



TESIS

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SUMISTRO DE AGUA POR EL  
METODO DE GOLPE DE ARIETE HIDRÁULICO EN LA COMUNIDAD DE LA JOYA  
ANTIGUA, AREQUIPA. 2018”

PRESENTADO POR EL BACHILLER:  
TULIO MICHAELL CARPIO PAUCA

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO MECANICO

LIMA, PERÚ  
Junio 2019

**DEDICATORIA:**

*A Dios por haberme dado la oportunidad de vivir, por brindarme la salud, por ser mi guía y protector además por regalarme a una familia maravillosa.*

*A mi querida esposa por apoyarme siempre de manera incondicional, a mi adorado hijo a mis padres quienes con su orientación, dedicación y ejemplo supieron guiarme en el camino del saber, brindándome su paciencia, confianza y lo más esencial amor. Enseñándome que lo importante es salir adelante, con el esfuerzo y dedicación se puede llegar a triunfar en la vida siendo una persona de bien y útil a la sociedad*

**AGRADECIMIENTO:**

*A Dios por iluminar mi camino y no desampararme nunca.*

*A la universidad por ser la casa de estudio que nos dio todos los conocimientos que hoy y siempre pondremos en práctica*

*A mí esposa por su apoyo incondicional y animarme a alcanzar mis metas a mi adorado hijo, a mi adorada madre por ser una madre ejemplar, por todo su apoyo, paciencia, amor y lucha por hacernos cada día unas mejores personas. A mi padre por habernos dado todo su amor, ayuda y dedicación.*

*A los docentes por transmitirnos sus valiosos conocimientos, aprendizajes y experiencias para ser mejores profesionales.*

*A todos ustedes desde mi corazón mil gracias.*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
INDICE DE CONTENIDO.....	iv
GLOSARIO DE ABREVIATURAS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	xii
CAPÍTULO I.....	1
1. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO.....	1
1.1 Localización.....	1
1.2 Descripción de la realidad problemática.....	1
1.3 Delimitación de la investigación.....	3
1.3.1 Delimitación espacial.....	3
1.3.2 Delimitación social.....	3
1.3.3 Delimitación temporal.....	4
1.4 Formulación del problema.....	4
1.4.1 Problema principal.....	4
1.4.2 Problema específico.....	4
1.5 Objetivos.....	4
1.5.1 Objetivo General.....	4
1.5.2 Objetivo específico.....	5
1.6 Hipótesis y Variables de la investigación.....	5
1.6.1 Hipótesis.....	5
1.6.1.1 Hipótesis General.....	5
1.6.1.2 Hipótesis específica.....	5
1.6.2 Variables.....	6
1.6.2.1 Variable independiente.....	6
1.6.3 Indicadores.....	6

	v Pág
1.6.3.1 Indicador Independiente.....	6
1.7 Metodología de la investigación.....	6
1.7.1 Tipo y nivel de investigación.....	6
1.7.2 Método y diseño de la investigación.....	6
1.7.1.1 Método de la investigación.....	6
1.7.2.2. Diseño de la Investigación.....	7
1.7.3 Población y muestra .....	7
1.7.3.1 Población de la investigación.....	7
1.7.3.2 Muestra de la investigación .....	7
1.7.4 Técnicas, instrumentos y fuentes de recolección de datos.....	7
1.7.4.1 Técnicas.....	7
1.7.4.2 Instrumentos.....	7
1.7.4.3 Fuentes de Recolección de datos.....	7
1.7.5 Análisis de Datos Recolectados .....	8
1.8 Justificación e importancia de la investigación.....	8
1.8.1 Justificación.....	8
1.8.1.1 Justificación Teórica.....	8
1.8.1.2 Justificación Real.....	9
1.8.1.3 Justificación Ambiental.....	9
1.8.1.4 Justificación Económica.....	10
1.8.1.5 Justificación Legal.....	10
1.8.2 Importancia.....	10
1.8.3 Limitaciones.....	10
 CAPÍTULO II.....	 11
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	11
2.1 Marco referencial.....	11
2.1.1 Antecedentes de la investigación.....	11
2.2 Marco teórico.....	13
2.2.1 Ariete hidráulico.....	13
2.2.2 Ciclo hidráulico de la bomba de ariete .....	15
2.2.3 Características del ariete hidráulico.....	16
2.2.4 La bomba de ariete .....	17
2.3 Marco conceptual .....	18

2.3.1 Hidráulica.....	18
2.3.2 Energía hidráulica.....	18
2.3.3 Energía cinética.....	18
2.3.4 Energía potencial.....	19
2.3.5 Bomba hidráulica.....	19
2.3.6 Golpe de ariete hidráulico.....	19
2.3.7 Principios básicos del golpe de ariete .....	19
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>19</b>
<b>3. DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO DEL PROYECTO.....</b>	<b>19</b>
3.1 Introducción al proyecto.....	19
3.2 Procedimientos de análisis del proyecto .....	20
3.2.1 Selección de la unidad del proyecto.....	22
3.2.2 Alcances y generación del proyecto .....	23
<b>CAPITULO IV.....</b>	<b>24</b>
<b>4. CALCULOS JUSTIFICATIVOS DEL DISEÑO DEL PROYECTO.....</b>	<b>24</b>
4.1 Tamaño de la tubería.....	27
4.2 Tamaño del cuerpo hidrám o cámara de aire.....	28
4.3 Diseño de fatiga .....	29
4.4 Válvula de impulso .....	30
4.5 Calculo de junta y pernos.....	34
4.6 Válvula de entrega.....	37
4.7 Cámara de aire.....	38
4.8 Válvula de aire.....	40
4.9 Proceso de construcción .....	41
4.9.1 Elementos a construir .....	42
4.9.2 Etapas de construcción del equipo.....	43
4.10 Ensamblaje del ariete .....	44
4.11 Puesta a punto del RAM.....	45
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>48</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>49</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>50</b>
<b>ANEXO</b>	<b>53</b>
<b>Anexo N° 1 Rugosidad absoluta para algunos materiales</b>	<b>54</b>
<b>Anexo N° 2 Rugosidad absoluta para algunos materiales</b>	<b>54</b>

<b>Anexo N°3</b> Especificaciones de Tuberías	55
<b>Anexo N°4</b> Propiedades Mecánicas de Tubos	56
<b>Anexo N°5</b> Matriz de consistencia	57

**ÍNDICE DE TABLAS**

	Pág.
<b>TABLA N°1.</b>	
Comparación del ariete hidráulico con otras bombas	22
<b>TABLA N° 2</b>	
Rango de longitud de tubería de impulso para diferentes diámetros.	26
<b>TABLA N° 3</b>	
Diámetros de las tuberías de entrega en función del caudal.	28
<b>TABLA N° 4</b>	
Fuerza interna en función de número de tornillos.	36
<b>TABLA N° 5</b>	
Listado de materia prima.	42
<b>TABLA N° 6</b>	
Listado de elementos a construir	43
<b>TABLA N° 7</b>	
Procesos a utilizarse.	43

**ÍNDICE DE FIGURAS**

	Pág.
<b>Figura N° 1.</b>	23
Presentación en corte del modelo típico de un ariete.	
<b>Figura N° 2.</b>	34
Cámara de aire.	
<b>Figura N° 3.</b>	39
Despiece de la bomba de ariete hidráulico.	
<b>Figura N° 4.</b>	
Mecanismo regulador de la carrera	41

## RESUMEN

La presente investigación titulada “Diseño e implementación de un sistema de suministro de agua por el método de golpe de ariete hidráulico en la comunidad de la joya antigua. Arequipa. 2018”; es de tipo exploratoria ya que se investigó todos y cada uno de los detalles del proyecto, tanto su diseño como su funcionamiento. Este análisis generando las hipótesis y se reconoció la variable de interés. De diseño descriptivo ya que describe los pasos realizados en el diseño para tener así un respaldo documentado de la bomba de ariete. De diseño experimental ya que busca el cumplimiento de los requisitos, especificaciones y parámetros de la bomba de ariete hidráulico en el suministro de agua en la comunidad de la Joya Antigua. Arequipa. 2018. El método de investigación es empírico ya que se basa en pruebas experimentales con resultados confrontado con la teoría. Es de nivel aplicativo, el cual tiene como propósito aplicar los resultados de la investigación experimental para diseñar tecnologías de aplicación inmediata en la solución de los problemas de la sociedad. De diseño descriptivo explicativo, experimental y Analítico ya que usa las reglas básicas de la hidráulica y de la mecánica de fluidos. Como la población en la presente investigación es infinita explicado anteriormente, se puede decir que la muestra en este caso son los indicadores de eficiencia de la bomba de ariete. La técnica que se utilizara será la observación ya que se adapta mejor al objetivo de la investigación

La presente investigación se desarrollara en el Distrito de la Joya Antigua - Sector 5, un sector eminentemente agrícola, del Departamento de Arequipa.

## ABSTRACT

The present investigation entitled "Design and implementation of a water supply system by the hydraulic ramming method in the community of the ancient jewel. Arequipa. 2018 "; it is exploratory since all the details of the project, both its design and its operation, were investigated. This analysis generated the hypotheses and the variable of interest was recognized. Of descriptive design since it describes the steps carried out in the design to have thus a documented support of the water pump. Of experimental design since it looks for the fulfillment of the requirements, specifications and parameters of the hydraulic ram pump in the water supply in the community of La Joya Antigua. Arequipa. 2018. The research method is empirical since it is based on experimental tests with results confronted with the theory. It is an application level, which aims to apply the results of experimental research to design technologies of immediate application in the solution of society's problems. Of descriptive, explanatory, experimental and analytical design since it uses the basic rules of hydraulics and fluid mechanics. As the population in the present investigation is infinite explained above, it can be said that the sample in this case are the efficiency indicators of the water hammer pump. The technique that will be used will be the observation since it is better adapted to the objective of the investigation

The present investigation will be developed in the District of La Joya Antigua - Sector 5, an eminently agricultural sector, of the Department of Arequipa

## INTRODUCCIÓN

El abastecimiento del agua ha sido y es un problema grave, en especial para la comunidad campesina La Joya Antigua, se ve limitada en el uso de este recurso tan importante para su desarrollo agropecuario y personal. Las pampas de La Joya Antigua se extienden hacia el oeste de la ciudad de Arequipa a una distancia aproximada a los 65 kilómetros, ubicándose a una altura que va entre los 1169 a 1665 metros sobre el nivel del mar, se presenta como una planicie ligeramente ondulada, compuesta de salitre, cantos rodados cascajo, piedra y arena.

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

Cuando los niveles no son favorables para transportar agua por gravedad es cuando se presenta la necesidad de un sistema de bombeo los cuales en su mayoría operan con combustibles fósiles o energía eléctrica, por lo que se hacen costosos en su operación y mantenimiento, aparte de tener un alto valor adquisitivo; todo esto hace que la población de las zonas rurales más pobres no tengan acceso a estos sistemas, generando que los pobladores tengan que transportar el agua manualmente desde las fuentes de abastecimiento hasta sus viviendas o terrenos de cultivo (Mataix, 1986).

Ante tales restricciones económicas y ante la necesidad de agua para la subsistencia es indispensable determinar la funcionalidad de sistemas de suministro donde la impulsión del agua se realice por medio de una bomba que sea eficiente, accesible, ecológica y de bajo costo, tanto como de construcción, operación y mantenimiento (Rivadeneira, 2013).

## CAPÍTULO I

### 1. PLANTEAMIENTO METODOLOGICO

#### 1.1 Localización

El distrito de La Joya es uno de los 29 distritos que conforman el Departamento de Arequipa. El distrito fue creado mediante Ley N° 11795 del 25 de marzo de 1935, en el gobierno del Presidente Manuel A. Odría. La creación del Distrito de La Joya, se remonta al año 1935, cuando se inicia la construcción de la infraestructura de riego, canales, bocatoma, perforaciones de túneles, canales (canal madre), repartidores y otros de la irrigación de La Joya Antigua; por entonces estas tierras formaban parte del Distrito de Vítor. Narciso salas, Felipe Valdivia Carpio y otros vecinos, con fecha 10 de marzo de 1950 elevan un memorial al entonces Presidente de la República Manuel A. Odría, solicitando la creación del distrito de La Joya cuyo nombre expresa una metáfora literaria para exaltar las cualidades de los terrenos y cultivos allí existentes. Las pampas de La Joya se extienden hacia el oeste de la ciudad de Arequipa a una distancia aproximada a los 65 kilómetros, ubicándose a una altura que va entre los 1169 a 1665 metros sobre el nivel del mar, se presenta como una planicie ligeramente ondulada, compuesta de salitre, cantos rodados cascajo, piedra y arena. Las pampas de La Joya, terreno abrupto, se encuentra entre Arequipa y el mar. Los valles de tambo, Vítor, Quilca, Siguas y las provincias vecinas. Las pampas del Confital de Azúcar de Huagri, Catarina del fiscal, Ratonera, Ceniza Joya, Cruz de piedra del Muerto, La Joya del tesoro, Salinillas, infiernillo, San José, repartición, Ramal y de Vítor, forma las pamapas de Las Joya. Una característica de las pampas es la presencia de médanos o dunas, montículos de arena en forma de media luna o cuarta creciente que se mueve, debido a los vientos, hasta 15 metros al año. El clima es de tipo desértico (cálido y seco) y la temperatura anual media es de 18 grados centígrados, con fluctuaciones importantes entre los 10 °C. Predominan los vientos alisos, que en el día se desplazan de sur a noreste, y de noche de norte a sur.

#### 1.2 Descripción de la realidad del Problema

Todo proceso de transformación está encaminado a mejorar el nivel de vida de los habitantes de una determinada región, comunidad, en el cual, juega un papel importante las políticas de desarrollo del país; estas tienen por objeto promover un cambio positivo en el modo de vida de los pueblos. Entre los proyectos que provocan dichos cambios en las comunidades, están aquellos destinados a abastecerlas de agua.

El abastecimiento del agua ha sido y es un problema grave, en especial para la comunidad campesina que se ve limitada en el uso de este recurso tan importante para su desarrollo agropecuario y personal.

