

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO

FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA



“APLICACIÓN DE LA BOMBA DE ARIETE HIDRALICO
EN LA IMPULSION DE RECURSOS HIDRICOS PARA
RIEGO EN EL DEPARTAMENTO DE PUNO”

TESIS

PRESENTADO POR:

Bach. RONALD MAMANI QUISPE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA



PUNO - PERÚ

2015

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

TESIS:

**APLICACIÓN DE LA BOMBA DE ARIETE HIDRÁULICO EN LA
IMPULSIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS PARA RIEGO EN EL
DEPARTAMENTO DE PUNO.**

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

RONALD MAMANI QUISPE

PRESENTADO A LA COORDINACION DE INVESTIGACION DE LA FACULTAD DE
INGENIERIA AGRICOLA COMO REQUISITO PARA OPTAR EL TITULO
PROFESIONAL DE:


INGENIERO AGRICOLA

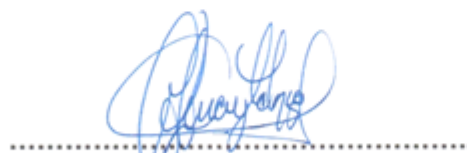
APROBADO POR:


.....
Ing. Esteban Moisés Vilca Pérez
PRESIDENTE DE JURADO


.....
M.Sc. Alejandro Salinas Mena
PRIMER MIEMBRO DEL JURADO


.....
M.Sc. Roberto Alfaro Alejo
SEGUNDO MIEMBRO DE JURADO


.....
M.Sc. Oscar R. Mamani Luque
DIRECTOR DE TESIS


.....
Ing. Carlos Saúl Huayta Mendoza
ASESOR DE TESIS

ÁREA : Ingeniería y Tecnología
TEMA: Equipos y maquinaria hidráulica
LÍNEA: Recursos Hídricos

DEDICATORIA

A Dios todopoderoso quien es guía de mi vida.

*A mis padres José Benito Mamani Sucari y Tiburcia Rufina Quispe Pacori por su ejemplo
de coraje, gallardía, tenacidad y trabajo.*

*A mi hermana Denise Fabiola Mamani Quispe por
ser fuente de motivación durante los estudios.*

Ronald Mamani Q.

AGRADECIMIENTOS

A mi madre por su confianza en los malos y buenos momentos.

A mi padre por ser una luz en el camino.

También me gustaría dar las gracias a la Ing. Marisabel Cachicatarí e Ing. Carlos Saúl Huayta Mendoza, por darme la oportunidad de llevar a cabo este proyecto, así como por la paciencia en algunos casos.

A Luz Amanda, por quererme y alegrarme la vida, incluso cuando no lo merecía.

A mis compañeros y amigos de carrera, tanto a que los que perdimos tras la primera tanda de exámenes, como a los que aguantaron algún año más y a los que finalmente llegaron o van llegando al final de este túnel que a veces parecía no tener fin.

A la Universidad Nacional del Altiplano – Puno por brindarme la acogida de sus recintos.

A la Facultad De Ingeniería Agrícola Escuela Profesional De Ingeniería Agrícola por brindarme el conocimiento de sus docentes prácticos y teóricos.

A todos ellos. Que estuvieron en las buenas y malas, GRACIAS.

*Ronald Mamani Q.***INDICE**

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
INDICE	v
INDICE DE CUADROS	viii
INDICE DE FIGURAS	ix
LISTA DE ACRONIMOS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRAC	xiii
INTRODUCCIÓN	1
I. PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1. Planteamiento del Problema	2
1.2. Problema general.....	3
1.2.1. Problema específico	3
1.3. Antecedentes	3
1.4. Justificación, importancia, limitaciones	4
1.5. Objetivo de Investigación	6
1.5.1. Objetivo General.	6
1.5.2. Objetivos Específicos.....	6
1.6. Hipótesis.....	7
1.6.1. Hipótesis general.....	7
1.6.2. Hipótesis específicos.....	7
1.7. Variables e indicadores de estudio	7
1.7.1. Variable independiente.....	7
1.7.2. Variable dependiente	7
1.7.3. Operacionalización de las variables.....	8
II. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	9
2.1. Propiedad general de los fluidos.....	9
2.1.1. Fluido.....	9
2.1.2. Características de los fluidos	9
2.1.3. Presión	10
2.1.4. Presión absoluta y relativa	10
2.1.5. Presión hidrostática e hidrodinámica	11
2.1.6. Densidad	11
2.1.7. Densidad Absoluta	11
2.1.8. Densidad Relativa	11
2.1.9. Temperatura.....	12
2.1.10. Energía interna.....	12
2.1.11. La viscosidad.....	12
2.1.12. Peso específico	13

2.1.13.	La compresibilidad	13
2.1.14.	La capilaridad	14
2.1.15.	Fluidez	14
2.1.16.	El principio de Pascal	15
2.1.17.	El principio de los vasos comunicantes	15
2.1.18.	La presión atmosférica	15
2.1.19.	Instrumentos de medición de presión	16
2.1.19.1.	Barómetros	16
2.2.	Bombas	16
2.2.1.	Bombas de Energía eléctrica	16
2.2.2.	Bombas de Energía de combustible	17
2.2.3.	Bombas de Energías no convencionales.....	17
2.2.4.	Definición de bomba de ariete	17
2.2.5.	Características de bomba de ariete	17
2.2.6.	Transitorios de golpe de ariete	18
2.2.7.	Descripción del fenómeno.....	19
2.2.8.	Sobrepresiones en la faz de golpe directo.....	21
2.2.9.	Presiones máximas y mínimas reguladas con válvulas al pie	21
2.2.10.	Teoría del golpe de ariete	21
2.2.11.	Bomba de ariete hidráulico y partes que la constituyen	24
2.2.12.	Algunos tipos constructivos de bombas de ariete.....	28
2.2.13.	Bombas de ariete trabajando en serie y en paralelo	29
2.2.14.	Ariete de aguas bravas	29
2.2.15.	Bomba de ariete comerciales o de fábrica.....	30
2.2.16.	Energía cinética.....	31
2.3.	Energía potencial	31
2.4.	Análisis Técnico Financiero	32
2.4.1.	Análisis del costo beneficio del proyecto de la bomba de ariete hidráulico.....	32
2.4.2.	Costos Directos	32
2.4.3.	Costos de Materiales.....	33
2.4.4.	Costos de Mano de Obra	33
2.4.5.	Costos de Equipos	33
2.4.6.	Costos Indirectos.....	33
2.4.7.	Costos Totales	33
2.4.8.	Costos de Mantenimiento.....	34
2.4.8.1.	Costo de Operación Mensual.....	34
2.4.8.2.	Costo de Mantenimiento anual	34
2.5.	Beneficios.....	34
2.6.	Valor residual de salvamento.....	34
2.7.	Depreciación del proyecto.....	35
2.8.	Calculo del flujo de caja interno.	35
2.9.	Evaluación económica	35
2.9.1.	Cálculo del Valor Actual Neto (VAN).....	35
2.10.	Cálculo de la relación Beneficio – Costo (B/C).....	36
2.11.	Cálculo de la tasa interna de retorno (TIR).....	36
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	38
3.1.	Aspectos Generales.....	38
3.1.1.	Ubicación Política.....	38

3.1.2.	Ubicación Geográfica	38
3.2.	Equipos y Materiales.....	38
3.2.1.	Materiales y equipos en la etapa de gabinete.....	38
3.2.2.	Metodología.....	39
3.3.	Elementos que componen la bomba de ariete hidráulico.....	39
3.3.1.	Materiales necesarios para su construcción de la bomba de ariete	40
3.3.2.	Instalación del equipo.....	41
3.3.3.	Ensamblaje del ariete hidráulico	41
3.3.4.	Funcionamiento de la bomba hidráulica de ariete	44
3.4.	Técnica de medida.....	47
3.4.1.	Aparatos de medida	47
3.4.2.	Procedimiento de medida.....	49
IV.	RESULTADOS	51
4.1.	Procedimiento de medida.....	51
4.2.	Análisis Técnico Financiero	54
4.2.1.	Análisis del costo beneficio del proyecto de la bomba de ariete hidráulico.....	54
4.2.2.	Costos Directos	54
4.2.3.	Costos de Materiales.....	54
4.2.4.	Costos de Mano de Obra	55
4.2.5.	Costos de Equipos	55
4.2.6.	Costos Indirectos.....	56
4.2.7.	Costos Totales	57
4.2.8.	Costos de Mantenimiento.....	57
4.2.8.1.	Costo de Operación Mensual.....	57
4.2.8.2.	Costo de Mantenimiento anual	58
4.3.	Beneficios.....	58
4.4.	Valor residual de salvamento.....	59
4.5.	Depreciación del proyecto.....	59
4.6.	Calculo del flujo de caja interno.	59
4.7.	Evaluación económica	62
4.7.1.	Cálculo del Valor Actual Neto (VAN).....	62
4.8.	Cálculo de la relación Beneficio – Costo (B/C).....	63
4.9.	Cálculo de la tasa interna de retorno (TIR).....	63
V.	CONCLUSIONES	65
5.1	Recomendaciones	66
VI.	BIBLIOGRAFIA	68
6.1	Linkografía:.....	69
6.2	Anexos	70
	<u>Panel</u> Fotográfico	
	<u>Detalle</u> de accesorios	

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Operacionalización de las variables.....	8
Cuadro 2: Materiales de la bomba de ariete hidráulico.	40
Cuadro 3: Resultados Obtenidos A Los 3 Metros De Altura De Alimentación.	51
Cuadro 4: resultados obtenidos a los 4 metros de altura de alimentación.	53
Cuadro 5: Costo De Materiales.	54
Cuadro 6: Costo De Mano De Obra.	55
Cuadro 7: Costo De Equipos	55
Cuadro 8: Costo De Herramientas.....	56
Cuadro 9: Costo Directo.....	56
Cuadro 10: Costo Indirectos (12%).....	56
Cuadro 11: Costo Total	57
Cuadro 12: Costo De Gastos Estimados Para Mantenimiento.....	57
Cuadro 13: Costo De Gastos Estimados Anuales	58
Cuadro 14: Flujo De Caja Interna De La Motobomba De Marca Honda De Un 1.1HP	61
Cuadro 15: Flujo De Caja Interna De La Bomba De Ariete Hidráulico	61
Cuadro 16: Cálculo Del VAN Vs TASA	62
Cuadro 17: Tasa Vs El Van.....	63

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Interpretación física del golpe de ariete para el cierre instantáneo..... 20

Figura 2 : Proceso del golpe de ariete en una tubería..... 22

Figura 3: Onda de compresión generada por el cierre súbito de una válvula. Refracciones y reflexiones de la misma en el depósito y en la válvula. 22

Figura 4: Tuberías estropeadas por la depresión provocada por el golpe de ariete. 23

Figura 5: Esquema de una instalación de bomba de ariete. 24

Figura 6: tuberías de PVC (policloruro de vinilo) de 1” 25

Figura 7: tuberías de PVC (policloruro de vinilo) de 1/2” 25

Figura 8: Esquema de una bomba de ariete con cada uno de sus componentes principales..... 26

Figura 9: Válvula de NR (no retorno de 1” de cobre)..... 26

Figura 10: Válvula de choque 1” de cobre..... 27

Figura 11: Esquema simplificado de la caja de válvulas 27

Figura 12: Cámara de aire (botella de 2 litros) 28

Figura 13: Diferentes formas constructivas de bomba de ariete. 28

Figura 14: Instalación de 6 bombas de ariete conectadas en paralelo. 29

Figura 15: Ariete de aguas bravas. 30

Figura 16: Bomba de ariete comerciales o de fábrica 31

Figura 17: Instalación completa de la bomba de ariete hidráulico..... 43

Figura 18: Bosquejo 1. El agua sale al exterior por la válvula de choque. 44

Figura 19: Bosquejo 2. La fuerza de arrastre del agua provoca que la válvula de choque se cierre de golpe..... 45

Figura 20: Bosquejo 3. Se produce un ‘golpe de ariete’ y aumenta mucho la presión del fluido. 45

Figura 21: Bosquejo 4. La válvula de NR se abre y permite el paso de agua hacia el pulmón y la tubería de elevación..... 46

Figura 22: Bosquejo 5. Se cierra la válvula de choque y se va liberando la presión almacenada en el pulmón. 46

Figura 23: Bosquejo 6. La válvula de choque se abre y comienza de nuevo todo el proceso. ... 47

Figura 24: resultados de software PBAH version1.1 para una altura de 3 metros..... 52

Figura 25: resultados de software PBAH version1.1 para una altura de 4 metros..... 53

Figura 26: Promedio De Cálculo De Van Vs Tasa..... 62

Figura 27: Promedio Van Vs Tasa 64

PANEL FOTOGRAFICO

Fotografías 1: Accesorios de ensamblaje de la bomba de ariete parte a).....	71
Fotografías 2: Accesorios de ensamblaje de la bomba de ariete parte b).....	72
Fotografías 3: Esquema De Armado Bomba De Ariete Pvc 1"	73
Fotografías 4 : Instalación De Los Accesorios De La Bomba De Ariete Hidráulico	74
Fotografías 5: Se muestra la instalación de accesorios del ejecutor de tesis	75
Fotografías 6: Se aprecia la instalación de la tubería de ingreso.....	76
Fotografías 7: Se aprecia la instalación completa de la bomba de ariete hidráulico.....	76
Fotografías 8: Se aprecia el funcionamiento de la bomba de ariete hidráulico.....	77
Fotografías 9: Se aprecia la apertura de la válvula de control abierta al 100% instalación completa de la bomba de ariete hidráulico.....	77
Fotografías 10: Se aprecia en manómetro la presión existente de la tubería de alimentación de 1" pvc.....	78
Fotografías 11:Se aprecia en manómetro la presión existente de la tubería de elevación de ½".	78
Fotografías 12: Se aprecia el desperdicio de la válvula check de fondo de 1" cobre.....	79
Fotografías 13: Se aprecia el control con el cronometro del desperdicio de la válvula de check de fondo de 1" cobre.....	79
Fotografías 14: Se aprecia el recogido de agua desperdiciada para la correspondiente en un envase de volumen conocido.....	80
Fotografías 15:Se aprecia el control de volumen de agua.....	80
Fotografías 16: Se aprecia el chorro de agua que se eleva a una altura mayor.....	81
Fotografías 17: Se aprecia el control de tiempo de llenado.....	81
Fotografías 18: Se aprecia la llave de apertura a diferentes porcentajes	82
Fotografías 19: Montaje completo de la bomba de ariete hidráulico	82
Fotografías 20: Se aprecia en funcionamiento la bomba de ariete hidráulico.....	83
Fotografías 21: Se Aprecia en funcionamiento la bomba de ariete hidráulico	83
Fotografías 22: Bomba de ariete hidráulico y su ejecutor.....	84
Fotografías 23: Bomba De 1" autocebante marca Honda	85

LISTA DE ACRONIMOS

Van	Valor Actual Neto
Tir	Tasa Interna De Retorno
Nr	No Retorno
Eo	Inversión En El Año Cero
Vanj	Ingresos Menos Egresos Para El Año Cero
N	Número De Periodos Totales
I	Tasa
Fc	Flujo De Caja
Pvc	Poli Cloruro De Vinilo
Tc	Tiempo Crítico
D	Diámetro
P	Pulgada
L	Longitud
Pbah (w)	Potencia De La Bomba De Ariete Hidráulico
Hf	Perdida De Carga En La Tubería
H	Altura
h	Altura De Descarga
P (w)	Potencia De Caída De Agua
Hm	Altura De Alimentación
Q	Caudal
Lit	Litros
Seg	Segundos

RESUMEN

El presente trabajo de investigación está referido a la aplicación de la bomba de ariete hidráulico en la impulsión de recursos hídricos para riego en el departamento de Puno. Con la finalidad de abastecer agua en lugares donde no llega la energía eléctrica ni motriz, el diseño de la bomba de ariete hidráulico cuenta con una altura de impulsión disponible de 7.80 metros. Y una longitud de 5.70 metros, desde la fuente de alimentación que capta la bomba de ariete hidráulico.

