis para la obtención de título de Ingeniero Industrial “Ariete hidráulico para riego. diseño, construcción y montaje” planteó como objetivo las actuaciones necesarias para el diseño y construcción de un ariete hidráulico para riego en la zona de estudio de su localidad, utilizando el método inductivo, donde obtuvo como resultado que sus parámetros calculados teóricamente estuvieron por debajo de los resultados experimentales y que debía modificar los parámetros de la válvula de impulso para obtener un incremento de rendimiento de la bomba. Esta investigación nos ayudó a diseñar una bomba de ariete hidráulico para elevar un cierto caudal a una altura determinada.

### **Nacional**

Huamán (2021), en su Tesis de maestría con mención en Gestión Empresarial “Diseño de una bomba de ariete hidráulico, comercial y sostenible, para usarse en zona rural del distrito de lamas” planteo el objetivo de diseñar una bomba de ariete hidráulico, comercial y sostenible para contribuir a solucionar el problema de abastecimiento de agua potable, utilizando el método inductivo , cuyo resultado fue que para la construcción de una bomba de ariete recurrió a



materiales prefabricados y de comercialización común puede tener una vida útil de 5 a 10 años con tan solo una inspección periódica favoreciendo a generar un mayor ingreso a las familias. Por lo tanto, esta investigación aportó el conocimiento para el diseño y dimensionamiento de los componentes de la bomba de ariete hidráulico y así garantizar un funcionamiento eficiente y sostenible.

Chero (2018), en su Tesis para la obtención de título de Ingeniero Civil “Diseño de un sistema de bombeo mediante ariete hidráulico” cuyo objetivo fue bombear agua de la quebrada de un caserío en Sondorillo mediante un sistema de bombeo de ariete hidráulico para almacenarla en un reservorio, utilizando la metodología tipo inductiva para su diseño experimental, obteniendo como resultado que el rendimiento energético del ariete hidráulico es de 39 % y en relación de altura de caída y de elevación debe ser del 38%, por esto el valor obtenido fue aceptable. Por ende, esta investigación nos ayudó a mejorar la eficiencia de la bomba de ariete hidráulico y así poder elevar más caudal.

Pauro (2016), en su proyecto con nombre “Diseño de bomba de ariete hidráulico, en la asociación san miguel - yacango distrito Torata región Moquegua” tuvo como objetivo “la finalidad de abastecer de agua para irrigar las tierras eriazas de la Asociación San Miguel”, aprovechando el golpe de ariete, como objetivo general pretendió determinar si el diseño de la bomba de ariete logrará cumplir con los requisitos de caudal y altura necesaria para surtir de agua a estas tierras, logrando elevar 23,10 m (parte más elevada del terreno), donde se almacenará en un reservorio, el caudal necesario para el funcionamiento del ariete es de 32,467 l/min el cual es muy pequeño comparado con el caudal que se cuenta en la asociación, la bomba no tiene buen rendimiento volumétrico debido al elevado caudal desechado (23,700 l/min), el caudal suministrado es 8,766 l/min, a simple vista parece demasiado pequeño, pero el ariete



trabaja las 24 horas, sin generar gasto alguno, en conclusión esta investigación nos permitió diseñar una bomba de ariete que cumple con los requisitos de caudal y altura necesario para nuestro objetivos.

## **Regional**

Arangurí (2018), en su tesis de doctorado con mención en Gestión ambiental y recursos naturales “Efectividad del sistema de bombeo con ariete hidráulico en la zona rural de la provincia de san pablo – Cajamarca” cuyo objetivo fue determinar la efectividad del sistema de bombeo con ariete hidráulico para determinar las necesidad de demanda y oferta del recurso hídrico, utilizando la metodología experimental, obteniendo como resultado que el sistema de bombeo con ariete hidráulico es una tecnología positiva desde los aspectos técnico, económico y ambiental. Mediante esta investigación nos permitió mejorar los aspectos técnicos para poder cumplir con la demanda de agua de la muestra.

## **PROBLEMA**

Según Naciones Unidas (2023), el 30% de la poblacion ecuatoriana no cuentan con agua y se exponen al consumo de aguas contaminadas y el 25% de los hogares rurales no cuentan con agua potable, según Rivas (2021) en su trabajo de investigación menciona: “Con el pasar de los años, el ser humano ha sentido la necesidad de transportar líquido vital a diferentes locaciones para diversos usos, entre los cuales se encuentra el consumo humano, riego, agricultura, ganadería, etc. El desarrollo de muchos métodos para lograr estos propósitos, desde el transporte con recipientes simples como cubetas, baldes cargados por ellos mismos o animales, hasta dispositivos cada vez más sofisticados comenzando por diversos tipos de bombas manuales, mecánicas, eléctricas, etc.”. Problemática de la ciudad de Manabí- Ecuador, en la que basa su investigación.





EMAPA SAN MARTIN S.A (2021) realizo un estudio de hidrogeologico para el aprovechamiento de agua subterranea en centros poblados correspondientes al distrito de tarapoto con la finalidad de posibilitar y mejorar el sistema de abastecimiento ya que estos centros poblados recurren a las cisternas para atender su demanda de agua, según Huamán (2021) agrega que : “El ser humano para sobrevivir ha tenido que abastecerse de agua para su consumo, de igual manera transportar este vital líquido de acuerdo a las diferentes necesidades, usos (agricultura, ganadería, riego, etc.) y lugares. Para conseguir estos propósitos el ser humano ha desarrollado diversas formas creativas de métodos para lograr estos objetivos, desde lo más simple hasta lo más sofisticado”. Problemática de la ciudad de Tarapoto- Perú, en la que basa su investigación.

Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento(2018) indica que el 76 % de los hogares tienen acceso al servicio de agua potable en la zonas urbanas y el 5% en zonas rurales. Para Arangurí (2018) menciona: “El sistema de bombeo con golpe de ariete, puede ser adaptado fácilmente a las condiciones geomorfológicas e hidrológicas en algunas zonas rurales de La Provincia de San Pablo de la Región de Cajamarca, al permitir el bombeo de las partes bajas de los ríos u otros, hacia las zonas altas, con el fin de satisfacer la provisión de agua y mejorar las actividades agrícolas de algunas zonas en el lugar de estudio”. Problemática de la ciudad de Cajamarca - Perú, en la que basa su investigación.

La investigación realizada se situó en el centro poblado San Juan de Tinguillan, ubicado a 6 km de la ciudad de Jaén, lugar que no cuenta con el suficiente abastecimiento de agua por el hecho que es limitado, en consecuencia, los pobladores optan por la compra de agua y así poder satisfacer las necesidades primordiales, a razón de este motivo se diseñó una bomba de ariete hidráulico que abastecerá de agua constante a las viviendas, siendo nuestra fuente de agua



principal la quebrada que trascurre por el centro poblado. Uno de los sistemas de bombeo, como la Bomba de Ariete Hidráulico, que permite elevar agua, cumpliendo como objetivo aprovechar la energía del salto de agua elevando el caudal hacia una mayor altitud que la inicial, donde se coloca para la captación de agua; este tipo de sistema podría dar solución a la falta de agua, ya que la zona donde se realizó la investigación cuenta con la geografía adecuada para este tipo de sistema y recurso natural necesario para poder hacer uso de la bomba de ariete hidráulico, además de esto, su costo es bajo y de fácil construcción además su mantenimiento es económico, este sistema resolverá el problema de suministro de agua que se necesitó en San Juan de Tinguillan.

El trabajo se justificó en base a los siguientes aspectos:

#### **Justificación social:**

El propósito de esta investigación es brindar apoyo a las familias de bajos ingresos que residen en nuestra área de estudio. A través de nuestro diseño de bomba de ariete hidráulico, se les proporcionará la posibilidad de acceder a agua para sus necesidades diarias sin tener que transportar recipientes desde el arroyo hasta sus hogares y con esta innovadora tecnología, estas familias podrán obtener agua de manera más conveniente y eficiente. Podrán instalar una bomba de ariete hidráulico que aproveche la energía cinética del flujo de agua para bombearla directamente a sus viviendas. Este enfoque no solo reducirá la carga física para las familias, sino que también les brindará un suministro constante de agua. En conclusión, esta investigación busca mejorar la calidad de vida de las familias de escasos recursos al proporcionarles una solución sostenible y accesible para satisfacer sus necesidades básicas de agua permitiendo ayudarles a obtener agua de manera más fácil y segura, se espera que puedan destinar su tiempo



y energía a otras actividades productivas, lo que potencialmente contribuirá a su desarrollo y bienestar general.

### **Justificación Económica:**

La bomba de ariete hidráulico supone un gran beneficio económico para los habitantes, ya que les permite ahorrar dinero al eliminar por completo el uso de combustibles y energía eléctrica. En un momento en el que los precios de los combustibles están aumentando a nivel nacional, esta alternativa se vuelve especialmente atractiva y oportuna. Al no depender de fuentes externas de energía, los pobladores podrán obtener un suministro constante de agua sin incurrir en gastos adicionales. Esto significa que podrán reducir significativamente los costos asociados con la adquisición de combustible o el pago de facturas de electricidad. Estos ahorros económicos les brindarán un alivio financiero considerable y les permitirán destinar esos recursos a otras necesidades esenciales, fortaleciendo así su canasta básica familiar. La bomba de ariete hidráulico se convierte en una solución altamente rentable y sostenible para las comunidades afectadas por las condiciones económicas actuales. No solo le proporciona acceso a un suministro de agua confiable y constante, sino que también les brinda la oportunidad de reducir sus gastos mensuales y estabilizar su situación financiera.

### **Justificación ambiental:**

Es ampliamente reconocido a nivel global que la bomba de ariete hidráulico es una tecnología que utiliza fuentes de energía renovables de manera sostenible, lo que la convierte en una opción ambientalmente amigable. Esta bomba no genera contaminación ni modifica el entorno en el que se instala, lo cual es una ventaja significativa desde una perspectiva ambiental. Al no depender de combustibles fósiles, la bomba de ariete hidráulico evita la emisión de gases de efecto invernadero y otros contaminantes asociados con la combustión de estos combustibles.



La utilización de la bomba de ariete hidráulico no solo evita la contaminación ambiental, sino que también fomenta el uso responsable de los recursos naturales. Al aprovechar la energía cinética del agua de manera eficiente, se evita el despilfarro y se maximiza la utilización de un recurso renovable y abundante como el agua.



## II. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general

- Diseñar una bomba de ariete hidráulico para suministrar agua en el centro San Juan de Tinguillan-Las Pirias, Jaén-Cajamarca.

### 2.2 Objetivos específicos

- Calcular el caudal de agua de la quebrada de San Juan de Tinguillan.
- Diseñar el sistema de bombeo para suministrar agua al reservorio.
- Simulación de los fluidos y esfuerzos mecánicos de la bomba.



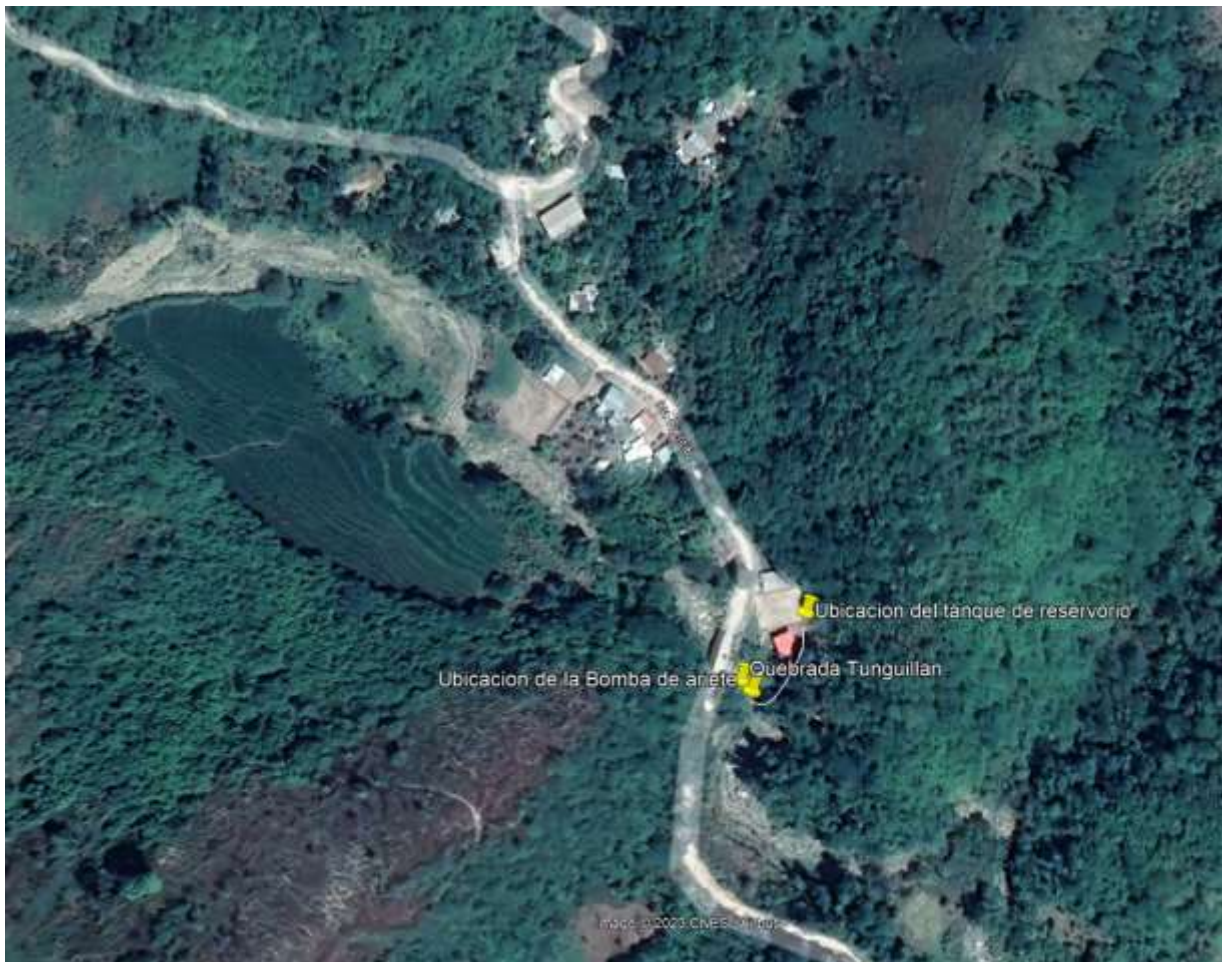
### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Ubicación del área de estudio

Se ubico en el centro poblado de San Juan de Tinguillan. Las Pirias, Jaén con Latitud  $5^{\circ}40'22.89''S$  y Longitud  $78^{\circ}49'3.21''O$ .

**Figura 1.**

*Ubicación del área de estudio.*



#### 3.2 Población

En nuestra investigación fue conformada por el centro poblado San Juan de Tinguillan que es el área específica donde se llevó a cabo el proyecto de diseño de una bomba de ariete



hidráulico con el propósito de suministrar agua. La población comprende nueve viviendas cada vivienda compuesta por cinco miembros, siendo el total de 45 individuos, incluyendo a las familias, los individuos, las instituciones y las comunidades que se encuentran en el centro poblado. Para, Mejia, 2005, indica que la población es la totalidad de los elementos de estudio, lo delimita el investigador para formular su estudio.

### **3.3 Muestreo**

Para la selección de la muestra se aplicó un muestreo no probabilístico de tipo intencional por los investigadores. Según, González, 2020, el muestreo no probabilístico de tipo intencional se basa en la elección deliberada de los elementos de la muestra en función de ciertos criterios preestablecidos.

### **3.4 Muestra**

Para nuestra se utilizó la muestra conformada por tres viviendas, con cinco integrantes cada una. Según Hernández-Sampieri, 2018, la muestra es un subgrupo considerado como una parte representativa de la población.

### **3.5 Variables de estudio**

#### **3.5.1 Variable independiente:**

Suministro de agua:

Fuente de provisión que asegura el abastecimiento de agua a la comunidad y permite satisfacer la demanda a la población. (Prieto & Del pozo, 2006)

#### **3.5.2 Variable dependiente:**

Bomba de ariete hidráulico:

Sistema que utiliza la energía cinética de un golpe de ariete sobre un fluido para elevar un fluido a un nivel superior (FLUIDECO,2020)



**Tabla 1.**

*Operacionalización de las variables*

VARIABLES	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTOS
Variable independiente: Suministro de agua	Es una fuente de agua que asegura el abastecimiento diario de una determinada población o comunidad.	Flujo volumétrico	$\frac{m^3}{s}$	Molinete hidraulico-caudalimetro
		Altura de entrega	metros	Cinta métrica
		Altura de descarga	metros	Cinta métrica
Variable dependiente: Bomba de ariete hidráulico	Es un sistema de bombeo que permite abastecer agua mediante un fenómeno mecánico conocido como el golpe de ariete.	Eficiencia	(%)	Análisis matemático
		Caudal	$\frac{m^3}{s}$	Análisis matemático

Fuente: Elaboración propia.

### 3.6 Métodos, Técnicas y procedimientos

#### 3.6.1 Métodos

Existen cuatro métodos científicos utilizados para abordar un problema, los cuales son: inductivo, deductivo, analítico o sintético. (Gonzales, 2020).

Para esta investigación se usó los siguientes:

Inductivo

(Gonzales, 2020), indica que el método inductivo de esta investigación implico que partir de casos particulares y utilizarlos como base para inferir o generalizar conclusiones que sean aplicables a casos más generales además datos específicos sobre casos particulares relacionados





con el caudal, la altura de entrega, la altura de descarga y las dimensiones de las tuberías. Que se utilizarán como base para desarrollar un diseño eficiente de la bomba.

Sintético

(Gonzales, 2020), afirma que el método sintético de esta investigación implicó el análisis y la síntesis de información y datos llegando a concluir los resultados generales. Que se analizó mediante los cálculos matemáticos obtenidos, determinando la eficacia y eficiencia de la bomba de ariete hidráulico.

### **Tipos de investigación:**

De acuerdo a nuestra investigación se usó los siguientes tipos de investigación:

- a) Según la fuente: Investigación de laboratorio. - (González, 2020) indica que en este tipo de investigación se manipula la variable independiente para obtener un resultado sobre la variable dependiente.

La investigación se dio en un ambiente controlado donde se manipulamos la variable independiente (Suministro de agua), para obtener resultados en nuestra variable dependiente (Bomba de ariete Hidráulico), probando la hipótesis que se planteó al inicio del estudio.