El agua es considerada una fuente de vida indispensable para la subsistencia de distintas especies animales y vegetales, la podemos encontrar en distintos lugares visibles, como nubes, ríos, en la nieve y en el mar; así también, está en donde no la podemos ver como en el aire, en nuestro organismo, en los alimentos, y bajo la tierra como agua subterránea (Rivadeneira, 2013, p.23).

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

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

Cuando los niveles no son favorables para transportar agua por gravedad es cuando se presenta la necesidad de un sistema de bombeo los cuales en su mayoría operan con combustibles fósiles o energía eléctrica, por lo que se hacen costosos en su operación y mantenimiento, aparte de tener un alto valor adquisitivo; todo esto hace que la población

de las zonas rurales más pobres no tengan acceso a estos sistemas, generando que los pobladores tengan que transportar el agua manualmente desde las fuentes de abastecimiento hasta sus viviendas o terrenos de cultivo (Mataix, 1986).

Ante tales restricciones económicas y ante la necesidad de agua para la subsistencia es indispensable determinar la funcionalidad de sistemas de suministro donde la impulsión del agua se realice por medio de una bomba que sea eficiente, accesible, ecológica y de bajo costo, tanto como de construcción, operación y mantenimiento (Rivadeneira, 2013).

En la actualidad, época en que las fuentes de energía no renovables tienden a agotarse se trata de racionalizar su utilización, la manera de lograr este propósito es desarrollar otras fuentes de energía renovables, como la hidráulica.

El agua un elemento vital en la vida del hombre, tanto para su desarrollo individual como colectivo, los sistemas de abastecimiento de agua son de gran importancia, debido a que la escasez o falta de ésta, provoca problemas de salud y de desarrollo industrial e, incluso, afecta la apariencia estética de la localidad. De aquí que cada comunidad debe tener un abastecimiento de agua potable en cantidad suficiente y de buena calidad.

Actualmente la comunidad de la Joya Antigua carece de suministro de agua para el sector agrícola. La poca agua de la que disponen es obtenida de las acequias o transportada en recipientes por los agricultores. Esta carencia de agua limita el surgimiento prospero de la agricultura la cual a su vez es una actividad para el desarrollo de la sociedad ya que la producción agrícola es utilizada en parte para consumo y en parte para uso industrial en la obtención de materiales textiles, alimenticios, etc. La falta de acceso a una fuente de agua, así como la carencia de sistemas de saneamiento y energía eléctrica no sólo conllevan una degradación sustancial del nivel de vida, sino que trae consigo una cantidad de consecuencias directas terribles sobre todo en la salud

### **1.3 Delimitación de la Investigación**

#### **1.3.1 Delimitación Espacial**

La presente investigación se desarrollará en el Distrito de la Joya Antigua - Sector 5, un sector eminentemente agrícola, del Departamento de Arequipa.

#### **1.3.2 Delimitación Social**

Una preocupación constante es el abastecimiento de agua, esta carencia de agua limita el surgimiento prospero de la agricultura y por ende afecta a nuestra economía. El poco o nada de abastecimiento de agua genera una preocupación en la comunidad agrícola de la Joya Antigua. La carencia de este elemento trae consigo una cantidad de consecuencias directas y terribles sobre la comunidad.

### **1.3.3 Delimitación Temporal**

El presente estudio de diseño experimental se ejecutará entre los meses de Marzo - Agosto del 2018.

## **1.4 Problema de la Investigación**

### **1.4.1 Problema General**

¿El diseño de la bomba de ariete hidráulico cumple con los requisitos, especificaciones y parámetros para el suministro de agua en la comunidad de la Joya Antigua? Arequipa. 2018?

### **1.4.2 Problemas Específicos**

- ¿Cuáles son los requisitos hidráulicos para la instalación de la bomba ariete hidráulico en el suministro de agua a la comunidad de la Joya Antigua? Arequipa. 2018?
- ¿Cuáles son los parámetros hidráulicos de la bomba ariete hidráulico para el suministro de agua a la comunidad de la Joya Antigua? Arequipa. 2018?
- ¿Cuáles son las especificaciones hidráulicas de la bomba ariete hidráulico para el suministro de agua a la comunidad de la Joya Antigua? Arequipa. 2018?

## **1.5 Objetivos de la Investigación**

### **1.5.1 Objetivo General**

Determinar el cumplimiento de los requisitos, especificaciones y parámetros de la bomba de ariete hidráulico para el suministro de agua en la comunidad de la Joya Antigua. Arequipa. 2018

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- Detallar los requisitos hidráulicos para la instalación de la bomba ariete hidráulico en el suministro de agua a la comunidad de la Joya Antigua. Arequipa. 2018
- Describir los parámetros hidráulicos de la bomba ariete hidráulico para el suministro de agua a la comunidad de la Joya Antigua. Arequipa. 2018
- Detallar las especificaciones hidráulicas de la bomba ariete hidráulico para el suministro de agua a la comunidad de la Joya Antigua. Arequipa. 2018

## **1.6 Hipótesis y Variables de la Investigación**

### **1.6.1 Hipótesis de la Investigación**

#### **1.6.1.1 Hipótesis General**

La correcta evaluación del diseño de la bomba ariete hidráulico permitirá un eficiente suministro de agua a la comunidad de la Joya Antigua. Arequipa. 2018

#### **1.6.1.2 Hipótesis Especifica**

- El cumplimiento de los requisitos hidráulicos en la instalación de la bomba ariete hidráulico permitirá un eficiente suministro de agua a la comunidad de la Joya Antigua. Arequipa. 2018
- Los parámetros hidráulicos adecuados en el diseño que rigen el funcionamiento de la bomba ariete hidráulico permitirá un eficiente suministro de agua a la comunidad de la Joya Antigua. Arequipa. 2018

- Las especificaciones hidráulicas que rigen el funcionamiento de la bomba ariete hidráulico permitirá un eficiente suministro de agua a la comunidad de la Joya Antigua. Arequipa. 2018

## **1.6.2 Variables**

### **1.6.2.1 Variable Independiente**

**Univariable** = diseño de la bomba de ariete hidráulico

## **1.6.3 Indicadores**

### **1.6.3.1 Indicador Independiente**

- Requisitos hidráulicos
- Parámetros hidráulicos
- Especificaciones hidráulicas que rigen el funcionamiento

## **1.7 Metodología de la Investigación**

### **1.7.1 Tipo y Nivel de Investigación**

La presente investigación es de tipo Explorativa ya que se investigó todos y cada uno de los detalles del proyecto, tanto su diseño como su funcionamiento. Este análisis generando las hipótesis y se reconoció la variable de interés. De diseño descriptivo ya que describe los pasos realizados en el diseño para tener así un respaldo documentado de la bomba de ariete. De diseño experimental ya que busca comprobar el eficiente funcionamiento de la bomba de ariete hidráulico.

### **1.7.2 Método y Diseño de la Investigación**

#### **1.7.2.1 Método de la Investigación**

El método de investigación es empírico ya que se basa en pruebas experimentales con resultados confrontado con la teoría.

Es de nivel aplicativo, el cual tiene como propósito aplicar los resultados de la investigación experimental para diseñar tecnologías de aplicación inmediata en la solución de los problemas de la sociedad.

### **1.7.2.2 Diseño de la Investigación**

De diseño descriptivo explicativo, experimental y Analítico ya que usa las reglas básicas de la hidráulica y de la mecánica de fluidos

## **1.7.3 Población y muestra de la investigación**

### **1.7.3.1 Población de la investigación**

La población está relacionada dentro de una población infinita, debido a los diferentes indicadores de eficacia de la bomba de ariete hidráulico que pueden variar dentro de la investigación.

### **1.7.3.2 Muestra de investigación**

Como la población en la presente investigación es infinita explicado anteriormente, se puede decir que la muestra en este caso son los indicadores de eficiencia de la bomba de ariete.

## **1.7.4 Técnicas, instrumentos y fuentes de recolección de datos**

### **1.7.4.1 Técnicas**

La técnica que se utilizará será la observación ya que se adapta mejor al objetivo de la investigación

### **1.7.4.2 Instrumentos**

El instrumento que se utilizará será una guía de observación

### **1.7.4.3 Fuentes de recolección de datos**

- Revisión documentaria de informes de la ingeniería inicial del sistema de la bomba de ariete hidráulico
- Memorias de cálculo del sistema de la bomba de ariete hidráulico
- Reportes de operación y funcionamiento del sistema de la bomba de ariete hidráulico
- Planos de construcción del sistema de la bomba de ariete hidráulico
- Manuales de las bombas de ariete hidráulico.

### **1.7.5 Análisis de datos recolectados**

- Ordenar y sistematizar los datos obtenidos de tal modo que sean útiles a la investigación.
- Basados en el marco teórico, debemos relacionar los factores que influyen en el método de detección de fugas.
- Analizar e interpretar los datos
- Elaborar conclusiones

## **1.8 Justificación e importancia de la Investigación**

### **1.8.1 Justificación**

#### **1.8.1.1 Justificación teórica**

La Física reconoce el fenómeno denominado golpe de ariete o choque hidráulico, que ocurre cuando varía bruscamente la presión de un fluido dentro de una tubería, motivado por el cierre o abertura de una llave, grifo o válvula; también puede producirse por la puesta en marcha o detención de un motor o bomba hidráulica. Durante la fluctuación brusca de la presión el líquido fluye a lo largo de la tubería a una velocidad definida como de propagación de la onda de choque.

La energía cinética, que proporciona el agua en movimiento, al ser detenida origina un aumento brusco o golpe de presión, el cual provoca deformaciones elásticas en el líquido y en las paredes de la tubería. Este fenómeno, en general, se considera indeseable y por tal razón, con frecuencia se instalan dispositivos de seguridad.

El científico ruso Nikolai Zhukovski (1847-1921) estudió este fenómeno, que constituyen la base teórica para la ulterior comprensión del funcionamiento de la bomba de golpe de ariete o ariete hidráulico. Zhukovski definió, en 1889, el golpe de ariete como la variación de presión en los conductos de agua, provocada por el aumento o disminución brusca de la velocidad del líquido.

### **1.8.1.2 Justificación real**

La problemática actual por el crecimiento energético por el cual está atravesando el país requiere de alternativas eficaces que permite cubrir este déficit energético. Las fuentes alternas de energía representan potenciales energéticos abundantes.

El presente estudio está encaminado en aprovechar el recurso hídrico y las condiciones geográficas del lugar, la misma que ayuda aprovechar dicha energía para bombear una parte del caudal existente hacia un lugar de mayor altura en donde se reservará y distribuirá el agua para riego por aspersión o goteo en todos los terrenos no cultivados.

El sector agrícola de la Joya posee tierras que no son utilizadas para el cultivo por falta de agua, el cual ocasiona una baja productividad agropecuaria y el deterioro de estas tierras. La utilización del Ariete hidráulico permitirá dotar de agua a esta zona agrícola, con la ventaja que no tendrá que pagar por energía eléctrica ni combustible, por la configuración del Ariete hidráulico el cual aprovechara un salto de altura y el caudal disponible de la zona. Con el aprovechamiento de este sistema de bombeo se busca mejorar el nivel de vida, en la productividad agropecuaria que sin duda repercute en el desarrolla de este sector y por tanto del País, ya que contara con un caudal suficiente para su efectiva producción.

### **1.8.1.3 Justificación ambiental**

El sistema de Ariete Hidráulico es un sistema alternativo de bombeo de energía limpia sin desechos tóxicos y no contaminantes. El efecto ambiental es mínimo ya que los materiales para su construcción son mínimos y la transformación de energía es totalmente mecánica no se necesita de ningún tipo de combustible.

El gua que se capte será bombeado hacia la parte superior para luego ser utilizada por los pobladores de la comunidad agrícola de la Joya en el regadío de sus cultivos y dejar de tener tantas zonas áridas.

#### **1.8.1.4 Justificación económica**

La Joya Antigua del sector 5 es una zona con espacios de tierra áridos, la falta de agua ha ocasionado una baja productividad agropecuaria y el deterioro de las tierras.

La utilización del sistema ariete hidráulico permitirá disponer de agua sin necesidad de pagar por la energía eléctrica ni combustible, con este sistema alternativo se busca mejorar el nivel y la calidad de vida de toda la comunidad de La Joya Antigua.

#### **1.8.1.5 Justificación legal**

La presente investigación se desarrolló con el objeto de aplicar las especificaciones técnicas, referente a la Bomba de Ariete.

### **1.8.2 Importancia**

La importancia de este estudio radica en el aprovechamiento del recurso hídrico y las condiciones geográficas de la Joya Antigua la misma que aprovechara en distribuir el agua por aspersion o goteo en todos los terrenos no cultivados. Con la finalidad que sea útil y aplicable el proyecto planteado en mejora de la Agricultura.

### **1.8.3 Limitaciones**

Durante el desarrollo del trabajo de investigación hubo varias limitaciones, pero considero la más fuerte no contar con un prototipo semejante para realizar pruebas o mejoras tecnológicas, como también el clima diverso durante este proceso de investigación.