A una altura de alimentación de 3. metros con un caudal de ingreso de 0.4 litros/segundos que es dotada por fuente de alimentación que almacena 1100 litros a una altura disponible de 7.8 metros dando un caudal de elevación de 0.027 litros/segundos para una abertura de 100% de la llave de paso y un caudal de desperdicio de 0.071lit/seg y una eficiencia de 61% por un porcentaje de elevación de 160% y una pérdida de carga de tubería 0.8 hf/m. con una relación de la altura de descarga con la altura de alimentación 2.9 h/H. y una potencia de bomba de ariete hidráulico 4.5 PBAH (w) y una potencia de caída de agua 12.0 P (w).

A una altura de alimentación de 4.metros con un caudal de ingreso de 0.4 litros/segundos que es dotada por una fuente de alimentación que almacena 1100 litros a una altura disponible de 7.8 metros dando un caudal de elevación 0.059 litros/segundos para una abertura de 100% de la llave de paso y un caudal de desperdicio de 0.067litros/segundos y una eficiencia de 75% por un porcentaje de elevación de 95% y una pérdida de carga de tubería 0.8 hf/m. con una relación de la altura de descarga con la altura de alimentación 2.2 h/H. y una potencia de bomba de ariete hidráulico 6.4 PBAH (w) y una potencia de caída de agua 16 P (w).

El sistema de bombeo es eficiente en un 61% y 75% lo cual muestra que es óptimo y ecológico. Con el aprovechamiento de este sistema de bombeo se busca mejorar el nivel de vida de población rural. De tal forma que se incentive el desarrollo y la aplicación de la misma en la población rural.

Palabras- claves: bomba de ariete hidráulico, impulsión, adaptabilidad, optimo, altura.

ABSTRAC

This research is based on the application of the bomb ariete hydraulic drive in water resources for irrigation in the department of Puno. In order to supply water in places where there is no electricity or motive power, the design of the hydraulic ram pump has a drive height of 7.80 meters available. And a length of 5.70 meters, from the power source that captures the bomb ariete hydraulic.

At a height of 3 meters feed at a rate of income 0.4 liters/second which is provided by power supply that stores 1,100 liters available at a height of 7.8 meters giving a rate of elevation of 0.027 liters/sec for opening 100% of the stopcock and a waste stream of 0.071lit/sec and an efficiency of 61%as a percentage of 160% lift and a pressure drop of 0.8hf / m. with a ratio of height to height discharge power 2.9 h/H. and power bomb ariete hydraulic PBAH 4.5(w) and a power of waterfall 12.0 P(w).

At a height 4.metros power input at a rate 0.4 liters/second which is provided by a power supply which stores 1100 liters available at a height of 7.8 meters giving a lift flow 0059 liters/sec for opening 100%of the stopcock and a flow of waste 0.067litros/sec and an efficiency of 75% for lifting percentage 95% and a pressure drop of 0.8 hf /m. with a ratio of height to height discharge power 2.2h/H.and power bomb ariete hydraulic PBAH6.4 (w) and a power of waterfall 16P(w).

The bomb system is efficient in 61% and 75 % which is optimal sample and ecological. With the use of this bomb system is to improve the standard of living of rural population. So that the development and application of it in the rural population incentive.

Key words: bomb ariete hydraulic, impulsión, adaptabilidad, optimal, height.

INTRODUCCIÓN

Este proyecto se enmarca dentro de la iniciativa de la Facultad de Ingeniería Agrícola, Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno.

El objeto de este proyecto es ampliar esta plataforma comprensible que disfrutamos hoy en día, recopilando una tecnología que no se había tenido en cuenta hasta el momento. La bomba de ariete hidráulico se trata de una tecnología que no se puede catalogar como manual, pues no precisa la acción humana para funcionar, además que en determinadas circunstancias puede resultar de gran utilidad para elevar agua a alturas considerables.

Mi objetivo personal al enfrentarme a este proyecto era conocer a más profundidad tanto las tecnologías apropiadas como la labor que desde un ambiente universitario se puede desarrollar hacia la cooperación internacional, ya que es un tema al que con el paso de los años, cada vez tengo más claro que quiero dedicar mi carrera profesional.

El presente escrito se estructura en seis capítulos, de la siguiente manera:

- El primer capítulo se dividirá en cinco partes: El Planteamiento del Problema, Antecedentes, Justificación, Objetivos De La Investigación, Hipótesis.
- Segundo capítulo explicará lo relativo al Marco Teórico y Conceptual de la bomba de ariete hidráulico.
- Tercer capítulo consiste en la explicación de los Materiales y Métodos que se utiliza para simular el comportamiento de la bomba de ariete.
- En el cuarto capítulo presentamos los resultados y discusión del funcionamiento de la bomba de ariete.
- En el quinto capítulo tenemos las conclusiones del trabajo realizado, y sugerencias para trabajos futuros que sigan la senda de este proyecto.
- En el sexto capítulo presentamos la bibliografía y anexos mostrando un álbum fotográfico.

I. PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema

El país que es de una inmensa extensión dispone de una gran variedad de climas. El Departamento de Puno, es uno de los Departamentos que más Recursos Hídricos posee; los mismos que se encuentran en lagos, lagunas, ríos, riachuelos y manantiales, donde la disponibilidad en volumen son significativos. Estos Recursos pueden ser mejor aprovechados si se impulsan a mayores alturas y disfrutarlos de los beneficio de contar con un sistema presurizado tanto de agua potable, así como de riego para fomentar la agricultura.

Lamentablemente el recorrido de estas aguas es superficial, se encuentran a alturas menores de las posibles áreas de servicio. Por otro lado la calidad de agua viene a ser importante por lo que es necesario tener conocimiento de lo siguiente: el agua de cualquier fuente debe ser adecuada para los propósitos previstos.

Dentro de la ciencia de la hidráulica, los sistemas de bombeo para el suministro de agua, son costosos sobre todo cuando se utiliza energía eléctrica, sin embargo se conoce desde hace mucho tiempo **la bomba de ariete hidráulico**. El ariete hidráulico es una bomba automática para la elevación de agua.

Su objetivo es el de aprovechar la energía de un salto de agua para elevar caudal a una altura mayor que la del nivel inicial. Estas tienen la característica, que las distinguen de todas las demás máquinas de impulsión de líquidos, pues no necesitan una energía motriz exterior para la elevación del agua ya que esta se logra a costa del consumo de la fuerza viva a que da lugar a la caída de una masa de agua, parte de la cual es elevada a una altura mayor.

Debido a la altura de alimentación, la energía cinética desarrollada por el movimiento del agua que sale de la válvula de check de fondo aumenta su velocidad, y por lo tanto la presión que ejerce sobre esta válvula, la cierra por completo, tan pronto como la presión correspondiente a esta velocidad rebosa el peso de la válvula.

La detención brusca e instantánea del agua, produciría una transformación de su fuerza viva, que se traducirá en una sobre presión en el ariete y paredes del tubo de alimentación.

1.2. Problema general

Cuál es el efecto de la bomba de ariete hidráulico en la impulsión de recursos hídricos para riego en el departamento de Puno.

1.2.1. Problema específico

- ¿Cuál es la adaptabilidad de la impulsión de los recursos hídricos para riego con la aplicación de la bomba de ariete hidráulico?
- ¿Cuál es el costo y beneficio del proceso de impulsión de los recursos hídricos con la aplicación de la bomba de ariete hidráulico para riego?

1.3. Antecedentes

a) Antecedentes internacionales

Se atribuye la invención al inglés John Whitehurst en el año de 1775, “fermentó su ingenio para construir un aparato con un principio de funcionamiento novedoso, accionaba manualmente un grifo en la tubería conectada a un tanque de abasto, en un nivel superior, para provocar el fenómeno físico conocido como golpe de Ariete, que permitía elevar el líquido a un tanque de almacenamiento colocado a una altura mayor, aunque su aplicación no fue tan apetecida por el gran ruido y vibración propios de dicho equipo, además era manual. Este ariete fue capaz de levantar el agua hasta una altura de 4.9 m.

El invento fue reconocido en 1776, y posteriormente después de la muerte del inglés fue precedida por los investigadores que se ocuparon de añadir bondades al equipo y descubrir los secretos de una aparente magia.

b) Antecedentes nacionales

En el Perú no se cuenta con un registro de funcionamiento de los sistemas de ariete hidráulicos por lo que se ve la necesidad de elaborar una base de datos de cada uno de los modelos existentes para que personas interesadas en el uso de dicha tecnología, tales como proveedores, profesionales, e incluso estudiantes de carreras afines a la ingeniería agrícola lleguen a obtener información de las características de operación de dichos modelos a evaluar y en un periodo futuro determinar la posibilidad de realizar mejoras a estos equipos en su estructura con recursos de nuestra zona.

c) Antecedentes regionales

El departamento de Puno no cuenta con investigaciones de funcionamiento de los sistemas de ariete hidráulicos por lo que se ve la escasez de información al elaborar una base de datos de cada uno de los modelos existentes para que personas interesadas lleguen a conseguir información de las características de operación de dichos modelos a evaluar. existe una introducción de la bomba de ariete hidráulico cuyo título es estudio y aplicación de la bomba de ariete hidráulico en sistemas de bombeo de aguas en el departamento de Puno realizado por el Bach. Alex Araca Ccamapaza.

1.4. Justificación, importancia, limitaciones**a) Justificación**

La problemática en el abastecimiento por el cual está atravesando ciertas localidades del país requiere de alternativas eficaces que permitan cubrir este déficit energético. Las fuentes alternas de energía representan potenciales energéticos abundantes. El Perú posee recursos hídricos vertientes y ríos que no son aprovechados de forma adecuada, debido a esto la existencia de terreno que no son cultivados por falta del agua.

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 y goteo en todos los terrenos no cultivados.

Las comunidades del departamento de Puno poseen tierras que no son utilizadas para el cultivo por la falta de agua de riego, el cual ocasiona una baja productividad agropecuaria.

Con la utilización de la Bomba de Ariete hidráulico, se permitirá dotar de agua a zonas necesitadas, con la ventaja que no tendrán que pagar tarifa de energía eléctrica y/o combustible.

El aprovechamiento del recurso hídrico con este sistema de bombeo se busca mejorar el nivel de vida, con la productividad agropecuaria que sin duda repercute en el desarrollo de este sector, ya que contará con una presión suficiente para su efectiva producción.

b) Importancia

El trabajo de tesis propuesto, tiene una importancia en el aprovechamiento hídrico, innovar una forma sostenible de tecnología que finalmente nos lleve a conservar el medio ambiente, ya que con el uso de la bomba de ariete hidráulico en un sistema de bombeo no se contamina, además servirá para la implementación de sistema de agua potable y riego en la agricultura que puede ser empleado en pequeños centros de producción.

Desde un punto de vista puramente económico. El empleo del golpe de ariete, será de trascendencia ya que la implementación requiere de un costo mínimo, costo de operación casi nula y cero en contaminación al medio ambiente ya que no utiliza ningún tipo de energía ni combustible fuera de la fuerza de fluido (agua). Además se logra grandes ahorros, esto se nota especialmente en el medio rural.

La utilización de las bombas en referencia disminuiría los altos costos de bombeo de agua para diversas actividades destinadas a mejorar la calidad de vida del poblador sabemos que no requiere el uso de energía eléctrica o el de combustión que es costoso en nuestro medio.

De igual forma permitirá conocer el comportamiento de la bomba el mismo que se basa en principios de la mecánica de fluidos y también proponer su difusión en el departamento de Puno.

De cualquier forma se justifica el estudio de la bomba de ariete hidráulico pues no existen experiencias prácticas en nuestro país y mucho menos en el departamento además que contribuya a solucionar un grave problema social que es la disponibilidad de agua.

c) Limitaciones

El trabajo de tesis propuesto, tiene limitaciones por su diseño, Entre una de sus limitaciones tenemos:

- ✓ El aprovechamiento del agua no es del 100%.
- ✓ No trabajan a la misma velocidad que una bomba autocebante.
- ✓ No tiene el mismo rendimiento en cuanto a caudal elevado se refiere.
- ✓ Se tiene que adaptar un suministro de agua a una altura superior de la bomba.

1.5. Objetivo de Investigación.

1.5.1. Objetivo General.

Determinar los efectos de la aplicación de la bomba de ariete hidráulico en la impulsión de recursos hídricos para riego en el departamento de Puno.

1.5.2. Objetivos Específicos.

- Verificar la adaptabilidad de la impulsión de recursos hídricos de la bomba de ariete hidráulico para riego.
- Valorar el costo beneficio del proceso de impulsión de recursos hídricos con la aplicación de la bomba de ariete hidráulico para riego.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

El proceso de impulsión de recursos hídrico para riego es altamente efectivo con la aplicación de la bomba de ariete hidráulico en el departamento de Puno.

1.6.2. Hipótesis específicos

- La bomba de ariete hidráulico en la impulsión de recursos hídricos es adaptable para riego.
- El costo beneficio del proceso de impulsión de recursos hídricos con la aplicación de la bomba de ariete hidráulico para riego es positivo.

1.7. Variables e indicadores de estudio

1.7.1. Variable independiente

- Bomba de ariete

Indicadores:

- Diseños
- Especificaciones técnicas

1.7.2. Variable dependiente

- Impulsión de recurso hídricos

Indicadores

- Altura de alimentación
- Altura impulsión
- Beneficios de impulsión de recurso hídricos

1.7.3. Operacionalización de las variables

Cuadro 1: Operacionalización de las variables

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
VARIABLE INDEPENDIENTE (x) Bomba de ariete hidráulico	Diseño de la bomba de ariete	<ul style="list-style-type: none"> ○ Tubería de alimentación (5.7 metros de altura) ○ Tubería de elevación (7.8 metros de altura) ○ Cámara de aire botella de plástico de (2 litros) ○ Caja de válvulas conjunto de accesorios unidos entre si de pvc de 1 pulgada ○ Válvula de check de paso de cobre de 1" ○ Válvula de fondo de check de cobre de 1"
	Especificaciones técnicas de la bomba de ariete	<ul style="list-style-type: none"> ○ Clasificación según itintec tubería de pvc de clase 5 de 1 pulgada ○ tubería de pvc de clase 5 de 1/2 pulgada
VARIABLE DEPENDIENTE (y) Impulsión de recursos hídrico para riego	Altura alimentación por trabajo	Control de desperdició
	Altura impulsión por trabajo	caudal de llenado Porcentaje de caudal elevado de recurso hídrico
	Costo beneficio	Costo de energía motriz o electrica

II. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

En este capítulo explicaremos los conceptos teóricos necesarios para entender el funcionamiento de una bomba de ariete, para después identificar y definir las diferentes partes en las que se divide tanto la instalación de la propia bomba de ariete hidráulico de tal forma que sea lo más claro posible al lector el funcionamiento de este particular aparato.