- b) Según su finalidad: Investigación Aplicativa. - (Gonzales, 2020) indica que una investigación es aplicada porque utiliza la teoría para solucionar el problema, basado en cálculos que se obtienen para dar solución a un objetivo de estudio.

Se utilizó la teoría de los libros, revistas y datos encontrados en campo para diseñar la bomba de ariete hidráulico y poder solucionar la problemática de esta investigación.

Para Gonzales (2020) existen distintos aspectos de la metodología de la investigación los cuales están tipificados según la fuente (Investigación documental; de campo y de laboratorio), según su finalidad (básica y aplicada) y según su temporalidad (ex post facto).



## **Diseño de investigación:**

Diseño de investigación utilizada: Experimental.

Se analizó cuantitativamente la variable independiente (suministro de agua) encontrando parámetros matemáticos, siendo estos utilizado en el diseño de nuestra de Bomba de ariete hidráulico (variable dependiente) en conclusión manipulamos la variable independiente para que haga injerencia en la variable dependiente.

Para Hernández-Sampieri (2018) existe el diseño experimental y el diseño no experimental.

Gonzales (2020) el diseño experimental implica una planificación previa y constante para obtener información relevante. En este proceso, se manipulan los objetos de estudio y se analiza el impacto que una variable tiene sobre otra. El diseño no experimental no se aplican estímulos o condiciones experimentales a las variables bajo estudio. Los sujetos del estudio son observados en su entorno natural sin modificar ninguna situación, y, además, no se manipulan las variables de estudio.

### **3.6.2 Técnicas**

#### a) Análisis de documentos

Se llevó a cabo por medio de la recolección de datos de distintas fuentes confiables tales como artículos científicos, revistas y libros que brindaron información importante en la realización de los cálculos para el diseño de la bomba de ariete hidráulico.

#### b) Observación directa

Se Observó in situ la ubicación de la captación del agua que alimenta la bomba de ariete hidráulico; longitudes de tuberías de descarga, longitud de tuberías de entrega hacia el lugar de almacenaje del agua y estos datos que fueron anotados para el diseño.



c) Técnica analítica

Una vez obtenidos todos los cálculos matemáticos, dimensiones de las tuberías y medidas de los componentes de la bomba de ariete hidráulico se computarizó mediante el software de diseño mecánico SolidWorks, donde simulamos la Bomba de Ariete hidráulico.

Se utilizó los siguientes instrumentos para la investigación:

- Caudalímetro para medir el caudal del afluente.
- Cinta métrica para medir distancias.
- GPS para delimitar la zona geográfica de estudio.
- Celular para tomar fotografías.
- Software de diseño mecánico SolidWorks<sup>1</sup> para el diseño y simulación de la bomba de ariete hidráulico.

Programa Hidroesta<sup>2</sup> para el procesamiento de datos obtenidos con el molinete o caudalímetro para la obtención del caudal de la quebrada.

Gonzales (2020) indica que las técnicas de investigación cuantitativa son los recursos y métodos disponibles para los investigadores, los cuales les facilitan la obtención de datos y orientan el proceso de recolección de información.

### 3.6.3 Procedimientos

Paso 1: Trabajo preliminar

- a. Se recabó información de los diferentes documentos, sobre las técnicas y métodos para los cálculos matemáticos (caudal del afluente, y longitudes de los componentes).

---

<sup>1</sup> SolidWorks es un software CAD para modelado mecánico en 2D y 3D

<sup>2</sup> Hidroesta, es una herramienta que facilita y simplifica los cálculos laboriosos, y el proceso del análisis de la abundante información que se deben realizar en los estudios hidrológicos, tales como la medición de caudal.



b. Mediante la observación directa y con la ayuda del GPS, se obtuvo las coordenadas y así se delimitó geográficamente la zona de estudio utilizando Google Earth<sup>3</sup>. Se aforo la quebrada (caudal y volumen), donde estaría la ubicación de la bomba, el reservorio, además de medir las distancias entre la captación-bomba de ariete hidráulico-reservorio de agua y el desnivel de altura.

## 2: Cálculo de parámetros del diseño de la bomba de ariete

Se promedió los datos obtenidos del caudal de la quebrada durante el periodo de 30 días, en la mañana y la tarde, durante los meses de julio-agosto, 2022. Con el respaldo de una data histórica de aforo de la misma quebrada durante 12 meses realizado en el año 2017 por el personal de la Autoridad Nacional del agua, demostrando que el caudal no ha variado demasiado con nuestra medición realizada en nuestra investigación.

---

<sup>3</sup>Google Earth es un sistema de información geográfica que permite visualizar múltiple cartografía, basado en imágenes satelitales.



### 3.7 Metodología

**Tabla 2.**

*Diagrama de flujo de la metodología de la investigación*

1	• Revisión bibliográfica.
2	• Elaboración del proyecto de tesis.
3	• Localización geográfica de la zona.
4	• Verificación de recursos disponibles.
5	• Determinar la altura de descarga.
6	• Ubicación de la toma de agua.
7	• Muestras de caudal.
8	• Cálculos para la tubería.
9	• Diseño de la bomba de ariete.
10	• Simulación de la bomba de ariete.
11	• Elaboración de informe final.

Nota: procedimientos que se utilizaron para la investigación.

Fuente. Elaboración propia.

### 3.8. Desarrollo de la investigación

#### 3.8.1 Dotación de agua

(Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016) Para la determinación de la demanda de agua se obtuvo la información del Reglamento Nacional de Edificaciones en la Norma IS. 010; para sistemas de agua de abastecimiento indirecto se consideró una dotación de 150 L/hab/diario.

#### 3.8.2 Cálculo de caudal de entrega

Se usó la fórmula siguiente (Young, 1996):

$$q = \frac{H_s \times D^2 \times u_c \times \pi \times C_d}{10 \times H_d}$$



### 3.8.3 Cálculo de velocidad de cierre de válvula de impulso

Mediante la fórmula siguiente (Young, 1996):

$$u_c = 0,135 \times C_{vi}$$

### 3.8.4 Cálculo de coeficiente de descarga

A través de la siguiente fórmula (valvias, 2011):

$$C_d = \frac{Q_1}{(\sqrt{2 \times g \times \Delta d})A}$$

### 3.8.5 Cálculo de caudal libre

Se usó la fórmula siguiente (Mott, 1996):

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + h_A - h_R - h_L = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g}$$

### 3.8.6 Cálculo de pérdidas en la bomba de ariete hidráulico

Se dividió en dos tipos de pérdidas: mayor y menor y para el cálculo se usaron las siguientes fórmulas (Mott, 1996):

$$h_l = f * \frac{L}{D} * \frac{V_2^2}{2g}$$

$$h_{lm} = k \frac{V_2^2}{2g}$$

### 3.8.7 Cálculo del factor de fricción

Se usó la fórmula siguiente (Mott, 1996):

$$f = \frac{0,25}{\left[ \log \left( \frac{1}{3,7 \left( \frac{D}{\epsilon} \right) + \frac{5,74}{N_{RE}^{0,9}}} \right) \right]^2}$$

### 3.8.8 Cálculo del número de Reynolds

Se usó la fórmula siguiente (Mott, 1996):



$$N_{RE} = \frac{V \times D}{\nu}$$

### 3.8.9 Cálculo de la Rugosidad Relativa

Se usó la fórmula siguiente (Mott, 1996):

$$Rr = \frac{D}{\varepsilon}$$

### 3.8.10 Cálculo del caudal de suministro

Se usó la fórmula siguiente (Jeffrey, 1992):

$$q \times Hd = Q \times Hs$$

### 3.8.11 Cálculo del rendimiento de la bomba

Se uso la tabla de Jiménez, 2011:

**Tabla 3.**

*Rendimiento de Ariete*

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

H: altura de elevación

h: altura de desnivel

R: rendimiento

*Nota:* Esta tabla presenta el rendimiento de la bomba de ariete hidráulico con respecto a las alturas de elevación y desnivel.

### 3.8.12 Cálculo de la potencia de la bomba

Se usó la formula siguiente (Jeffrey, 1992)

$$P = \gamma \times q \times H_d$$

### 3.8.13 Cálculo del caudal de llegada al tanque de almacenamiento

Se usaron diversas fórmulas de mecánica de fluidos el cálculo del área de la manguera (White, 2004), la velocidad que transcurrirá el agua por la manguera (Munson, 2013) y lograr




calcular el caudal final de todo el recorrido de la manguera hacia el reservorio mediante las fórmulas de (Cengel & Cimbala, 2006).

#### **3.8.14 Análisis de datos**

Se utilizó el programa Microsoft Excel, para registrar los valores hídricos. Se procesaron los datos en el software de diseño mecánico SolidWorks, para diseñar la bomba de ariete hidráulico; además, mediante este software, se realizó el simulacro del funcionamiento de la misma y se analizaron los fluidos y análisis de esfuerzos mecánicos.

Se utilizó el GPS para obtener coordenadas y así poder delimitar geográficamente la zona de estudio, utilizando Google Earth u otros programas afines.





## IV. RESULTADOS

### 4. Cálculo de la demanda de Agua

#### 4.1 Dotación de Agua

El cálculo de dotación de agua, se hizo mediante la normativa IS 010 de instalaciones sanitarias para edificaciones, obteniendo un consumo de 150 litros diarios por habitante, siendo la muestra 15 personas y dando como resultado 2250 litros de demanda de agua.

#### *Figura 2.*

#### *Dotación de agua para instalaciones sanitarias*

#### Artículo 6°.- DOTACIONES

Las dotaciones diarias mínimas de agua para uso doméstico, comercial, industrial, riego de jardines u otros fines, serán los que se indican a continuación:

- a) La dotación de agua para viviendas estarán de acuerdo con el número de habitantes a razón de 150 litros por habitante por día.
- b) La dotación de agua para riego de jardines será de 5 litros por m<sup>2</sup> de jardín por día.
- c) La dotación de agua para estacionamientos será de 2 litros por m<sup>2</sup> por día.
- d) La dotación de agua para oficinas será de 20 litros por habitante por día.
- e) La dotación de agua para tiendas será de 6 litros por habitante por día.
- f) La dotación de agua para hospitales y centros de salud será de 800 litros por cama por día.
- g) La dotación de agua para asilos y orfanatos será de 300 litros por huésped por día.
- h) La dotación de agua para educación primaria será de 20 litros por alumno por día.
- i) La dotación de agua para educación secundaria y superior será de 25 litros por alumno por día.
- j) La dotación de agua para salas de exposiciones será de 10 litros por asistente por día.
- k) La dotación de agua para restaurantes estará en función al número de asientos, siendo que será de 50 litros por día por asiento.

Fuente: Normativa I.S 010

#### 4.2 Cálculo del Caudal de la quebrada Tumuillan

Se obtuvo como resultado promedio de la medición durante un mes del caudal de agua de la quebrada Tumuillan fue de 0,6620 m<sup>3</sup>/s. Con este promedio de caudal de agua es suficiente para poder abastecer la bomba de ariete hidráulico ya que se cuenta con una Resolución directoral de la Autoridad Nacional de Agua- sede Jaén del año 2017, el cual se aforo la quebrada Tumuillan



por un periodo de un año en sus tres afluentes. Lo que nos permitió conocer que nuestra medición de caudal está dentro de los estándares y son similares a lo obtenido por la Autoridad Nacional de Agua en el año 2017. (ANA, 2017)

**Tabla 4.**

*Cuadro resumen de la medición del caudal de la quebrada*

CUADRO DE REGISTRO DE DATOS DE CAUDAL											PROMEDIOS (m3/s)
QUEBRADA TUMGUILLAN											
Semana 1											
seccion	1	2	3	4	5	6	7	8	9	caudal (m3/s)	
revoluciones											
Lunes	63	80	175	170	130	133	110	75	80	0.7081	
Martes	60	78	168	168	128	130	105	70	77	0.5819	
Miércoles	58	68	165	165	125	128	103	67	72	0.5056	
Jueves	56	66	162	162	123	126	101	65	70	0.4976	
Viernes	60	73	169	169	129	132	108	73	79	0.5733	
Sábado	65	80	175	175	134	136	115	80	82	0.6996	
Domingo	67	85	180	182	136	139	118	83	85	0.7429	0.6156
Semana 2											
seccion	1	2	3	4	5	6	7	8	9	caudal (m3/s)	
revoluciones											
Lunes	59	73	171	169	127	129	107	71	69	0.5845	
Martes	64	85	177	176	133	135	115	80	78	0.6219	
Miércoles	60	71	172	170	128	131	100	73	73	0.6052	
Jueves	68	79	181	182	138	140	110	74	75	0.8168	
Viernes	64	72	174	174	132	133	109	71	72	0.6259	
Sábado	58	72	172	172	126	128	105	70	71	0.5910	
Domingo	65	83	175	178	133	134	113	78	78	0.6956	0.6487
Semana 3											
seccion	1	2	3	4	5	6	7	8	9	caudal (m3/s)	
revoluciones											
Lunes	68	87	182	185	138	140	129	100	92	0.8198	
Martes	65	82	178	180	136	135	126	92	83	0.7497	
Miércoles	66	84	180	182	132	134	128	95	87	0.7923	
Jueves	63	82	177	173	129	130	118	80	78	0.6921	
Viernes	60	80	172	166	124	126	122	70	66	0.5878	
Sábado	58	66	166	162	120	122	115	63	60	0.5138	
Domingo	61	84	170	172	129	131	109	73	76	0.5012	0.6926
Semana 4											
seccion	1	2	3	4	5	6	7	8	9	caudal (m3/s)	
revoluciones											
Lunes	64	70	174	174	129	133	107	71	69	0.7952	
Martes	60	71	172	170	128	131	100	73	73	0.6123	
Miércoles	65	83	180	179	132	134	128	95	87	0.6825	
Jueves	60	81	168	173	129	125	115	77	78	0.6341	
Viernes	68	86	178	180	137	137	135	98	97	0.8126	
Sábado	58	68	165	165	125	128	103	67	72	0.8009	
Domingo	64	85	177	176	133	135	115	80	78	0.5012	0.6913
PROMEDIO CAUDAL TOTAL											0.6620

Fuente. Elaboración propia.



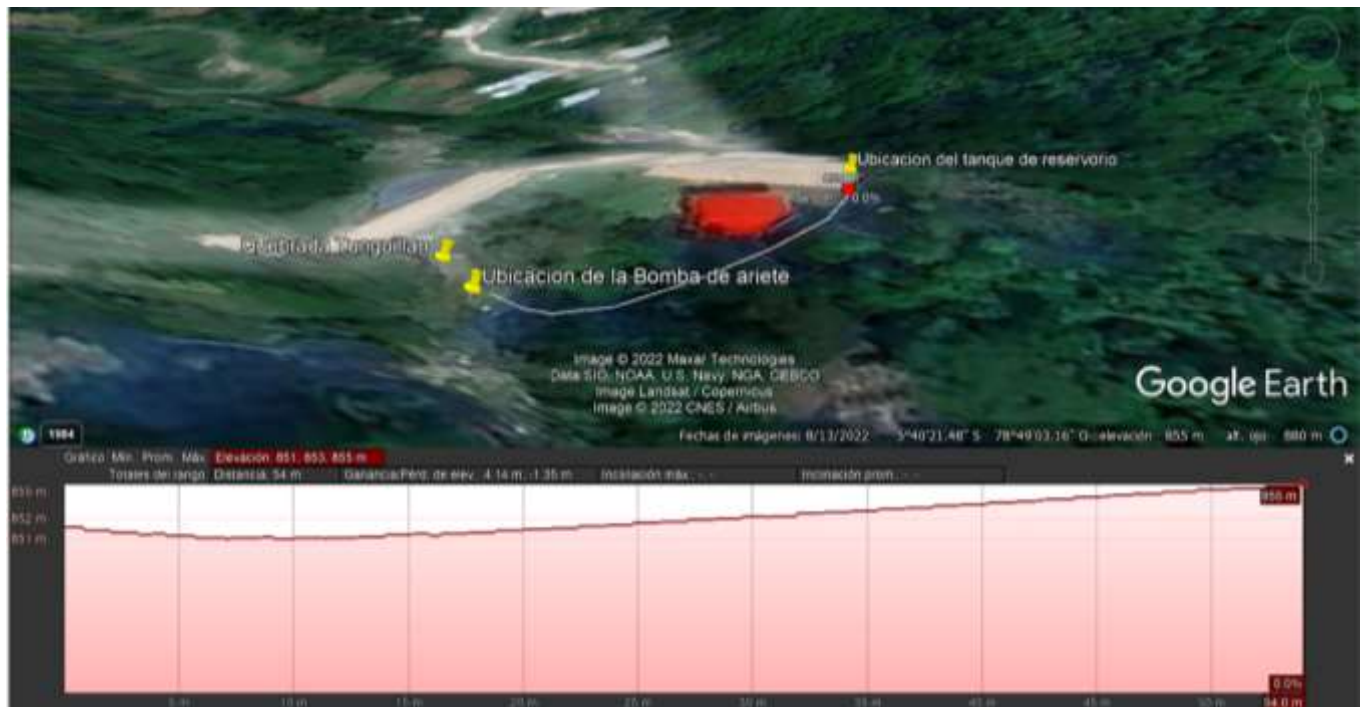

Datos ingresados al programa Microsoft Excel para la obtención del caudal de la quebrada Tumguillan.

### 4.3 Localización de la bomba

Se determinó la ubicación en el diseño planteado al lado de la quebrada Tumguillan con un encauzamiento mediante una tubería de cuatro pulgadas con una reducción a dos y media en la entrada a la bomba de ariete hidráulico; asimismo, el caudal desechado por la válvula check de impulso volverá a su cauce natural en la quebrada, de esta manera, se evitará el desperdicio de agua innecesaria.