## CAPÍTULO II

### 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### 2.1 Marco referencial

##### 2.1.1 Antecedentes de la investigación

**Rusvel Poli Pauro Chávez** (2016) en su estudio titulado “diseño de bomba de ariete hidráulico, en la Asociación San Miguel - Yacango distrito Torata región Moquegua. La investigación se realizó con la finalidad de abastecer de agua para irrigar las tierras eriazas de la Asociación San Miguel, aprovechando un fenómeno físico muy conocido en la ingeniería hidráulica como golpe de ariete, como objetivo general se pretende 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. Concluyendo en:

“Bomba ecológica (no consume ningún tipo de combustible ni energía eléctrica) evita la contaminación, para la mayoría de las personas dedicadas al diseño y transporte de fluidos, la bomba diseñada consume un caudal de 32,467 l/min, con un rendimiento volumétrico de 27%. A pesar de no tener un caudal de bombeo superior los 2 l/s y tener una eficiencia baja, el ariete hidráulico puede funcionar continuamente y satisfacer la demanda de agua que se requiere en el punto de consumo, al día la bomba proporciona un caudal de 12 623,04 l/día, lo que quiere decir que en cuatro días bombeará 50.492,16 l, por lo que el tanque de almacenamiento tendrá una capacidad mayor, el tanque de almacenamiento tiene la capacidad de almacenar 54 000,00 l. La bomba de ariete diseñada no logra elevar un valor superior a 50 m, sin embargo, eleva 23,10 m siendo esta la parte más elevada del terreno, altura necesaria para surtir de agua para la irrigación de las tierras eriazas en la Asociación San Miguel, logrando de esta manera cumplir con el objetivo general”. (**Pauro Chávez** 2016)

**Evelia Milena Jaraba L., Adriana Paola Méndez N y Gilberto Salazar C.** (2009), desarrollaron la tesis titulado “Golpe de ariete, línea de energía y compresibilidad del aire por medio de almenaras”, llegando a la conclusión:

“El golpe de ariete es un choque producido por el cierre rápido de una válvula y que estos choques tienen valores más elevados en las partes más cercanas a la válvula de cierre rápido”. (Jaraba L., 2009)

**Gustavo Adolfo Ortiz Masek** (2006), desarrollo la tesis titulada “el golpe de ariete en sistemas de abastecimiento de agua potable” cuyo trabajo concluye en lo siguiente: “Las variaciones de presión que genera un golpe de ariete puede dañar los elementos de un sistema de abastecimiento de agua potable, afectando bombas, estropeando válvulas y otros accesorios y haciendo colapsar tuberías. Existen varias formas de proteger al sistema ante la manifestación del golpe de ariete, utilizando cámaras de aire, válvulas de alivio, chimeneas de equilibrio, e incluso controlando los cambios en el flujo (velocidad de interrupción o inicio del flujo).” (Ortiz MaseK, 2006)

**Juan Pablo Guzmán Rosales** en su investigación diseño del sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo para el Caserío la fe, Cantón Pujujil II, Municipio y Departamento de Sololá. Llegando a la conclusión:

“El cual se benefició con un estudio de agua potable, al estar terminado este proyecto, mejorarán las condiciones de vida de los pobladores de esta comunidad. La construcción del proyecto beneficiará a 475 habitantes actualmente, con agua potable en cantidad suficiente para los próximos 20 años, que es el período de diseño. Este estudio es de mucha importancia para el Caserío La Fe, porque podrán contar con agua potable todo el día, con esto se reducirá el riesgo a contraer enfermedades por falta de higiene. Además, este proyecto también les sirve para el desarrollo de la población. La inmersión en la realidad socio-económica de las comunidades rurales pobres de Guatemala motiva al futuro profesional de la Ingeniería Civil, en la búsqueda de soluciones adecuadas en materia de infraestructura”. (Guzmán Rosales)

**Felipe G. Naranjo Calderón** (1977), desarrollo la tesis titulada “análisis teórico experimental del fenómeno del golpe de ariete en tuberías” cuyo trabajo concluyó en lo siguiente:

“Las ecuaciones diferenciales básicas para el golpe de ariete, el cual incluye el efecto de la fricción, contienen expresiones matemáticas no lineales y que no pueden ser resueltas satisfactoriamente, pueden ser resueltas por el método de características con la ayuda de un computador y con una marcada exactitud y rapidez”. (Naranjo Calderón, 1977)

**José María Romero Guerrero y Luis Lorenzo Gutiérrez** en su investigación titulada “El ariete hidráulico. Proyecto e instalación en Ntongui (Angola)” (2014) La bomba de ariete, también conocida como ariete hidráulico, es una máquina sencilla que aprovecha la energía hidráulica potencial gravitatoria del agua para la elevación de una porción de la misma, mediante la transformación de la energía potencial, primero, en energía cinética y posteriormente en ondas de presión, conocidas como golpes de ariete. Toda bomba de ariete requiere una cantidad excedentaria de agua capaz de ceder su energía potencial al agua impulsada. Concluyendo:

“Los beneficiarios directos de este proyecto son unas 1500 personas y atiende a las instalaciones de la misión, dispensario, escuelas y vecinos. Los beneficiarios indirectos son incontables”. (Romero Guerrero, 20014)

## 2.2 Marco Teórico

### 2.2.1 Ariete hidráulico

El Ariete Hidráulico fue patentado en 1796, por Joseph Montgolfier, que como en la actualidad consistía en una máquina que aprovechaba únicamente la energía de un pequeño salto de agua para elevar parte de su caudal a una altura superior. Su trabajo fue mejorado por Pierre Francois Montgolfier, su hijo (1816), quien diseñó una válvula para introducir el aire en la cámara hidráulica esto mejoró su rendimiento, se informó que bombeo agua hasta una altura de 48 metros. A partir de su investigación, el ariete hidráulico tuvo una amplia difusión por el mundo, como, por ejemplo, en las fuentes de TajMahal en la india. El interés en las bombas

de Ariete, disminuyo en los años 50 y 60 a consecuencia de boom del petróleo, además de su uso fue merced al avance de la bomba centrífuga. La bomba de Ariete es una de las maquinas más sencillas. El dispositivo funciona de la siguiente manera:

Al descender el agua por efecto de la gravedad por la tubería de alimentación, tiene una cierta presión debida a la diferencia de nivel, esta se derrama en la válvula de impulso alcanzando una presión dinámica que sea capaz de cerrarla, contrarrestando su peso. El cierre repentino de la válvula de impulso produce una sobrepresión en la tubería de alimentación este fenómeno es conocido como golpe de ariete. La válvula check se abre por el efecto de dicha sobrepresión, y deja pasar cierta cantidad de agua hacia la cámara de aire, comprimiendo el aire existente, y haciendo que fluya cierta cantidad de agua por la tubería de descarga.

El retroceso del agua en la tubería de alimentación, produce una ligera succión en la caja de válvulas, creando una caída de presión que produce la apertura de las válvulas de impulsión y el cierre de la válvula check, de esta forma, el proceso se vuelve automático. El aire comprimido continúa impulsando el líquido almacenado en ella por la tubería de descarga, entre ciclos de operaciones; lográndose una entrega de agua casi uniforme hacia el tanque de almacenamiento.

El aire que es parte de la cámara de aire se consume en el flujo bombeado, sino se renovase, manteniendo el nivel se saturaría toda la cámara de agua, por esta razón se coloca la válvula de aire. En su posición optima que es debajo de la válvula check. Esta válvula funciona aprovechando la onda de presión negativa que produce una depresión en la caja del ariete y al producirse dicha depresión, succiona una pequeña cantidad de aire que va a renovar el aire de la cámara. El dispositivo trabaja automáticamente mientras el caudal  $Q$  entre en la cámara. Su mayor parte el caudal  $Q-Q_p$ , se verterá afuera en el tanque reservorio. La longitud del tubo no influye directamente en el caudal. Si influye en el tiempo de ciclo del transporte mediante la masa del agua que contiene y el tiempo de aceleración. Una tubería larga tiempos de aceleración largos y tiempos de ciclos altos. Si las tuberías son demasiado cortas, la dinámica propia de la válvula de impulsión y de la válvula check, ejercen una

influencia negativa. debido a su inercia, las válvulas no tienen tiempo suficiente para abrirse y cerrarse por completo en un mismo ciclo.

### 2.2.2 Ciclo hidráulico de la bomba de ariete

Períodos en que se divide el ciclo de trabajo del Ariete Hidráulico. El aprovechamiento del golpe de ariete se divide en 3 periodos bien definidos durante un ciclo de operación. En las figuras que se encuentran a continuación se muestra de manera más comprensiva. Como partida se inunda el sistema aguas abajo, la válvula de impulsión se cierra debido a la presión inicial  $H_a$ , el agua hace que se abra la válvula check, hasta el nivel  $H_a$  debido al principio de vasos comunicantes. Seguido de este primer paso, se debe accionar la válvula de impulsión manualmente, así se extrae el aire de las tuberías, hasta que el ariete comience a funcionar automáticamente.

Ecuación que nos ayuda a determinar el tiempo de duración del ciclo.

$$T = T_a + T_d + T_r \quad (1)$$

#### **Dónde:**

$T$  = Tiempo de duración del ciclo (s).

$T_a$  = Tiempo de duración del periodo de aceleración en (s).

$T_d$  = Tiempo de duración de bombeo (s).

$T_r$  = Tiempo de duración del periodo de retroceso (s).

$V_c$  = Velocidad del agua en la tubería de alimentación en el momento del cierre de la válvula de impulsión (m/s).

$V_r$  = Velocidad del agua durante el período de flujo invertido (m/s).

$V(t)$  = Velocidad del agua en la tubería de alimentación en los diferentes instantes de tiempo (m/s).

**Período 1:** Aceleración. Se podría decir que este fenómeno inicia desde que la energía cinética del agua es nula, por lo que la velocidad es igualmente cero, es decir el agua todavía se encuentra en el tanque de captación, seguido de esto el agua empieza a acelerar debido a la gravedad, las válvulas se

encuentran en su posición baja hasta que el agua llega con una presión que está en función directa con la altura de alimentación haciendo que se cierren, terminando el período 1 e iniciando el período 2.

**Período 2:** Bombeo. El instante en que las válvulas de impulso se cierran, inicia el período 2, este finaliza el momento que se produce una desaceleración del flujo en la cámara de aire. En este instante en el sector de la válvula de impulso se produce una presión muy alta, esta es amortiguada en la cámara de aire.

**Período 3:** Retroceso. Se observa en la figura 9, el cual consta de 3 partes: la caída de presión, la reapertura de la válvula de impulso, y el tiempo durante el cual se cierra la válvula check. Aquí la velocidad vuelve hacer cero, teniendo un nuevo ciclo en progreso. Se observa que el colchón de aire que existe en la cámara de aire ejerce una presión sobre la válvula check haciendo que se cierre, el agua fluya por la tubería de descarga y no retorne a la tubería de impulsión. Al retroceder el agua por la tubería de alimentación se produce una sección de baja presión en el cuerpo del ariete, de esta manera se genere una renovación de aire en la cámara neumática por la válvula de aire, al mismo tiempo se abre nuevamente la válvula de impulsión, empezando un nuevo ciclo de trabajo

### 2.2.3 Características del ariete hidráulico

- No necesita combustible fósil, electricidad, ni ningún impulsor en absoluto fuera del fluido
- No necesita un mantenimiento permanente.
- Este sistema es más económico que los otros convencionales motorizados, no causa contaminación al medio ambiente, su operación es segura no necesita mano de obra durante su operación y su costo de funcionamiento teóricamente es nulo; ya que este dispositivo presenta únicamente dos partes móviles

- La vida útil del equipo es larga y funciona continuamente las 24 horas del día.
- Ideal para terreno escarpado en donde se pueda realizar riego tecnificado (aspersión o riego por goteo) con finalidades agropecuarias, además puedan solventar otras necesidades como agua potable si esa fuese la necesidad.

### **Características de los componentes principales del ariete hidráulico.**

- El colector puede tener diferentes tamaños. Puede ser un tubo de cemento de un diámetro de 0.6m hasta 1m. Puede también ser un cilindro de plástico o de metal.
  - El tubo de salida que va a la bomba del ariete debe siempre estar cubierto por unos 30-40 centímetros de agua para no dejar escapar el golpe de ariete.
  - El colector debe ser construido de manera que las burbujas de agua que llegan a la fuente no entren en el tubo de salida. Para evitar que eventuales residuos sólidos como arena o piedras entre tubo de salida, el tubo debe de estar colocado unos 20 centímetros arriba del fondo del colector.
  - En la toma del agua no debe haber entrada de aire por tanto es necesario hacer un reservorio de agua con cierta capacidad de volumen que permita el flujo continuo y guarde las condiciones de estabilidad y el sitio donde se ubica el ariete debe ser un desagüe ya que el agua salpica.

### **Ducto de entrada**

El ducto de entrada conecta el colector con la bomba de ariete. El diámetro de este tubo depende del tamaño del ariete utilizado. El tubo de entrada debe resistir los golpes de ariete y debe ser de material rígido y de metal. El tubo debe ser perfectamente hermético, no puede tener ninguna fuga y debe tener una pendiente constante.

#### **2.2.4 La bomba de ariete**

Una bomba de ariete hidráulico es una bomba impulsada por energía del agua que fluye por la tubería que la alimenta. Funciona continuamente, todo el día sin interrupción. No requiere electricidad ni algún tipo de combustible para su

funcionamiento. Así, no tiene costos operacionales ni causa polución al medio ambiente. La bomba de ariete está conectada a una tubería de presión (hierro galvanizado) la misma que se conecta con uniones, al ingreso del ariete tenemos una válvula de compuerta la cual nos ayuda a regular el paso del agua al ariete. Para que funcione el ariete a cada golpe se necesita succionar una pequeña cantidad de aire para compensar el aire que se va con el agua bombeada. Consta de una válvula de impulso, la misma que nos ayuda a producir el golpe de ariete, la válvula de descarga permite conducir el agua en cada golpeteo que se da en la válvula de impulso, la cámara de aire que es la amortiguadora de la presión y parte esencial para la elevación del agua, y la descarga que se hace al tanque reservorio por medio de una tubería de presión.

### **Ducto de salida**

El tubo de salida conecta la bomba con el reservorio de almacenamiento. El diámetro de este tubo depende del tamaño del ariete, en nuestro caso utilizaremos una manguera de 1mn. El tubo de salida no debe tener tramos de contra pendientes. Si no se pueden evitar estas pendientes, tenemos que prever unos sistemas de aeración en los puntos más elevados. El tubo de salida puede ser de plástico, dado que hay que tener en cuenta la presión hidráulica estática que está sometido el ducto. La poca difusión de los arietes puede atribuirse que para su selección, instalación y calibración se requieren de equipos especializados y pruebas además su funcionamiento no está completamente dilucidado y a la dificultad en su diseño hidráulico.