2.1. Propiedad general de los fluidos

2.1.1. Fluido

Se denomina fluido a un tipo de medio continuo formado por alguna sustancia entre cuyas moléculas sólo hay una fuerza de atracción débil. La propiedad definitoria es que los fluidos pueden cambiar de forma sin que aparezcan en su seno fuerzas restitutivas tendentes a recuperar la forma "original" (lo cual constituye la principal diferencia con un sólido deformable, donde sí hay fuerzas restitutivas). (Mataix, C., 1982)

Un fluido es un conjunto de partículas que se mantienen unidas entre si por fuerzas cohesivas débiles y las paredes de un recipiente; el término engloba a los líquidos y los gases. En el cambio de forma de un fluido la posición que toman sus moléculas varía, ante una fuerza aplicada sobre ellos, pues justamente fluyen. Los líquidos toman la forma del recipiente que los aloja, manteniendo su propio volumen. (Potter, Merle C., 2002)

2.1.2. Características de los fluidos

- a. Compresibilidad. Todos los fluidos son compresibles en cierto grado. No obstante, los líquidos son altamente incompresibles a diferencia de los gases que son altamente compresibles. Sin embargo, la compresibilidad no diferencia a los fluidos de los sólidos, ya que la compresibilidad de los sólidos es similar a la de los líquidos.
- b. Viscosidad, aunque la viscosidad en los gases es mucho menor que en los líquidos. La viscosidad hace que la velocidad de deformación puede aumentar las tensiones en el seno del medio continuo. Esta propiedad acerca a los fluidos viscosos a los sólidos visco elásticos.

- c. Distancia Molecular Grande: Esta es una de las características de los fluidos en la cual sus moléculas se encuentran separadas a una gran distancia en comparación con los sólidos y esto le permite cambiar muy fácilmente su velocidad debido a fuerzas externas y facilita su compresión.
- d. Ausencia de memoria de forma, es decir, toman la forma del recipiente que lo contenga, sin que existan fuerzas de recuperación elástica como en los sólidos. Debido a su separación molecular los fluidos no poseen una forma definida por tanto no se puede calcular su volumen o densidad a simple vista, para esto se introduce el fluido en un recipiente en el cual toma su forma y así podemos calcular su volumen y densidad, esto facilita su estudio. Esta última propiedad es la que diferencia más claramente a fluidos (líquidos y gases) de sólidos deformables.

2.1.3. Presión

Es la magnitud escalar que relaciona la fuerza con la superficie sobre la cual actúa, es decir, equivale a la fuerza que actúa sobre la superficie. Cuando sobre una superficie plana de área A se aplica una fuerza normal F de manera uniforme, la presión P viene dada de la siguiente forma (Potter, Merle C., 2002):

$$p = \frac{F}{A}$$

2.1.4. Presión absoluta y relativa

En determinadas aplicaciones la presión se mide no como la presión absoluta sino como la presión por encima de la presión atmosférica, denominándose presión relativa, presión normal, presión de gauge o manométrica. Consecuentemente, la presión absoluta es la presión atmosférica (P_a) más la presión manométrica (P_m) (presión que se mide con el manómetro) (Potter, Merle C., 2002).

$$P_{ab} = P_a + P_m$$

2.1.5. Presión hidrostática e hidrodinámica

En un fluido en movimiento la presión hidrostática puede diferir de la llamada presión hidrodinámica por lo que debe especificarse a cuál de las dos se está refiriendo una cierta medida de presión (Lansford, W., 1941).

2.1.6. Densidad

Es una magnitud escalar referida a la cantidad de masa en un determinado volumen de una sustancia. La densidad media es la razón entre la masa de un cuerpo y el volumen que ocupa. (Mataix, C., 1982)

$$\rho = \frac{m}{V}$$

2.1.7. Densidad Absoluta

Es la magnitud que expresa la relación entre la masa y el volumen de una sustancia. Su unidad en el Sistema Internacional es kilogramo por metro cúbico(kg/m³), aunque frecuentemente también es expresada en g/cm³. La densidad es una magnitud intensiva.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Siendo ρ , la densidad; m, la masa; y V, el volumen de la sustancia (Lansford, W., 1941).

2.1.8. Densidad Relativa

La densidad relativa de una sustancia es la relación existente entre su densidad y la de otra sustancia de referencia; en consecuencia, es una magnitud adimensional (sin unidades).

$$\rho_r = \frac{\rho}{\rho_0}$$

Donde ρ_r es la densidad relativa, ρ es la densidad de la sustancia, y ρ_0 es la densidad de referencia o absoluta.

Para los líquidos y los sólidos, la densidad de referencia habitual es la del agua líquida a la presión de 1 atm y la temperatura de 4 °C. En esas condiciones, la densidad absoluta del agua destilada es de 1000 kg/m³, es decir, 1 kg/dm³ (Joseph Fanzini, 1999).

2.1.9. Temperatura

La temperatura es una magnitud referida a las nociones comunes de caliente, tibio o frío que puede ser medida con un termómetro. En física, se define como una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico, definida por el principio cero de la termodinámica. Más específicamente, está relacionada directamente con la parte de la energía interna conocida como «energía cinética», que es la energía asociada a los movimientos de las partículas del sistema, sea en un sentido traslacional, rotacional, o en forma de vibraciones. A medida de que sea mayor la energía cinética de un sistema, se observa que éste se encuentra más «caliente»; es decir, que su temperatura es mayor. (Potter, Merle C., 2002)

2.1.10. Energía interna

La energía cinética interna, es decir, de las sumas de las energías cinéticas de las individualidades que lo forman respecto al centro de masas del sistema, y de la energía potencial interna, que es la energía potencial asociada a las interacciones entre estas individualidades.

En un líquido o sólido deberemos añadir la energía potencial que representa las interacciones moleculares.

Desde el punto de vista de la termodinámica, en un sistema cerrado (o sea, de paredes impermeables), la variación total de energía interna es igual a la suma de las cantidades de energía comunicadas al sistema en forma de calor y de trabajo (Potter, Merle C., 2002).

2.1.11. La viscosidad

Es la oposición de un fluido a las deformaciones tangenciales, es debida a las fuerzas de cohesión moleculares. Todos los fluidos conocidos presentan algo de viscosidad, siendo el modelo de viscosidad nula una aproximación bastante

buena para ciertas aplicaciones. Un fluido que no tiene viscosidad se llama fluido ideal (Potter, Merle C., 2002).

La viscosidad solo se manifiesta en líquidos en movimiento, se ha definido la viscosidad como la relación existente entre el esfuerzo cortante y el gradiente de velocidad. Esta viscosidad recibe el nombre de viscosidad absoluta o viscosidad dinámica. Generalmente se representa por la letra griega. (Joseph Fanzini, 1999).

Cabe señalar que la viscosidad solo se manifiesta en fluidos en movimiento, ya que cuando el fluido está en reposo adopta una forma tal en la que no actúan las fuerzas tangenciales que no puede resistir. Es por ello por lo que llenado un recipiente con un líquido, la superficie del mismo permanece plana, es decir, perpendicular a la única fuerza que actúa en ese momento, la gravedad, sin existir por tanto componente tangencial alguna.

2.1.12. Peso específico

Se le llama peso específico a la relación entre el peso de una sustancia y su volumen. (Joseph Fanzini, 1999)

Su expresión de cálculo es:

$$\gamma = \frac{P}{V} = \frac{mg}{V} = \rho g$$

2.1.13. La compresibilidad

Es una propiedad de la materia a la cual se debe que todos los cuerpos disminuyan de volumen al someterlos a presión o compresión determinada manteniendo constantes otros parámetros.

a) Compresibilidad de los líquidos

Significa que cuando se aumenta la presión sobre el sistema, este disminuye su volumen. El caso contrario se puede observar en sistemas inestables por ejemplo en un sistema químico cuando la presión inicia una explosión. Los sólidos a nivel molecular son muy difíciles de comprimir, ya que las moléculas que tienen los sólidos están muy pegadas y existe poco espacio libre entre ellas como para

acercarlas sin que aparezcan fuerzas de repulsión fuertes. Esta situación contrasta con la de los gases los cuales tienen sus moléculas muy separadas y que en general son altamente compresibles bajo condiciones de presión y temperatura normales. Los líquidos bajo condiciones de temperatura y presión normales son también bastante difíciles de comprimir aunque presentan una pequeña compresibilidad mayor que la de los sólidos. (Potter, Merle C., 2002).

2.1.14. La capilaridad

Es un proceso de los fluidos que depende de su tensión superficial la, cual, a su vez, depende de la cohesión del líquido y que le confiere la capacidad de subir o bajar por un tubo capilar.

Cuando un líquido sube por un tubo capilar, es debido a que la fuerza intermolecular o cohesión intermolecular entre sus moléculas es menor que la adhesión del líquido con el material del tubo; es decir, es un líquido que moja. El líquido sigue subiendo hasta que la tensión superficial es equilibrada por el peso del líquido que llena el tubo. Éste es el caso del agua (Potter, Merle C., 2002).

2.1.15. Fluides

La fluides es una característica de los líquidos o gases que les confiere la habilidad de poder pasar por cualquier orificio o agujero por más pequeño que sea, siempre que esté a un mismo o inferior nivel del recipiente en el que se encuentren (el líquido), a diferencia del restante estado de agregación conocido como sólido (Joseph Fanzini, 1999).

Un fluido puede adquirir una deformación arbitrariamente grande sin necesidad de ejercer una tensión mecánica, dado que en los líquidos la tensión mecánica o presión en el seno del fluido depende esencialmente de la velocidad de la deformación no de la deformación en sí misma a diferencia de los sólidos que tienen "memoria de forma" y experimentan tensiones tanto más grandes cuanto más se alejan de la forma original, es decir, en un sólido la tensión está relacionada primordialmente con el grado de deformación (Potter, Merle C., 2002).

2.1.16. El principio de Pascal

La presión aplicada en un punto de un líquido contenido en un recipiente se transmite con el mismo valor a cada una de las partes del mismo.

El principio de Pascal puede ser interpretado como una consecuencia de la ecuación fundamental de la hidrostática y del carácter incompresible de los líquidos. En esta clase de fluidos la densidad es constante, de modo que de acuerdo con la ecuación $p = \gamma + \rho \cdot g \cdot h$ si se aumenta la presión en la superficie libre, por ejemplo, la presión en el fondo ha de aumentar en la misma medida, ya que $\rho \cdot g \cdot h$ no varía al no hacerlo h . (Potter, Merle C., 2002).

La prensa hidráulica constituye la aplicación fundamental del principio de Pascal. Consiste, en esencia, en dos cilindros de diferente sección comunicados entre sí, y cuyo interior está completamente lleno de un líquido que puede ser agua o aceite. Dos émbolos de secciones diferentes se ajustan, respectivamente, en cada uno de los dos cilindros, de modo que estén en contacto con el líquido. Cuando sobre el émbolo de menor sección S_1 se ejerce una fuerza F_1 la presión p_1 que se origina en el líquido en contacto con él se transmite íntegramente y de forma instantánea

$$p_1 = p_2$$

2.1.17. El principio de los vasos comunicantes

Si se tienen dos recipientes comunicados y se vierte un líquido en uno de ellos en éste se distribuirá entre ambos de tal modo que, independientemente de sus capacidades, el nivel de líquido en uno y otro recipiente sea el mismo. Éste es el llamado principio de los vasos comunicantes, que es una consecuencia de la ecuación fundamental de la hidrostática (Potter, Merle C., 2002).

2.1.18. La presión atmosférica

La presión hidrostática en los líquidos asociada al peso de unas capas de líquido sobre otras, las grandes masas gaseosas pueden dar lugar a presiones considerables debidas a su propio peso. Tal es el caso de la atmósfera. La presión del aire sobre los objetos contenidos en su seno se denomina presión atmosférica. La ley de variación de la presión atmosférica con la altura es mucho

más complicada que la descrita por la ecuación fundamental de la hidrostática (Mataix, C., 1982)

2.1.19. Instrumentos de medición de presión

2.1.19.1. Barómetros

El barómetro es el aparato con el que se mide la presión atmosférica. Los barómetros metálicos o aneroides constan de una caja metálica de paredes relativamente elásticas, en cuyo interior se ha efectuado el vacío. Un resorte metálico hace que las paredes de la caja estén separadas. En su ausencia dichas paredes tenderían a aproximarse por efecto de la presión exterior. Por igual procedimiento variaciones en la presión atmosférica producen cambios en la forma de la caja que se transmiten al resorte y éste los indica, a través de un mecanismo de amplificación, sobre una escala graduada en unidades de presión. Los barómetros metálicos pueden mortificarse de forma que sus resultados queden registrados en un papel. De este modo se puede disponer de información sobre cómo varía la presión atmosférica con el tiempo (Potter, Merle C., 2002).

2.2. Bombas

La bomba es una máquina que absorbe energía mecánica que puede provenir de un motor eléctrico, térmico, etc., y la transforma en energía que la transfiere a un fluido como energía hidráulica la cual permite que el fluido pueda ser transportado de un lugar a otro, a un mismo nivel y/o a diferentes niveles y/o a diferentes velocidades (Manuel Viejo, 2002).

2.2.1. Bombas de Energía eléctrica

Las bombas eléctricas están constituidas esencialmente por dos cámaras, una de aspiración y otra de salida, unidas por un cilindro dentro del cual se mueve un émbolo de doble efecto de material ferromagnético con movimiento alternativo bajo la acción de un muelle y una bobina alimentada por la batería; una pequeña válvula, situada en el extremo del lado de aspiración del émbolo, se abre y cierra alternativamente, regulando el llenado del émbolo hueco y el caudal (Giles, R., 1973).

2.2.2. Bombas de Energía de combustible

Es un dispositivo que le entrega al fluido de trabajo o combustible la energía necesaria para desplazarse a través de él. Las presiones con las que trabaja la bomba dependen en gran medida del tipo de motor que se tenga. Así, cuanto más potencia necesite un motor, mayor caudal de combustible hará falta, por lo que se necesitará una bomba de mayor potencia (Manuel Viejo, 2002).

2.2.3. Bombas de Energías no convencionales

Se refiere a aquellas formas de producir energía que no son muy comunes en el mundo y cuyo uso es limitado debido todavía a los costos para su producción y su difícil forma para captarlas y transformarlas en energía eléctrica. También se les conoce como "energías limpias", ya que por lo general no combustionan, no contaminan (aunque todas tienen algún impacto en el medio ambiente) y no dejan desechos (excepto la madera). Dentro de las que más se están utilizando, están la energía nuclear, la energía solar, la energía geotérmica, la energía eólica y la energía de la biomasa (Manuel Viejo, 2002).

2.2.4. Definición de bomba de ariete

La bomba de ariete o ariete hidráulico es una bomba de agua totalmente automática y de fácil construcción que no requiere motor o mecanismo manual. La bomba de ariete aprovecha la energía de un caudal de agua descendente para impulsar parte de esa agua a mayor altura. Cuando se dispone de un caudal permanente, la bomba puede funcionar continuamente sin intervención externa. Como principal inconveniente podemos alegar que sufren una cierta pérdida de agua mientras funcionan en el golpe de ariete. Pero su punto fuerte, además de su facilidad, es que funcionan sin electricidad, de forma que se pueden utilizar en sitios remotos e inaccesibles, que de otra forma no podrían bombear agua a cierta altura (Giles, R., 1973).

2.2.5. Características de bomba de ariete

Sus características generales son; 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 (Giles, R., 1973).

2.2.6. Transitorios de golpe de aríete

Se conoce con el nombre de “transitorios” a los fenómenos de variación de presiones en las conducciones a presión, motivadas en variaciones proporcionales en las velocidades.