**Figura 3.**

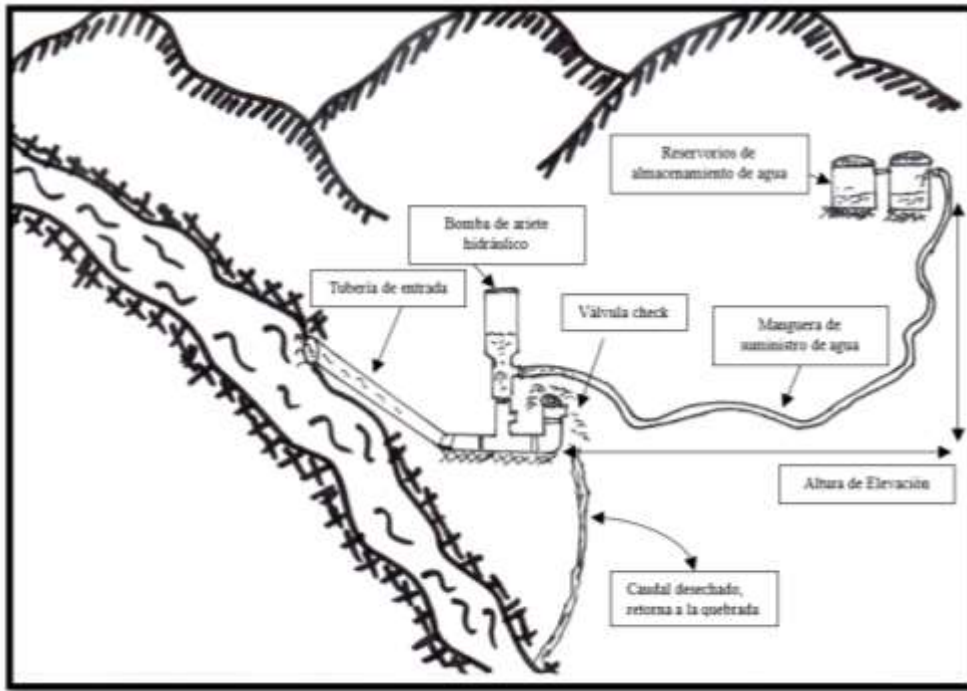
*Localización de la Bomba de ariete hidráulico*



*Nota:* La imagen representa el recorrido que tomara suministrar agua mediante la Bomba de ariete hacia el lugar de almacenamiento. Tomada del programa Google Earth.

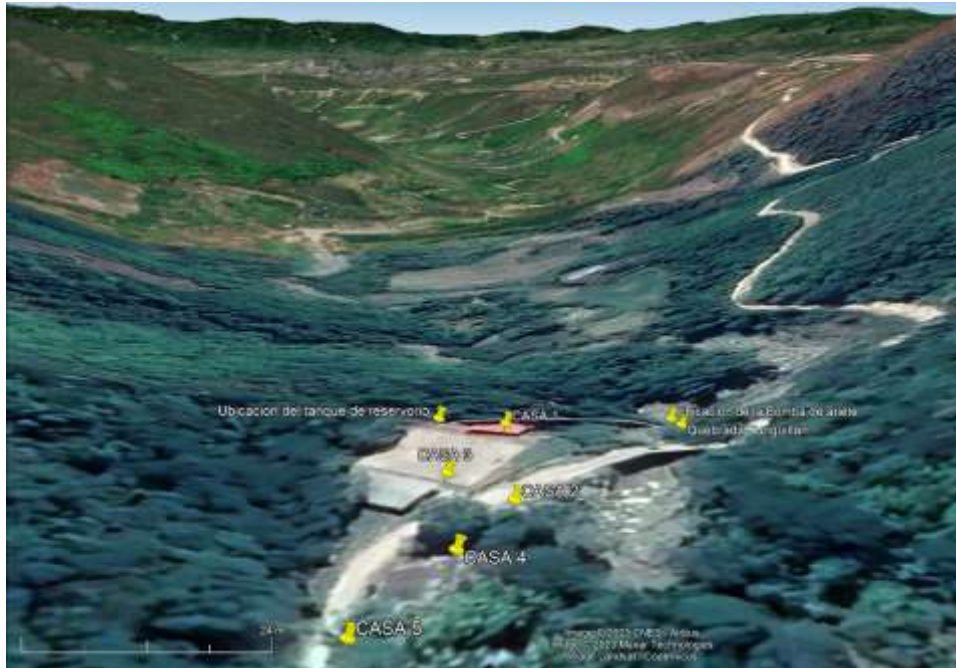


**Figura 4.**  
*Esquema general de la Bomba*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 5.**  
*Localización de las viviendas beneficiadas*



Fuente: Elaboración propia




## 4.4 Cálculos para el Diseño de la Bomba de Ariete Hidráulico

### 4.4.1 Altura de entrega ( $H_d$ )

La altura se determinó por la ubicación del planteamiento del reservorio donde acumulara el agua suministrada por la bomba de ariete hidráulico, que se ubicara a una altura de desnivel con respecto a la quebrada de 10 metros con una distancia de recorrido de 54 metros hasta el reservorio de almacenamiento.

### 4.4.2 Altura de suministro ( $H_s$ )

Para el cálculo de la altura de suministro se usó la fórmula siguiente (Watt, 1975):

$$H_s = \frac{1}{3} H_d$$

donde:  $H_d = 10 \text{ m}$

$$H_s = \frac{1}{3} (10 \text{ m}) = 3.33 \text{ m}$$

### 4.4.3 Tubería de suministro

Se determinó para los parámetros de diseño una tubería PVC de cuatro pulgadas de diámetro, con tres metros de longitud, adicionando una reducción de dos y medio pulgadas de PVC para la entrada de agua de la quebrada hacia el cuerpo de la bomba de ariete hidráulico.

Además, según (Watt, 1975) indica que  $\frac{L}{D} = 150 \text{ a } 1000$ , la tubería que se eligió para la bomba estuvo dentro de los parámetros que se estableció para el diseño. La elección de la tubería debe estar entre  $150 \leq L/D \leq 1000$ , para la operación de la bomba de ariete.

L: Longitud total desde la tubería de suministro.

D: diámetro tubería de suministro bomba de ariete

Se toma el valor de 200 dentro de los parámetros que indica (Watt, 1975)



$$D = \frac{3}{200} = 0.015$$

$$150 \leq L/D \leq 1000$$

$$150 \leq \frac{3,573 \text{ m}}{0.015} \leq 300$$

$$150 \leq 238,2 \leq 300$$

#### 4.4.4 Tuberías de descarga

Por recomendación, los especialistas indican tomar la mitad del diámetro de la tubería de suministro, en este caso para un diámetro de dos y media pulgada, se optó por utilizar una manguera de una pulgada de diámetro, para el modelado del diseño de la bomba de ariete hidráulico.

#### 4.4.5 Caudal de entrega

Para utilizar esta ecuación primero se determinó la velocidad de cierre de la válvula de impulso y el coeficiente de descarga.

$$q = \frac{H_s \times D^2 \times u_c \times \pi \times C_d}{10 \times H_d} \dots \dots \dots ec (1)$$

#### 4.4.6 Velocidad de cierre de la válvula de impulso

Para el cálculo de la velocidad con que se cierra la válvula de impulso se hizo uso de la ecuación siguiente:

$$u_c = 0,135 \times C_{vi}$$

Para hallar el diámetro de carrera de impulso  $C_{vi}$  se necesitaba entre el 25 % y 33% de diámetro; sin embargo, para el análisis matemático se optó por el 30%.

El diámetro del pie de la válvula de check de impulso correspondió a  $dv = 70mm$  que se usará para el diseño y modelado de la bomba.




$$C_{vi} = (25\% \text{ a } 33\%)dv$$

$$C_{vi} = (0,3 \times 70\text{mm})$$

Se obtuvo como resultado:

$$C_{vi} = 21\text{mm}$$

Reemplazando en la ecuación anterior de velocidad de cierre de la válvula de impulso.

$$u_c = 0,135 \times 21$$

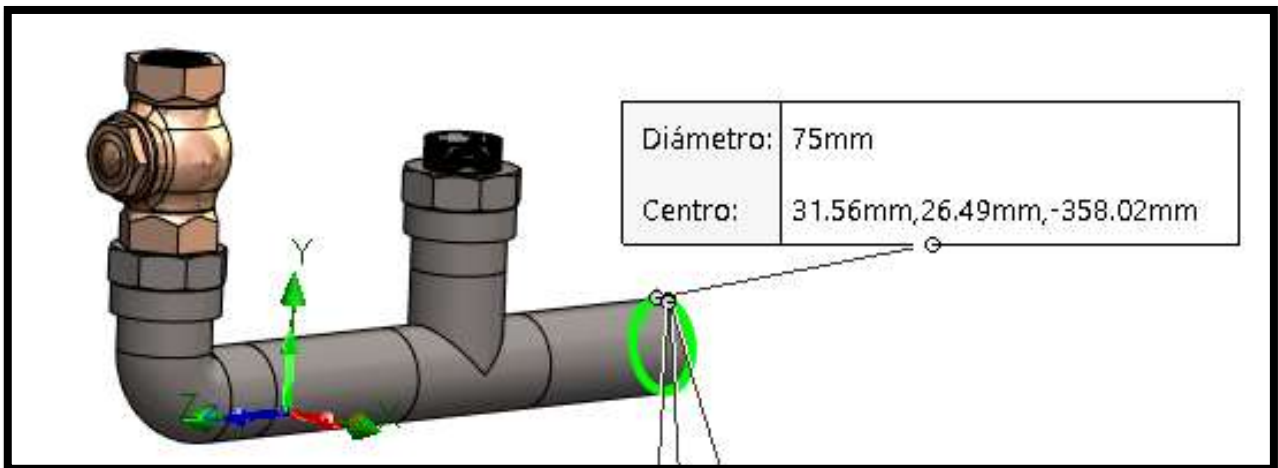
$$u_c = 2,83 \text{ m/s}$$

#### 4.4.7 Caudal libre

Diseño de la bomba de ariete con la colocación de una válvula check de impulso. Para el cálculo del caudal libre no se necesitó restricción de agua en su paso por la bomba de ariete, así que se usó el área de la válvula check de impulso.

**Figura 6.**

*Bomba de ariete hidráulico sin restricciones de paso de flujo*



*Nota:* La figura muestra el modelado en 3D de la Bomba de ariete. Tomado del Programa SolidWorks.

$$A_2 = \pi r^2$$

$$A_2 = \pi(0,0375 \text{ m})^2$$




$$A_2 = 4,4178 \times 10^{-3} m^2$$

$$Q_1 = V_2 \times A_2$$

$$Q_1 = V_2 \times 4,4178 \times 10^{-3} m^2 \dots \dots \dots ec (2)$$

Para poder hallar los valores faltantes fue necesario el uso de la ecuación de energía siguiente:

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + h_A - h_R - h_L = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g}$$

#### 4.4.8 Factor de Fricción

La ecuación siguiente permitió realizar el cálculo directo del factor en mención, para poder realizar el cálculo de las pérdidas mayor y menor:

$$f = \frac{0,25}{\left[ \log \left( \frac{1}{3,7 \left( \frac{D}{\epsilon} \right)} + \frac{5,74}{N_{RE}^{0,9}} \right) \right]^2} \dots \dots \dots ec(p)$$

#### 4.4.9 Número de Reynolds

En el cálculo del Reynolds fue necesario obtener el dato siguiente para poder reemplazar en la ecuación anterior:

$$N_{RE} = \frac{V \times D}{\nu}$$

Para la velocidad del agua se tomó como 1,31 m/s, además el dato para la viscosidad cinemática del agua a una temperatura de 26 °C fue de  $0,0875 \times 10^{-6} m^2/s$ . (Mataix, 1986). El diámetro interior de las tuberías del cuerpo de la bomba de ariete hidráulico fue 69,4 mm.

$$N_{RE} = \frac{V \times D}{\nu}$$

$$N_{RE} = \frac{1,31 \frac{m}{s} \times 69,4 mm}{0,0875 \times 10^{-6} m^2/s} = 9,1 \times 10^5$$






Se consideró que  $N_{RE} > 4000$  *flujo turbulento*.

Ahora una vez obtenido el número de Reynolds, este se reemplazó para hallar el factor de fricción en la ecuación (p):

$$f = \frac{0,25}{\left[ \log \left( \frac{1}{3,7 \left( \frac{0,0694}{1,5 \times 10^{-4}} \right)} + \frac{5,74}{(9,1 \times 10^5)^{0,9}} \right) \right]^2} = 0,0241$$

#### 4.4.10 Rugosidad Relativa

Para el dato se tomó en cuenta la épsilon del material de la tubería de pvc:

$$Rr = \frac{D}{\varepsilon}$$

$$Rr = \frac{69,4mm}{0,0015mm} = 46,26 m$$

#### 4.4.11 Coeficiente de descarga

Para el cálculo del coeficiente de descarga se utilizó la siguiente ecuación; pero, antes de poder aplicarla se calculó el caudal libre que se desplaza desde la tubería de suministro pasando el cuerpo de la bomba de ariete hidráulico, hasta la salida del sistema por la válvula check de impulso abierta.

$$Q_1 = C_d (\sqrt{2 \times g \times \Delta d}) A_2$$

$$C_d = \frac{Q_1}{(\sqrt{2 \times g \times \Delta d}) A_2}$$

$$C_d = \frac{Q_1}{(\sqrt{2 \times 9,81 \times 4}) \times 4,4178 \times 10^{-3}} \dots \dots \dots ec (3)$$




Para el cálculo de las ecuaciones anteriores fue necesario realizar el cálculo de las pérdidas mayores y menores, para poder obtener las ecuaciones (1) y (2).

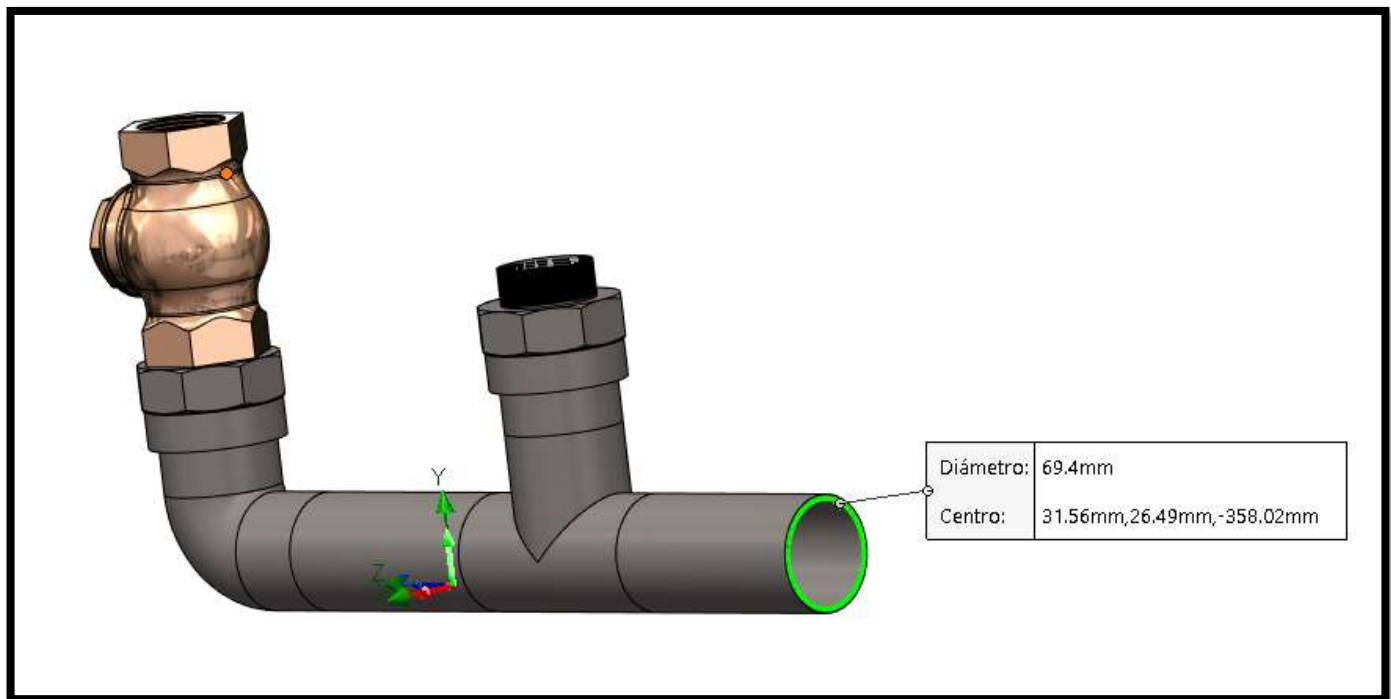
#### 4.4.12 Pérdidas mayores

Se tomo en cuenta factor de fricción =0,024

Para el cálculo se utilizó el diámetro interno 69,4 mm de la tubería que conforma el cuerpo estructural de la bomba de ariete hidráulico, además la longitud del mismo es de 553 mm. Con una longitud total adicionando la tubería de suministro y la reducción en la entrada de bomba es de 3,573 m.

**Figura 7.**

*Diámetro de la tubería de la Bomba de ariete hidráulico*

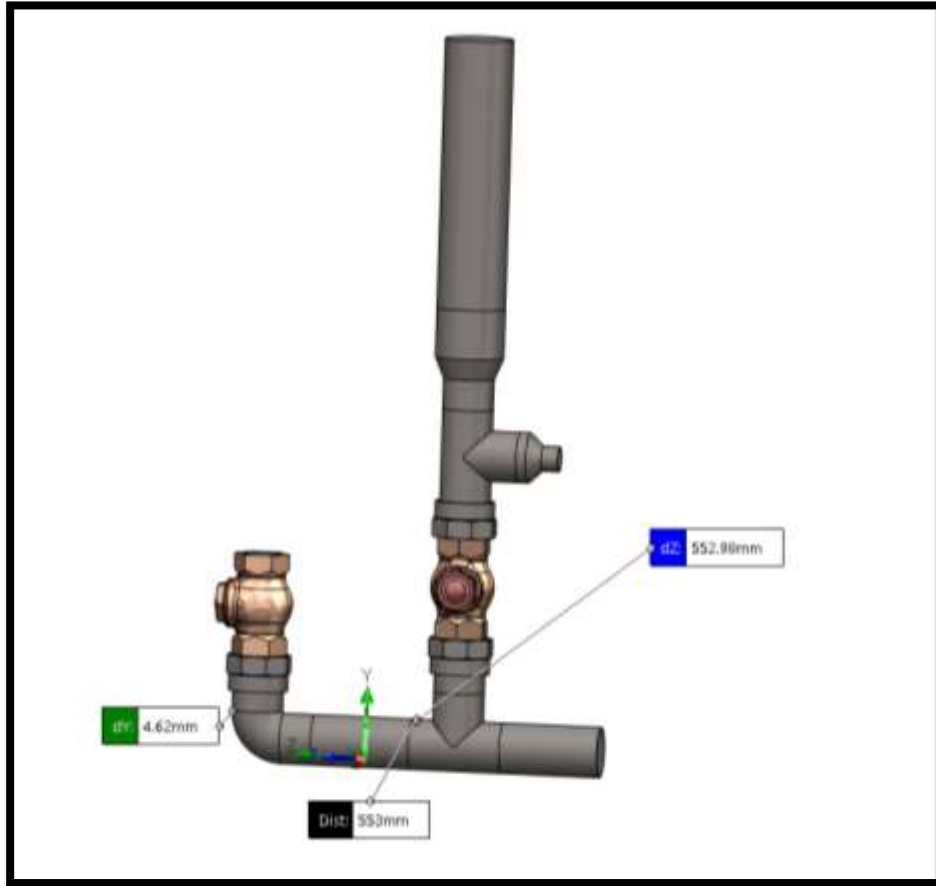


Nota: Esta figura muestra las dimensiones internas de la tubería de la Bomba de ariete. Tomado del Programa SolidWorks.