## **2.3 Marco conceptual**

### **2.3.1 Hidráulica**

Se define como la ciencia que trata sobre las leyes del equilibrio y movimiento de los líquidos, y la aplicación de dichas leyes a la solución de problemas prácticos.

### **2.3.2 Energía hidráulica**

Es aquella que se obtiene del aprovechamiento de las energías cinéticas y potenciales de la corriente de agua, saltos de agua o mareas.

### **2.3.3 Energía cinética**

Dentro de la hidráulica, esta energía se define como el trabajo necesario para acelerar un fluido de una masa determinada desde el reposo hasta una determinada velocidad.

### **2.3.4 Energía potencial**

La energía potencial es la energía que tiene un cuerpo situado a una determinada altura sobre el suelo.

### **2.3.5 Bomba hidráulica**

Es una maquina hidráulica que realiza el traslado del líquido mediante la impulsión y la aspiración. Transforma la energía mecánica de un motor u otra clase de dispositivo en energía para el líquido, es decir la bomba comunica potencia al líquido que fluye a través de esta. En general la bomba se utiliza para obtener presión de un líquido añadiendo energía al sistema hidráulico, para mover el fluido de una zona de menor presión o altitud a otra de mayor de presión o altitud.

### **2.3.6 Golpe de ariete hidráulico**

Este fenómeno se produce en los conductos al cerrar o abrir una válvula, al poner en marcha o para una bomba hidráulica y también al disminuir el caudal bruscamente.

### **2.3.7 Principio básico del golpe de ariete**

El golpe de Ariete se produce debido las oscilaciones causadas por una repentina variación de la velocidad a la cual circula el fluido. Sin embargo, este fenómeno físico y sus principios se utilizan a este proyecto, lo que quiere decir se pueden obtener ventajas muy valiosas al acumular ciertas presiones en el sistema de tuberías que, desde el punto de vista técnico puede resultar una valiosa alternativa para elevar y transportar fluidos.

## CAPÍTULO III

### 3. DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO DEL PROYECTO

#### 3.1 Introducción al proyecto

Los arietes hidráulicos, son uno de los tipos de bomba de agua que funcionan aprovechando la energía hidráulica, sin requerir otra energía externa. Mediante este principio, se puede conseguir elevar parte del agua de un arroyo o acequia a una altura superior.

La bomba de ariete hidráulico se ha utilizado durante más de dos siglos en muchas partes del mundo, la sencillez y fiabilidad hizo un éxito comercial, especialmente en Europa, en los días previos a la corriente eléctrica y al motor de combustión interna con una amplia disponibilidad.

En los últimos años un interés creciente en los dispositivos de energía renovable y la conciencia de las necesidades tecnológicas de un mercado en particular en los países en desarrollo han llevado a una reevaluación de las bombas de ariete.

En las zonas montañosas con manantiales y arroyos, la posibilidad de un dispositivo simple y confiable de bombeo es de gran aplicación, aunque hay algunos ejemplos de instalación con éxito en los países en desarrollo, el uso hasta la fecha ha sido pequeño en relación a su potencial.

Una de las partes de éste tipo de máquinas radica en las cero contaminaciones y cero impactos ambientales que genera durante su operación, además de los materiales de construcción, pueden ser de carácter reciclable.

En el Perú la situación geográfica determina un campo amplio de aplicación de este tipo de equipos, además de la cultura y la existencia de zonas en las cuales el acceso de redes eléctricas o instalaciones de sistemas que requieren de combustibles tiene un grado considerable de dificultad.

El presente trabajo está destinado a la colaboración del desarrollo en el campo agrícola y a la evolución de las zonas rurales con el aprovechamiento de las diferentes características

que ofrecen las áreas naturales conjuntamente con el cuidado y la ingeniería responsable con el medio ambiente.

### **3.2 Procedimientos de análisis en el proyecto**

Sus características generales son: no necesita combustible fósil ni electricidad, ni ningún impulsor en absoluto fuera del fluido, no necesita un mantenimiento permanente. Este sistema es más económico que los otros convencionales motorizados, no causa contaminación, su operación es segura no necesita mano de obra durante su operación y su costo de funcionamiento teóricamente es nulo; ya que éste dispositivo presenta únicamente dos partes móviles, la vida útil del equipo es larga, funciona continuamente las 24 horas del día. Ideal para terreno escarpado en donde se pueda realizar riego tecnificado además puede solventar otras necesidades como agua potable y finalidades agropecuarias.

En contraste se presenta las desventajas de éste tipo de equipos; una de las principales es la baja eficiencia, su operación se limita a cielo abierto donde haya la capacidad de reutilizar las aguas residuales; el flujo de suministro debe ser constante además de confiable. El acceso a la tecnología e información, dado que es un equipo que quedó en desempleo no es fácil encontrar innovaciones. En la toma de agua no debe haber entrada de aire por tanto es necesario hacer un reservorio de agua con cierta capacidad de volumen que permita un flujo continuo y guarde las condiciones de estabilidad y el sitio donde se ubica el ariete debe tener un desagüe por el agua que salpica.

Otro problema es el ruido ocasionado durante su operación, el mismo que puede ser controlado y reducido usando ciertos aditamentos de absorción de vibraciones sonoras, en lugares estratégicos como son: tanto en la válvula de impulso, como la unión de la cámara de aire con la tubería de entrega en los cuales se generan la mayor suma de ruidos. El ariete hidráulico, en su versión convencional, es un equipo pesado, voluminoso y relativamente costoso en comparación con otro Comparando entre las maneras de elevar agua la bomba de ariete puede ser una opción adecuada y con muchas ventajas sobre las demás, pero a la vez en otros escenarios esto puede ser completamente inapropiado. La poca difusión de los arietes puede atribuirse a que para su selección, instalación y calibración se requiere de equipos especializados y pruebas, además su funcionamiento no está completamente dilucidado y a la dificultad en su diseño hidráulico.

A continuación, se muestra en la tabla 1.1, las relaciones de ventaja y desventaja en los tópicos más trascendentes, del ariete hidráulico con las bombas que más se usan en el medio.

**Tabla N°1.**  
Comparación del ariete hidráulico con otras bombas

Descripción	Bomba-Motor	Bomba-Eléctrica	Ariete
Energía externa	Si	Si	No
Lubricantes	Si	Si	No
Inversión inicial	Alto	Bajo	Medio
Mantenimiento	Si	Si	No
Confiabilidad	Alta	Media	Alta
Ruido	Alto	Medio	Medio-Alto
Eficiencia	Alto	Alto	Bajo

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.1 Seleccionar la unidad del proyecto

El ariete hidráulico, usa la energía potencial de un volumen de agua, comparativamente grande ubicado a una altura pequeña; para convertirla en una energía de presión, que sirve para bombear, por medio de la generación de una onda de alta presión, una menor cantidad de fluido a una cabeza mayor.

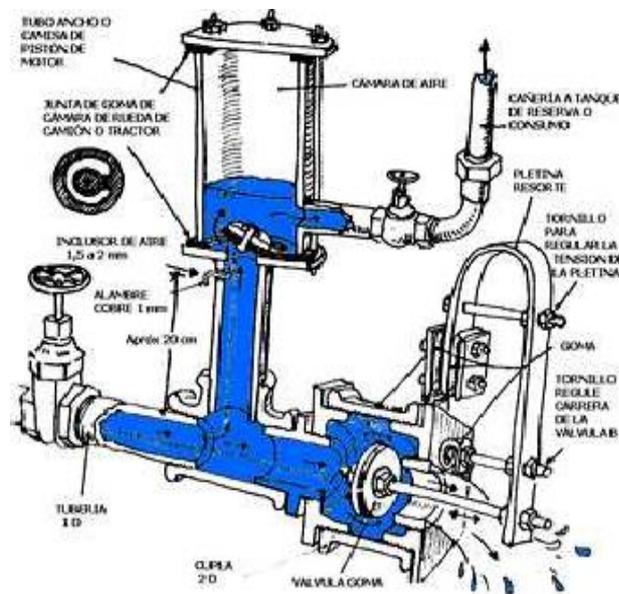
El Hydram también puede compararse con un transformador eléctrico, ya que éste recibe una tensión baja (en voltios), con una corriente eléctrica relativamente alta (en amperios) y obtiene un régimen de mayor tensión y menor amperaje, y en el caso del ariete ocurre un proceso similar a nivel hidráulico: recibe un gran caudal ( $Q + q$ ) con una baja carga ( $H$ ) y obtiene un régimen de mayor altura ( $h$ ) con un menor caudal ( $q$ ).

A continuación, se presenta en la figura 1.4 un modelo típico en corte, del ariete con todos sus componentes.

Las bombas Ram, tienen una operación que se rige a un ciclo hidráulico, el cual produce su ritmo característico durante su funcionamiento. El ciclo, a modo didáctico e ilustrativo se puede dividir en tres fases, la aceleración, la entrega y el retroceso, más adelante se ve que el proceso del Hydrám es complejo debido a la rapidez y simultaneidad de los fenómenos.

**Figura N° 1.**

Presentación en corte del modelo típico de un ariete.



**Fuente:** [wikipedia.org/wiki/Ariete\\_hidr%C3%A1ulico](http://wikipedia.org/wiki/Ariete_hidr%C3%A1ulico); 01-06-2010

### 3.2.1 Alcances y generación del proyecto

El Perú, departamento de Arequipa distrito de la Joya Antigua posee las características topográficas y recursos hidrográficos apropiados que permiten la implementación y utilización de la bomba de ariete hidráulico; especialmente en la región Interandina.

La necesidad creciente de utilizar el agua disponible, aún en algunas regiones húmedas, y el aumento en los costos para desarrollar nuevos recursos hidráulicos hacen imperativo que el agua sea aprovechada adecuadamente. El ariete hidráulico será de beneficio para un campo agrícola a desnivel, que se encuentra ubicada a 3600 msnm (metros sobre el nivel del mar), a 65 kilómetros de Arequipa”, en la vía La Jota Antigua, consta de dos áreas perfectamente cultivables, en este lugar se cuenta con la presencia de una fuente de agua; cuya corriente prácticamente rodean la extensión a ser regada.

El primer recurso hídrico está ubicado al lado oriente de las áreas a ser regadas, éste recurso se descarta como alternativa debido a la poca cantidad de agua de aproximadamente 1.5 lt/s, además la inclinación de la cual goza es muy pequeña para los propósitos planteados, Posteriormente se usará el término cabeza; que en definición es la distancia vertical entre dos niveles de altura; ésta a la vez es una medida de presión

Partiendo de que, el caudal aprovechado será de filtraciones que se producen desde Arequipa, se presenta dos alternativas viables. Llegar con el agua a la cabeza superior de la hacienda donde existe un área cultivable de 10 hectáreas, a una altura de 3600 msnm. La ventaja de esta alternativa es que se encuentra a una distancia horizontal de 1.500 metros, de donde operará el ariete

## **CAPITULO IV**

### **4. CALCULOS JUSTIFICATIVOS DEL DISEÑO DEL PROYECTO**

El valor de la sobrepresión se debe tener en cuenta al momento de dimensionar este tubo, mientras que en general el peligro de rotura debido a la depresión no es importante, más aún si los diámetros son pequeños. No obstante, si el valor de la depresión iguala a la tensión del vapor de líquido se producirá cavitación.

De la longitud del conducto de impulso depende el funcionamiento automático de un ariete. Si no tiene la dimensión correcta, el cambio en volumen entre expansión y

contracción no es suficiente para producir la succión necesaria para abrir la válvula de impulso, o el tiempo entre los dos extremos, será demasiado corto para superar la inercia de la misma válvula. La onda de compresión de agua deberá alcanzar la fuente abierta y ser disipado antes de que el agua fluya de nuevo a través de la válvula, la pared interior del tubo debe ser lo más liso posible para evitar pérdidas por fricción, que afecta el rendimiento del ariete. En general la longitud no debe ser muy corta ya que esto provoca un cierre temprano de la válvula de residuos lo cual no permite un aumento de presión adecuado; si la dimensión es muy larga las pérdidas por fricción dominan reduciendo la capacidad de la bomba además una tubería de impulso de gran extensión dañaría los elementos del ram.

El diámetro depende del tamaño del hydram, requerimientos de resistencia, consideraciones de costo, disponibilidad de materiales en el mercado. Este debe ser hecho de acero de buena calidad; o hierro plástico o concreto usado para la conducción de agua. El correcto dimensionamiento tanto de la longitud como del diámetro del mismo es una de las partes esenciales del diseño; aunque el ram trabajara satisfactoriamente si la relación de la longitud (L) del tubo con su respectivo

diámetro (D), está entre los límites  $150 \leq \left(\frac{L}{D}\right) \leq 1000$ , fuera de este rango la D operación del ariete puede verse afectado notoriamente. La extensión de la tubería de impulso deberá estar contemplada de 2 a 6 veces la cabeza de suministro.

Se debe tener en cuenta que el agua que se acelera en el tubo de alimentación, es la que provoca el “golpe de ariete”, por lo que éste ha de tener una longitud, inclinación y diámetro adecuados, sin curvas ni estrechamientos que provoquen pérdidas de carga por rozamiento.

El costo del tubo de alimentación es el rubro más alto dentro de la instalación del ariete, por tanto, una correcta selección del mismo reduciría considerablemente los gastos.

**TABLA N° 2**

. Rango de longitud de tubería de impulso para diferentes diámetros.

Diámetro (mm)	Longitud (m)	
	Mínimo	Máximo
13	2	13
20	3	20
25	4	25
30	4.5	30
40	6	40
50	7.5	50
80	12	80
100	15	100

A pesar de varias investigaciones experimentales, no se llega a un acuerdo racional acerca de la extensión de tubería que debería ser usado; investigadores rusos, recomiendan la siguiente fórmula:

$$L = \frac{900H}{N^2 D}$$

Donde: N: es el número de golpes por minuto

Para el caso del ariete es favorable un cierre rápido ( $T < 2L/c$ ); ya que alcanza mayores sobrepresiones, no obstante, se debe tener en cuenta que no fallen los materiales. Las vibraciones que produce el golpe de ariete hacen necesario prever un tubo de impulso, preferiblemente de acero, que resista un régimen de trabajo caracterizado por una fatiga excesiva.