Cuando la variación es tal que implica el impedimento de escurrir, es decir, velocidad final nula, y cuando además, las oscilaciones de presión por ese motivo son grandes, al fenómeno se lo denomina “golpe de ariete”. Se podría definir al fenómeno de Golpe de Ariete como la oscilación de presión por encima o debajo de la normal a raíz de las rápidas fluctuaciones de la velocidad del escurrimiento. En realidad, el fenómeno conocido como "Golpe de Ariete" es un caso particular del estudio de los movimientos transitorios en las conducciones a presión. La diferencia se encuentra en que los transitorios implican variaciones de velocidad - y su correlación con la transformación en variaciones de presión - de pequeña magnitud, mientras que el "Golpe de Ariete" implica las grandes variaciones, de velocidad y presión.

Las maniobras de detenimiento total, implican necesariamente los golpes de ariete de máxima intensidad puesto que se pone de manifiesto la transformación total de la energía de movimiento que se transforma en energía de presión (Potter, Merle C., 2002).

2.2.7. Descripción del fenómeno

Con el objetivo de analizar el fenómeno físicamente, el caso del “cierre instantáneo del obturador”, el que, a pesar de ser una abstracción teórica, posibilita una más fácil comprensión del problema. Decimos que el cierre instantáneo es una abstracción, porque los órganos de cierre, por rápido que actúen siempre demandarían un tiempo para completar la obturación del caudal. Ello no obstante, en la realidad práctica se produce cierres que pueden adaptarse a ese criterio y que como se estudiará, no son deseables puesto que, como adelantamos, pueden producir sobrepresiones máximas. un conducto de diámetro D y longitud L , conectado a un embalse de capacidad infinita I inclinado, para mayor generalidad. La conducción puede ser regulada por el obturador O situado aguas abajo y las coordenadas I las medimos desde el mismo hasta el embalse M donde adquiere el valor L . El primero de los dibujos esquematiza las condiciones previas al cierre instantáneo del obturador, es decir el régimen permanente y uniforme. Los dibujos representan situaciones posteriores al cierre, el que se opera en un instante inicial t_0 . (Potter, Merle C., 2002)

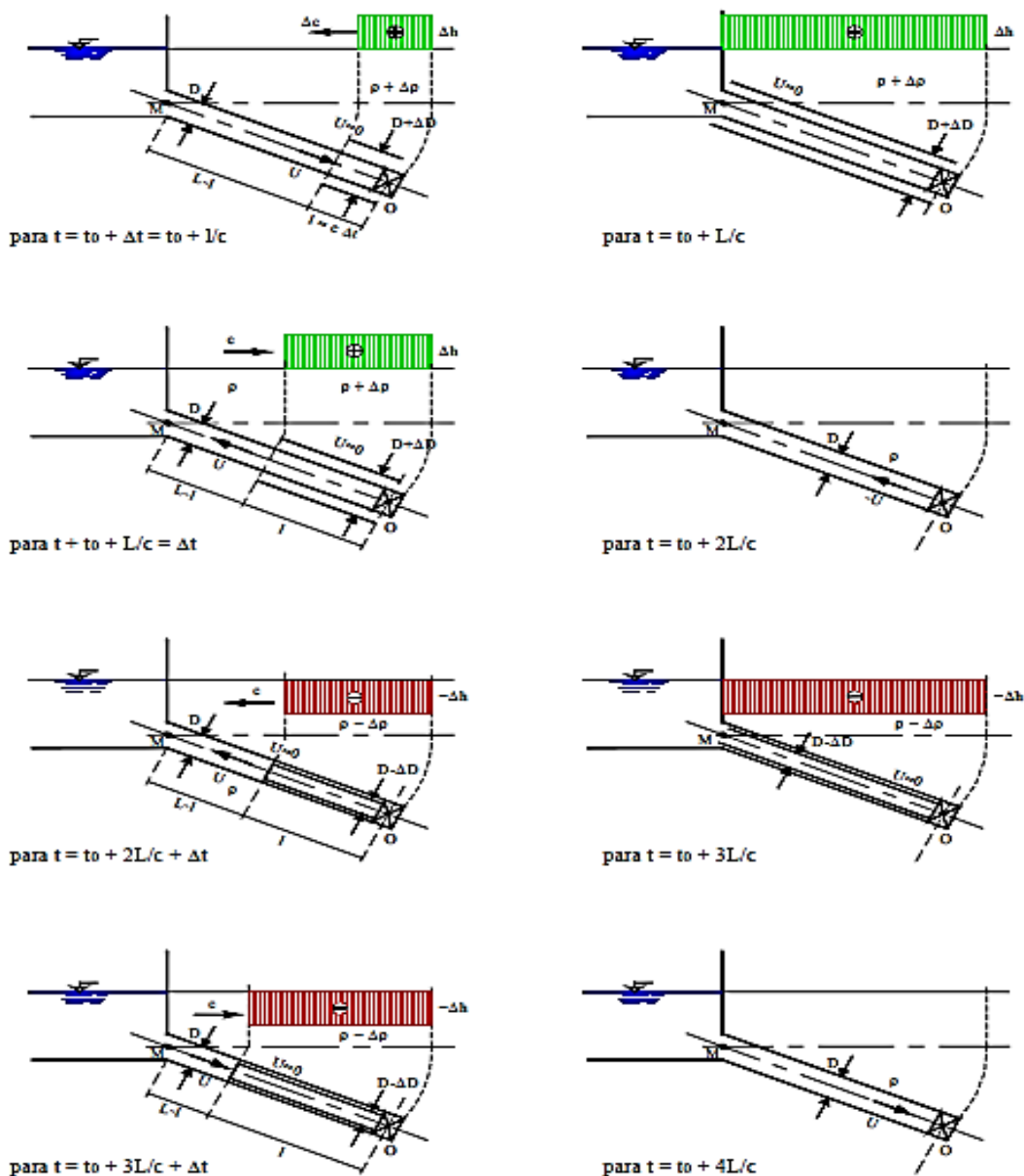


Figura 1: Interpretación física del golpe de ariete para el cierre instantáneo

Fuente: [http:// Lansford, W. com](http://Lansford, W. com)

Casos en los que se puede producir el fenómeno. Además del caso ejemplificado anteriormente, existen diversas maniobras donde se induce el fenómeno:

- Cierre y Apertura de Válvulas.
- Arranque de Bombas.
- Detención de Bombas.
- Funcionamiento inestable de bombas.
- Llenado inicial de tuberías.
- Sistemas de Protección contra Incendios.

En general, el fenómeno aparecerá cuando, por cualquier causa, en una tubería se produzcan variaciones de velocidad y, por consiguiente, en la presión. Como puede observarse del listado anterior todos estos fenómenos se producen en maniobras necesarias para el adecuado manejo y operación del recurso, por lo que debemos tener presente que su frecuencia es importante y no un fenómeno eventual.

2.2.8. Sobrepresiones en la faz de golpe directo

La faz de golpe directo es aquella en la que la función F_2 no actúa. Como F_2 tiene signo contrario a F_1 , en esta faz se obtendrán las máximas sobrepresiones (Lansford, W., 1941).

Se denomina Tiempo de Fase al lapso que tarda la onda en ir y volver del obturador al embalse:

2.2.9. Presiones máximas y mínimas reguladas con válvulas al pie

La teoría y la práctica demuestran que las máximas sobrepresiones posibles se logran para los casos en que la maniobra de cierre sea menor que el tiempo que tarda la onda en su viaje de ida y vuelta al obturador. Este tiempo lo denominaremos tiempo crítico T_c , Nótese que fácilmente se obtienen, para el caso de los caños de materiales rígidos, valores de sobrepresión máxima que responden (Lansford, W., 1941).

2.2.10. Teoría del golpe de ariete

El golpe de ariete es un fenómeno que puede producirse en tuberías largas, cuando se detiene bruscamente una columna de agua que se desplaza por su interior. Ocurre en la vida diaria con frecuencia. Un ejemplo de ello es el ruido estruendoso que en ocasiones se produce en instalaciones antiguas, cuando al cerrar un grifo retumba la tubería entera. Ese ruido es señal de que el agua que se desplazaba a una cierta velocidad se ha detenido casi instantáneamente, transmitiendo de golpe la energía cinética que poseía (Lansford, W., 1941).

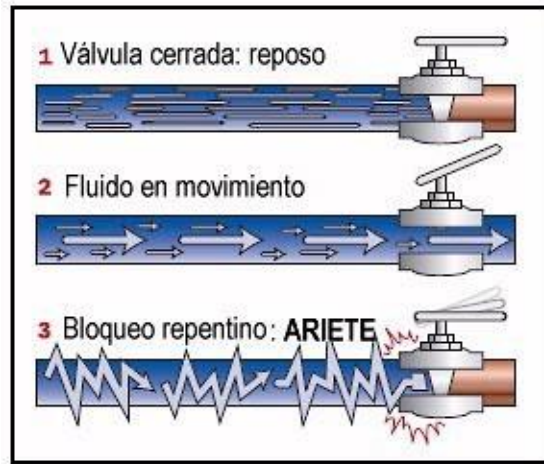


Figura 2 : Proceso del golpe de ariete en una tubería.

Fuente: <http://notaculturaldeldia.blogspot.com>

En realidad, no todo el fluido se detiene a la vez, sino que cuando el grifo se cierra de golpe, el agua que está en el extremo cercano al grifo se detiene, mientras que el agua que circula por el resto de la tubería se sigue desplazando a la misma velocidad que tenía antes. En ese momento se produce una onda de choque que parte desde el grifo, desplazándose por el fluido en dirección contraria a su movimiento a una velocidad cercana a la del sonido de nuevo ante un desequilibrio, dada la baja presión del fluido en la tubería, por lo que una cuarta onda de choque, que viajará desde el depósito hasta el grifo, pondrá de nuevo al fluido en movimiento a una velocidad igual a la inicial, hacia el grifo, y a una presión igual a la inicial.

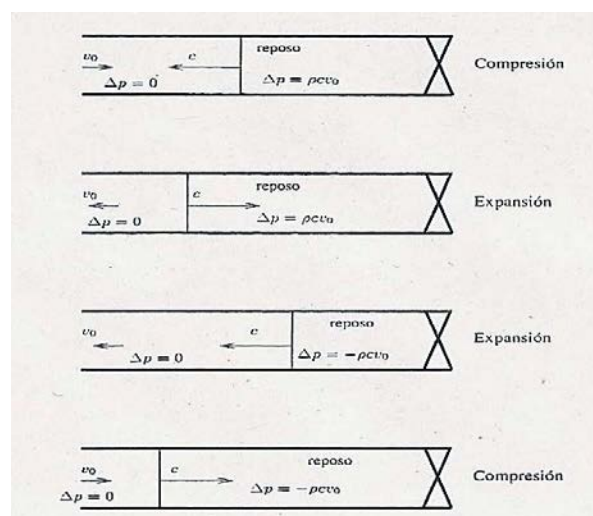


Figura 3: Onda de compresión generada por el cierre súbito de una válvula. Refracciones y reflexiones de la misma en el depósito y en la válvula.

Fuente: Lansford, w. m.; dugan, analytical

Cuando esta cuarta onda llegue hasta el grifo, estaremos en una situación exactamente igual a la que teníamos en el instante en el que se cerró el grifo, por lo que todo el proceso de las 4 ondas de choque se repetiría indefinidamente (realmente no es así debido a la existencia de pérdidas por las que las ondas de choque van perdiendo fuerza hasta desaparecer).

Obsérvese que durante el proceso de las 4 ondas de choque, se produce tanto una fuerte sobrepresión (con la primera onda) como una fuerte depresión (con la tercera onda) en la tubería. Normalmente los dos cambios de presión son perjudiciales para las tuberías, sin embargo, la construcción cilíndrica de las tuberías hace que estas sean más resistentes a las altas presiones que a las depresiones, siendo esta última la causa de la mayoría de las consecuencias desastrosas del denominado “golpe de ariete”. En la figura 4 podemos ver unos conductos destruidos por la depresión generada tras un fuerte golpe de ariete.



Figura 4: Tuberías estropeadas por la depresión provocada por el golpe de ariete.

Fuente: <http://es.wikipedia.org>

Hoy en día, casi todas las instalaciones de fontanería están preparadas mediante diversos sistemas para evitar este fenómeno, ya que por lo general es dañino para las tuberías. Pero como podrán comprobar con la bomba de ariete, es posible aprovechar estas variaciones bruscas de presión.

2.2.11. Bomba de ariete hidráulico y partes que la constituyen

Una bomba de ariete es una máquina hidráulica desprovista de motor, capaz de aprovechar la energía potencial que posee una cantidad de fluido gracias a la sobrepresión producida por el fenómeno del golpe de ariete, para elevar una parte de ese fluido a una altura considerablemente mayor.

Partes que la constituyen una bomba de ariete hidráulico consta de varias partes diferenciadas (Giles, R., 1973).

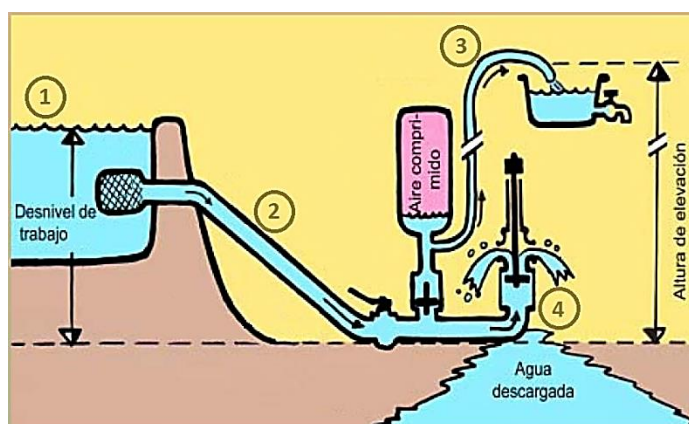


Figura 5: Esquema de una instalación de bomba de ariete.

Fuente: www.terra.org

Fuente de alimentación o reservorio (1)

Fuente continua de agua, que normalmente será un río al que le será devuelta unos metros más abajo el agua descargada por la bomba de ariete. También puede tratarse de un depósito suficientemente grande, normalmente fabricado de plástico u hormigón. Esta fuente tendrá que proporcionar agua a una altura H por encima del nivel al que se encuentre la bomba de ariete. Esta altura H depende del tipo de bomba con el que se trabaje, así como la altura final a la que se quiera bombear agua y el rendimiento que busquemos, pero un valor usual puede ser entre 2 y 5 metros.

Tubería de alimentación (2)

Tubería larga y rígida que une el depósito de alimentación con la bomba de ariete. Por esta tubería el fluido se va acelerando para llegar a la bomba de ariete con cierta velocidad. Por esta tubería se propagarán además varias ondas de choque, por lo que ha de ser resistente y debe estar bien fijada. Es aconsejable que tenga

la menor cantidad de codos, estrechamientos e imperfecciones posibles. Conviene también que disponga de un filtro en el extremo de la fuente de alimentación, para impedir que posibles partículas de determinado tamaño pasen por ella y puedan llegar a la bomba de ariete.



Figura 6: tuberías de PVC (policloruro de vinilo) de 1"

Fuente: Empresa Italo

Tubería de salida o de elevación (3)

Tubería más estrecha que la de alimentación, por la que el agua se elevará hasta la altura deseada, h . No se verá sometida a incrementos demasiado bruscos de presión, por lo que el material más comúnmente utilizado es el plástico. Alturas frecuentes de elevación son en torno a 4 o 6 veces la altura de alimentación (H).



Figura 7: tuberías de PVC (policloruro de vinilo) de 1/2"

Fuente: Empresa Italo

Bomba de ariete en si (4)

Pieza más importante y que estudiaremos más detalladamente. Recoge el agua que le llega por la tubería de alimentación y consigue elevar una parte de ella por la tubería de salida o elevación.