**Figura 8.**

*Longitud de la Bomba de ariete hidráulico*



*Nota:* La figura muestra la longitud total planteada de la bomba de ariete. Tomado del Programa SolidWorks.

$$h_l = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_l = 0,024 \times \frac{3,573}{69,4 \times 10^{-3}} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_l = 1,2356 \times \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots Ec (4)$$

#### 4.4.13 Pérdidas menores

En esta ecuación para el cálculo se tomó la sumatoria de coeficiente K de los materiales de PVC conformados por la bomba de ariete, el cual fue 2,8.



$$h_{lm} = k x \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{lm} = 2,8 x \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots Ec (5)$$

Se reemplazó en la ecuación de caudal libre

$$Z_s = \frac{v^2}{2g} + h_l - 0,0216$$

$$Z_1 = \frac{v^2}{2g} + h_l + h_{lm} - 0,0216$$

$$Z_1 = \frac{v^2}{2g} + 1,2356 \left( \frac{v^2}{2g} \right) + 2,8 \left( \frac{v^2}{2g} \right) - 0,0216$$

$$Z_1 = \frac{v^2}{2g} + (1 + 1,2356 + 2,8) - 0,0216$$

$$Z_1 = 5,0356 \frac{v^2}{2g} - 0,0216$$

$$Z_1 = h_{l2} = 3.3 \text{ m}$$

$$V_2^2 = \frac{Z_1 x 2g}{5,0356} + 0,0210$$

$$V_2^2 = \frac{3.3 x 2(9,81)}{5,0356} + 0,0210$$

$$V_2 = 3,604 \frac{m}{s}$$

Se obtuvo el valor faltante para el caudal libre en la ecuación (2) con el valor anterior:

$$Q_1 = V_2 x 4,4178 x 10^{-3} m^2 \dots \dots \dots ec (2)$$

$$Q_1 = 3,604 \frac{m}{s} x 4,4178 x 10^{-3} m^2$$

$$Q_1 = 0,0160 \frac{m^3}{s}$$




Con los valores encontrados, se reemplazó en la Ec (4) para hallar las pérdidas mayores

$$h_l = 1,2871 \times \frac{3,604}{2(9,81)}$$

$$h_l = 0,236$$

Luego, se reemplazó en Ec (5) las pérdidas menores

$$h_{lm} = 2,8 \times \frac{v_2}{2g}$$

$$h_{lm} = 2,8 \times \frac{3,604}{2(9,81)}$$

$$h_{lm} = 0,5143$$

Una vez hallado los valores faltantes, se reemplazó y calculó el coeficiente de entrega en Ec (3) para poder obtener el caudal de entrega en la ecuación (1).

$$C_d = \frac{Q_1}{(\sqrt{2 \times 9,81 \times 4}) \times 4,4178 \times 10^{-3}} \dots \dots \dots ec (3)$$

$$C_d = \frac{1,60 \times 10^{-3}}{(\sqrt{2 \times 9,81 \times 4}) \times 4,4178 \times 10^{-3}}$$

$$C_d = 0,403$$

$$q = \frac{H_s \times D^2 \times u_c \times \pi \times C_d}{10 \times H_d} \dots \dots \dots ec (1)$$

$$q = \frac{3,3 \times (0,0694)^2 \times 2,83 \times \pi \times 0,403}{10 \times 10}$$

$$q = 0,0005694 \frac{m^3}{s} \approx 34,168 \frac{\text{litros}}{\text{minuto}}$$

#### 4.4.14 Caudal de suministro

Para el siguiente resultado se reemplazaron los cálculos obtenidos en las ecuaciones anteriores:




$$Q = \frac{q \times H_d}{n \times H_s}$$

$$Q = \frac{5,694 \times 10^{-4} \times 10}{0,81 \times 3,3}$$

$$Q = 0,00213 \frac{m^3}{s} \approx 127,8 \frac{\text{litros}}{\text{minuto}}$$

#### 4.4.15 Potencia de la bomba de ariete hidráulico

El siguiente dato se obtuvo con los cálculos de las ecuaciones anteriores:

$$P = \gamma \times q \times H_d$$

$\gamma$ : el peso específico del agua se tomó para condiciones normales.

$$P = 9810 \frac{N}{m^3} \times 0,0005694 \frac{m^3}{s} \times 10$$

$$P = 55,85 W$$

#### 4.4.16 Cálculo del caudal de llegada al tanque de almacenamiento

El cálculo siguiente se realizó por la conformación de diversas fórmulas ubicadas en el libro de mecánica de fluidos. Se calculó el área efectiva de entre la salida de la manguera de una pulgada desde la bomba de ariete hidráulico hasta el final del recorrido ingresando al tanque de almacenamiento:

Primero se convirtió el diámetro de la manguera a metros:

$$D_m = 1 \text{ pulg} * \frac{0,00254 \text{ m}}{\text{pulg}} = 0,00254 \text{ m}$$

Se procedió al cálculo del radio:

$$r_m = \frac{D_m}{2} = 0,00127 \text{ m}$$

Se calcula la velocidad promedio (Munson, 2013):




$$V_m = \frac{q}{\pi \times r_m^2} = \frac{0,0005694 \frac{m^3}{s}}{\pi \times (0,0127 m)^2} = 0,3591 m/s$$

La diferencia de altura que transcurre la manguera desde la bomba de ariete hacia el tanque de reservorio es de 4 metros.

$$\Delta P = \rho * g * \Delta h$$

$$\Delta P = 1000 \frac{kg}{m^3} * \frac{9,81m}{s^2} * 4m = 39240 pa$$

Se calculo el área de la selección transversal de la manguera:

$$A_m = \pi \times D_m^2 = \pi \times 0,00254 m^2 = 0.000507 m^2$$

Se usan los cálculos matemáticos anteriores para encontrar el caudal final que fluye desde la manguera que sale de la bomba de ariete hidráulico recorriendo los 54 metros hasta el reservorio:

$$q_{fm} = \frac{A_m \times \sqrt{2 \times \Delta P}}{L} = \frac{0.000507 m^2 \times \sqrt{2 \times 39240 pa}}{54 m} = 0.000389 m^3/s = 23,34 l/min$$

Para concluir determinamos el porcentaje de perdida que existe a través de la trayectoria del recorrido de la manguera:

$$\Delta Q = q - q_{fm} = 34,168 \frac{l}{min} - 23,34 \frac{l}{min} = 10,828 l/min$$

$$\% \Delta Q = \frac{10,828 l/min}{34,168 \frac{l}{min}} = 31,6\%$$

#### 4.4.16 Análisis mecánico y simulación de Fluido del Diseño de la Bomba de ariete hidráulico

Realizado los cálculos matemáticos correspondientes, se procedió con el modelamiento de la Bomba de ariete Hidráulico usando el software de Diseño mecánico SolidWorks, el cual permitió conocer a través de su estudio estático y de *Flow simulation*, si este diseño fue

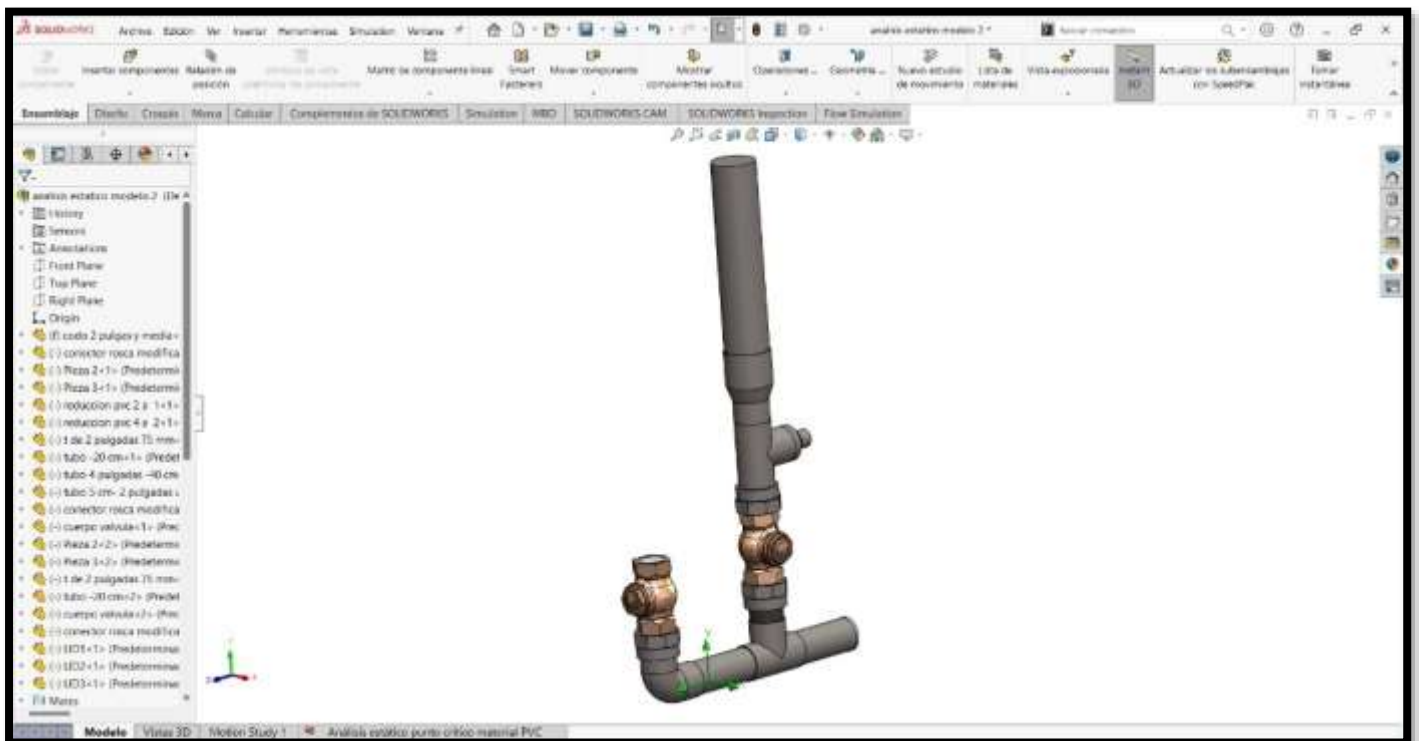



funcional; además, se mostraron los puntos críticos de los materiales que conformaron la Bomba de ariete Hidráulico. Para el análisis estático de la bomba se trabajó con la presión del agua y la presión atmosférica, las cuales actuaron durante el funcionamiento de la bomba en el estudio de análisis estático.

La Figura 9 muestra el diseño de la Bomba de Ariete Hidráulico para el análisis correspondiente, realizado con el Programa SolidWorks.

**Figura 9.**

*Diseño final de la Bomba de ariete hidráulico*



*Nota:* La figura muestra el modelado final de la Bomba con las características necesarias para abastecer de agua a nuestra población de muestra. Tomado del Programa SolidWorks.

Como se muestra en la Figura 9 el diseño planteado cuenta con los siguientes componentes:

- Dos unidades de válvulas retención check 2 1/2 pulgadas.





- Tres unidades de conectores con rosca de 2 ½ pulgadas.
- Dos unidades de TEE de 2 ½ pulgadas.
- Una unidad reducción de 4 pulgadas a 2 ½ pulgadas.
- Dos unidades de tubería de 2 ½ de longitud 20 cm.
- Una unidad de codo de 2 ½ pulgadas.
- Una unidad de reducción de 2 ½ a 1 pulgada.
- Una unidad de un tubo de 4 pulgadas de longitud 50 cm.

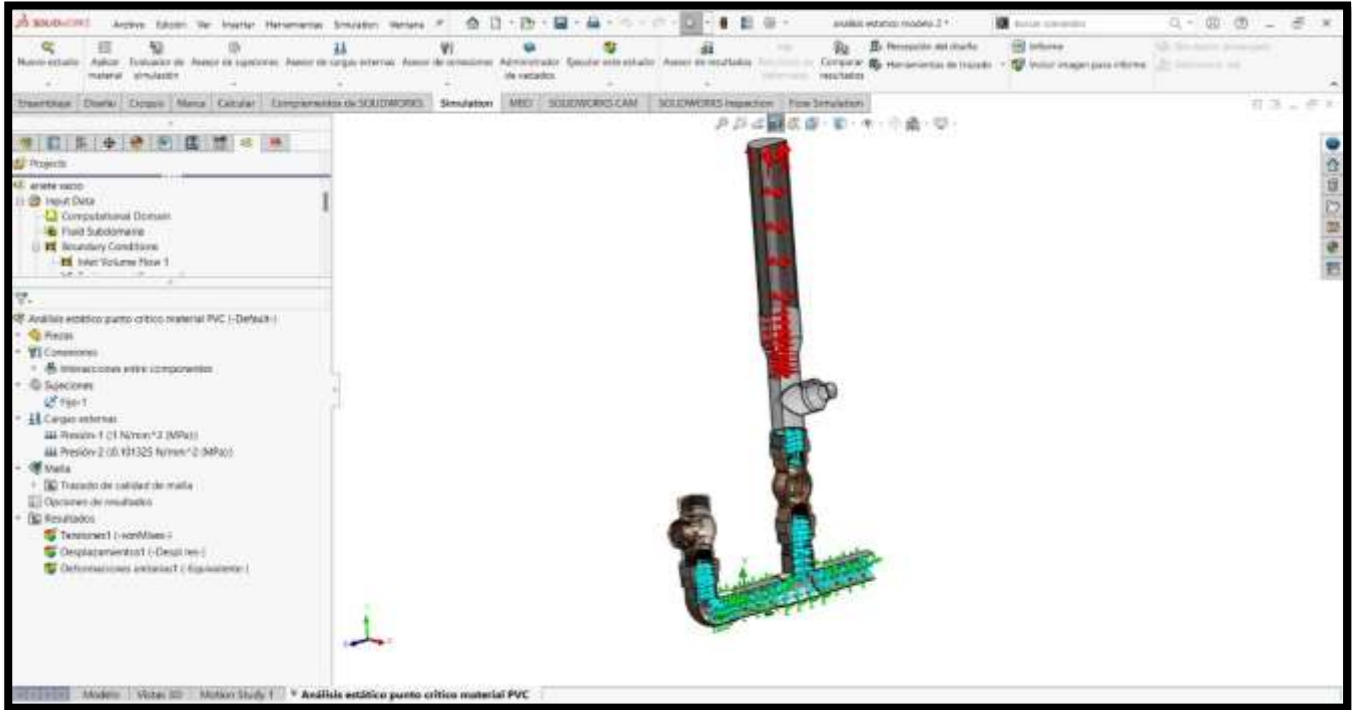
Los componentes mencionados se diseñaron para conformar la Bomba de ariete hidráulico.

Para el estudio estático se procedió a realizar las sujeciones (color verde), que se muestra en la Figura 10; estas serán fijas debido a que la simulación y colocación de la Bomba de Ariete Hidráulico estará estática y sin movimiento; los únicos elementos movibles serán las válvulas de retención check que harán el proceso del golpe de ariete.



**Figura 10.**

*Estudio estático de la Bomba de ariete Hidráulico*



*Nota:* La presente figura muestra de manera grafica el estudio realizado en la bomba de ariete. Tomado del Programa SolidWorks.

Las flechas rojas representan la presión atmosférica que tendrá la tubería de cuatro pulgadas ya que esta actuó como tanque de aire, para poder bombear el agua hacia la salida de descarga que a través de la manguera de una pulgada se dirigirá al tanque de almacenará toda el agua bombeada.