Las dimensiones de la tubería se presentan en la hoja de cálculo de Excel (Anexo C), se selecciona un tubo de acero cédula 30, con un diámetro nominal de 4 pulgadas y longitud de 30 metros.

Para el acero se tienen las siguientes propiedades mecánicas:

$$S_y = 205 \text{ [MPa]} \quad S_{ut} = 308 \text{ [MPa]}$$

Entonces de la definición de la teoría de esfuerzo normal máximo se obtiene el factor de seguridad estático:

$$k_s = \frac{205}{37,985} = 5,39$$

Además, el tubo de impulso también está sometido a cargas cíclicas o a fatiga por tanto se debe verificar que no falle a fatiga con el factor de seguridad dinámica.

Para calcular el esfuerzo de fatiga se usa los factores de modificación

$$S_e = 0,83 \times 0,76 \times 0,85 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,5 \times 308 = 82,571 \text{ [MPa]}$$

$$n = \frac{82,571}{\frac{18,146}{19,839} (19,839 + \frac{82,571}{308})} = 3,52$$

#### 4.1 TAMAÑO DE LA TUBERÍA DE ENTREGA.

El agua puede ser bombeada a cualquier distancia, pero la longitud de la tubería involucra trabajo adicional para el RAM, ya que tiene que vencer la fuerza de fricción ofrecida por las paredes de la tubería.

A diferencia de la tubería de alimentación la de descarga o entrega puede ser de cualquier material; que sea capaz de soportar una pequeña presión de agua ascendiendo al tanque de entrega.

Generalmente es de la mitad del diámetro del tubo de impulso, aunque es más lógico determinarlo según el caudal del bombeo, el largo del tubo y la potencia disponible.

**TABLA N° 3**

. Diámetros de las tuberías de entrega en función del caudal.

Diámetro de conducto de entrega (mm)	Caudal (litros/min)
30	6-36
40	37-60
50	61-90
80	91-234
100	235-360

**Fuente:** [www.lifewater.org](http://www.lifewater.org)

De acuerdo a la tabla de Excel se tiene que el máximo caudal que puede generar el ariete es de alrededor de 27 litros por minuto lo que sugiere un tamaño de tubería de entrega de 30 mm.

#### **4.2 TAMAÑO DEL CUERPO DE HIDRAM O CAMARA DE AIRE.**

El cuerpo del RAM debe ser de forma cilíndrica y juntas por bridas como se analizó en la selección de alternativas; está fabricado de acero dulce al igual que el conducto de impulsión. Las condiciones de trabajo tanto del cuerpo como de la cámara de aire son: temperatura ambiente, esfuerzos de presión fluctuantes, corrosión; por tanto, las características que deben tener son: resistencia a la corrosión y soldabilidad.

El cuerpo, debe tener el área idónea que permita el flujo sustentable del caudal generado en el período de desperdicio. En la hoja de cálculos de Excel se toma el caudal máximo que debe acoger el cuerpo que es de 3,5 lt/s, que corresponde a la velocidad del período 2; por tanto se puede calcular las dimensiones del RAM. Entonces se selecciona un tubo cédula 20, con 6,3 milímetros de espesor.

$$n_3 = \frac{205}{42,826} = 4,78$$

Se calcula los factores de modificación para el cuerpo:

$$S_e = 0,83 \times 0,71 \times 0,85 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,5 \times 308 = 77,139[\text{MPa}]$$

$$n = \frac{77,139}{19,146 \left( \frac{17,512}{19,146} + \frac{77,139}{308} \right)} = 3,46$$

### 4.3 DISEÑO DE FATIGA DE LA SOLDADURA.

Aunque el metal de aporte tiene casi la misma resistencia a la fatiga que el material base, el cambio de sección propio de este proceso, baja ésta resistencia. Para el caso de una soldadura de penetración completa en ranura, defectos tales como grietas, falta de penetración, etc, reducen considerablemente la resistencia a la fatiga. También, la naturaleza misma del filete, usado en juntas traslapadas y en T, generan un cambio brusco de la sección que disminuyen esta resistencia. En el proceso de soldadura, el esfuerzo admisible por fatiga no debe superar al esfuerzo admisible estático:

$$\sigma_{\max} = \frac{\sigma_{sr}}{1-K}$$

$\sigma_{sr}$ : esfuerzo admisible por fatiga en la soldadura:

$$K = \frac{\text{Esfuerzo mínimo}}{\text{Esfuerzo máximo}}$$

(1-K), se usa para reducir la fatiga admisible en función de las condiciones en que ocurre la fatiga, conforme aumenta el valor de esfuerzo, el límite admisible decrece. La soldadura entre los accesorios de tubería es junta de filete y a penetración completa, donde se tiene una resistencia igual a la del material base. Para una junta del cuerpo del RAM se tiene:

$$K = \frac{1692776,32}{43504826,6} = 0.038$$

$$\sigma_{\max} = \frac{112}{0,961} = 116,53 \text{ [MPa]}$$

El esfuerzo que resiste, es el mismo con el que trabaja el cuerpo del hydram, por lo que:

$$\sigma_s = 43,504 \text{ [M€ } \sigma_{\max} = 116,53 \text{ [MPa]Pa]}$$

Con lo que se garantiza la resistencia a fatiga de la soldadura. Tomando en cuenta que el cuerpo del hydram es manufacturado mediante juntas por soldadura se avala la operación.

#### 4.4 VALVULA DE IMPULSO

La capacidad del ram depende de las características de la válvula de impulso, por tanto cualquier diseño, instalación o ajuste que afecte su configuración afecta la operación del RAM. Debido a los golpes súbitos que sufre el hydram, se debe proporcionar un diseño robusto especialmente a las válvulas y conexiones.

Es una de las partes esenciales de la bomba, ya que ésta provee el correcto funcionamiento de la misma por medio de la regulación de la carrera. El prolijo ajuste de la carrera está ligado directamente con el rendimiento y potencia del RAM. Para una operación óptima ésta deberá cerrarse tan pronto como sea posible, bajo esta premisa lo mejor es crear una válvula liviana y de carrera corta, sin embargo, si la válvula es demasiada leve no abrirá el tiempo necesario en el ciclo, por otro lado si la carrera es muy corta no puede escapar la suficiente agua; esto limita la velocidad dentro de la tubería de conducción y reduce la presión.

El apropiado diseño de la válvula de impulso, debe ser entonces un balance óptimo entre todos los factores involucrados lo que desembocará en un funcionamiento suave del ram. Se han llevado a cabo investigaciones en aras de

encontrar la forma más adecuada de la válvula de impulso, pero todas brindan una eficiencia aceptable. Es decir, la forma de la válvula no es un discriminante en el rendimiento de la bomba. No así la calibración de la carrera.

La máxima cabeza de presión que puede entregar el ariete, depende principalmente del cambio de velocidad del agua al momento que la válvula de impulso se cierra.

En la válvula se debe tener cuidado con el diseño del vástago, asiento y pernos de acople; a continuación, se hace un diseño por separado de estos elementos, después de determinar la fuerza a la que se encuentran sujetos.

Las piezas que conforman la configuración de la alternativa de resorte que fue seleccionada anteriormente, son:

**Disco o asiento de la válvula.-** Es el mecanismo obstructor que frena progresivamente el frente de la columna de agua, su diámetro debe al menos igualar al de la tubería de impulso; para evitar asfixia en el fluido. El material de construcción es bronce con la finalidad de disminuir la fuerza de impacto; no es necesario usar gomas de caucho ya que el mismo flujo de agua proporciona un amortiguador natural, que previene a la válvula de golpeteos y daños.

El espesor del disco de la válvula se determina mediante la siguiente ecuación:

$$t = \sqrt{\frac{0,39W}{\sigma_{\max}}}$$

$$t = 0,010 \text{ m}$$

**Vástago.-** El vástago es el elemento encargado de regular la carrera de la válvula por medio de un arreglo de tuercas. Este debe ser un espárrago ya que requiere el montaje de tuercas en los dos extremos del mismo, su longitud está en función de la carrera y la longitud natural del resorte.

Está sujeto a: golpeteo continuo, corrosión y desgaste por fricción en la guía; en consecuencia, debe reunir las siguientes características: resistencia a la

corrosión, alta tenacidad, resistencia al desgaste por fricción

La fuerza ejercida en el espárrago es solamente la de impacto, puesto que éste se encuentra en contacto directo con la atmósfera.

La longitud es la suma de la carrera, la longitud natural del resorte, el espesor de la bancada, del disco de la válvula y de las dos contratueras ubicadas en los extremos del espárrago. Entonces la extensión así calculada da un valor de 40 centímetros.

El material seleccionado es AISI-304, el cual tiene una resistencia a la fluencia de 205 MPa y una resistencia a la rotura de 504 MPa, ver catálogo (Anexo D).

Con los factores de modificación de esfuerzos se tiene:

$$S_e = 0,83 \times 0,83 \times 0,85 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,5 \times 504 = 147,56[\text{MPa}]$$

Se iguala el esfuerzo admisible al generado por el impacto:

$$S_e = \frac{4F_e}{\pi d_v^2}$$

De la ecuación anterior se obtiene  $d_v$ , diámetro del vástago:

$$d_v = 12,69 [\text{mm}]$$

Por tanto, se toma un vástago de 20 milímetros, de diámetro en base a la funcionalidad y sumando el coeficiente de seguridad.

**Resorte.** - Se encuentra alojado entre la bancada de la válvula y el asiento de la misma, la constante elástica es función directa de la fuerza que debe ejercer la válvula al momento de frenar la columna de agua. Por la disposición horizontal de la válvula no se puede poner pesos sobre esta entonces la única fuerza que

permite el golpe de ariete es la elástica generada por el resorte. Al igual, se han diseñado una gama completa de dispositivos de muelles con la finalidad de una apertura y cierre más rápido; todavía no es conocido si esto incrementa la eficiencia de manera considerable. En la tabla 3.27, se presenta un catálogo de resortes de compresión:

**TABLA N° 4**

Catálogos de resortes de compresión.

Diámetro del agujero [mm]	Diámetro del perno [mm]	Longitud libre [mm]	No. de catálogo	Constante elástica del resorte [N/m]	TABLA DE CARGAS			
					Carrera Máxima de trabajo 40% Lo		Carrera hasta el sólido	
					Carga [N]	Carrera [mm]	Carga [N]	Carrera [mm]
D	d	Lo						
63	38	76	S11.063.076	1930	5590	30	7730	38
		89	S11.063.089	1580	5530	35	6950	44
		102	S11.063.102	1340	5490	41	6700	50
		115	S11.063.115	1160	5340	46	6610	57
		127	S11.063.127	1020	5200	51	6530	64
		152	S11.063.152	840	5120	61	6380	76
		178	S11.063.178	700	4970	71	6230	89
		203	S11.063.203	600	4860	81	6120	102
		254	S11.063.254	470	4790	102	5920	126
305	S11.063.305	390	4760	122	5920	152		

**Fuente:** RIMAN, Resortes de compresión

De esta tabla, se selecciona el resorte S11.063.254, que es el que cumple con las condiciones requeridas.

**Bancada.** - Este mecanismo junta la válvula al cuerpo del RAM, además en su interior posee un casquillo de bronce que permite el desplazamiento suave del vástago en su movimiento alternativo. El bocín guía del vástago es de bronce fosfórico para disminuir el efecto de fricción.

En el ariete se encuentran tres juntas de brida uno a la entrada del hydram, un segundo en la válvula de impulso y un tercero y último en la válvula de entrega.

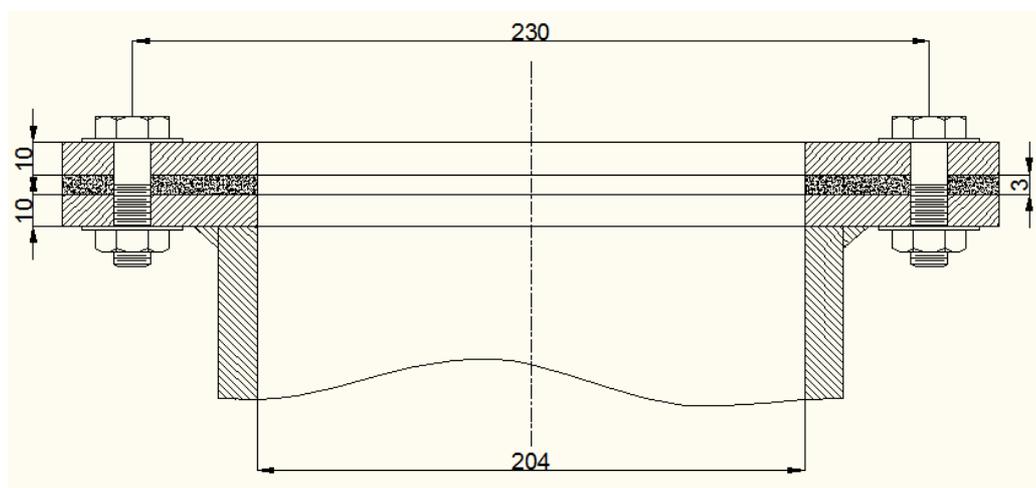
Para la cuantificación de los esfuerzos debidos al impacto de la válvula de impulso en su base, es necesario recurrir a la teoría de pernos precargados en una junta, que para este caso sería la unión de la base de la válvula con el cuerpo del RAM.

#### 4.5 CALCULO DE JUNTA Y PERNOS.

Para la determinación de las rigideces tanto del perno como de los miembros se selecciona pernos de milimétricos M10x1.5, placas de 10 mm para las bridas y 3 mm de espesor del empaque de corcho.