A su vez se compone de distintas piezas o partes:

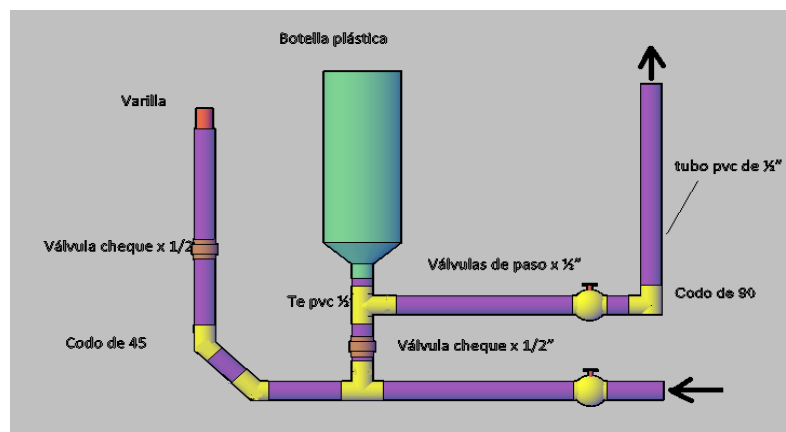


Figura 8: Esquema de una bomba de ariete con cada uno de sus componentes principales.

Fuente: autor

Válvula de NR (No Retorno).

También llamada anti-retorno, es una válvula que sólo permite el paso de fluido en uno de los dos sentidos. Esta válvula comunica la caja de válvulas con la tubería de elevación, y su función es abrirse sólo cuando la presión en la bomba sea grande, de forma que en ese momento el agua se eleve por la tubería de elevación, pero cerrarse cuando la presión sea inferior en la bomba que en la tubería de elevación, de forma que el agua no pueda volver aguas arriba de la válvula.



Figura 9: Válvula de NR (no retorno de 1" de cobre)

Fuente: Empresa Italo

Válvula de choque.

Esta válvula comunicará el resto de la bomba de ariete con el exterior, y su función será dejar salir el agua al exterior durante unos instantes, de forma que la columna de agua se vaya acelerando a lo largo de toda la tubería de alimentación, y pasados estos instantes, cerrarse lo más rápidamente posible para detener el fluido de golpe y dar lugar a una fuerte sobrepresión.

Esta válvula puede encontrarse de muchas y muy diferentes formas constructivas, pero quizá la más sencilla sea utilizando una válvula anti-retorno dada la vuelta, de forma que no deje pasar más de un determinado caudal a su través, y se abra más tarde, debido a su propio peso o a la suma de su peso más un contrapeso adicional.



Figura 10: Válvula de choque 1" de cobre

Fuente: empresa ítalo

Caja de válvulas.

Esta parte de la bomba es la zona de unión de la tubería de alimentación con las dos válvulas. En muchos casos no es una caja propiamente dicha, sino que pueden ser varias piezas de unión, incluso el final de la misma tubería de alimentación, pero conviene diferenciarla, ya que los procesos que se llevan a cabo en esta zona no son los mismos que los de ninguna otra parte.

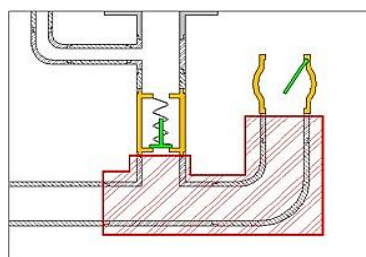


Figura 11: Esquema simplificado de la caja de válvulas

Fuente: Propia

Cámara de aire

Es un pequeño depósito (vaso de expansión) que debe haber inmediatamente después de la válvula de NR, y antes de la tubería de elevación, que contendrá un colchón de aire. Este aire tendrá la función de absorber de forma continuada los golpes y las sobrepresiones a las que se verán sometidas en instantes

puntuales, y de liberar esa energía progresivamente durante el resto del ciclo al fluido, el cual se verá ayudado a ser impulsado por la tubería de elevación. Es una forma de amortiguar los golpes y de proporcionar un caudal de salida más constante.



Figura 12: Cámara de aire (botella de 2 litros)

Fuente: Propia

2.2.12. Algunos tipos constructivos de bombas de ariete

A lo largo de la historia de la bomba de ariete, los constructores de estas han variado algunos aspectos constructivos con uno u otro objetivo, ya sea para adaptarla a un caudal de entrada mínimo (ariete de arroyuelo), para conseguir alturas de funcionamiento mayores, para hacerla más robusta... o simplemente por razones estéticas. Obviamente pueden cambiar ciertos aspectos de la bomba, pero el principio de funcionamiento seguirá siendo exactamente el mismo (ver fig. 14).

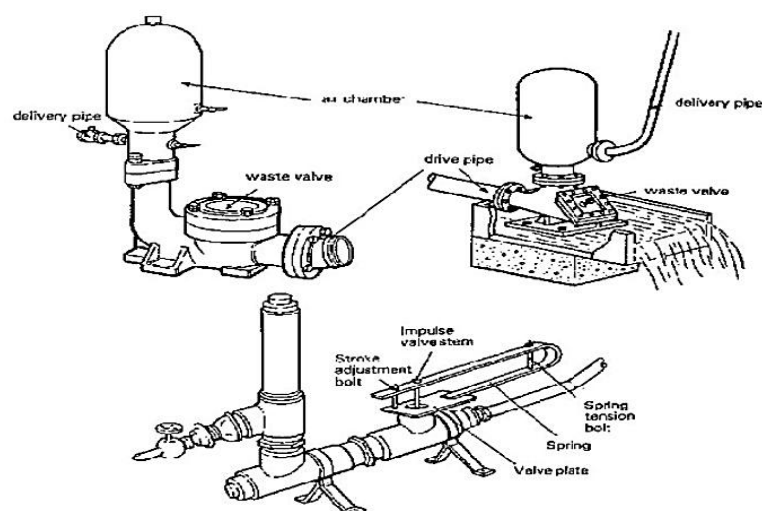


Figura 13: Diferentes formas constructivas de bomba de ariete.

Fuente: www.fastonline.com

2.2.13. Bombas de ariete trabajando en serie y en paralelo

Cuando la fuente de agua que se dispone es grande y caudalosa, puede encontrarse varias bombas de ariete trabajando a la vez, unidas a la misma tubería de elevación. Es lo que se conoce como una instalación de bombas de ariete conectadas en paralelo (ver fig. 14).

De la misma forma, si se busca elevar agua a alturas muy elevadas (más de los 100 metros), puede resultar de utilidad que el agua elevada por una primera bomba de ariete sirva de alimentación para una segunda bomba de ariete, que eleve parte de esa agua a una altura aún mayor, lo cual presentaría un montaje en serie.



Figura 14: Instalación de 6 bombas de ariete conectadas en paralelo.

Fuente: www.chinadalogue.net

2.2.14. Ariete de aguas bravas

Una variante muy interesante de la ingeniería del ariete es la del ariete de aguas bravas (ver fig. 15).

Corresponde en principio a dos arietes individuales montados uno sobre el otro y separados por una membrana de piel. Mientras que con el ariete inferior se utiliza agua motriz de un río, por ejemplo, con la membrana se puede aspirar y bombear agua potable salubre de una fuente o incluso un pozo.

Puesto que toma la energía del agua motriz, y no de la que eleva, el ariete de aguas bravas se puede comparar con un grupo motobomba de tipo convencional, que requiere otra energía para derivar su capacidad de bombeo.

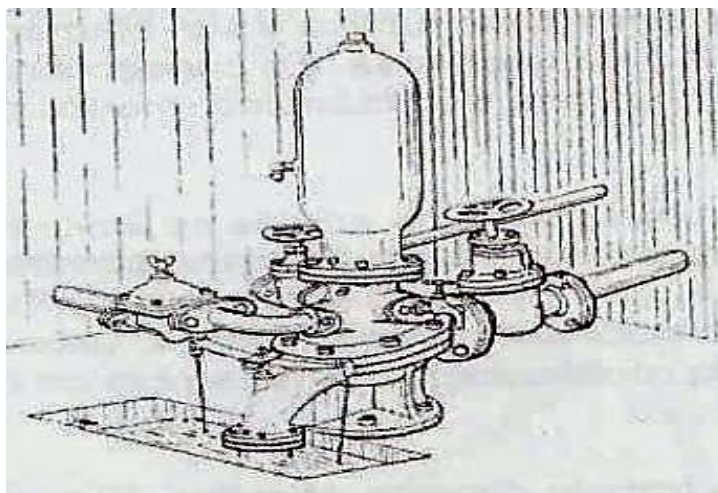


Figura 15: Ariete de aguas bravas.

Fuente: El ariete hidráulico

2.2.15. Bomba de ariete comerciales o de fábrica

Las Bombas de Ariete, son muy económicas y funcionan automáticamente, sin la necesidad de un motor, por consiguiente no ocasionan gasto y requieren mínima atención.

La cantidad de agua depende directamente de la disposición y la cantidad que se suministre a la bomba, en relación con la altura y distancia a la que deba elevarse.

Las Bombas de Ariete “Villa Zappa”, tienen un ajuste perfecto para que el rendimiento sea lo más eficiente y su funcionamiento lo más suave posible. Está formada por un cuerpo de fundición en el que se aplica una válvula de bronce para el rebalse, que Trabaja dentro de una cámara de aire de gran volumen y una válvula de retención interna de goma con ajuste a resorte, además de las correspondientes bridas para las tuberías de alimentación y descarga.



Figura 16: Bomba de aríete comerciales o de fábrica

Fuente: villa zappa y Cía. s.a. www.villazappa.com.ar

2.2.16. Energía cinética

Es la energía asociada a los cuerpos que se encuentran en **movimiento**, depende de la masa y de la velocidad del cuerpo. Ej.: El viento al mover las aspas de un molino.

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

Dónde: Energía cinética = E_c
Masa = m
Velocidad = v

2.3. Energía potencial

Es la energía que tiene un cuerpo situado a una determinada altura sobre el suelo. Ej.: El agua embalsada, que se manifiesta al caer y mover la hélice de una turbina.

$$E_p = mgh$$

Dónde: Energía potencial = E_p
Masa = m
Gravedad = g
Altura = h

2.4. Análisis Técnico Financiero

2.4.1. Análisis del costo beneficio del proyecto de la bomba de ariete hidráulico.

El costo económico y el costo contable. Costo Económico. Basado en la acepción general de "costo", lo definiríamos como los costos incurridos en el consumo, la mano de obra empleada y una serie de gastos heterogéneos como; gastos de montaje, empleados en un proceso con el propósito de obtener un bien o servicio producto. (Mcconnell, C. Brue,S. y Macpherson, D. 2002).

Otra forma de definir son los factores (mano de obra y gastos de montaje) costos explícitos, los que, sumados a los costos implícitos, figurativos o de cómputo, conforman el buscado "costo económico". Los economistas los denominan como aquellos. (Cruz Apricio, Jenny Lorena 2008)

Esto significa, en fin que el "costo económico" se podría definir como: costos incurridos en montaje, mano de obra, utilizados en un proceso para obtener , A estos factores, Mano de Obra y Gastos de montaje lo denominaremos "elementos del costo".

Esto significa que el Costo de Producción, es aquel que está conformado por todos los costos incurridos normales. (Castellar, Carlos 2002).

2.4.2. Costos Directos

Son los cargos por concepto de mano de obra y de gastos, correspondientes directamente a la construcción, adquisición de accesorios y puesta en marcha del Proyecto "aplicación de la bomba de ariete hidráulico en la impulsión de recursos hídricos para riego" (Mcconnell, C. Brue,S. y Macpherson, D. 2002).

Para analizar los costos directos de nuestro proyecto se consideran los siguientes aspectos:

Costo de Materiales

Costo de Mano de Obra

Costo de Equipos

Costos de transporte

2.4.3. Costos de Materiales

Son los costos e define como materia prima todos los elementos que se incluyen en la elaboración de un producto. Los costos de materia prima es todo aquel elemento que se transforma e incorpora en un producto final. Un producto terminado tiene incluido una serie de elementos y subproductos, que mediante un proceso de transformación permitieron la confección del producto final. . (Castellar, Carlos 2002).

2.4.4. Costos de Mano de Obra

Se entiende por mano de obra el coste total que representa a dicha actividad que se realice incluyendo los salarios y todo tipo de impuestos que van ligados al trabajador. La mano de obra es un elemento muy importante, por lo tanto su control determinará de forma significativa el costo final del producto o servicio. (Mcconnell, C. Brue,S. y Macpherson, D. 2002).

2.4.5. Costos de Equipos

Son todos los costos que no están clasificados como mano de obra directa ni como materiales directos. Aunque los gastos de venta, generales y de administración también se consideran frecuentemente como costos indirectos, no forman parte de los costos indirectos de fabricación.(Cruz Apricio, Jenny Lorena 2008).

2.4.6. Costos Indirectos

Son todos los gastos de tipo general no incluidos en los costos directos, pero que interviene para que se dé el proyecto; estos costos se consideran algunos valores referenciales en relación a los costos directos. . (Castellar, Carlos 2002).

2.4.7. Costos Totales

el costo total del proyecto, el mismo que está representado por la suma de los costos directos e indirectos.

2.4.8. Costos de Mantenimiento

2.4.8.1. Costo de Operación Mensual

Es el costo mensual que se realice Para estimar los costos de operación considerados cada seis meses del sistema de bombeo mediante el Ariete hidráulico se considera los siguientes aspectos. (Cruz Apricio, Jenny Lorena 2008)

En estas bombas el mantenimiento es bien barato ya que funciona solo con la presión ejercida por el agua y el material seleccionado para la instalación y construcción del ariete son de larga durabilidad. El mantenimiento se lo hace cada seis meses en lo que es el cambio de empaques y el ingreso de la tubería de alimentación. (Mcconnell, C. Brue,S. y Macpherson, D. 2002).

2.4.8.2. Costo de Mantenimiento anual

Es el costo anual Estimando que el plan de Mantenimiento del sistema se necesita anualmente para financiar los costos y sustituir las piezas (empaques) y elementos en función de la periodicidad del plan de mantenimiento del sistema de bombeo.(Castellar, Carlos 2002).

2.5. Beneficios

Se conoce como margen de beneficio a la diferencia entre el precio de venta de un producto y los costes de producción. El análisis de coste-beneficio, por su parte, es la evaluación que se realiza para conocer la rentabilidad.

El beneficio por acción se calcula al dividir los beneficios entre su número total de acciones. El resultado permite conocer el beneficio obtenido. (Mcconnell, C. Brue,S. y Macpherson, D. 2002).

2.6. Valor residual de salvamento

El valor residual es el valor de los bienes en el último año de vida útil del proyecto. Considerando el tiempo de vida útil tenemos. (Castellar, Carlos 2002).

2.7. Depreciación del proyecto

Una forma adecuada de depreciación es considerar que el bien pierde su valor anualmente de manera uniforme, desde su valor inicial en el año de instalación hasta cero en el último año de su vida útil

El valor residual entonces se calcula de la siguiente manera mediante la fórmula llama depreciación lineal). (Cruz Apricio, Jenny Lorena 2008)

Forma Lineal:

$$\text{Depreciacion Anual} = \frac{VAN - VIR}{AÑOS DE VIDA UTIL}$$

2.8. Calculo del flujo de caja interno.

El cálculo de flujo de caja son los Recursos generados por la empresa (flujos de entradas y salidas de caja) en un determinado período de tiempo, pudiendo estar asociados a un proyecto de inversión concreto o a la empresa en su conjunto. Al aplicar este criterio se está considerando que todos los FC se generan al final de cada uno de los "t" períodos analizados, y no tenerse en cuenta cuando tienen realmente lugar los correspondientes cobros y pagos asociados a cada período del tiempo. En ocasiones, a la hora de estimar los FC, no aplican el criterio de caja expuesto anteriormente, sino que aplican el criterio del devengo. De esta forma, determinan los FC de cada período como la suma del beneficio del período más las correspondientes amortizaciones dotadas en el mismo si hubiera otras cuentas correctoras que fueran reconocidas como un gasto pero que no supusieran salidas de caja, como es el caso de las provisiones, también se sumarían. (Castellar, Carlos 2002).