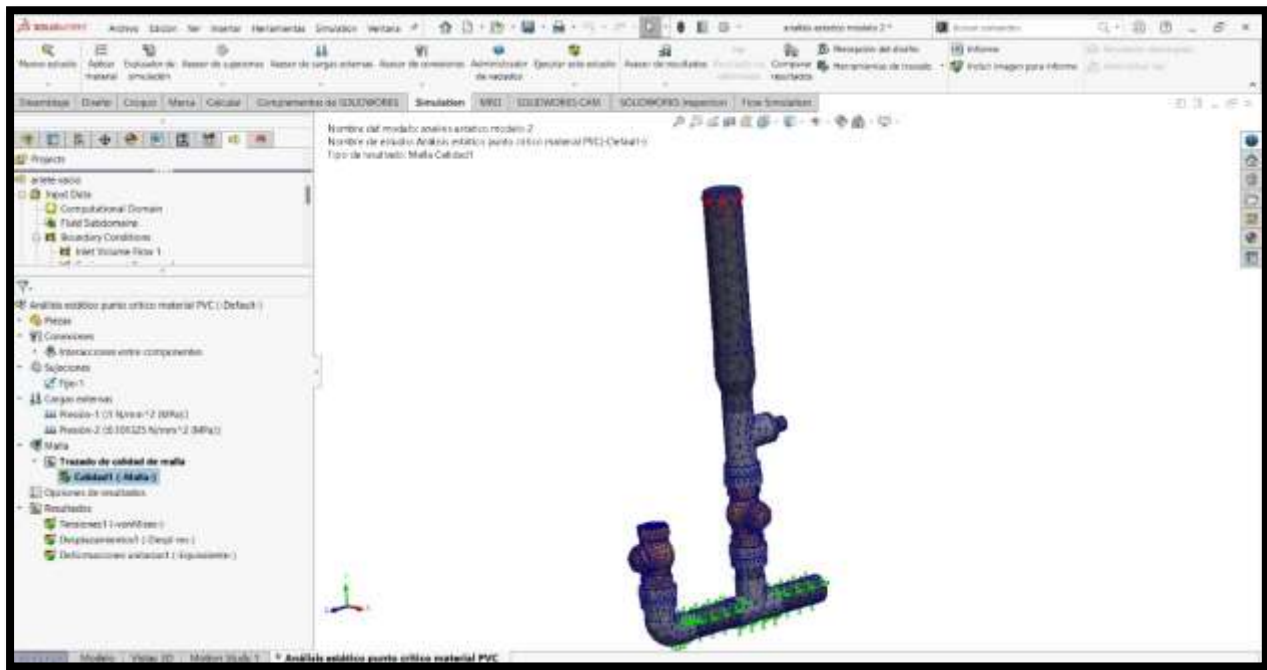
Las flechas azules indicaron la presión del agua que actúa en el interior de las tuberías a lo largo de su recorrido, desde que ingresa por la desviación de se planteó a través de una tubería de cuatro pulgadas con una longitud de tres metros, que se reduce al ingreso de la Bomba de ariete hidráulico. Una vez que se realizó la detección de los lugares donde actuaron la presión del agua de la quebrada y la presión atmosférica, se procesó a realizar el mallado para el análisis de los



elementos finitos y así dar un resultado adecuado para el diseño de la bomba; además, de ser necesario para poder realizar el estudio estático, como lo muestra la Figura 11:

**Figura 11.**

*Mallado para realizar el estudio estático de los componentes*



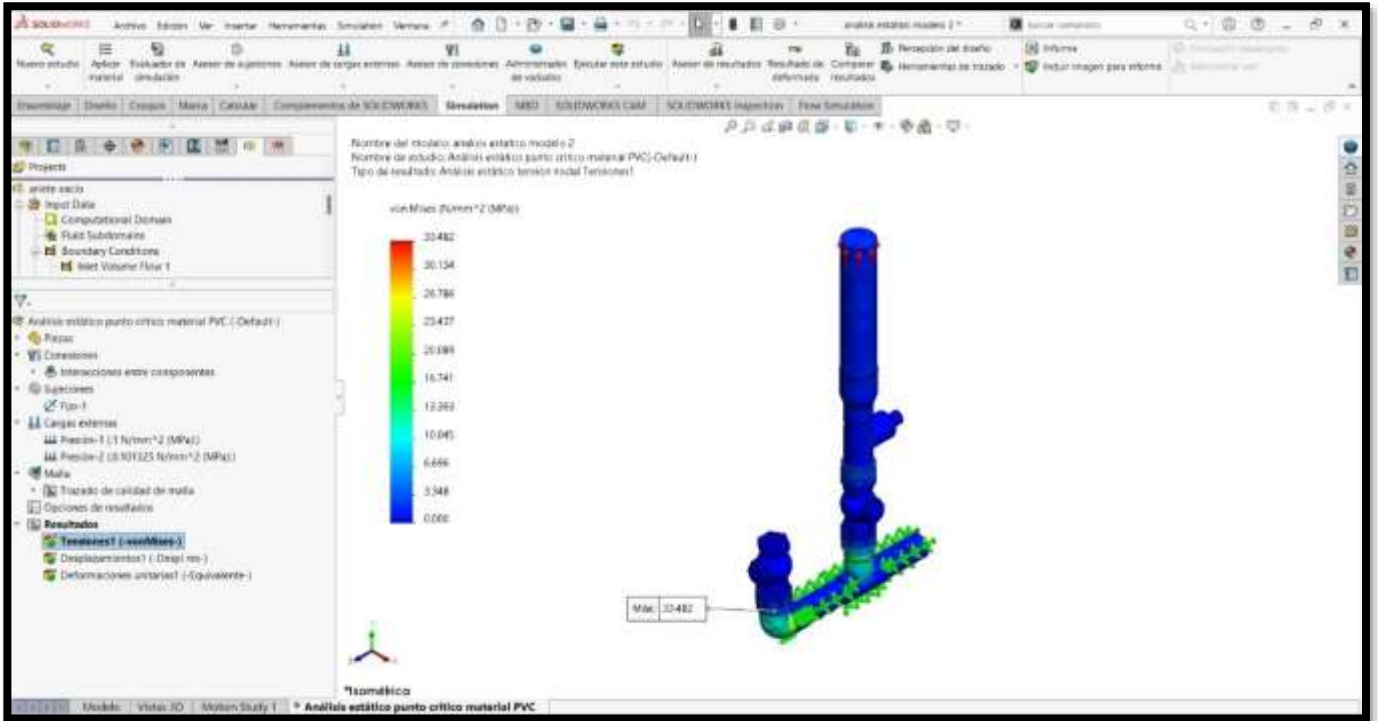
*Nota:* La presente figura representa la etapa de mallado dentro del estudio de análisis realizado para obtener el mayor esfuerzo que soportara la bomba de ariete. Tomado del Programa SolidWorks.

Finalmente, se realizó la ejecución del estudio obteniendo como resultado que el elemento que soportara la distorsión sería el codo, como se muestra en la Figura 12, siendo 33,48 Mpa como esfuerzo máximo antes de deformarse, ya que este recibirá el paso del flujo del agua con una caudal de entrada de 127,8 l/min y una presión que oscila entre los 13 y 20 mpa, puesto que la válvula check ofrece resistencia al mismo y se producirá en su retorno el fenómeno del golpe de ariete que impulsa el flujo del agua hacia la TEE, donde se aprecia una distorsión, pero en menor resultado para que el agua suba con dirección a la salida de la manguera de descarga.



**Figura 12.**

**Resultados del Estudio estático de los componentes**



*Nota:* La presente figura nos muestra resultado final del análisis ejecutado a nuestra bomba de ariete hidráulico modelado en 3D. Tomado del Programa SolidWorks.

#### **4.4.16.1 Simulación del fluido en su recorrido a través de la Bomba de Ariete Hidráulico:**

Se simuló mediante el software Solidworks en su estudio llamado Flow Simulation el recorrido del agua en su ingreso a la Bomba de ariete; agregando el caudal de suministro de 127,8 litros/min, este estudio permitió conocer el paso del agua en el interior de la tubería y su comportamiento, mostrando el fenómeno del golpe de ariete que mediante la válvula check hace que sea posible el impulso del agua de regreso, dirigiéndose a la salida donde se ubicará la manguera de una pulgada planteada, para poder suministrar el agua en su recorrido hacia el tanque de reservorio.

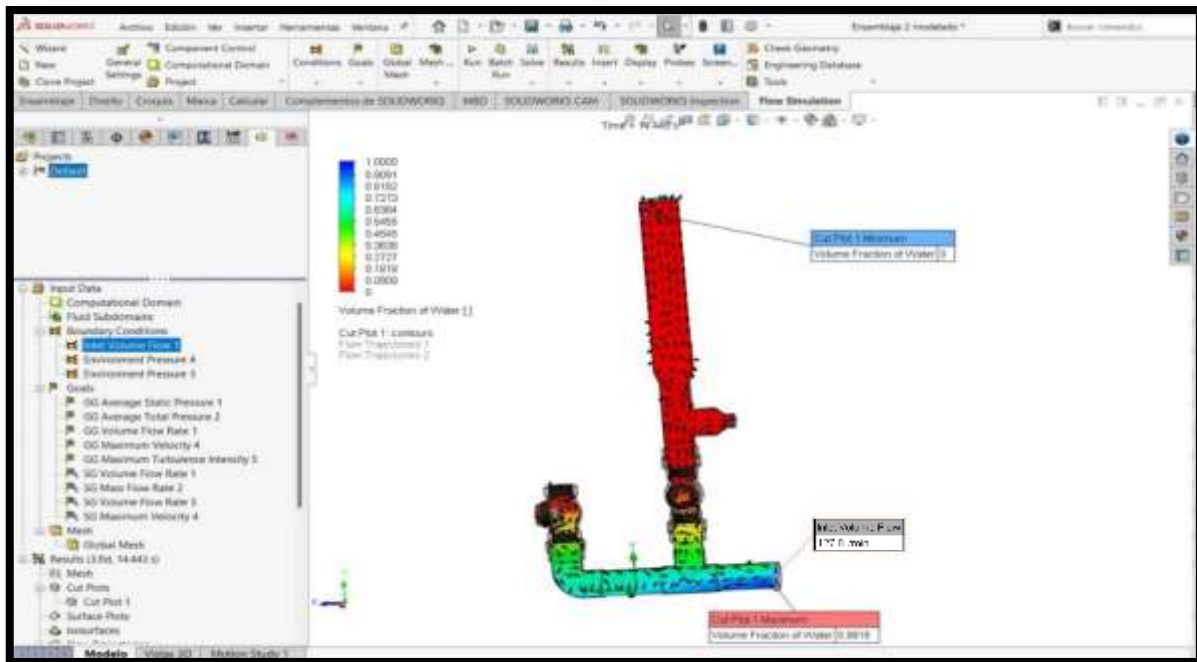
Para el estudio se realizó el uso de las propiedades físicas del agua y aire que el programa utiliza para determinar los distintos parámetros con los datos introducidos y demostrar la presión que



soportara la Bomba de ariete; así mismo, conocer y verificar que los calculos matematicos obtenidos anteriormente son similares a la simulación, corroborando que el diseño es funcional. A continuación, se presentan las imágenes obtenidas de la ejecucion de la simulacion de la entrada del agua hasta su salida:

**Figura 13.**

*Estudio del Flow simulation de la bomba*



*Nota:* La presente figura muestra el proceso del movimiento del fluido y aire a través de su recorrido en la bomba de ariete Tomado del Programa SolidWorks).

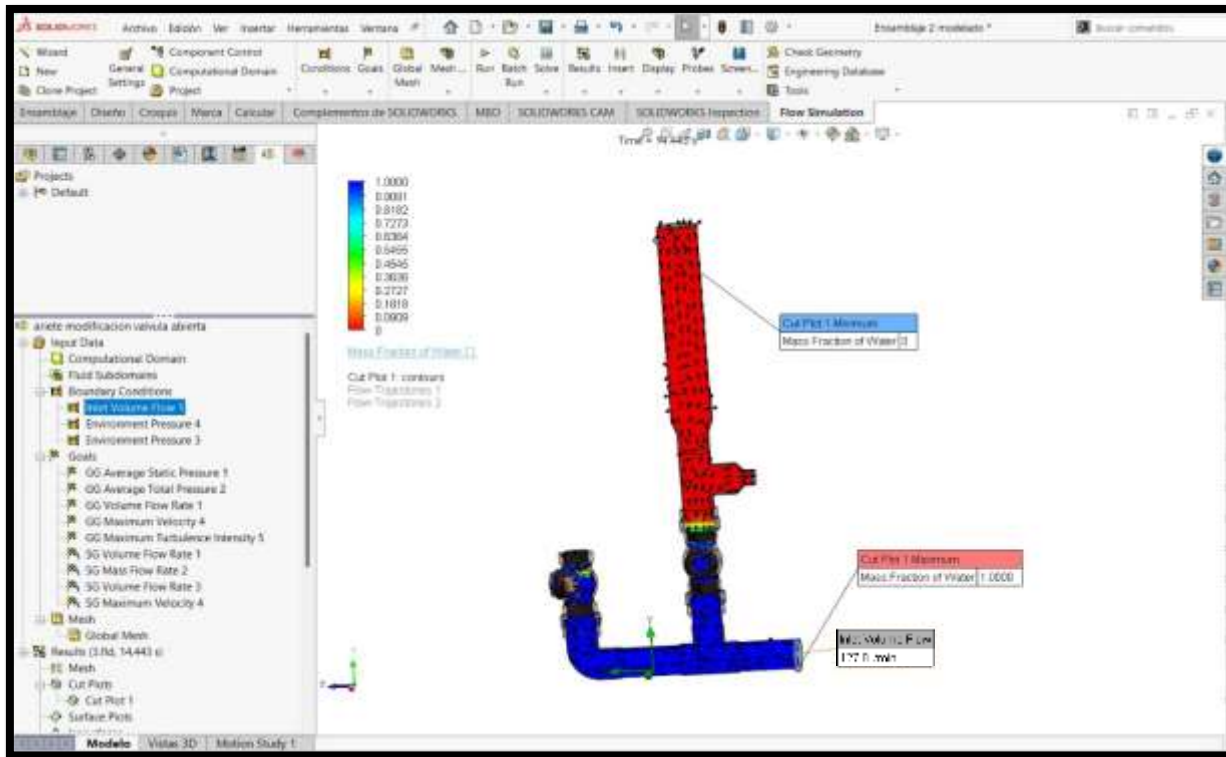
Como se aprecia en la figura anterior el ingreso del agua con una caudal de 127,8 l/min se dirige a traves del cuerpo de la bomba donde la valvula check de impulso hace el trabajo de cerrarse ya que tambien actúa la presión atmosférica y el agua se regresa debido a que, la valvula no permite su paso, retornando y subiendo por la TEE hasta la salida en la reducción de una pulgada representada por la zona verde y amarilla de la imagen. Se observa que la camara de aire tiene presión atmosférica representada por la zona roja en esta figura.



La Figura 14 muestra el paso del agua hasta el llenado de la mitad de la bomba por donde el agua se dirige hasta la salida de entrega.

**Figura 14.**

*Estudio del Flow simulation de la bomba*



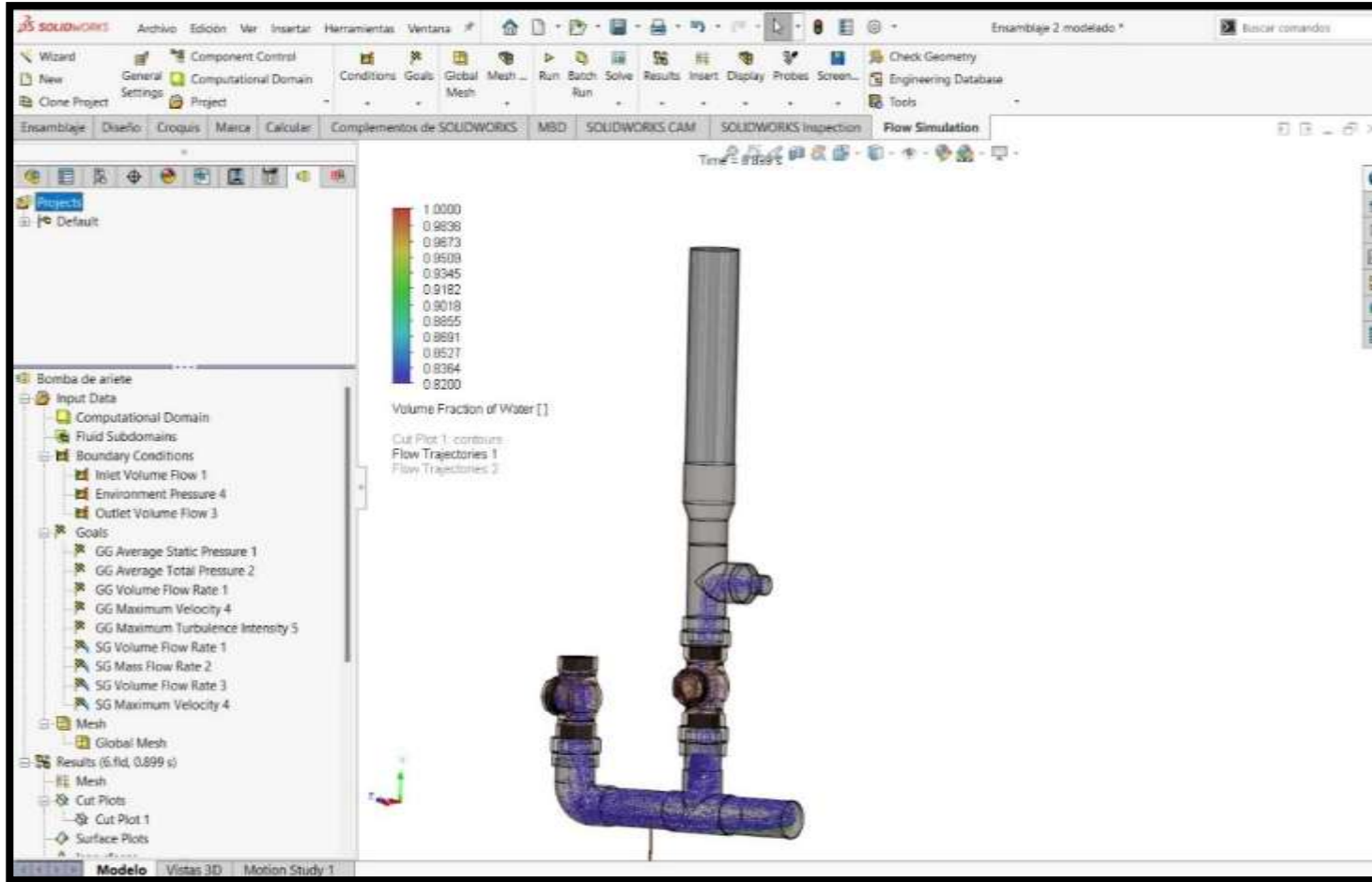
*Nota:* La figura presenta el trayecto diferenciado por los colores del agua y aire. Tomado del Programa SolidWorks.

El flujo que toma el agua en trayecto de toda la bomba de ariete se representa en la imagen siguiente demostrando que el diseño planteando y obtenido mediante los calculos matematicos.