**Figura N° 2.**

Junta de pernos



**Fuente:** Propia

El agarre efectivo del tornillo es  $l=10+3+10=23$ , por consiguiente la rigidez de los tornillos es:

$$K_b = \frac{\pi \times 10^2 \times 207}{4 \times 23} = 706,85 \frac{\text{MN}}{\text{m}}$$

Para obtener el módulo de resorte del empaque obsérvese que  $l=3$  y  $E=86$  MPa de la, utilizando la ecuación 3.21, se tiene:

$$K_m = \frac{\pi(86)(10)(10^{-3})}{2 \ln \left[ \frac{5[3 + 0,5(10)]}{3 + 2,5(10)} \right]} = 3,78 \frac{\text{MN}}{\text{m}}$$

Entonces se calcula la relación de rigidez:

$$C = \frac{706,85}{706,85 + 3,78} = 0,9946$$

Luego la ecuación, se determina la carga externa total sobre la unión del perno:

$$P = 31813,122 + 18690 = 50503,122 \text{ [N]}$$

Del libro de Shigley, se obtiene la sección efectiva del perno y las propiedades mecánicas del mismo:

$$\begin{cases} A_t = 115,0 \text{ [mm}^2\text{]} \\ S_{ut} = 105 \text{ [Kpsi]} \end{cases}$$

Por consiguiente  $S_{ut}=105(6,89)=723,45$  [MPa]

$$S'_e = 19,2 + 0,314(105) = 52,17 \text{ [Kpsi]}$$

Por lo que  $S'_e=52,17(6,89)=359,45$  [MPa]. Empleando  $k_c=0,897$  para 90% de confiabilidad y  $k_c=0,733$  para roscas laminadas, tenemos:

$$S_e = 0,897(0,733)(359,45) = 236,338 \text{ [MPa]}$$

Se resuelve la ecuación 3.26, utilizando P/N para la carga por tornillo, se tiene:

$$F_i = A_t S_{ut} - \frac{C_n P}{2N} \left( \frac{S_{ut}}{S_e} + 1 \right)$$

$$F_i = 115(0,72345) - \frac{0,9946(1,5)(50,503)}{2N} \left( \frac{0,72345}{0,236} + 1 \right)$$

$$F_i = 83,196 - \frac{306,314}{N} \text{ [KN]}$$

Resolviendo esta ecuación para evaluar  $F_i$  por tornillo y para diversos valores de  $N$ , resulta:

**TABLA N° 4**

Fuerza interna en función de número de tornillos.

N	4	5	6	8	10
$F_i$ [KN]	6,62	21,93	32,14	44,9	52,56

**Fuente:** Propia

La carga de prueba para el perno M10x1.5 es  $S_p=586$  MPa, en consecuencia:

$$F_p = A_t S_p = 115(0,586) = 67,4 \text{ [KN]}$$

El intervalo de precargas aceptable es:

$$10,4 \leq F_i \leq 60,7 \text{ KN}$$

Por consiguiente, la tabla 4, indica que el uso de 5 pernos, cumple el requerimiento de fatiga. A fin de obtener una presión de empaque razonablemente uniforme, los sujetadores no deben ser espaciados a más de 10 diámetros de tornillo. La

circunferencia del círculo de posición de los pernos es  $230\pi=722,56$  mm. Ocho elementos darían un espaciamiento de  $722,56/(8)(10)=9$  diámetros de perno. Esto es satisfactorio y, por lo tanto, se selecciona ocho elementos para el acople de la válvula y una precarga de 50 KN, lo cual está en el intervalo admisible de precarga.

El apriete de los pernos deberá ser hecho con un torquimetro, para comprobar la pretensión correcta, que para éste caso de acuerdo a la ecuación 3.22, es:

$$T = 0,2(50)(10) = 100 \text{ [N - m]}$$

Las juntas tanto la de la entrada del tubo de impulso como de la cámara de aire son del mismo tipo y no necesitan ser comprobadas ya que están sujetas a una menor sollicitación de esfuerzo.

#### 4.6 VALVULA DE ENTREGA.

La válvula de entrega está ubicada entre el pasaje de la cámara y el cuerpo del hydram, debe tener una apertura larga, para permitir que el agua bombeada entre a la cámara de aire sin obstrucción.

La válvula de entrega previene que el agua bombeada regrese al cuerpo del ram; luego de que el pulso de presión ha sido disipado. Por lo tanto ésta es una válvula antirretorno o check. Está puede ser de caucho, cómoda de fabricar, debe tener la rigidez necesaria para evitar que las alas del mismo fleje y quede torcido permitiendo así el retorno del agua al cuerpo. Se debe realizar un correcto pulido de los taladros en la placa de la válvula.

Autores recomiendan  $1,45 \text{ cm}^2$ , de área por cada litro de agua a ser entregado. A pesar que depende del caudal bombeado y de la frecuencia de los golpes.

De acuerdo a la alternativa de plato perforado, la válvula consta de una placa de agujeros, encima de la cual se ubica la goma que se abre instantáneamente el momento en el cual la presión en el cuerpo del ram es mayor que la de la cámara de aire, sobre

ésta goma se añade una arandela de material polímero para evitar que el perno esté en contacto directo con el caucho ocasionando daños en este, finalmente se ubica un perno el cual da el ajuste para fijar la arandela goma y plato.

Se toma el máximo valor de caudal entregado, de acuerdo a la tabla de cálculo de Excel, tenemos el mayor caudal que puede generar el ariete corresponde a un valor de 0,3 litros en cada ciclo, correspondiente a la velocidad del período 4:

$$A = \frac{0,0003}{0,91302} = 3,2858 \times 10^{-4} \text{m}^2$$

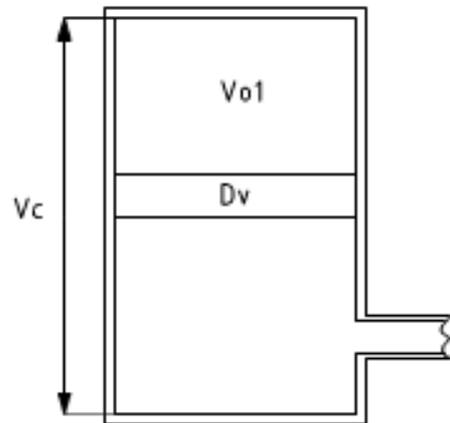
Entonces de acuerdo al área calculada se requiere que los agujeros del plato de entrega tengan como mínimo una sección de 3,5 centímetros cuadrados.

#### 4.7 CAMARA DE AIRE.

Encima de la válvula de entrega se encuentra la cámara de aire. Ayuda a proporcionar una continua entrega de agua a una tasa relativamente uniforme. Es decir cambia el funcionamiento intermitente de la bomba a un comportamiento continuo. Está debe ser tan grande como sea posible, para comprimir y amortiguar el pulso de presión. Si la cámara llega a llenarse completamente con agua, el ram golpea bruscamente lo cual lleva a la rotura de la instalación. Algunos autores sugieren que el volumen de la cámara de aire debe ser igual al volumen del agua en la tubería de entrega. El volumen de la cámara de aire deberá encontrarse entre 20 a 50 veces el volumen entregado en un ciclo, está probado que un funcionamiento apropiado se consigue cuando el nivel de agua dentro de la cámara de aire se encuentra por encima de la salida de la tubería de entrega.

Debido a que el efecto de la cámara de aire o tanque de presión del ram no es tomado en cuenta en el modelo matemático de Krol, cabe determinar una forma de cálculo para el dimensionamiento de esta. Con referencia a la figura 3.22, se tiene los siguientes parámetros:

**Figura N° 3.**  
Cámara de aire.



**Fuente:** Propia

$V_c$ : volumen de la cámara de aire

$V_{o1}$ : Volumen de aire en la cámara a la presión correspondiente de la altura de entrega

$h$ : altura de entrega

$h_r$ : altura de pérdidas en la entrega

$D_v$ : máximo caudal de bombeo por ciclo para las condiciones dadas de instalación

Asumiendo una compresión politrópica en la cámara de aire se tiene la siguiente ecuación:

Asumiendo una compresión politrópica en la cámara de aire se tiene la siguiente ecuación:

$$P_1 \times V_{o1}^n = P_2 \times V_{o2}^n$$

Para este caso se puede asumir una compresión isotérmica por lo que  $n=1$ , inicialmente la cámara de aire se encuentra a la presión atmosférica y en el funcionamiento permanente del ariete la presión es la correspondiente a la

altura de entrega más la altura de pérdidas. Por lo que la compresión entre estos dos estados usando la fórmula 3.36, se tiene:

$$P_1 \times V_{o1}^n = P_2 \times V_{o2}^n$$

$$P_{at} \times V_c^1 = P_{ent} \times V_{o1}^1$$

Donde:

$P_{at}$ : Presión atmosférica

$P_{ent}$ : Presión de la altura de entrega

$$P_{at} = \gamma_{aire}(10.33 \text{ m}) \quad P_{ent} = \gamma_{aire}(h + hr)m$$

Combinando y las ecuaciones anteriores y despejando  $V_{o1}$ , se tiene:

$$V = \frac{10.33}{h+hr} V_c \quad \text{Ec. (3.37)}$$

Introduciendo la sobrepresión que debe tener el tanque para bombear  $Dv$ , en cada ciclo y usando la misma relación de compresión isotérmica:

$$(h + hr)(1 + x)(V_{o1} - Dv) = (h + hr)V_{o1} \quad \text{Ec. (3.38)}$$

$$x = \frac{h}{h+hr}$$

$x$ : fracción de aumento de presión que permite el bombeo

Reemplazando la ecuación 3.37 en la 3.38 y despejando el volumen de la cámara de aire se tiene:

$$n = \frac{77,139}{22,598 \left( \frac{20,906}{22,598} + \frac{77,139}{308} \right)} = 2,903$$

#### 4.8 VALVULA DE AIRE

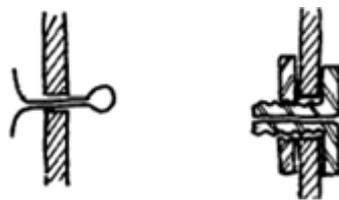
Está hecha simplemente por medio de un taladro pequeño convenido de acuerdo al diseño y a la necesidad de aire; se ubica en un costado de la tubería y debajo de la válvula de entrega; el agujero es parcialmente obstruido por un fino pasador; el cual se mueve gracias a los cambios de presión generados en el ram.

Debe ser ajustada de tal modo que de un pequeño chorro de agua con cada pulso de compresión, si permanece abierta mucho tiempo la cámara se llena de aire y el ram entonces bombea solo aire. Si no tiene el suficiente tiempo de apertura, no permite el ingreso de suficiente aire, entonces el ram golpea con un sonido metálico.

Experimentos con diferentes tamaños de ram, indican que el tamaño de la válvula de aire tiene un efecto insignificante en la operación del hydram. Un agujero pequeño menor a un milímetro es suficiente.

**Figura N° 4.**

Tipos de válvulas de aire.



**Fuente:** ITDG

#### 4.9. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

Cuando la columna de agua es súbitamente detenida en el tubo de alimentación por el cierre de la válvula de impulso; la presión creada comprime el agua

causando el estiramiento del cuerpo del RAM y de la tubería de alimentación; así parte de la energía del pulso de presión es usada en el estiramiento de las paredes del tubo de impulso. Una instalación ideal sería hecha de materiales rígidos e inelásticos, entonces no se gasta energía en el ensanchamiento de las paredes del tubo de impulso sino que dicha energía se usa para alcanzar cabezas de entrega mayores bajo las mismas condiciones de operación del ram.

La construcción del equipo se lo puede realizar en un taller mecánico equipado medianamente con equipos como: soldadora, taladro de pedestal, esmeril, equipo oxicorte, torno, fresadora, equipo de pintura, entre las más relevantes. El recurso humano para la construcción de la bomba de ariete hidráulico debe estar capacitado para seguir las indicaciones que se establecen en los planos de taller.

El catálogo de los tubos seleccionados, y demás materia prima para la manufactura del RAM..

En la tabla 5, se presenta la lista de materia prima necesaria para la construcción de la bomba de ariete hidráulico.

**TABLA N° 5**

Listado de materia prima.

<b>Descripción</b>	<b>Material</b>	<b>Dimensiones</b>
Tubería	Acero	8 pulgadas Cédula 20
		5 pulgadas Cédula 40
		4 pulgadas Cédula 30
Pletina	Acero AISI 304	12,7 x 50,8 [mm]
Barras	Acero	2 pulgadas
	Acero AISI 304	20 [mm] de diámetro
Planchas	Acero AISI 304	4000 x 8000 x 10 [mm]
	ASTM B-36	610 x 2000 x 10 [mm]
	E70-18	

Electrodos	E60-11	1/8 pulgada
------------	--------	-------------

**Fuente:** Propia

#### 4.9.1. ELEMENTOS A CONSTRUIR

Los elementos a construir y cantidad se presentan en la tabla 6.

**TABLA N° 6**

Listado de elementos a construir.

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>
1	Cámara de aire
1	Cuerpo del ariete
1	Disco de cierre
1	Vástago
1	Bancada
1	Plato de servicio

**Fuente:** Propia

En la tabla 7., se indican los tipos de operaciones o procesos tecnológicos para la construcción de la bomba de ariete hidráulico:

**TABLA N° 7**

Procesos a utilizarse.