2.9. Evaluación económica

2.9.1. Cálculo del Valor Actual Neto (VAN)

Este consiste en la diferencia de la suma total de los beneficios actualizados, menos la suma total de los costos actualizados, a una misma tasa de descuento *i*. La norma de decisión señala que el proyecto será rentable si el valor actual del flujo de beneficios netos que genera es positivo, descontando estos flujos a la tasa de descuento (interés) pertinente que se

realiza el proyecto (Cruz Apricio, Jenny Lorena 2008).

$$VAN = -E_0 + \sum_{j=0}^n \frac{VA_j}{(1+i)^j}$$

$$VAN = -E_0 + \frac{VA}{(1+i)} + \frac{VA_2}{(1+i)_2} + \dots + \frac{VA_{20}}{(1+i)_{20}}$$

Dónde

E_0 = Inversión en el año cero

VAN_j = Ingresos menos egresos para el año cero

n = número de periodos totales

i = tasa

2.10. Cálculo de la relación Beneficio – Costo (B/C).

Es la relación de la suma total de los beneficios actualizados divididos entre la suma total de los costos actualizados, a una misma tasa de descuento i .

(Ministerio De Trabajo Y Promoción Del Empleo 2009).

$$\frac{B}{C} = \frac{FNC}{INVERSION} = \text{costo beneficio nuevos soles}$$

2.11. Cálculo de la tasa interna de retorno (TIR)

Es la tasa de descuento (interés) que hace que la suma de todos los beneficios sea igual a la suma de todos los costos, actualizaciones a esa tasa de descuento, se deduce que si los costos son iguales a los beneficios, el proyecto solo cubrirá sus costos y no dejara ninguna utilidad o beneficio monetario. En este caso el vam es igual a cero y la relación B/C es mayor a uno. (Castellar, Carlos 2002).

Tasa Interna De Retorno (TIR)

$$TIR = I_{menor} + \left(\frac{I_{mayor} - I_{menor}}{VANi\ mayor - VAN\ i\ menor} \right) VANi\ menor$$

I menor = valor impuesto como tasa menor

I mayor = valor impuesto como tasa mayor

VANi menor = VAN calculado con la tasa menor

VANi mayor = VAN calculados con la tasa mayor

TIR = tasa de retorno

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Aspectos Generales

3.1.1. Ubicación Política

Región	:	Puno
Provincia	:	San Román
Distrito	:	Juliaca
Localidad	:	Av. 3 de octubre con San Isidro

3.1.2. Ubicación Geográfica

Altitud	:	3846m.s.n.m.
Latitud	:	15° 22' 01"
Longitud	:	70° 23' 01"

3.2. Equipos y Materiales.

Para la etapa de observación se utilizaron los siguientes equipos y materiales:

- Cámara fotográfica
- Libreta de campo
- Wincha de 50m.
- Calculadora
- La bomba hidráulica ya ensamblada
- Envase de un 1litro y 750 litros
- Tubería de PVC (policloruro de vinilo) de diámetro 1" y ½"
- Cronometro

3.2.1. Materiales y equipos en la etapa de gabinete.

Para la etapa de gabinete se utilizaron los siguientes materiales y equipos:

- Memoria USB
- Impresora canon
- Materiales de escritorio
- Software PBAH (Potencia Bomba de ariete Hidráulico) versión 1.1
- Computadora

3.2.2. Metodología

El presente proyecto es de tipo **DESCRIPTIVO EXPERIMENTAL**. Debido al tratamiento que se da a la misma y se aplica a la vez por utilizarse de un conocimiento existente.

El objeto de la investigación **DESCRIPTIVO EXPERIMENTAL** consiste en describir y evaluar ciertas características de una situación particular en uno o más puntos. En la investigación descriptiva se analizan los datos reunidos para descubrir así, cuáles variables están relacionadas entre sí. Sin embargo, "es habitualmente difícil interpretar qué significan estas relaciones.

La investigación contempla y analiza de algunas características relevantes tanto dentro de la ciencia de la hidráulica; los sistemas de bombeo, para el suministro de agua, pues estos son costosos sobre todo cuando se utiliza energía eléctrica o motriz.

Sin embargo se conoce tecnología de hace mucho tiempo que permite rebajar costos. Se trata de la bomba de ariete hidráulico. Es una bomba automática que permite la elevación de agua.

Esto trata de una tecnología que no se puede catalogar como manual, pues no precisa la acción humana para funcionar (salvo su ensambladura) además que en determinadas circunstancias resulta de gran utilidad para conseguir elevar agua a alturas considerables

Su objetivo es aprovechar la energía de un salto de agua para elevarla a una altura mayor que la del nivel inicial. Este se distingue de las demás máquinas de impulsión, porque no necesita energía eléctrica o de combustión para la elevación del agua pues se consigue a costa del consumo de la fuerza viva que da lugar a la caída de una masa de agua, parte de la cual es elevada a una altura mayor.

3.3. Elementos que componen la bomba de ariete hidráulico

La bomba de ariete hidráulico a diseñarse se ajustará se adaptara a las siguientes observaciones las cuales se mencionan a continuación:

1. Disponibilidad de materiales existentes en nuestro medio
2. Disponibilidad de herramientas y mano de obra.
3. Facilidad de instalación y montaje en el lugar de trabajo
4. Facilidad de operación y mantenimiento

Estas consideraciones se han determinado teniendo en cuenta el factor económico, debido a que se trata de proporcionar una maquina sencilla, de bajo costo y fácil adquisición por personas de escaso recurso económico.

3.3.1. Materiales necesarios para su construcción de la bomba de ariete

Materiales son los siguientes:

Cuadro 2: Materiales de la bomba de ariete hidráulico.

Ítem	Descripción	Cantidad
1	Tubería de 1 pulgada de PVC (policloruro de vinilo)	1
2	Tubería de ½ pulgada de PVC	2
3	Válvula de check de paso NR (no retorno) de una 1 pulgada de cobre	1
4	Válvula de check de fondo de una 1 pulgada de cobre	1
5	Niple de PVC (policloruro de vinilo) de 1 pulgada	9
6	codo de 45° PVC (policloruro de vinilo) de 1 pulgada	1
7	codo de 90° PVC (policloruro de vinilo) de 1 pulgada	1
8	Niple de PVC (policloruro de vinilo) de 1/2 pulgada	2
9	Reducción tipo campana de ¾ a 1 pulgada de	1
10	Reducción tipo campana de 1/2 a 1 pulgada de	3
11	Tee de 1 pulgada de PVC (policloruro de vinilo)	3
12	Tee de ½ pulgada de PVC (policloruro de vinilo)	1
13	Botella de plástico de 2 litros	1
14	Unión universal de 1 pulgada	1
15	Unión universal de ½ pulgada	1
16	Barómetros de 2 bares sensibles	2
17	Cinta teflón de la marca minera de 10*0.63	5
18	Llave de control de 1 pulgada de pvc (policloruro de vinilo)	1
19	Llave de control de 1/2 pulgada de pvc (policloruro de vinilo)	1
20	Cuadro sujetador de la bomba de	1

	ariete	
--	--------	--

Fuente: autor

3.3.2. Instalación del equipo

A continuación se detalla cada uno de los pasos realizados para alcanzar al objetivo principal que es bombear agua aprovechando el fenómeno de golpe de ariete, se tiene que tomar en cuenta que para la construcción del ariete se debe seleccionar materiales de buena resistencia ya que estos van estar sometidos a grandes presiones.

En este proyecto la primera consideración en la construcción del ariete hidráulico es la resistencia y durabilidad, lo que incurre en la búsqueda de materiales adecuados para soportar el martillo o golpe de ariete, corrosión y fatiga que estos van estar sometidos. Otro aspecto es el contorno interior del cuerpo del ariete y la tubería desde el punto de vista de pérdidas por fricción y pérdida de velocidad lo que acarrea una baja de presión y rendimiento.

3.3.3. Ensamblaje del ariete hidráulico

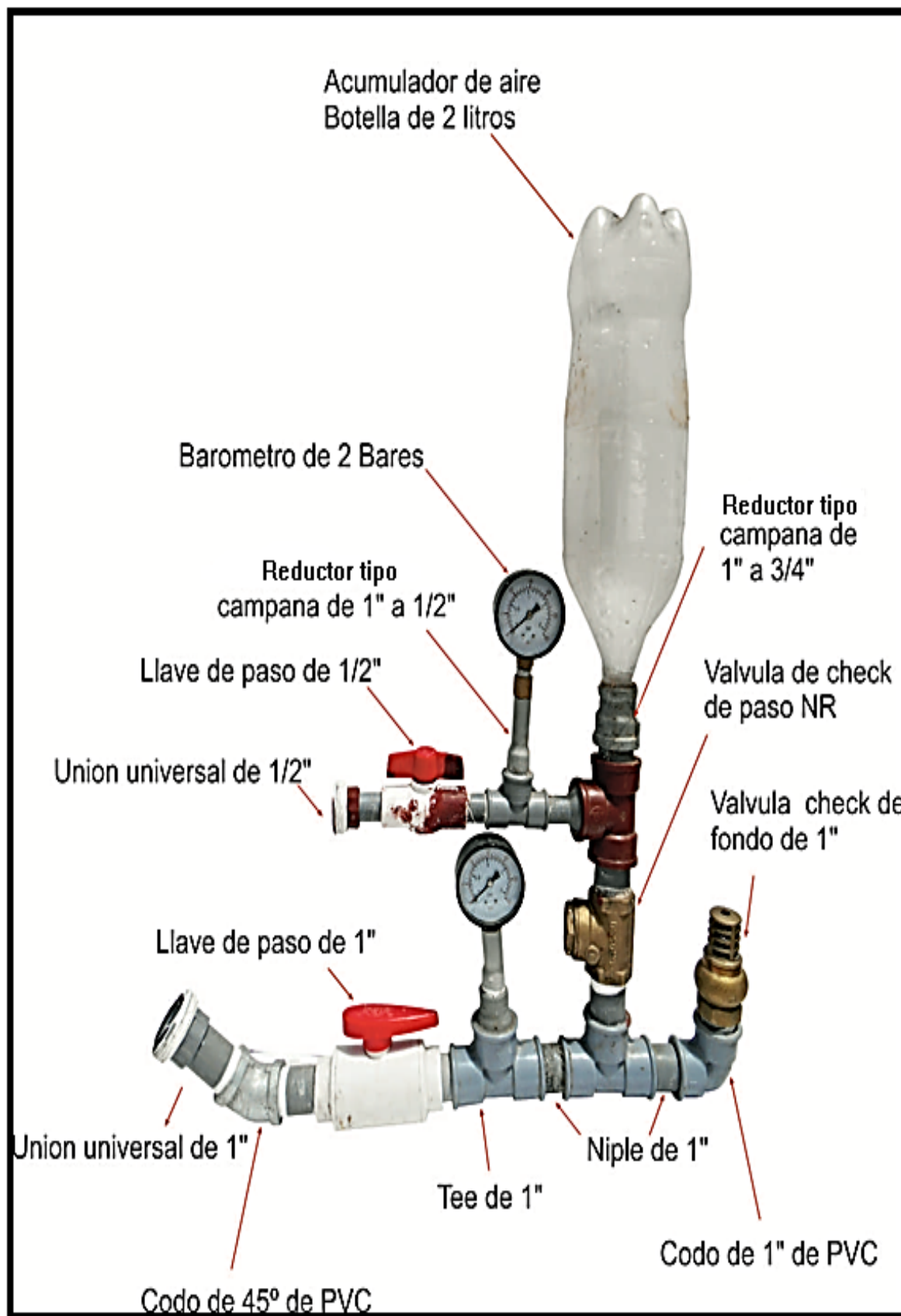
El ensamble del ariete hidráulico se realiza de forma manual una vez lista las piezas se colocan de acuerdo al modelo de (ver figura N°19) y centrando cada una de las piezas se debe tenerse en cuenta que se debe ubicar bien los empaques y ajustar correctamente los accesorios, con la presión adecuada. Cada uno de las partes del ariete deben estar bien acopladas de tal manera que deben estar completamente libres de fugas ya que esto desemboca en pérdidas de energía.

El uso de las herramientas adecuadas facilita el ensamble y ajuste de cada una de las piezas a montar y es de la siguiente manera (Ver anexo fotografía N°3 y 4).

- a) Se toma los accesorios todos los para observar si están en buen estado.
(Ver anexo fotografía N°1 y 2).
- b) Se toma la cinta teflón y se procede a dar giros de 360° al niple de una pulgada y obtener la misma consistencia en los 6 niples (ver anexo fotografía N°4).
- c) Se coloca al accesorio tee de 1 pulgada los niples por los 3 entradas. (ver anexo fotografía N°4d)
- d) Se agrega a la tee de una pulgada las reducciones de campana de $\frac{3}{4}$ y de $\frac{1}{2}$ pulgada. (ver anexo fotografía N°4e).
- e) Se le agrega los barómetros de 2 bares, tanto de la tubería de alimentación como la tubería descarga de agua. (ver anexo fotografía N°5d).
- f) Se le agrega las llaves de control de 1 y $\frac{1}{2}$ pulgada, tanto de la tubería de alimentación como la tubería descarga de agua. (ver anexo fotografía N°5c).
- g) Se le agrega la válvula de check de paso de 1 pulgada, conectada con la caja de válvulas. (ver anexo fotografía N°5d).
- h) Una vez conectada la caja de válvulas se procede a colocar el codo de 90° y seguidamente la válvula de check de fondo (ver anexo fotografía N°5e).
- i) Por último se le agrega la cámara de aire por la parte arriba (ver anexo fotografía N°5f).
- j) Para verificar si los accesorios han sido colocados de una manera correcta se observa que deben estar alineados. (ver figura N°17).
- k) una vez conectados todos los accesorios se procede a colocar su base de sujeción de toda la bomba que ya esté lista la colada (ver anexo fotografía N°7).
- l) Una vez realizado todo el ensamblaje de todos los accesorios se procede a conectar con la tubería de alimentación y tubería de descarga. (ver anexo fotografía N°6).
- m) La instalación completa se puede apreciar en (anexo fotografía N°22).

Figura 17: Instalación completa de la bomba de ariete hidráulico

Fuente: autor



En la figura 17, se muestra el despiece de los conjuntos conformantes de la bomba de ariete hidráulico.

Las válvulas tanto la de impulso como de entrega deben moverse libremente, y al momento del cierre se debe asegurar una correcta juntura del asiento de las válvulas.

Colocar, y fijar el ariete hidráulico en el sitio adecuado es de suma importancia ya que esto evita las vibraciones provocadas por el golpeteo del agua en la válvula de impulso, entonces está lista para proceder a la unión de las tuberías tanto la de alimentación, Y tubería descarga

3.3.4. Funcionamiento de la bomba hidráulica de ariete

El objeto de esta es el montaje de la bomba de ariete hidráulico para caracterizar con el mayor detalle posible las bombas de este tipo.