**Figura 15.**

*Estudio del Flow simulation mostrando el flujo del agua*

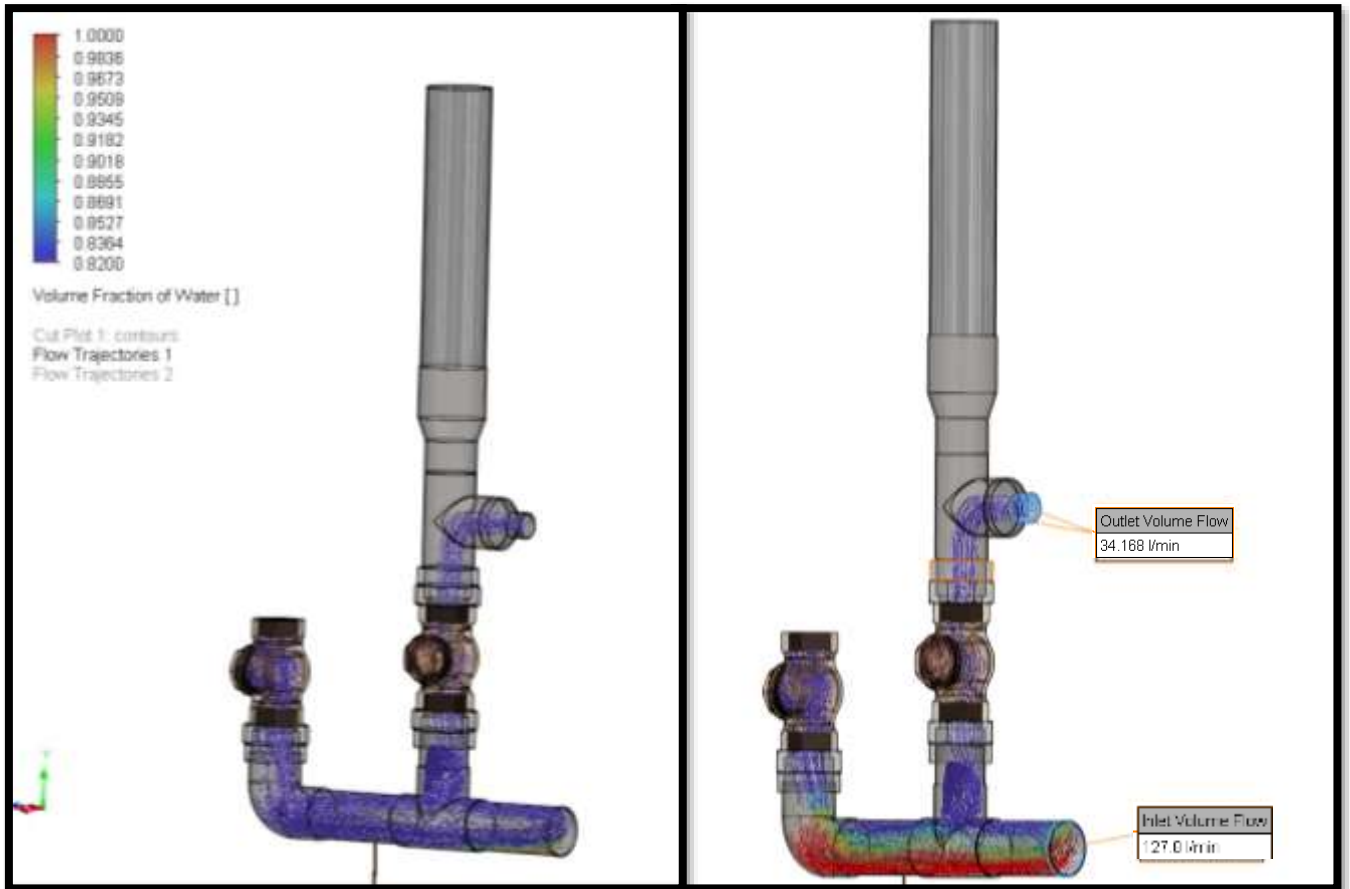


*Nota:* La figura presenta el recorrido del agua a través de la bomba de ariete hasta su salida final. Tomado del Programa SolidWorks.



**Figura 16.**

*Estudio del Flow simulation, recorrido del agua dentro de la Bomba mostrando los valores de ingreso y salida del agua*



*Nota:* La presente figura indica mediante el modelado de la bomba como es el trayecto y describiendo los valores de ingreso y salida del agua que se usara para el abastecimiento de nuestra muestra. Tomado del Programa SolidWorks.

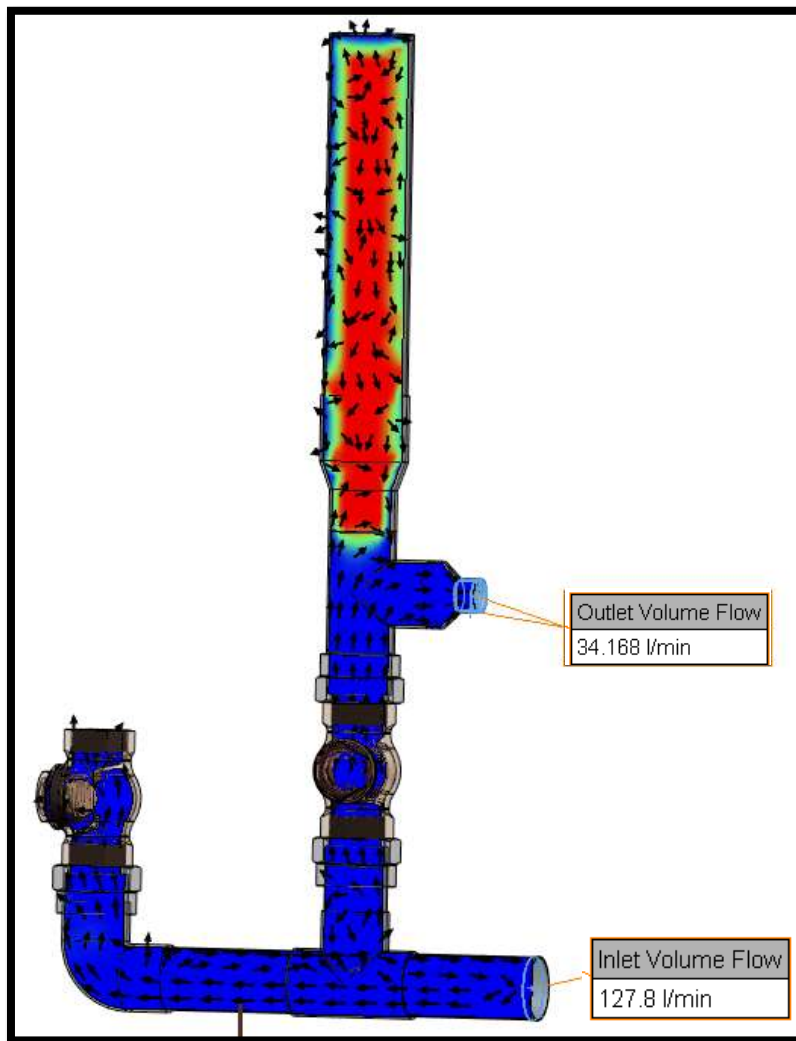




En la Figura 17 se observa la presión dentro de la cámara de aire (color rojo) en el trayecto del agua (color azul), esto explica como actua la bomba de aire hidráulico para lograr suministrar agua.

**Figura 17.**

*Estudio del Flow simulation, presión atmosférica y presión del agua*



*Nota:* La presente figura indica mediante los colores las proporciones de presión de agua y aire que actúan dentro de la bomba de ariete. Tomado del Programa SolidWorks.



#### 4.4.16.2 Dimensionamiento del reservorio de agua:

La ubicación del reservorio de agua se planteó colocarlo a una distancia de 54 metros desde la captación y ubicación de la salida de la manguera de descarga de una pulgada de diámetro.

Se utilizo para su dimensionamiento, los parámetros siguientes:

- La bomba de ariete hidráulico el uso que tendrá el continuo durante las 24 horas y los siete días de la semana.
- Se obtuvo como parte del cálculo matemático que la bomba de ariete hidráulico suministra  $23,34 \frac{\text{litros}}{\text{minuto}}$ .

Para obtener cuánta agua acumulará el reservorio se utilizó la fórmula matemática siguiente:

$$Vr = q \times t$$

$$q = 23,34 \frac{\text{litros}}{\text{minuto}}$$

t= 1 días mínimo.

Se calculo el caudal obtenido de un día:

$$q = 23,34 \frac{\text{litros}}{\text{minuto}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}} \times \frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ dia}}$$

$$q = 33609 \frac{\text{litros}}{\text{dia}}$$

Para calcular el volumen del reservorio se reemplazaron los datos obtenidos anteriormente:

$$Vr = q \times t$$

$$Vr = 33609 \frac{\text{litros}}{\text{dia}} \times 1 \text{ dia}$$

$$Vr = 33609 \text{ l}$$

$$Vr = 33,6 \text{ m}^3$$

Cálculo de tiempo de llenado del tanque de agua seleccionado para una estimación:



*volumen del tanque = 2500 litros*

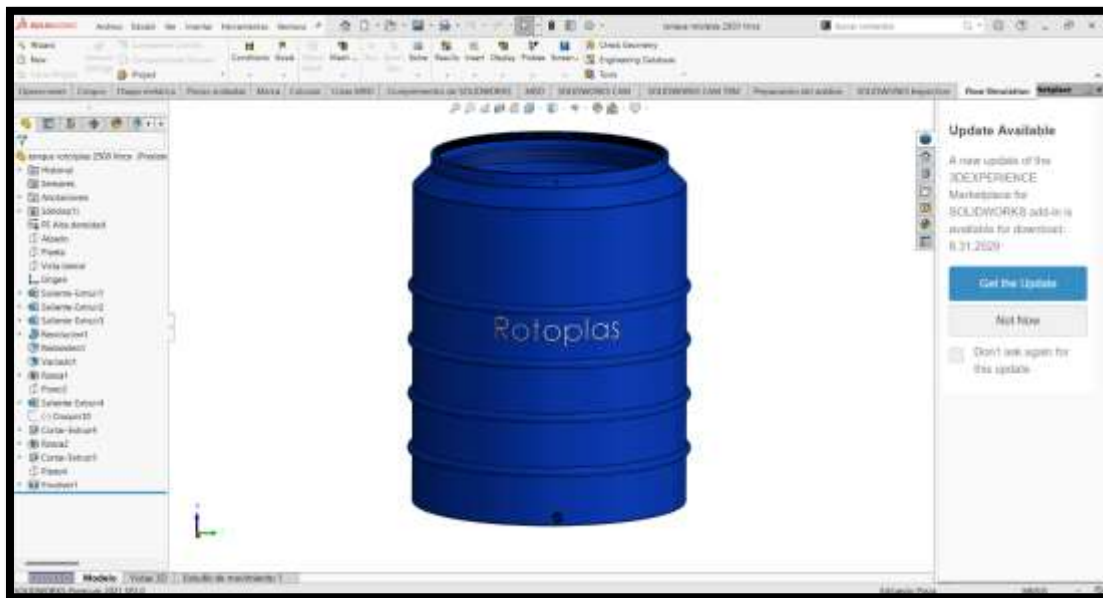
$$T = \frac{V}{q} = \frac{2,5 \text{ m}^3}{0.000389 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}} = 6432,9\text{s} = 1 \text{ h } 47 \text{ min y } 13 \text{ s}$$

### **Reservorio de almacenamiento**

Se optó por la colocación de un tanque Rotoplas de 2500 litros ya que cumple con las características que se busca en nuestro planteamiento de suministrar agua con materiales comunes y de un precio asequible para los pobladores, además que se puedan encontrar en cualquier ferretería. Se procedió al modelado del tanque que se planteó en el programa SolidWorks.

**Figura 18.**

*Modelado del Tanque de reservorio*



*Nota:* La presente figura muestra el modelado del tanque escogido para el almacenamiento del agua que suministrará la bomba ariete. Tomado del Programa SolidWorks.



**Figura 19.**

*Datos técnicos para la selección del Tanque de reservorio*

## Tanques de Almacenamiento

### Especificaciones técnicas

- Material: polietileno de alta densidad.
- Color: blanco y negro.
- Tapa: 18"
- Estándar o de acuerdo a necesidades del cliente.
- Tanque de acuerdo a densidad almacenada:
  - Estándar 1.00 - 1.20 kg / cm<sup>3</sup>
  - Reforzado 1.21 - 1.50 kg / cm<sup>3</sup>
  - Doble reforzado 1.51 - 1.90 kg / cm<sup>3</sup>



### Cuadro de capacidades

Descripción (l)	Altura "A" (m)	Diámetro "B" (m)	Placa "D" (m)	Ø Tapa "C" (m)	Peso (kg)
TAN - 2 500	1.76	1.55	0.20	0.45	50
TAN - 5 000	1.77	2.20	0.20	0.45	85
TAN - 5 001	2.34	1.83	0.20	0.45	85
TAN - 10 000	3.10	2.20	0.20	0.45	200
TAN - 10 000L	2.70	2.40	0.20	0.45	180
TAN - 15 000	3.90	2.40	0.20	0.45	400
TAN - 22 000	3.52	3.00	0.20	0.45	400
TAN - 25 000	3.90	3.00	0.20	0.45	500

*Nota:* La presente figura muestra los valores aptos para el modelado del tanque de almacenamiento. Tomado del Fabricante Rotoplas.

### Presupuesto para la elaboración de la bomba de ariete hidráulico

Se elaboro el presupuesto para la construcción del diseño la bomba de ariete hidráulico, con los precios que se manejan en la ciudad de Jaén (mano de obra y adquisición de materiales).







**Tabla 5.**

*Lista de materiales para la construcción de la bomba de ariete hidráulico*

<b>LISTA DE MATERIALES Y MANO DE OBRA</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>
<b>1</b>	Válvula de retención tipo check 2 ½"	Und	2	s/. 660
<b>2</b>	Tee de PVC 2 ½"	Und	2	s/. 20
<b>3</b>	Conector de rosca PVC 2 ½"	Und	3	s/. 30
<b>4</b>	Reducción de PVC de 4" a 2 ½"	Und	2	s/. 16
<b>5</b>	Reducción de PVC de 2 ½" a 1"	Und	2	s/. 8
<b>6</b>	Codo de PVC de 2 ½"	Und	1	s/. 10
<b>7</b>	Tubo de PVC de 2 ½"	Und	1	s/. 25
<b>8</b>	Tubo de PVC de 4"	Und	3	s/. 120
<b>9</b>	Manguera de riego 1"	metros	55	s/. 275
<b>10</b>	Tanque de almacenamiento 2500 litros	Und	1	s/. 1100
<b>11</b>	Mano de obra	Días	1	s/. 80
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>				<b>S/. 2344</b>

*Nota:* Esta tabla presenta presupuesto y lista de materiales necesarios para la construcción de la bomba de ariete.

Fuente. Elaboración propia.

El costo de construcción de nuestro diseño de bomba de ariete hidráulico asciende a un total de s/. 2 344.00 soles.



## V. DISCUSIÓN

- En la investigación realizada determinamos la cantidad de caudal de la quebrada en San Juan de Tunguillan, obteniendo un caudal de la quebrada  $0.6620 \frac{m^3}{s}$  equivalente a 39720 L/min, y un caudal de suministro de 127,8 L/min suficiente para alimentar nuestra bomba de ariete hidráulico y poder satisfacer la demanda de agua de nuestra población. En la investigación de Chero (2018) en su tesis “Diseño de un sistema de Bombeo mediante ariete hidráulico”, inició su estudio obteniendo el caudal de la quebrada Moras en la comunidad de Feical-Piura, donde obtuvo un caudal a 300 L/min, y un caudal de suministro de 24,12 L/min y luego de la determinación los diversos parámetros de diseño, concluyó que satisface la necesidad de su muestra.
- Diseñamos una bomba de ariete Hidráulico con una tubería de captación de 4” de pvc, el cuerpo del ariete de 2 ½” de pvc y la manguera de salida de 1” de plástico; logrando resultados favorables en nuestra investigación satisfaciendo la demanda de agua para nuestra muestra de 15 habitantes y asimismo con la selección de tubería logramos que sea una bomba económica, en comparación con una bomba convencional. Según Arangurí (2018) en su investigación “Efectividad del sistema de bombeo con ariete hidráulico en la zona rural de San Pablo-Cajamarca”, seleccionó una tubería de entrada de 1 1/2”, en el cuerpo del ariete de 1 1/2” y la tubería de salida de 1 / 2”, satisfaciendo también la demanda de la muestra de 24 personas y 26 cabezas de ganado.
- Esta investigación nos indica que el diseño realizado es aceptable y económico por la elección de componentes se encuentran en la mayoría de ferreterías a nivel local, y de larga duración como se demostró en los análisis estáticos sometidos en el programa Solidworks. La



investigación de Huamán (2021), es su tesis de Maestría Diseño de una bomba de ariete hidraulico, comercial y sostenibles para la zona rural en Lamas-San Martin, recurrió al uso de materiales prefabricados o de origen industrial para la comercializacion en general a toda la poblacion, logro conseguir una diseño de una bomba de ariete hidráulico de una vida útil de 5 a 10 años, solo con una inspección periódica. En la investigación de Quispe (2018) en su tesis de pregrado Evaluación y mejoramiento del abastecimiento del sistema de agua potable aplicando golpe de ariete, barrio Partido Alto-Shanao-Lamas, logra abastecer una demanda de agua con un volumen de almacenamiento de 12 m<sup>3</sup> durante un periodo de 12 horas, similar a nuestro dimensionamiento conseguimos que el volumen de almacenamiento total que puede conseguir nuestra bomba de ariete hidráulico es de 33,6 m<sup>3</sup> para un periodo de almacenamiento de 24 horas



## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

- Se logró calcular el caudal promedio de  $0,6620 \text{ m}^3/\text{s}$  de la quebrada Tinguillan con ayuda del caudalímetro y del software Hidroesta 2; con la que mediante el cálculo matemático para el diseño de la bomba de ariete hidráulico se obtuvo resultados positivos en función de la demanda de agua, que según normativa de edificaciones IS 010 edificaciones para el abastecimiento de agua, nos dice que para el consumo por habitante es de 150 litros por habitante diario.
- Se obtuvo un diseño de bomba de ariete hidráulico, que permite almacenar  $33,6 \text{ m}^3$  de agua, equivalente a 33 600 litros en un periodo de 24 horas y cumpliendo con la demanda de agua de nuestra muestra que es de 2250 L en 24 horas; para la cual se seleccionó un tanque Rotoplas de 2500 litros que almacena agua suficiente para la muestra
- Para el análisis estático de la bomba de ariete hidráulico se realizó con el programa SolidWorks, resultado del estudio analizado mostró que los componentes que sufrieron a causa de las presiones del agua y aire, fueron el codo de  $90^\circ$  y la TEE; sin embargo, los datos obtenidos indican que el material PVC es resistente y que no logra deformarse, pues se mantuvo en los límites normales. Para la simulación de la bomba de ariete hidráulico se corroboraron los datos obtenidos por los cálculos matemáticos, ya que mediante la simulación se observó el recorrido del agua a través de la bomba de ariete, pudiéndose apreciar el golpe de ariete que la válvula check consigue, para luego retornar hasta la salida de la manguera de una pulgada, participando la presión de la cámara de aire, logrando llevar un caudal de entrega  $23,34 \frac{\text{litros}}{\text{minuto}}$ ; evidenciando que la bomba





de ariete hidráulico es funcional y además de ser de bajo consumo energético equivalente a 55,85 W, tiene un costo total de implementación de s/ 2 344,00 soles.