<b>Número</b>	<b>Operación</b>
1	Corte de Material
2	Taladrado
3	Amolado y/o esmerilado
4	Soldadura
5	Roscado
6	Torneado
7	Fresado

**Fuente:** Propia

#### **4.9.2. ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO**

El proceso de construcción de cada uno de los elementos constituyentes del equipo de ariete, cumplen con la siguiente secuencia:

- Adquisición de materia prima
- Trazar sobre la materia prima
- Ejecutar los procesos tecnológicos de acuerdo al diagrama
- Verificar las dimensiones, perpendicularidad, paralelismo y estabilidad.
- Ensamblaje del equipo
- Instalación y puesta a punto

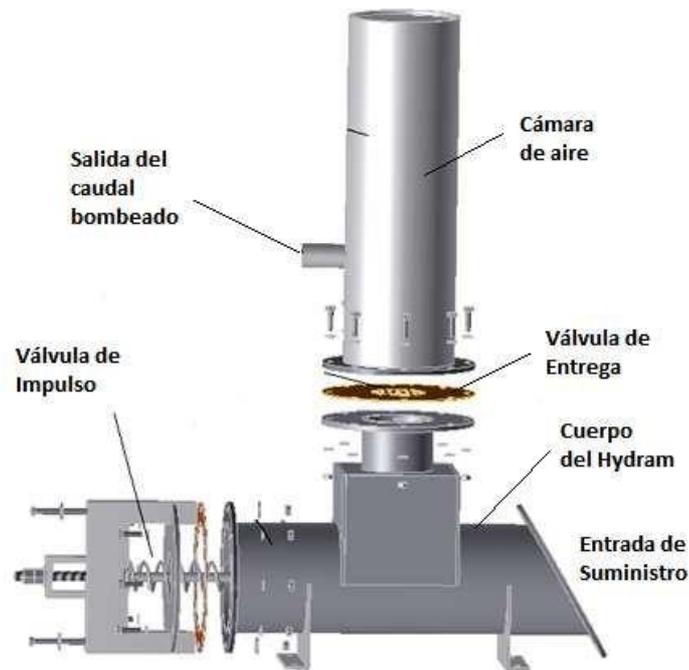
#### **4.10. ENSAMBLAJE DEL ARIETE**

Ensamblar los accesorios de tubería firmemente y ajustar en la correcta posición.

Estos deben estar completamente libres de fugas ya que esto desemboca en pérdidas de energía.

#### **Figura N° 3.**

Despiece de la bomba de ariete hidráulico.



**Fuente:** Propia

En la figura 3, se muestra el despiece de los conjuntos conformantes de la bomba de ariete hidráulico.

Las válvulas tanto la de impulso como la de entrega deben moverse libremente; y al momento del cierre se debe asegurar una correcta juntura del asiento de las válvulas con sus respectivos platos o bridas.

Colocar, y fijar el ariete en el sitio adecuado para luego proceder a la unión de las dos tuberías tanto la de suministro como la de entrega. Limpiar estas tuberías con agua limpia antes de conectarlas. La tubería de impulso o alimentación debe ser tendido tan derecho como sea posible evitando las curvas cerradas; y mucho menos inclinaciones verticales ya que estas generan sifones o trampas de aire.

La entrada de la tubería de alimentación debe permanecer siempre sumergida ya que si no se cumple esta condición ingresará aire el cual provoca una operación deficiente del ram.

La instalación de una bomba hydrám, es tal que el ciclo de su funcionamiento depende de la longitud del tubo de alimentación o impulso. Se recomienda que la bomba complete un ciclo cada 1,5 a 2 segundos (período). Si el ciclo es bien, demasiado rápido o demasiado lento el rendimiento de salida se ve afectado. Un ciclo demasiado rápido es síntoma de que el tubo de alimentación es demasiado corto o la válvula de residuos necesita un resorte más rígido. De diferente manera un ciclo largo

es causado por una tubería excesivamente larga o un resorte de rigidez alta de la válvula de residuos lo que causa que la columna de agua tarde más tiempo en superar al resorte.

De lo visto anteriormente, una vez instalado el ariete, la única opción de mover variables es cambiando resorte y carrera en la válvula de impulso puesto que las demás quedan fijas en la instalación. Debido a esto, la optimización de la potencia desarrollada esta en determinar una combinación adecuada de estas dos variables.

#### **4.11. PUESTA A PUNTO DEL RAM**

El ram debe ser ajustado con la misiva de lograr la mayor cantidad de agua al sitio de entrega con una presión apropiada, el ajuste no es muy complejo ya que esto simplemente lo determina la válvula de impulso, por tanto el máximo rendimiento del ram se alcanza con la regulación de la carrera del vástago.

Al repetir algunas veces la apertura manual de la válvula de impulso, la presión en el tubo de bombeo sube tanto que la columna de agua del tubo de impulso sufre una resistencia para entrar en la cámara de aire, y comienza a actuar como un martillo que golpea una superficie dura.

Es decir, la columna en el tubo de impulso golpea y "rebota", o retrocede (por la flexibilidad de los materiales), lo que hace que se produzca un flujo inverso hacia la entrada del tubo de impulso. En éste momento el agua ejerce una succión en el interior del tubo de impulso, por lo cual se abre la válvula de impulso y se reinicia la aceleración de la columna hasta que se cierra la válvula de impulso de nuevo. De ésta forma continúa el funcionamiento automáticamente, de día y de noche.

A continuación se describe los pasos para una correcta puesta en marcha:

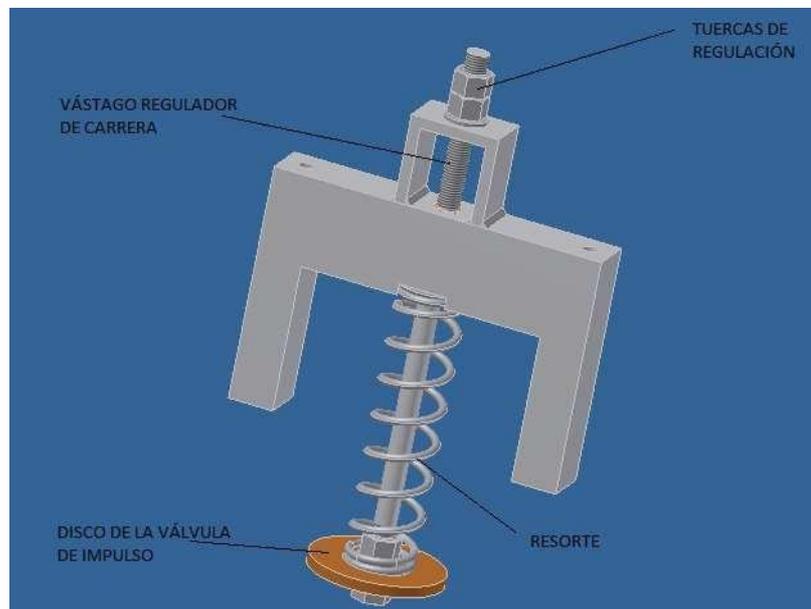
1. Mantenga la válvula de impulso cerrada y ajuste el perno regulador de carrera, (vástago), figura 4.2. se realiza con una llave de hexagonal de tuercas número 30.
2. Una vez ajustado el perno regulador de carrera, permitir el ingreso de agua a la tubería de alimentación. Mantener la válvula de impulso cerrada hasta que la tubería de impulso se llene completamente de agua; luego liberar la válvula moviendo está alternativamente con la mano por varias veces. El ram debería en aquel tiempo

trabajar autónomamente.

3. Si la válvula permanece abierta permitiendo el flujo de agua el resorte no está trabajando apropiadamente, por tanto se debe parar el flujo de agua y calibrar otra vez los pernos; siguiendo los dos primeros pasos.
4. Una vez que la válvula este trabajando autónomamente, repetir los tres primeros pasos con la finalidad de encontrar la carrera óptima para el rendimiento máximo del ariete. Además en este paso se puede determinar la cantidad de agua bombeada y la duración del ciclo (golpes por minuto).

**Figura N° 4.**

Mecanismo regulador de la carrera



**Fuente:** Propia

Para diferentes carreras se toma la velocidad de bombeo; y se establece la carrera que dio la mejor velocidad de bombeo. Si las velocidades de bombeo no difieren mucho entre sí para un intervalo corto de carreras, se toma la que requiera menor desplazamiento del vástago es decir la de menor carrera.

El tubo de impulso deberá ser bien fijado ya que por este se traslada la onda de alta presión. Se debe tener especial cuidado ya que el tubo podría tener resonancia con el golpe impuesto por la frecuencia del hydram. Para finalizar la instalación el operador deberá asegurar que el hydram está fijamente empernado.

El ajuste del RAM se lo puede realizar para alcanzar la máxima tasa de flujo entregado o para obtener la máxima eficiencia; el primer caso se consigue aumentando la carrera de la válvula de impulso mientras que el segundo reduciendo ésta.

## **CONCLUSIONES**

Una vez finalizado el estudio y análisis de la bomba de ariete hidráulico se presentan las siguientes conclusiones:

- 1) La bomba de golpe de ariete, ariete hidráulico, RAM o HYDRAM, es una regla de válvulas, que dispuestas de manera estratégica utiliza la energía de una cantidad de

líquido con el objetivo de elevar una porción de esta hasta una altura mayor, mediante el empleo del fenómeno físico del golpe de ariete.

- 2) En el presente proyecto se cumple los parámetros hidráulicos de cálculo, generando un equipo ecológico y autónomo con un caudal de suministro de 6 lt/min para una altura de 30 m.
  
- 3) Un motivo importante de este proyecto es colaborar con el medio ambiente, buscando otras alternativas de energía infinita como el ariete hidráulico.

### **RECOMENDACIONES**

1. La válvula de impulso es el elemento que se encuentra sometido a la mayor suma de esfuerzos por lo cual se debe tener las precauciones necesarias en el diseño construcción y montaje.
2. Las pérdidas en la etapa de bombeo deben ser reducidas al mínimo en la instalación; esto se logra haciendo un tendido rectilíneo del conducto de entrega.
3. Se puede utilizar la hoja de cálculo de Excel, ya que dicho programa indica los parámetros de diseño bajo distintos escenarios, por lo que se puede tener una idea

rápida de las características que tendrá el sistema.

4. El usuario debe evitar fuerzas externas a la cámara de aire; ya que su correcto funcionamiento depende de su posición vertical. Por ningún motivo, la válvula de desperdicio debe ser obstruida de lo contrario el dispositivo deja de funcionar. Si se requiere cambiar alguna pieza por mantenimiento; hacerlo con las válvulas cerradas.
5. Se debe fijar correctamente la bomba de ariete en una posición horizontal; bien anclada para evitar deslizamiento por vibración.
6. Controlar que exista el correcto apriete en los pernos, por lo menos cada mes. Por la seguridad de los elementos involucrados en la bomba hidráulica de ariete.
7. Preparar a los pobladores de la comunidad de la Joya Antigua, en la comprensión mínima de la operación del hydram; mediante esto se conseguirá un funcionamiento largo y adecuado del RAM.
8. El equipo debe tener un mantenimiento tanto preventivo como correctivo para lograr un buen funcionamiento y cumplir satisfactoriamente su tiempo de vida útil.
9. Se recomienda el uso de éste sistema para zonas o comunidades con características similares.
10. Es necesario pintar el equipo para evitar ataques de corrosión en la superficie.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. **DIXON, JOHN.**, “Diseño en Ingeniería: Inventiva, Análisis y toma de decisiones”. Primera edición. Centro regional de ayuda técnica. México. 1970.
2. **MANUAL DE INGENIERÍA DE SUELOS.**, “Medición del agua de riego”. Primera edición. Diana. México. 1979
3. **MATAIX, CLAUDIO.**, “Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas”. Madrid. Ed. Haria. 1970.
4. **MASSEY.**, “Mecánica de fluidos”. Primera edición. México. Editora

- Continental. S.A. 1979.
5. **KINATY, K. Y WILLARDSON, L.**, "Hydraulic Ram use for Sprinkle and Irrigation". Transaction of the ASAE. June 1984.
  6. **ALONSO FINN.**, "Física Vol. II, Campos y ondas". U.S.A. Fondo Educativo Interamericano. 1970.
  7. **SLAG, A.**, "Hidráulica". México. Limusa. 1966.
  8. **WILYE, E. B. Y STREETER, V. L.**, "Fluid Transients". University of Michigan. 1983.
  9. **SLACK, D.C. ESHENAUER, W.C. Y BERKAS, T.H.**, "Predicting the performance of a water-pumping hydraulic ram". International Journal for Development Technology. International Center for Technical Research. 1984.
  10. **GREENE, RICHARD W.**, "Válvulas selección, uso y mantenimiento". Ed. Mac Graw Hill. 1985.
  11. **ZAPPE, R. W.**, "Valve selection Handbook". Ed. Gulf Professional Publishing. 4ta. Edición. 1989.
  12. **TESSEMA, ABIY AWOKE.**, "Hydraulic Ram Pump System Design and Application". ESME 5<sup>th</sup>. 2000. Annual Conference on Manufacturing and Process Industry.
  13. **MODI, P.N.**, "Hydraulics and Fluid Mechanics". Standard book house. Dehli-110006. 1980.
  14. **BEHRENDTS, F.G.**, "Use of the Hydraulic Ram". The Farm Water Supply (Part II). 1926
  15. **DICKENSON, H.W.**, "Early Years of the Hydraulic Ram". Proceedings of the Institution of Civil Engineers. London. 1937.
  16. **IVERSEN, H.W.**, "An Analysis of the Hydraulic Ram". Journal of Fluids Engineering. 1975.
  17. **SCHILLER, E.J., KAHANGIRE, P.**, "An Experimental Investigation and Design of Hydraulic Ram Pumps". International Journal for Development Technology. 1984.
  18. **MADELEY, J.**, "Ram Pumps and Kenyan Women's Water Trek". World Water. London. October, 1981.
  19. **PEACE CORPS.**, "A Training Manual in Conducting a Workshop in the Design, Construction, Operation, Maintenance and Repair of Hydrants". 1981.
  20. **SCHILLER, E.J.**, "Development of a Locally Made Hydraulic Ram Pump". 1982.
  21. **IDRC, (INTERNATIONAL DEVELOPMENT RESEARCH CENTER).**,