En este ítem resumiremos el proceso de funcionamiento de la bomba de ariete hidráulico. Para entender el funcionamiento básico de la bomba de ariete, vamos a centrarnos en explicar el proceso que se llevará a cabo una y otra vez de forma ininterrumpida:

a) En primer lugar, encontrándose la válvula de choque abierta, comienza a bajar agua desde el depósito de alimentación por la tubería de alimentación, hasta que llega a la caja de válvulas y sale por la válvula de choque:

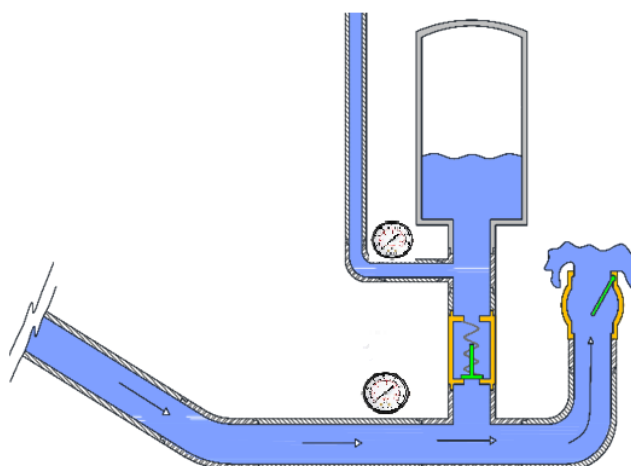


Figura 18: Bosquejo 1. El agua sale al exterior por la válvula de choque.

b) A medida que se acelera el agua, aumenta la fuerza de arrastre que ésta ejerce sobre la clapeta de la válvula de choque, hasta que es suficiente para cerrarla de golpe:

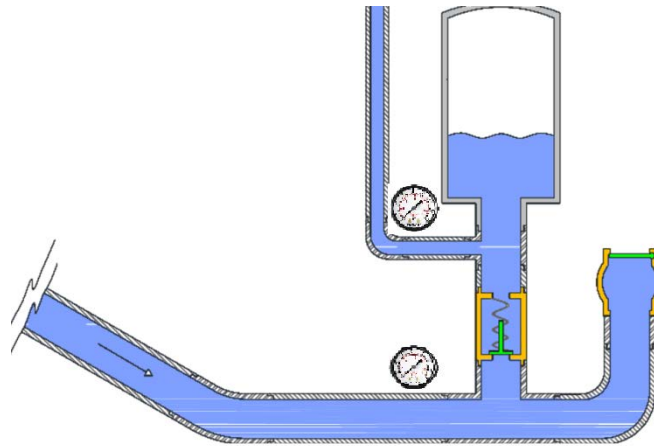


Figura 19: Bosquejo 2. La fuerza de arrastre del agua provoca que la válvula de choque se cierre de golpe.

c) Al cerrarse bruscamente la válvula de choque, la columna de agua que se traslada por la tubería de alimentación aún posee una gran energía cinética. Esta energía cinética se disipa a costa de aumentar repentinamente la presión en la caja de válvulas:

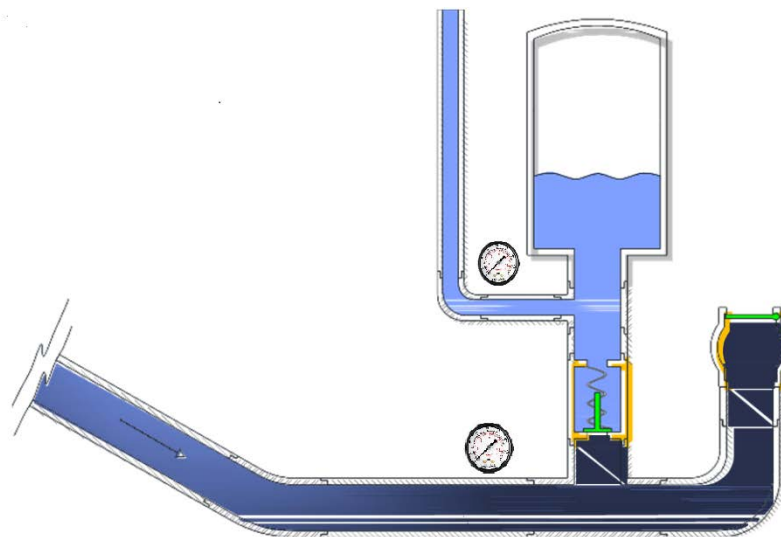


Figura 20: Bosquejo 3. Se produce un 'golpe de ariete' y aumenta mucho la presión del fluido.

d) Al tener la caja de válvulas una gran presión, permite la apertura de la válvula de no retorno (NR) y el paso de agua desde la caja de válvulas hacia la cámara de aire y a través de la tubería de elevación:

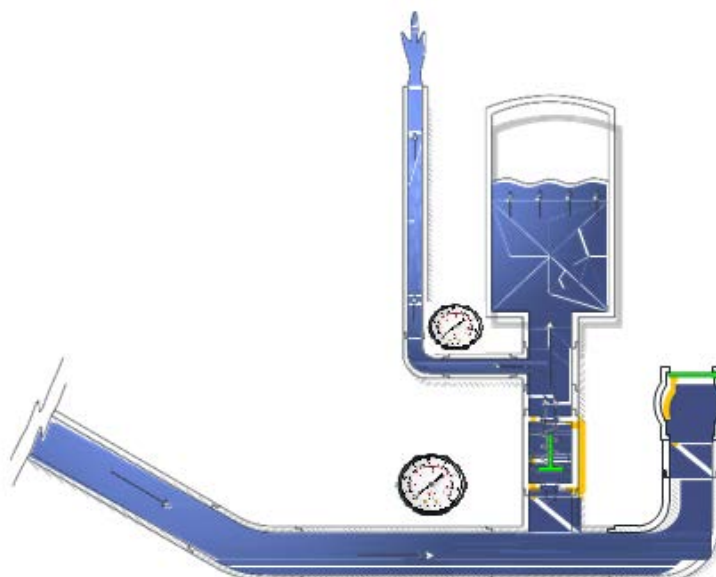


Figura 21: Bosquejo 4. La válvula de NR se abre y permite el paso de agua hacia el pulmón y la tubería de elevación.

e) Cuando se igualan las presiones a uno y otro lado de la válvula de NR, ésta se cierra cortando el paso del fluido, y la presión que se ha acumulado en el aire de la cámara es transmitida al fluido, que es elevado por la tubería de salida o de elevación:

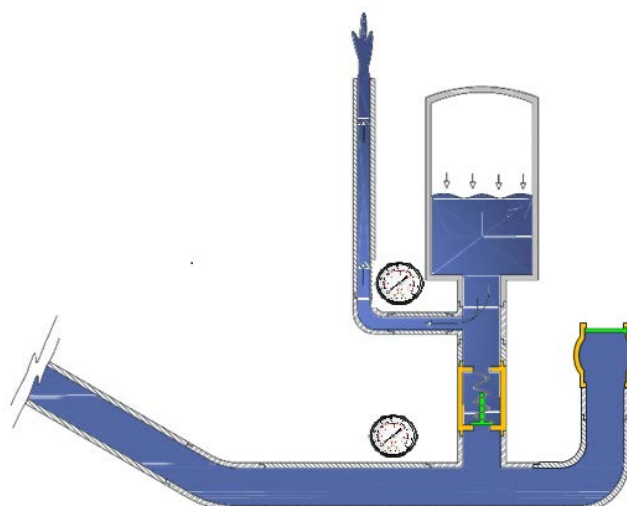


Figura 22: Bosquejo 5. Se cierra la válvula de choque y se va liberando la presión almacenada en el pulmón.

f) Pasados unos instantes, la presión en la caja de válvulas sigue disminuyendo, hasta que la claveta de la válvula de choque se abre debido a su propio peso, y comienza a salir de nuevo agua por ella: De esta forma, volvemos a encontrarnos en la misma situación que al principio del proceso, repitiéndose este una y otra vez de forma continuada hasta que sea interrumpida voluntariamente, cerrando una llave de paso.

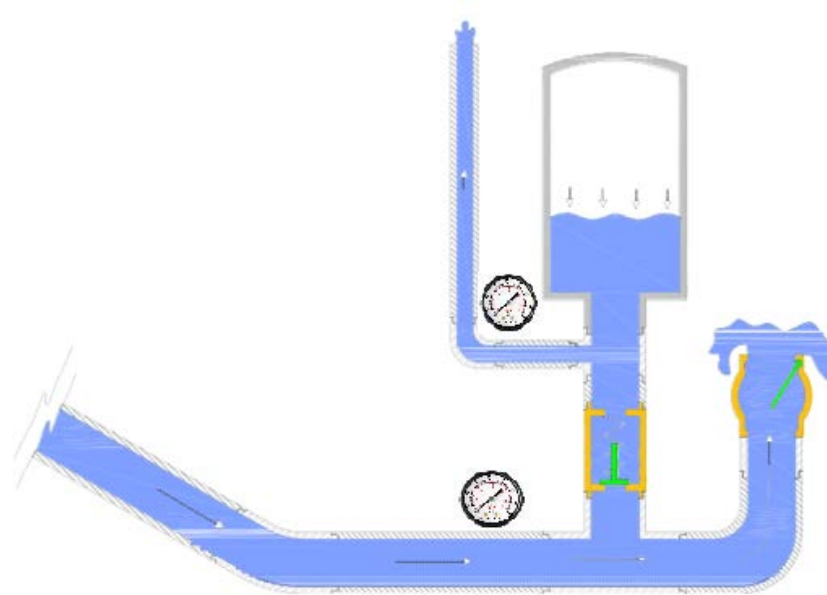


Figura 23: Bosquejo 6. La válvula de choque se abre y comienza de nuevo todo el proceso.

3.4. Técnica de medida

En este punto se detalla el procedimiento utilizado para la obtención de las medidas así como los elementos que hemos necesitado para la toma de las mismas.

3.4.1. Aparatos de medida

- Envase de plástico cuyo volumen es de 1 litro
- Cámara fotográfica y de vídeo: Cámara digital.
- Cronómetro: Cronómetro digital.

La bomba de Ariete Hidráulico se diseña con el objetivo de alcanzar alturas mayores con una presión apropiada.

Al repetir algunas veces la apertura manual de la válvula de impulso, ayudando que esta se ponga en marcha, 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 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 continua el funcionamiento automáticamente, las 24 horas del día.

Esta bomba completa un ciclo cada 1 a 1,5 segundos (período). Si el ciclo es bien 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 impulso 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.

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

1. Mantenga la válvula de impulso cerrada. Este proceso se realiza con una llave de control. (Ver anexo fotografía N°6)
2. el ingreso de agua a la tubería de alimentación. Mantener la válvula de compuerta 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 ariete deberá en aquel tiempo trabajar autónomamente. (Ver anexo fotografía N°8)
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.
4. Una vez que la válvula este trabajando autónomamente, repetir los tres primeros pasos con la finalidad de encontrar una óptimo rendimiento. (Ver anexo fotografía N°9)

6. la tubería 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 ariete hidráulico. Para finalizar la instalación el operador deberá asegurar que el ariete hidráulico está fijamente empernado. (Ver anexo fotografía N°7)

El ajuste del ariete se lo puede realizar para alcanzar el máximo porcentaje de flujo entregado o para obtener la máxima eficiencia. (Ver anexo fotografía N°20 y 21)

3.4.2. Procedimiento de medida

Para obtener las medidas, el procedimiento que se ha llevado a cabo ha sido de acuerdo de la apertura de la válvula de control y estos han sido realizados al 100% ,50%,25% y al 12.5% y el procedimiento de medida en las 4 pruebas son similares y va de la siguiente manera.

1.- Se mantiene abierta manualmente la válvula de choque durante aproximadamente 20 segundos, dejando fluir el agua, de forma que desaparezcan posibles burbujas de aire que pudiera haber en la tubería de alimentación.

2.- Se deja funcionar libremente la bomba de ariete durante tres minutos, de forma que sea suficiente para que alcance un estado de funcionamiento estacionario, sin variaciones de caudales de entrada y salida.

3.- Se recoge el agua elevada durante 1 minutos exactos en el recipiente que disponemos. Utilizamos el aforo mediante el método volumétrico de la siguiente forma:

$$\text{caudal} \left(\frac{l}{s} \right) = \frac{\text{volumen (1litro)}}{\text{tiempo recogida (segundos)}} \text{Formula (01)}$$

Lo cual se realizará 5 pruebas para determinar un promedio aritmético.

4.- Se apunta la medida de lo manómetros (situado a la entrada de la tubería de alimentación que nos proporciona la altura que se obtiene y se apunta el manómetro de la tubería de elevación que nos proporcionara la altura de impulsión por 1 minutos exactos

5.- Se recoge el agua desperdiciada (válvula de check de fondo) durante 1

minutos exactos en el recipiente que disponemos. Utilizamos la fórmula 01

6.- Se repiten los pasos 3, 4 y 5, de forma que tengamos dos datos de cada variable, que nos servirán para disminuir el error de medida y para comprobar si se ha cometido algún error importante en alguna de ellas.

IV. RESULTADOS

4.1. Procedimiento de medida

Se realizó las medidas en campo obteniendo una altura disponible de 7.80m. En base al global position sistema (GPS).

Para estimar la pérdida de carga, altura de bombeo, relación de la altura de descarga con la altura de alimentación, eficiencia, caudal de descarga, potencia de bomba de ariete hidráulico y potencia de caída de agua realizamos la Simulación con el programa PBAH versión 1.1 en base a datos que obtuvimos en campo provistas IN SITU, se realizó, varias actividades preparatorias para la recopilación, análisis e interpretación de la información.

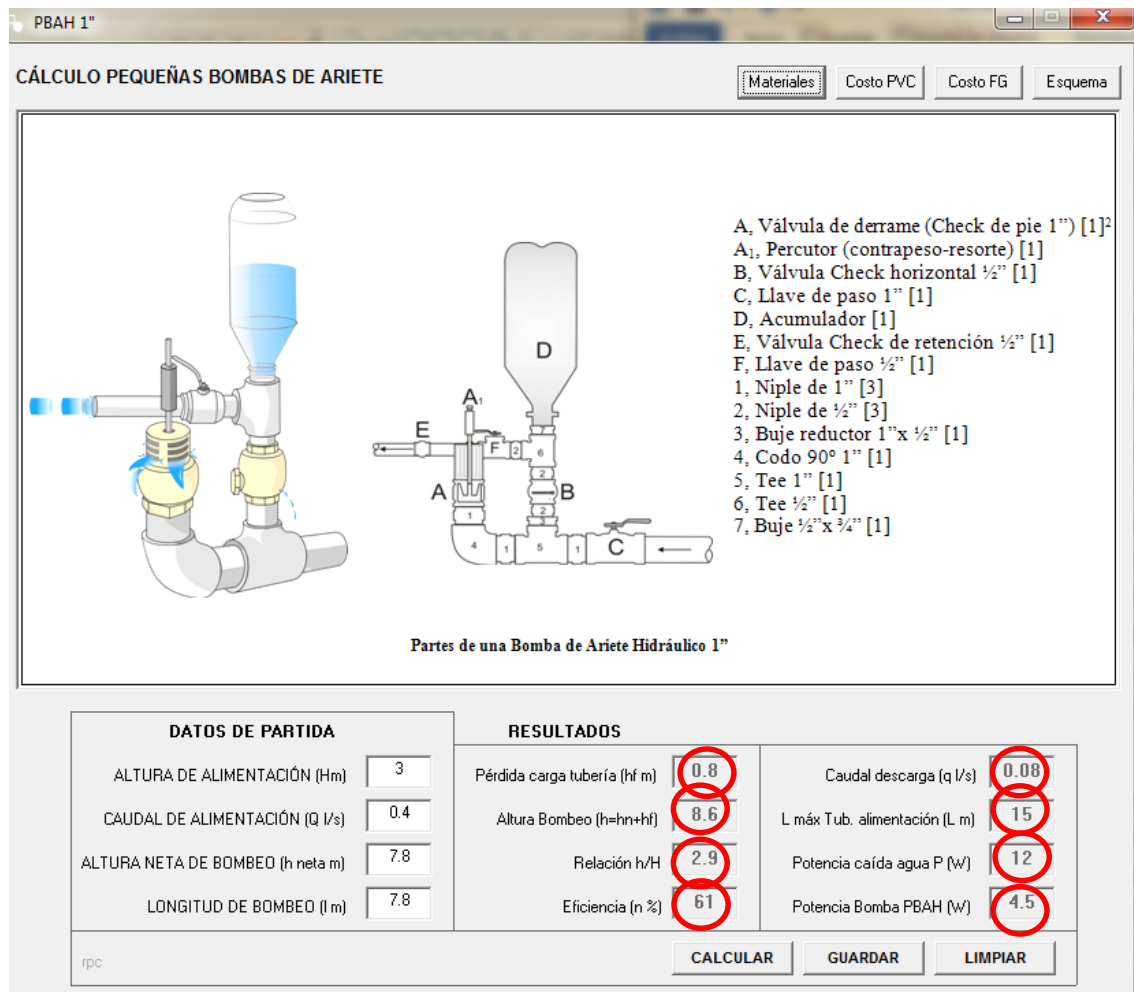
Se construyó un equipo ecológico con un caudal de ingreso de 0.4lt/seg, a una altura de impulsión disponible de 7.80 metros. Y una longitud de 5.70 metros, desde la fuente de alimentación que capta la bomba de ariete hidráulico.