- El uso del programa de diseño mecánico evidenció que es posible realizar un análisis estático, sin la necesidad de la construcción de la bomba de ariete, debido a que cuenta con muchas herramientas y estudios, para la demostración de los cálculos teóricos. A través del SolidWorks podemos analizar que componentes de la bomba en su ensamble final reciben el mayor esfuerzo durante su funcionamiento y nos indica que la mayor fuerza de presión de agua se encuentra en el codo de la bomba, soportando como máximo 33,48 Mpa; antes de su deformación, ya que éste recibe una presión de agua entre 13 y 23 Mpa con una caudal de entrada de 127,8 l/min demostrando a través del análisis realizado que no sufre ningún daño ya que está dentro de sus parámetros de resistencia.



## RECOMENDACIONES

- Para lograr conseguir suministrar agua mediante el uso de la bomba de ariete hidráulico es necesario tener en cuenta que el caudal del afluente que va suministrar el agua a una altura superior de almacenamiento, sea constante y tenga un volumen promedio de caudal, para lograr el objetivo principal.
- Si se necesita obtener un caudal de entrega superior al calculado, se tendría que agregar una válvula check adicional ya sea en paralelo o en serie y así conseguir un mayor promedio de golpes de ariete por ciclo y obtener agua en el reservorio en un menor tiempo.
- Al implementar el diseño de la bomba planteado es recomendable que se dé un mantenimiento o revisión cada tres meses, y observar si hay deformaciones en los componentes de la bomba.
- Al construir la bomba diseñada, se recomienda almacenar el agua en más de 2 tanques de Rotoplas de 2250 litros, ya que con el caudal que entrega la bomba podría abastecer la demanda de agua de toda la población.
- Para que la bomba de ariete hidráulico tenga una duración mayor es recomendable su construcción y uso de los componentes necesarios en acero galvanizado, ya que resistirá más las presiones del agua y aire, dándole un periodo de vida de la bomba de ariete y mantenimiento superior al año de uso.
- Para evitar las pérdidas de caudal en el trayecto de la manguera de descarga al reservorio planteado, se debe tener en cuenta que el recorrido no tenga elevaciones pronunciadas, para que el agua fluya sin oposición a la gravedad y llegue constante al tanque de reservorio.



- La entrada del agua en la tubería de suministro debe estar cubierta por una rejilla o una malla que evite la entrada de piedras, ramas o cualquier basura que obstruya y malogre la bomba de ariete hidráulico en su interior.
- Para la colocación de la bomba se debe tener en cuenta ubicarla a un costado del afluente o quebrada, sobre una superficie plana para que se pueda asegurar, ya que estará estática en su funcionamiento.
- Se debe revisar y limpiar el tanque de reservorio del agua, periódicamente para evitar la aparición de moho, plaga de insectos o animales que pueda contaminar el agua.
- La bomba de ariete hidráulico es una bomba de muy fácil construcción, además de ser útil y económica para el traslado de agua hacia una altura superior.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agua, A. N. (2017). *Resolucion Directoral N°2217-2017-ANA-AAA.M.* ANA, Cajamarca, Jaén.
- Arangurí Cayetano, D. J. (2018). *Efectividad del Sistema de Bombeo con Ariete Hidráulico en la zona rural de la provincia de San Pablo-Cajamarca [Tesis de doctorado, Universidad Nacional De Cajamarca]*. Repositorio Institucional, Cajamarca. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/2138>
- Blanco Marigorta, E., Velarde Suarez, S., & Fernández Francos, J. (1994). *Sistemas de bombeo.* Gijon.
- Campaña, C., & Guaman, D. (2011). *Diseño y construcción de una Bomba de Ariete Hidráulico (Tesis de grado para la obtención de título de ingeniero mecánico).Escuela Politécnica Nacional.* Quito. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4020/1/CD-3778.pdf>
- Cengel, Y., & Cimbala, J. (2006). *Mecanica de Fluidos fundamentos y aplicaciones.* Mexico D.F: Mc Graw Hill.
- Chávez rusvel, P. (2016). *Diseño de Bomba de Ariete Hidráulico, en la Asociación San Miguel - Yacango Distrito Torata Región Moquegua[ Tesis de Titulacion, Universidad Jose carlos Mareategui.* Torata, Moquegua.
- Chero Lizana, A. (2018). *Diseño de un sistema de bombeo mediante ariete hidráulico [Tesis de Título profesional, Universidad de Piura]*. Repositorio institucional, Piura. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11042/3903>
- EMAPA SAN MARTIN S.A. (10 de Octubre de 2021). *Emapa San Martin.* Obtenido de <https://www.emapasanmartin.com/articulo/np-estudios-agua-subterranea>



Enriquez Alva, B. S. (2017). *Evaluacion de Factores Hidraulicos en una Bomba de Ariete que permitan el Abastecimiento de agua potable en el área rural del distrito de Independencia-Huaraza-2016 [Tesis de Titulo Profesional,Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2369>

Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodologia de la Investigacion*. Mexico: Mc Graw Hill Education.

Gomez, P. (2012). *Diseño paramétrico de una bomba de ariete hidráulico (Tesis para obtener maestría en Tecnología de cómputo)*. Instituto politécnico nacional. Mexico. Obtenido de <http://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/16134/1/Diseño%20Parametrico%20de%20una%20Bomba%20de%20Ariete%20Hidraulico.pdf>

Gonzales, J. L. (2020). *Proyecto de tesis-guia para la elaboración*. Jose Luis Arias Gonzales.

González, O. H. (2020). Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico . *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 3.

Hernández-Sampieri, R. y. (2018). *Metodologia de la Investigacion, las rutas cuantitativas cualitativa y mixta*. Ciudad de Mexico, Mexico: Mc Graw Hill. doi:ISBN 978-1-4562-6096-5

Huamán Torrejón, C. S. (2021). *Diseño de una bomba de ariete hidráulico, comercial y sostenible, para usarse en zona rural del distrito de lamas[Tesis de maestría, Universidad Nacional de San Martín]*. Repositorio institucional, Tarapoto. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11458/4176>



Jeffrey, T. (1992). *Hydraulic Ram Pumps. A guide to ram pump water supply systems*. London: ITDG Publishing.

Jiménez Bolaños, J. M. (2011). *El Ariete Hidraulico*. *Fundacion Tierra*.

Kundu, P., Cohen, I., & Dowling, D. (2013). *Fluid Mechanics*. Oxford.

Mataix, C. (1986). *Mecanica De Fluidos y Maquinas Hidraulicas*. Ediciones Del Castillo S.A.

Mejia, E. (2005). *Tecnicas e Instrumentos de Investigacion*[*Universidad Nacional Mayor de San Marcos*]. Lima.

Ministerio de Vivienda, Construcion y Saneamiento. (15 de Julio de 2016). *Gobierno del Perú*.

Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/munisantamariadelmar/informes-publicaciones/2619716-is-010-instalaciones-sanitarias-para-edificaciones-ds-n-017-2012>

Montecinos Larrosa, A., & Gallardo Quiñones, L. (2004). *Los Secretos Del Ariete Hidraulico*. *Cuba Solar*, 1-11.

Mott, R. L. (1996). *Mecanica De Fluidos*. Pearson Educacion.

Munson, B. R. (2013). *Fundamental Fluid Mechanic*. Ioawa, United States of America.

Naciones Unidas, E. (24 de Marzo de 2023). *Naciones Unidas Ecuador*. Obtenido de <https://ecuador.un.org/es/224762-d%C3%ADa-del-agua-garantizar-la-disponibilidad-de-agua-y-el-saneamiento-en-la-regi%C3%B3n-andina>

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, l. C. (22 de Marzo de 2019). *UNESCO*. Obtenido de UNESCO: <https://es.unesco.org/water-security/wwap/wwdr/2019>

Otí Isla, P. (2017). *Ariete hidráulico para riego. diseño, construccion y montaje*[*Tesis de Titulo profesional, Universidad de cantabria*]. Respositorio institucional, Cantabria-España.

Obtenido

de



<https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/11460/395118.pdf?sequence=1>

Pauro Chávez, R. P. (2016). *DISEÑO DE BOMBA DE ARIETE HIDRÁULICO, EN LA ASOCIACION SAN MIGUEL-YAPANGO DISTRITO TORATA REGION MOQUEGUA,2016*. MOQUEGUA, PERU.

Pérez Hernandez, P. (2003). *El Ariete Hidraulico*. Cuba.

Peru, G. d. (2017). ANA. Obtenido de [https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/rd-2217-2017-02\\_0.pdf](https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/rd-2217-2017-02_0.pdf)

Prieto, M., & Del pozo, O. (2006). Dinamica del sistema de abastecimiento de agua potable en la ciudad de coronel suarez. *Revista universitaria de Geografia*.

Quispe, J. B. (2015). Evaluacion Del Rendimiento Del Ariete Hidraulico BAH-1.1/2 Variando La Longitud De La Tuberia De Alimentacion y Condiciones De Operacion De La Válvula De Impulso. *Anales Científicos*, 156.

Red, E. (2009). *Ecu Red*. Obtenido de <https://www.ecured.cu/Altura>

Rivas Ponce, T. E. (2021). *“Mecanismo de bombeo de agua sin energía eléctrica mediante ariete [Tesis de título profesional, Universidad Estatal Del Sur De Manabí]*. Repositorio institucional, Jipijapa-Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3342/1/15-07-2021%20tesis%20TEDDY%20EDUARDO%20RIVAS%20PONCE.pdf>

Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. (2018). *Agua Bienestar y Desarrollo*. Lima.

Torres parra, C. (2017). Agua segura para comunidades rurales a partir de un sistema alternativo de filtracion. *Salud publica*.



valvias. (2011). Obtenido de <http://www.valvias.com/coeficiente-de-descarga.php>

Watt, S. (1975). *A Manual on Hydraulic Ram for Pumping Water*. London: Intermediate Technology Publications.

White, F. (2004). *Mecanica de Fluidos*. España: Mc Graw Hill.

Young, B. W. (1996). *Simplified Analysis and Design of the Hydraulic Ram Pump*.





## DEDICATORIA

Con amor se lo dedico a mis padres,  
Segundo e Hilda por el esfuerzo que hacen para  
convertirme en un profesional, además a mis  
hermanos por el apoyo que me demuestran diario  
para seguir adelante.

### **Segundo Michel**

La presente tesis la dedicó a Dios quien supo guiarme por el buen camino y por haberme brindado salud y fortaleza para poder concluir mis estudios universitarios, a mis hermanos por su cariño, a mi madre por ser el pilar más importante, por demostrarme siempre su amor, valores, principios y por su apoyo constante en este camino largo, a mi pequeña sobrina quien con su inocencia y con una sonrisa alegre mi día, a mi esposa Tatiana y a mi hijo Gianmario que me dan la fuerza para seguir adelante y para superarme como profesional; y además de ellos agradezco a mi abuelo Ismael quien ya no está con nosotros pero de cuál siempre recibí palabras de aliento y buenos consejos.

Ahora estoy a un paso de la meta, no fue fácil, pero con apoyo y aliento de mis seres queridos he podido lograr este gran objetivo.

**Carlos Mario**



## AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por permitirnos salud, ánimos de seguir adelante en las metas que tenemos por cumplir. A la familia en general por el apoyo y animo constante en el transcurso de nuestra educación.

Un agradecimiento a nuestro Asesor Ing. Walter Linder Cabrera Torres por su colaboración y tiempo para la conclusión de nuestro informe final de Tesis, además agradecer a todas las personas participes que nos apoyaron para conseguir finalizar el informe final.

**Los autores.**



## ANEXOS

**Anexo 1.** Tabla utilizada para el cálculo del factor de fricción. Mataix (1986)

TABLA 2-3			
<i>DENSIDAD, VISCOSIDAD DINAMICA Y CINEMATICA DEL AGUA EN FUNCION DE LA TEMPERATURA</i>			
<i>Temperatura</i> (°C)	<i>Densidad</i> (kg/m <sup>3</sup> )	<i>Viscosidad</i> <i>dinámica</i> $\eta$ (10 <sup>3</sup> kg/m · s)	<i>Viscosidad</i> <i>cinemática</i> $\nu$ $10^6 \frac{m^2}{s} = cSt$
0	999,8	178,7	1,787
2	999,9	167,1	1,671
4	1.000	156,2	1,562
6	999,9	146,4	1,464
8	999,8	137,6	1,375
10	999,7	130,5	1,307
12	999,4	122,6	1,227
14	999,2	116,1	1,163
16	998,9	110,4	1,106
18	998,5	105,2	1,053
20	998,2	100,2	1,0038
22	997,7	95,5	0,957
24	997,2	91,1	0,914
26	996,6	87,2	0,875
28	996,1	83,4	0,837
30	995,7	79,7	0,801
32	994,9	76,4	0,768
34	994,2	74,1	0,745
36	993,4	70	0,705
38	992,8	68	0,685
40	992,2	65,3	0,658
45	990,2	59,8	0,604
50	988	54,8	0,554
55	985,7	50,5	0,512
60	983,2	46,7	0,475
65	980,6	43,4	0,443
70	977,8	40,4	0,413
75	974,8	37,8	0,388
80	971,8	35,5	0,365
85	968,6	33,4	0,345
90	965,3	31,5	0,326
95	961,8	29,8	0,310
100	958,4	28,2	0,295
150	916,9	18,6	0,205
200	864,6	13,6	0,161
250	799,2	10,9	0,14
300	712,4	8,91	0,132




Anexo 2. Fotos de la medición del caudal de la quebrada Tumguillan



76





Handwritten signature in black ink.

77

Handwritten signature in blue ink.



Handwritten initials in blue ink.



Anexo 3. Molinete utilizado para la medición del caudal



*Handwritten signature*

*Handwritten signature*



*Handwritten initials*



Anexo 4. Usó del GPS para las coordenadas geográficas



Anexo 5. Programa Hidroesta 2 para procesar los datos obtenidos del caudalímetro o molinete

HidroEsta, software para cálculos hidrológicos y estadísticos aplicados a la hidrología

Parámetros Regresión Distribuciones Curvas características Precipitación Aforo Caudales máximos Evapotranspiración Ayuda

# HIDROESTA 2

Aforo con correntómetro o molinete

**Ingreso de datos:**  
**Nota:** Una vez que digite el dato, presionar ENTER

Profundidad en el margen (h0):  m

Velocidad en el margen (v0):  m/s

Si  
 No

$y = a + b$   
 donde:  $n = NR/t$

Tramo	L (m)	h (m)	Vm (m/s)
[?]			

Tramo	Area (m2)	Velocidad (m/s)	Caudal (m3/s)

Caudal total (Q):  m3/s

Esquema de ingreso de datos:

Archivos y resultados:

Calcular Graficar Limpiar Imprimir Menú Principal

Crear Accesar Excel Reporte

*Handwritten signature*

*Handwritten signature*




*Handwritten initials*







**Anexo 7.** Fichas técnicas de las tuberías y componentes usados en el diseño de la bomba de ariete Hidráulico

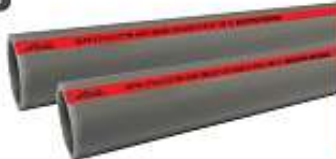


**SISTEMA DE EMPALME:**  
Espiga y campana con Cemento Solvente.

## TUBOS PVC-U

### PRESIÓN

# NTP 399.002

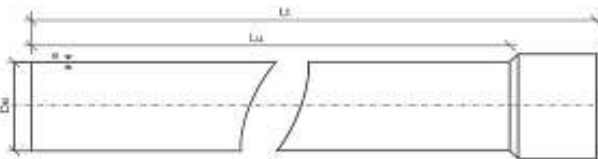


**PVC REGULAR**  
TAMAÑO  
1/32 gal-1/16 gal-1/8 gal  
1/4 gal-1 gal  
Para conexiones de 1/2" a 4" de diámetro.

**PVC MEDIO**  
TAMAÑO  
1/4 gal - 1 gal  
Para conexiones de 4" a 6" de diámetro.

**PVC PESADO**  
TAMAÑO  
1/4 gal - 1 gal  
Para conexiones de 6" a 12" de diámetro.

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS



Dámetro Nominal (in pulg)	Dámetro Exterior (in mm)	Dámetro Interno (in mm)	Espesor Mínimo e (mm)	Longitud Total L1 (m)	Longitud Útil L2 (m)	Dámetro Nominal (in pulg)	Dámetro Exterior (in mm)	Dámetro Interno (in mm)	Espesor Mínimo e (mm)	Longitud Total L1 (m)	Longitud Útil L2 (m)
<b>PN 5 bar (Clase 5)</b>						<b>PN 7,5 bar (Clase 7,5)</b>					
2	60,0	56,4	1,8	5	4,94	1 1/4	42,0	38,4	1,8	5	4,95
2 1/2	73,0	69,4	1,8	5	4,93	1 1/2	48,0	44,4	1,8	5	4,95
3	88,5	84,1	2,2	5	4,90	2	60,0	55,4	2,2	5	4,94
4	114,0	105,4	2,8	5	4,90	2 1/2	73,0	67,8	2,6	5	4,93
5	135,0	125,5	4,1	5	4,89	3	86,5	82,1	3,2	5	4,92
6	159,0	146,4	5,2	5	4,83	4	114,0	105,8	4,1	5	4,90
8	219,0	206,4	5,2	5	4,83	6	169,0	155,8	6,1	5	4,85
10	273,0	259,6	6,7	5	4,79	8	219,0	203,2	7,9	5	4,83
12	323,0	307,2	7,9	5	4,75	10	273,0	263,2	9,9	5	4,79
—	—	—	—	—	—	12	323,0	299,6	11,7	5	4,76

<b>PN 10 bar (Clase 10)</b>						<b>PN 15 bar (Clase 15)</b>					
1/2	21,0	17,4	1,8	5	4,97	1 1/4	42,0	38,4	2,8	5	4,86
3/4	26,5	22,9	1,8	5	4,96	1 1/2	48,0	41,4	3,3	5	4,95
1	33,0	29,4	1,8	5	4,95	2	60,0	51,0	4,2	5	4,94
1 1/4	42,0	38,0	2,0	5	4,95	2 1/2	73,0	62,8	5,1	5	4,93
1 1/2	48,0	43,8	2,3	5	4,95	3	86,5	76,1	6,2	5	4,92
2	60,0	54,2	2,9	5	4,94	4	114,0	98,0	8,0	5	4,90
2 1/2	73,0	66,0	3,5	5	4,93	6	169,0	114,6	11,7	5	4,83
3	88,5	80,1	4,2	5	4,92	8	219,0	198,4	15,3	5	4,83
4	114,0	103,2	5,4	5	4,90	10	273,0	230,0	19,0	5	4,79
5	135,0	125,0	6,0	5	4,89	12	323,0	278,0	22,5	5	4,78
6	159,0	146,0	7,0	5	4,88	—	—	—	—	—	—
8	219,0	198,2	10,4	5	4,83	—	—	—	—	—	—
10	273,0	247,0	13,0	5	4,79	—	—	—	—	—	—
12	323,0	292,2	15,4	5	4,75	—	—	—	—	—	—