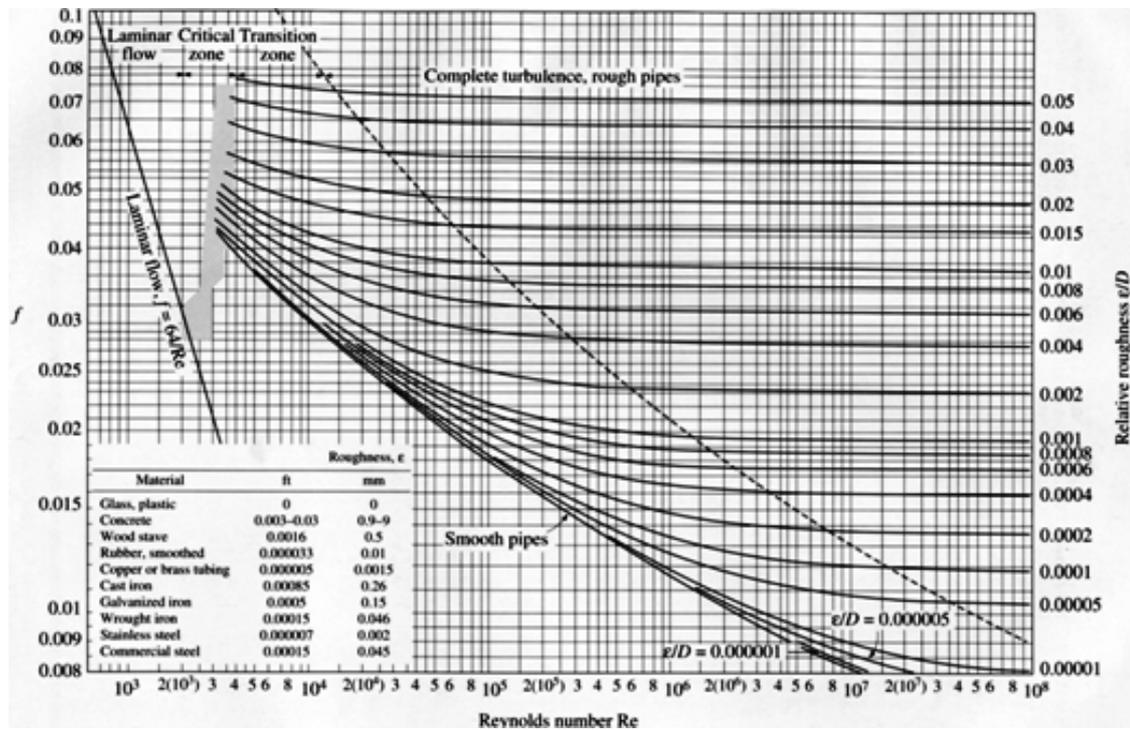
- “Proceedings of a Workshop on Hydraulic Ram Pump (Hydram) Technology”. 1986.
22. **DAVID, J.P. AND EDWARD, H.W.**, “Schaum's Outline of Theory and Problems of Fluid Mechanics and Hydraulics”. SI (Metric) Edition. McGraw- Hill Book Company. Singapore. 1985.
  23. **GOH, S.Y.**, "A study of the dynamic characteristics of the impulse valve of the hydraulic ram". Paper presented at the 6th IWRA World Congress on Water Resources. May 29 June 3, 1988. Ottawa, Canada.
  24. **RIBA I ROMEVA, CARLES.**, “Diseño Concurrente”. Ediciones UPC. España. 2002.
  25. **METCALF & EDDY, INC.**, “Ingeniería de aguas residuales”. Mc Graw Hill. 3ª Edición. 1995.
  26. **VITA, (Volunteers in Technical Assistance).**, “Hydram manuals”. Holland. 1992.
  27. **ITDG, (Intermediate Technology Development Group).**, "How to Design and Build a Hydraulic Ram". Technical Bulletin. Technical Service Publishing Co. Chicago. 1938.
  28. **REANNIE, L. C. Y BUNDT, K. L.**, “The automatic Hydraulic ram”. The South African Mechanical Engineer. Vol. 31. Octubre, 1981.
  29. **EEUU. ENGINE MANUFACTURING CO.** “Rife Rams: What they are and what are they do”. Andover, N.J. Engine Manufacturing Co.
  30. **KROL, J.** “THE AUTOMATIC HYDRAULIC ram: Its theory and design”. Paper N° 76-JE-17. ASME. 1976.
  31. **NG, K. C. Y CHANDRATILLEKE, T. T.** “Performance of an automatic hydraulic ram”. Engineering Journal of Singapore. Vol. 12. N° 1. 1985.
  32. **LANSFORD, W. Y DUGAN, W.** “An analytical and experimental study of the Hydraulic Ram”. Engineering Exp. Station Bolletin. Univ. Of Illiniois. N° 326. 1941.
  33. **RODRÍGUEZ CALDERÓN, WILSON. PALLARES MUÑOZ MYRIAM ROCÍO**, Modelo Numérico del Golpe de Ariete con Scilab. Ingeniería e Investigación. Diciembre 2007. Vol. 27. No. 003. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá-Colombia.
  34. **CALVERT, N. G.** “The hydraulic ram”. The Engineer. 19 de Abril de 1957.
  35. **MOLYNEUX, F.**, "The Hydraulic Ram for Rival Water Supply”. FLUID HANDLING. October 1960.
  36. **WRIGHT CLARKE, J.**, “Hydraulic Rams, their principles and construction”. High Holborn, London. 1899.
  37. **STEVENS, GUILLE**, "An Innovation in Water Ram Pumps for Domestic and Irrigation Use". May 1978. vol. 5.

38. **CROWE, CLAYTON; ELGER, DONALD; WILLIAMS, ROBERSON; ROBERSON, JOHN**, “Engineering Fluid Mechanics”, John Wiley & Sons, 2009.
39. **GIBSON, A.M.**, “Hydraulics and its Applications”. London, 5th Edition, 1961.
40. **KAUFMAN, A.W.**, "Hydraulic Ram Forces Water to Pump Itself." Popular Science, October 1948.
41. **GOSLINE, E., O'BRIEN, H.P.**, "The Hydraulic Ram". University of California Publications in Engineering, Vol. 3, No. 1. University of California, 1933.
42. **PARMAKIAN, JOHN.**, “Waterhammer Analysis”. New York, Dever Publications, Inc. 2nd Edition. 1963.
43. **WATT, S.B.**, “A Manual on the Hydraulic Ram for Pumping Water”. London, 1975.
44. **WEISBACH, B., HERMANN, C.** "The Hydraulic Ran." The Mechanics of Pumping”. London: McMillan, 1897.
45. **VARGAS, J.**, “Fundamentos y ejercicios del dibujo mecánico”, E.P.N., Quito, 1998.
46. **INEN**, Código de Dibujo Técnico Mecánico, Quito-Ecuador, 1987.
47. **STRANEO, S. Y CONSORTI R.**; Dibujo Técnico Mecánico; Prentice-Hall Internacional; Madrid; 1966.
- <http://www.terra.org/>
- <http://bibdigital.epn.edu.ec>
- <http://www.leespring.com>
- [www.meribah-ram-pump.com](http://www.meribah-ram-pump.com)
- <http://www.miliarium.com/prontuario> [www.cubasolar.cu](http://www.cubasolar.cu) [www.censolar.com](http://www.censolar.com)

## **ANEXOS**

### Anexo N° 1.

Rugosidad absoluta para algunos materiales.



Fuente: Internet

### Anexo N° 2.

Material	$\varepsilon$ (mm)	Material	$\varepsilon$ (mm)
Plástico (PE, PVC)	0,0015	Fundición asfaltada	0,06-0,18
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0,01	Fundición	0,12-0,60
Tubos estirados de acero	0,0024	Acero comercial y soldado	0,03-0,09
Tubos de latón o cobre	0,0015	Hierro forjado	0,03-0,09
Fundición revestida de cemento	0,0024	Hierro galvanizado	0,06-0,24
Fundición con revestimiento bituminoso	0,0024	Madera	0,18-0,90

Fundición centrifugada	0,003	Hormigón	0,3-3,0
------------------------	-------	----------	---------

Rugosidad absoluta para algunos materiales.

**Fuente:** <http://www.miliarium.com/prontuario>

### **Anexo N° 3.**

## Especificaciones de Tuberías

Tamaño Nominal	Espesor Pared		Diámetros			Peso
	Tamaño	Schedule	Diámetro Externo [in]	Diámetro Interno [in]	Espesor pared [in]	Peso [lb/ft]
1	Std	40	1,315	1,049	0,133	1,68
	XS	80	1,315	0,957	0,179	2,17
	XXS		1,315	0,599	0,358	3,68
2	Std	40	2,375	2,067	0,154	3,65
	XS	80	2,375	1,939	0,218	5,02
	XXS		2,375	1,503	0,436	9,02
3	Std	40	3,500	3,068	0,216	7,57
	XS	80	3,500	2,900	0,300	10,24
	XXS		3,500	2,300	0,600	18,58
4	Std	40	4,500	4,026	0,237	10,78
	XS	80	4,500	3,826	0,337	14,97
	XXS		4,500	3,152	0,674	27,51
6	Std	40	6,625	6,065	0,280	18,95
	XS	80	6,625	5,761	0,432	28,54
	XXS		6,625	4,897	0,864	53,10
8	Std	40	8,625	7,981	0,322	28,52
	XS	80	8,625	7,625	0,500	43,34
	XXS		8,625	6,875	0,875	72,35
10	Std	40	10,750	10,020	0,365	40,44
	XS	60	10,750	9,750	0,500	54,68
	XXS	140	10,750	8,750	1,000	104,02
12	Std	40	12,750	11,938	0,406	53,47
	XS		12,750	11,750	0,500	65,35
	XXS	120	12,750	10,750	1,000	125,36
14	Std	30	14,000	13,250	0,375	54,51
	XS		14,000	13,000	0,500	72,01
16	Std	30	16,000	15,250	0,375	62,51
	XS	40	16,000	15,000	0,500	82,68
20	Std	20	20,000	19,250	0,375	78,52
	XS	30	20,000	19,000	0,500	104,02
24	Std	20	24,000	23,250	0,375	94,52
	XS		24,000	23,000	0,500	125,36

Fuente: Internet

## Anexo N° 4.

Propiedades Mecánicas de Tubos.

PROPIEDADES MECANICAS DE TUBO MAS USADOS							
NORMA	GRADO	RT (MPa) Min.	LE (MPa) Min.	NORMA	GRADO	RT (MPa) Min.	LE (MPa) Min.
ASTM A 53	Gr A	330	205	A 423	Gr 1	415	255
	Gr B	415	240		Gr 2	415	255
A 106	Gr A	330	205	A 500	Gr A	310	228
	Gr B	415	240		Gr B	400	290
	Gr C	485	275		Gr C	427	317
A 161	Gr LC	324	179	A 501	A 501	400	250
	Gr T1	379	207	DIN	St 37,0	350/480	235
A 178	Gr A	325	180	1626	St 44,0	420/550	275
	Gr C	415	255	1629	St 52,0	500/650	355
	SAC 50	490/602	373		St 37,4	350/480	235
A 179	A 179			DIN 1630	St 44,4	420/550	275
A 192	A 192				St 52,4	500/650	355
A 199/200	Gr T11	415	170	DIN 2391	St 35		
	Gr T22	415	170		St 45		
A 209	Gr T1	380	205			St 52	
	Gr T1a	415	220	DIN 2393	St 34,2		
	Gr T1b	365	195		St 37,2		
A 210	Gr A1	415	255		St 44,2		
	Gr C	485	275	St 52,3			
A 213	Gr T2	415	205	DIN St 52	St 52,0	510	343
	Gr T11	415	205	DIN 17175	St 35,8	360/480	235
	Gr T12	415	205		St 45,8	410/530	255
	Gr T22	415	205		15 Mo3	450/600	270
A 214	A214				13CrMo44	440/580	290
A 226	A226	325	180		10CrMo910	450/600	280
A 333/334	Gr 1	380	205	API 5L	Gr A	331	207
	Gr 3	450	240		Gr B	413	241
	Gr 6	415	240		X 42	413	289
	Gr 7	450	240		X 46	434	317
A 335	Gr P1	380	205		X 52	455	358
	Gr P2	380	205		X 56	489	386
	Gr P11	415	205		X 60	517	413
	Gr P12	415	220		X 65	530	448
	Gr P22	415	205		X 70	565	482
					X 80	620	551

Fuente: Internet

## Anexo N° 5.

Matriz de consistencia

## Diseñar una bomba de ariete hidráulica para un suministro de agua en la Joya Antigua, Arequipa - 2018

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLE	METODOLOGIA	TECNICA	INSTRUMENTO
<p>¿Cuáles son los requisitos hidráulicos para la instalación de la bomba de ariete hidráulico en el suministro de agua a la comunidad de la Joya Antigua? Arequipa.2018?</p> <p>¿Cuáles son los parámetros hidráulicos de la bomba de ariete para el suministro de agua a la comunidad de la Joya Antigua?</p> <p>¿Cuáles con las especificaciones hidráulicas de la bomba de ariete para el suministro de agua a la comunidad de la Joya Antigua?</p>	<p><b>General:</b> Determinar el cumplimiento de los requisitos, especificaciones y parámetros de la bomba de ariete hidráulico para el subministro de agua en la comunidad de la Joya Antigua, Arequipa 2018</p> <p><b>Específicos:</b> 1. Detallar los requisitos hidráulicos para la instalación de la bomba de ariete. 2. Describir los parámetros hidráulicos de la bomba de ariete para el suministro de agua a la comunidad de Joya Antigua.</p>	<p><b>Principal:</b> El cumplimiento de los requisitos hidráulicos permitirá un eficiente suministro de agua a la comunidad de la Joya Antigua.</p> <p><b>Específica:</b> Dado que la altura y la presión son ideales para el funcionamiento del sistema, se procederá al cálculo de bomba de ariete.</p>	<p><b>Variable Independiente:</b> <del>Univariable</del>=diseño de la bomba de Ariete Hidráulico.</p>	<p><b>Tipo de investigación:</b> Tipo <del>Explorativa</del> <b>Nivel:</b> Experimental de tipo pre experimental con un solo grupo.</p> <p><b>Línea:</b> Diseño de máquinas.</p> <p><b>Diseño:</b> Pre test y post test con un solo grupo O1 X O2.</p> <p><b>Población:</b> Prototipo de una bomba de ariete Hidráulico.</p> <p><b>muestra:</b> Mismo prototipo de la población.</p>	Observación.	<p>Guía de observación</p> <p>Simulación de prototipo del diseño de una Bomba de Ariete.</p>