**CEMENTO SOLVENTE PARA TUBOS Y CONEXIONES DE PVC-U**

**RENDIMIENTO APROXIMADO DEL PEGAMENTO**

DIÁMETRO NOMINAL		EMPALMES 1/4 GALON
NTP - ISO (mm)	NTP (pulg)	
40	1 1/2"	30
50	2"	40
75	2 1/2"	60
90	3"	80
110	4"	100
160	6"	160
200	8"	200
250	10"	250
315	12"	315







# Ficha técnica

Válido desde: 10/02/18



Te igual de 90° de PVC-U  
ISO/DIN

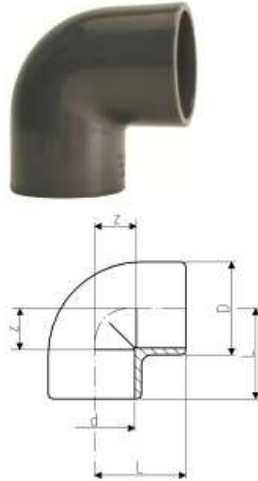
d (mm)	d Pulgadas (inch)	PN (bar)	Código	SP	Peso (kg)	D (mm)	L (mm)	z (mm)
6		16	721 200 101	10	0,004	11	16	4
8		16	721 200 102	10	0,008	13	17	5
10		16	721 200 103	10	0,008	16	18	6
12		16	721 200 104	10	0,011	19	19	7
16		16	721 200 105	10	0,011	21	23	9
20		16	721 200 106	10	0,019	25	27	11
25		16	721 200 107	10	0,029	31	33	14
32		16	721 200 108	10	0,055	38	39	17
40		16	721 200 109	10	0,100	48	49	23
50		16	721 200 110	10	0,156	58	57	26
63		16	721 200 111	10	0,291	73	71	33
75	2 1/2	16	721 200 112	5	0,476	87	83	39
90		16	721 200 113	4	0,824	105	97	46
110		16	721 200 114	6	1,411	127	116	55
125		16	721 200 115	2	2,521	151	135	66
140	5	16	721 200 116	1	3,410	169	147	71
160		16	721 200 117	1	4,982	193	167	81
200		10	721 200 119	1	5,868	225	207	101
225		10	721 200 120	1	9,268	256	233	114
250		10	721 200 121	1	14,350	282	263	132
280		10	721 200 122	1	19,541	318	298	152
315		6	721 200 123	1	27,254	356	332	168
400		6	721 200 125	1	35,000	442	420	214

Los datos técnicos no son vinculantes. No constituyen expresamente características o propiedades garantizadas. Son susceptibles de modificación. En caso de duda se aplican nuestras Condiciones Generales de Venta




# Ficha técnica

Válido desde: 15/07/17



Codo de 90° de PVC-U  
ISO/DIN

d (mm)	PN (bar)	d Pulgadas (inch)	Código	SP	Peso (kg)	z (mm)	D (mm)	L (mm)
6	16		721 100 101	10	0,004	4	11	16
8	16		721 100 102	10	0,004	5	13	17
10	16		721 100 103	10	0,004	6	14	18
12	16		721 100 104	10	0,006	7	17	19
16	16		721 100 105	10	0,007	9	21	23
20	16		721 100 106	10	0,012	11	25	27
25	16		721 100 107	10	0,024	14	32	33
32	16		721 100 108	10	0,043	17	40	39
40	16		721 100 109	10	0,062	23	47	49
50	16		721 100 110	10	0,107	26	59	57
63	16		721 100 111	10	0,205	33	73	71
75	16	2 ½	721 100 112	5	0,336	40	87	83
90	16		721 100 113	5	0,576	46	105	97
110	16		721 100 114	4	1,009	55	128	116
125	16		721 100 115	1	1,522	63	146	131
140	16	5	721 100 116	4	1,945	70	162	146
160	16		721 100 117	2	2,873	80	185	166
200	10		721 100 119	1	4,446	101	225	207
225	10		721 100 120	1	5,989	114	252	233
250	10		721 100 121	1	10,014	131	282	263

# Data sheet

valid from: 12/28/20



Adaptor bush equal PVC-U metric R

**Model:**

- With solvent cement socket metric and taper male thread R
- Install with low mechanical stress and avoid large cyclic temperature changes
- Do not use thread sealing pastes that are harmful to PVC-U

d (mm)	Thread Type	Size (inch)	PN (bar)	Code	SP	Weight (kg)	z (mm)	L (mm)	s (mm)
16	R	¾	16	721 910 705	10	0,011	20	34	27
20	R	½	16	721 910 706	10	0,018	24	40	32
25	R	¾	16	721 910 707	10	0,025	25	44	36
32	R	1	16	721 910 708	10	0,039	28	50	46
40	R	1 ¼	16	721 910 709	10	0,061	31	57	55
50	R	1 ½	16	721 910 710	10	0,092	32	63	65
63	R	2	16	721 910 711	5	0,161	38	76	80
75	R	2 ½	10	721 910 712	6	0,227	42	86	90
90	R	3	10	721 910 713	5	0,389	46	97	110
110	R	4	10	721 910 714	5	0,572	53	114	130

The technical data are not binding. They neither constitute expressly warranted characteristics nor guaranteed properties nor a guaranteed durability. They are subject to modification. Our General Terms of Sale apply.



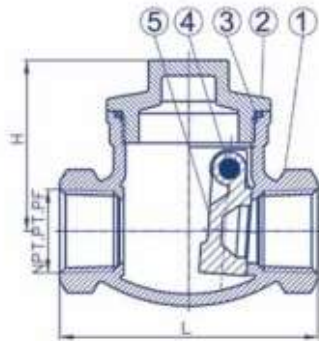

**Válvula retención de acero inoxidable roscada 200 lbs.**



- Rosca NPT, BSPT, DIN 259, DIN 2999, ISO 228 clase A
- Cuerpo de fundición de acero inoxidable (tipo 316 real)
- 200 WOG (PSI)
- Retención-check tipo swing
- Disco oscilatorio
- 1/2 A 3"

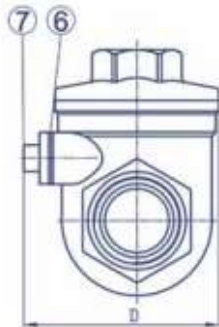
**LISTA DE MATERIALES:**

No.	Parte	Material
1	Cuerpo	CF8M
2	Tapa	CF8M
3	Junta	PTFE
4	Tapón	AI316
5	Disco	CF8M
6	Junta	PTFE
7	Tapón	AI304



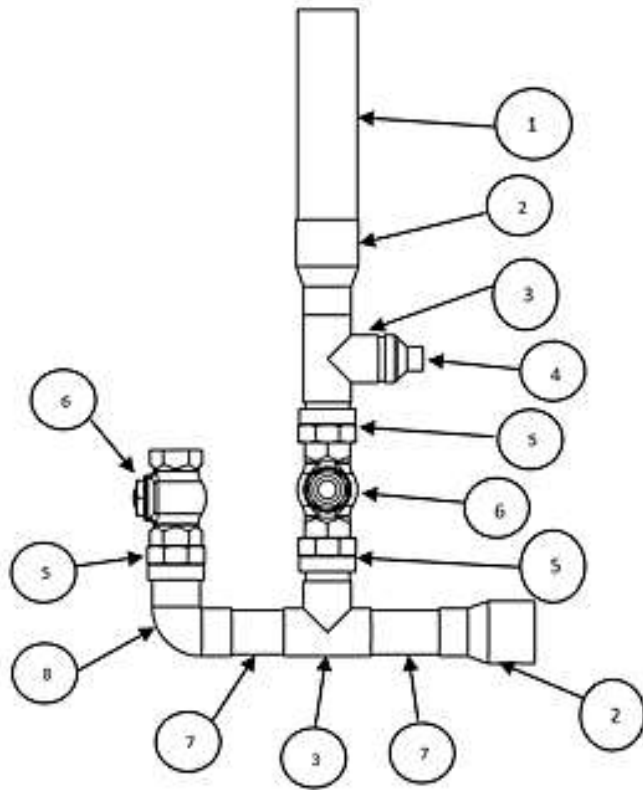
**DIMENSIONES:**

Tamaño		L	H	D	Peso Kg
DN	NPS				
8	1/4"	65	43	46.5	0.26
10	3/8"	65	43	46.5	0.23
15	1/2"	65	43	46.5	0.24
20	3/4"	80	51	51.5	0.36
25	1"	89	60	56.0	0.69
32	1-1/4"	105	66	64.0	0.86
40	1-1/2"	120	75	74.5	1.35
50	2"	139	80	74.0	2.37
65	2-1/2"	161	99	103.5	4.73
80	3"	200	104	152.0	7.26





Anexo 8. Ensamble



N°DE ELEMENTO	NOMBRE DE LA PIEZA	MATERIAL	CANTIDAD
1	TUBO DE 4"	PVC	1
2	REDUCCION DE 4" A 2"	PVC	2
3	TEE DE 2"	PVC	2
4	REDUCCION DE 2" A 1"	PVC	1
5	CONECTOR DE ROSCA 2"	PVC	3
6	VALVULA CHECK DE 2"	BRONCE	2
7	TUBO DE 2"	PVC	2
8	CODO DE 2"	PVC	1



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN  
Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica



DISEÑADO POR: Sr. GUSTAVO MARCO DIAZ ESTEBAN Sr. ESCOBAR MICHEL ESCOBAR PEÑA	TESIS	ESC.: S/E
DISTRITO: CAJAMARCA	DISEÑO DE UNA BOMBA DE ARIETE HIDRÁULICO PARA SUMINISTRAR AGUA EN EL CENTRO POBLADO SAN JUAN DE TUNGUILLAN-LAS PIRIAS, JAÉN-CAJAMARCA	FECHA: 2020 01
PROVINCIA: JAÉN		INICIAL:
DEPARTAMENTO: CAJAMARCA		01




Anexo 9. Resolución directoral data histórica del caudal de la quebrada san juan de Tunguillan



**RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 2217 -2017-ANA-AAA.M**

Cajamarca,

**06 OCT. 2017**

**VISTO:**

El expediente administrativo ingresado con CUT N° 119712-2017, tramitado ante la Administración Local de Agua Chinchipe Chamaya, organizado por Iván Castro Toro; sobre Acreditación de Disponibilidad Hídrica de Agua de Superficial con Fines Acuícolas, proveniente del Manantial N° 01, Manantial N° 02 y Manantial N° 03, para el desarrollo del proyecto: "Instalación de una piscigranja en la Localidad de Tunguillan, Distrito de Las Pirias, Provincia de Jaén, Departamento de Cajamarca"; ubicados en la Localidad Tunguillan, distrito Las Pirias, provincia Jaén, región Cajamarca, y;

**CONSIDERANDO:**

Que, el Artículo 15° de la Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338, señala que la Autoridad Nacional del Agua, crea, modifica y extingue, previo estudio técnico, derechos de uso de agua;

Que, mediante D.S N° 023-2014-MINAGRI, se modificó el Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos D.S N° 001-2010-AG, con la finalidad de agilizar los procedimientos administrativos de otorgamiento de licencia de uso de agua para el desarrollo de proyectos de inversión pública y privada; así como para promover la formalización de los usos de agua en el ámbito del territorio nacional;

Que, de conformidad con lo establecido en el numeral 81.1 del artículo 81° del mismo cuerpo normativo señala que: "La acreditación de la disponibilidad hídrica certifica la existencia de recursos en cantidad, oportunidad y calidad apropiados para un determinado proyecto en un punto de interés". Asimismo, el numeral 81.2 señala que: "la acreditación de disponibilidad hídrica tiene un plazo de vigencia de dos (02) años, no faculta a usar el agua ni ejecutar obras y no es exclusiva ni excluyente";

Que, mediante escrito del visto, de fecha 01.08.2017, Iván Castro Toro, solicita ante la Administración Local de Agua Chinchipe Chamaya, Acreditación de Disponibilidad Hídrica de Agua de Superficial con Fines Acuícolas, proveniente del Manantial N° 01, Manantial N° 02 y Manantial N° 03, para el desarrollo del proyecto: "Instalación de una piscigranja en la Localidad de Tunguillan, Distrito de Las Pirias, Provincia de Jaén, Departamento de Cajamarca", ubicados en la Localidad Tunguillan, distrito Las Pirias, provincia Jaén, región Cajamarca;

Que, mediante el Informe Técnico N° 428-2017-ANA-AAA.M-SDARH.WANC, de fecha 25 de setiembre de 2017, la Subdirección de Administración de Recursos Hídricos de esta Autoridad, luego de la evaluación del expediente administrativo, recomienda que es procedente Acreditar a favor de Iván Castro Toro, la Disponibilidad Hídrica de Agua Superficial con Fines Acuícolas, proveniente del Manantial N° 01, Manantial N° 02 y Manantial N° 03, por un volumen anual de 27 756,00 m³, equivalente a un caudal de hasta 0,97 l/s, para el desarrollo del proyecto: "Instalación de una piscigranja en la Localidad de Tunguillan, Distrito de Las Pirias, Provincia de Jaén, Departamento de Cajamarca"; políticamente ubicados en la Localidad Tunguillan, distrito Las Pirias, provincia Jaén, región Cajamarca. La Acreditación tendrá un plazo de vigencia de dos (02) años;



**RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 2213 -2016-ANA-AAA.M**

Que, estando a lo opinado por la Subdirección de Administración de Recursos Hídricos y con el visado de la Unidad de Asesoría Jurídica, en uso de las funciones y atribuciones conferidas a esta Autoridad en el artículo 38° del Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Nacional del Agua aprobado por Decreto Supremo N° 006-2010-AG, modificado por Decreto Supremo N° 012-2016-MINAGRI; así como la Resolución Jefatural N° 278-2016-ANA, por la cual se designó al Director de la Autoridad Administrativa del Agua Marañón;

**SE RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.-** ACREDITAR a favor de Iván Castro Toro, la Disponibilidad Hídrica de Agua Superficial con Fines Acuicolas, proveniente del Manantial N° 01, Manantial N° 02 y Manantial N° 03, por un volumen anual de 27 756,00 m<sup>3</sup>, equivalente a un caudal de hasta 0,97 l/s, para el desarrollo del proyecto: "Instalación de una piscigranja en la Localidad de Tumbillan, Distrito de Las Pirias, Provincia de Jaén, Departamento de Cajamarca"; políticamente ubicados en la Localidad Tumbillan, distrito Las Pirias, provincia Jaén, región Cajamarca. Los puntos de captación se detallan en el cuadro N° 01. La disponibilidad hídrica mensualizada se detalla en el cuadro N° 02:

**Cuadro N° 01: Ubicación de los puntos de captación**

FUENTES DE AGUA	UBICACIÓN COORDENADAS UTM WGS 84			CAUDAL ASIGNADO (l/s)	VOLUMEN ASIGNADO (M <sup>3</sup> /AÑO)
	zona 17 SUR				
	NORTE (m)	ESTE (m)	ALTITUD (msnm)		
MANANTIAL N° 01	9 372 527	742 093	813	0,12	3784,32
MANANTIAL N° 02	9 372 525	742 090	812	0,82	23025,60
MANANTIAL N° 03	9 372 580	742 095	816	0,03	946,08
<b>TOTAL</b>				<b>0,97</b>	<b>27756,00</b>

**Cuadro N° 02: Disponibilidad hídrica mensualizada**

IVAN CASTRO TORO													
MANANTIAL N° 01													
MESES	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	Total
Caudal (l/s)	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Volumen (m <sup>3</sup> )	301,41	290,208	301,408	311,54	321,488	311,04	301,408	321,488	311,04	301,408	311,04	321,488	3784,32
MANANTIAL N° 02													
Caudal (l/s)	0,77	0,59	0,49	0,35	0,25	0,21	0,71	0,80	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
Volumen (m <sup>3</sup> )	2382,31	1403,14	1372,42	1405,83	2088,03	2049,03	1907,68	2142,71	2191,38	2196,28	2125,44	2196,28	23025,60
MANANTIAL N° 03													
Caudal (l/s)	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Volumen (m <sup>3</sup> )	80,28	72,58	80,28	77,78	80,28	77,78	80,28	80,28	77,78	80,28	77,78	80,28	946,08
ASIGNACIÓN HÍDRICA TOTAL DEL SISTEMA													
Caudal Total Asignado (l/s)	0,92	0,73	0,64	0,48	0,43	0,35	0,84	0,93	0,98	0,97	0,97	0,97	0,97
Volumen Total Asignado (m <sup>3</sup> )	2464,13	1792,918	1774,138	1814,4	2103,35	2488,31	2383,404	2544,46	2642,18	2592,348	2514,34	2592,348	27756,00

**ARTÍCULO SEGUNDO.-** ESTABLECER que el plazo máximo de vigencia de la presente Acreditación de Disponibilidad Hídrica es de dos (02) años. Dicho plazo se computará a partir del día siguiente de la notificación de la presente Resolución.

**ARTÍCULO TERCERO.-** ESTABLECER que la presente Resolución no autoriza la ejecución de obras y tampoco autoriza el uso del recurso hídrico, siendo para ello necesario efectuar los trámites correspondientes de conformidad con la Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338, su Reglamento y demás normas sobre la materia.

**ARTÍCULO CUARTO.-** ESTABLECER que en el procedimiento de autorización de ejecución de obra de aprovechamiento hídrico el administrado deberá considerar la instalación de los instrumentos de control y medición de agua.

**ARTÍCULO QUINTO.-** REMITIR la presente Resolución Directoral a la Administración Local de Agua Chinchipe Chamays, a fin de que notifique la presente Resolución a Iván Castro Toro, en el modo y forma de Ley.

**Regístrese y Comuníquese**


  
**Luis Fernando Soto Acosta**  
**DIRECTOR**

*Handwritten signature*

*Handwritten signature*



*Handwritten initials*