A una altura de alimentación de 3. metros con un caudal de ingreso de 0.4 litros/segundos que es dotada por fuente de alimentación que almacena 1100 litros a una altura disponible de 7.8 metros dando un caudal de elevación de 0.027 litros/segundos para una abertura de 100% de la llave de paso y un caudal de desperdicio de 0.071lit/seg y una eficiencia de 61% por un porcentaje de elevación de 160% y una pérdida de carga de tubería 0.8 hf/m. con una relación de la altura de descarga con la altura de alimentación 2.9 h/H. y una potencia de bomba de ariete hidráulico 4.5 PBAH (w) y una potencia de caída de agua 12.0 P (w). Ver cuadro N°3 y figura N°24

Cuadro 3: Resultados Obtenidos A Los 3 Metros De Altura De Alimentación.

Apertura de Valvula	altura de alimentacion (m)	Control de Desperdicio (01 min)		altura de impulsión (m) *	Control de Impulsión (01 lit)		Porcentaje de elevacion
		Volumen (lit)	Caudal (lit/seg)		Tiempo de llenado (seg)	Caudal (lit/seg)	
100%	3.00	4.25	0.071	7.80	37.00	0.027	160.00%
50%	3.00	4.20	0.070	7.80	35.00	0.029	160.00%
25%	3.00	4.40	0.073	7.80	43.00	0.023	160.00%
12.50%	3.00	4.00	0.067	0.00	0.00	0.000	0.00%

Figura 24: resultados de software PBAH version 1.1 para una altura de 3 metros.



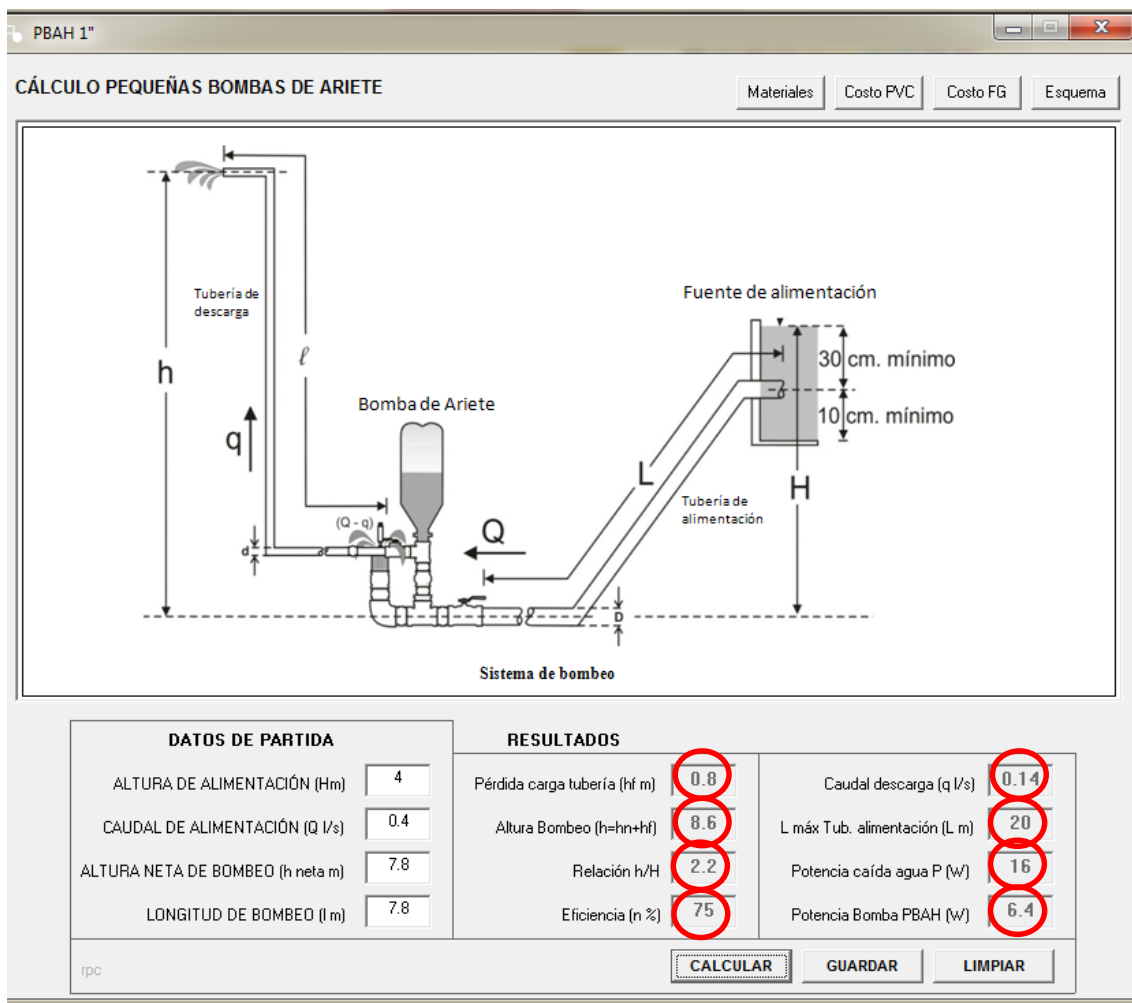
El caudal de desperdicio a una altura de 4 metros es de 0.067lit/seg con una apertura de 100% de la llave. La duración del ciclo decrece con el incremento de la altura de descarga.

A una altura de alimentación de 4 metros con un caudal de ingreso de 0.4 litros/segundos que es dotada por una fuente de alimentación que almacena 1100 litros a una altura disponible de 7.8 metros dando un caudal de elevación 0.059 litros/segundos para una apertura de 100% de la llave de paso y un caudal de desperdicio de 0.067litros/segundos y una eficiencia de 75% por un porcentaje de elevación de 95% y una pérdida de carga de tubería 0.8 hf/m. con una relación de la altura de descarga con la altura de alimentación 2.2 h/H. y una potencia de bomba de ariete hidráulico 6.4 PBAH (w) y una potencia de caída de agua 16 P (w). Ver Cuadro N°4 y figura N°25.

Cuadro 4: resultados obtenidos a los 4 metros de altura de alimentación.

Apertura de Valvula	altura de alimentación (m)	Control de Desperdicio (01 min)		altura de impulsión (m) *	Control de Impulsión (01 lit)		Porcentaje de elevacion
		Volumen (lit)	Caudal (lit/seg)		Tiempo de llenado (seg)	Caudal (lit/seg)	
100%	4.00	4.00	0.067	7.80	17.00	0.059	95.00%
50%	4.00	3.80	0.063	7.80	23.00	0.043	95.00%
25%	4.00	3.90	0.065	7.80	30.00	0.033	95.00%
12.50%	4.00	3.00	0.050	0.00	0.00	0.000	0.00%

Figura 25: resultados de software PBAH version1.1 para una altura de 4 metros.



4.2. Análisis Técnico Financiero

4.2.1. Análisis del costo beneficio del proyecto de la bomba de ariete hidráulico.

Para la siguiente investigación de costo beneficio de la bomba de Ariete Hidráulico, se realizó hará un seguimiento a la doctrina clásica económica.

4.2.2. Costos Directos

Para analizar los costos directos de nuestro proyecto se consideran los siguientes aspectos.

4.2.3. Costos de Materiales

En la siguiente tabla se detalla los costos de los diferentes materiales necesarios.

Cuadro 5: Costo De Materiales.

<i>Íte m</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Unitario (Soles)</i>	<i>Subtotal (Soles)</i>
	Tubería de 1 pulgada de PVC (policloruro de vinilo)	1	12.00	12,00
2	Tubería de ½ pulgada de PVC	2	8.00	16.00
3	Válvula de check de paso NR (no retorno) de una 1 pulgada de cobre	1	15.00	15.00
4	Válvula de check de fondo de una 1 pulgada de cobre	1	15,00	15,00
5	Niple de PVC (policloruro de vinilo) de 1 pulgada	9	2,00	18,00
6	codo de 45° PVC (policloruro de vinilo) de 1 pulgada	1	2,00	2,00
7	codo de 90° PVC (policloruro de vinilo) de 1 pulgada	1	2,00	2,00
8	Niple de PVC (policloruro de vinilo) de 1/2 pulgada	2	0,50	1,00
9	Reducción tipo campana de ¾ a 1 pulgada de	1	2.5	2.5
10	Reducción tipo campana de 1/2 a 1 pulgada de	3	2.00	6.00
11	Tee de 1 pulgada de PVC (policloruro de vinilo)	3	2.00	6.00
12	Tee de ½ pulgada de PVC (policloruro de vinilo)	1	1.00	1.00
13	Botella de plástico de 2 litros	1	0.10	0.10
14	Unión universal de 1 pulgada	1	3.5	3.5
15	Unión universal de ½ pulgada	1	2.5	2.5
16	Barómetros de 2 bares sensibles	2	25.00	50.00

17	Cinta teflón de la marca minera de 10*0.63	5	1.00	5.00
18	Llave de control de 1 pulgada de pvc (policloruro de vinilo)	1	8.00	8.00
19	Llave de control de 1/2 pulgada de pvc (policloruro de vinilo)	1	5.00	5.00
20	Cuadro sujetador de la bomba de ariete	1	20.00	20.00
TOTAL			S/.	140.6

Fuente: Autor

4.2.4. Costos de Mano de Obra

En el siguiente cuadro se detalla los costos de la mano de obra

Cuadro 6: Costo De Mano De Obra.

Ítem	Denominación	Salario Real X Hora	Hora/Hombre	Costo /Total
1	Bachiller	1,87	40	74,8
2	Colaborador	1,75	40	70
TOTAL S/.				144.8

Fuente: Autor

4.2.5. Costos de Equipos

En el siguiente cuadro se describen los equipos y herramientas necesarias para la ejecución del proyecto.

Cuadro 7: Costo De Equipos

Precios De Equipos Estimados				
Ítem	Denominación	Horas/ Equipo	Costo / Hora	Subtotal
1	GPS (global position sisten)	1	20	20
2	Soldadora Eléctrica	1	35	35
3	Compresora de aire	1	30	30
TOTAL S/.				85.00

Fuente: Autor

Cuadro 8: Costo De Herramientas

Precio De Las Herramientas Entregadas Para Mantenimiento Del Proyecto				
Ítem	Denominación	Unidad	Valor	Subtotal (Soles)
1	Alígate de presión	1	4	4
2	Alicate	1	3.5	3.5
3	Llave mecánica N° 11	1	2	2
4	Destornillador	1	2	2
TOTAL s/.				11.50

Fuente: Autor

Para estimar los costos directos se realiza una suma de los todos los costos antes ya mencionados.

Cuadro 9: Costo Directo

Costos Directos Estimados Para Ejecución Del Proyecto		
Ítem	Denominación	Sub. Total
1	Costo del Materiales	140.6
2	Costo de Equipos	85.0
3	Costo de Mano de Obra	144.8
4	Costo de las herramientas	11.5
TOTAL s/.		381.90

Fuente: Autor

4.2.6. Costos Indirectos

Cuadro 10: Costo Indirectos (12%)

Costos Indirectos Estimados			
Ítem	Denominación	Porcentaje	Sub. Total
1	Imprevistos Costos	10%	38.19
2	Mantenimiento	2%	7.63.
TOTAL s/.			45.82

Fuente: Autor

4.2.7. Costos Totales

En el siguiente cuadro se detalla el costo total del proyecto, el mismo que está representado por la suma de los costos directos e indirectos, por lo tanto

Cuadro 11: Costo Total

Costos Totales Estimados Para Ejecución Del Proyecto		
Item	Denominación	Costo (Soles)
1	Costo Directo (soles)	381.90
2	Costo Indirecto (soles)	45.82
TOTAL S/.		427.72

Fuente: Autor

4.2.8. Costos de Mantenimiento

4.2.8.1. Costo de Operación Mensual

Para estimar los costos de operación considerados cada seis meses del sistema de bombeo mediante el Ariete hidráulico se considera los siguientes aspectos:

Cuadro 12: Costo De Gastos Estimados Para Mantenimiento

Gastos Estimados Para Mantenimiento		
Item	Rubro	Costo (Soles)
1	Mantenimiento de empaques	3
2	Guaípe	3
3	gastos Varios	10
Gastos totales mensuales S/.		16.00

Fuente: Autor

En estas bombas el mantenimiento es bien barato ya que funciona solo con la presión ejercida por el agua y el material seleccionado para la instalación y construcción del ariete son de larga durabilidad. El mantenimiento se lo hace cada seis meses en lo que es el cambio de empaques y el ingreso de la tubería de alimentación.

4.2.8.2. Costo de Mantenimiento anual

Estimando que el plan de Mantenimiento del sistema se necesita anualmente 32.00 nuevos soles para financiar los costos y sustituir las piezas (empaques) y elementos en función de la periodicidad del plan de mantenimiento del sistema de bombeo.

Cuadro 13: Costo De Gastos Estimados Anuales

Costos totales anuales	S/.	32,00
------------------------	-----	-------

Fuente: Autor

4.3. Beneficios

En este caso al tratarse de un sistema de bombeo mediante Ariete Hidráulico, para evaluar los beneficios de este sistema se considerará el ahorro que tendrá. Al no pagar. El combustible utilizado para poner en funcionamiento una AUTOCEBANTE MOTOBOMBA 1.1Hp 1x1 HONDA 25Cc.

El beneficio es el Ahorro por no pagar combustible para funcionamiento de la motobomba.

El monto de beneficio se determina calculando el costo de combustible (gasolina) que la motobomba necesita en sus horas de funcionamiento.

Según las políticas de gobierno, se tiene que el precio de la gasolina en este año es de 14.00 Nuevo soles, por lo tanto se obtiene los siguientes datos.

Consumo de combustible = 0.32 litros por hora

Horas de uso = 6 horas al día

Total de días al año = 300 días

Costo de combustible = 14.00 soles el galón

Costo de la bomba 1100.00 nuevos soles

Cálculo del consumo mensual para el accionamiento de la motobomba

La potencia que necesita la motobomba es de 1.1HP y un motor HONDA 25Cc GX 160 según el catálogo de la bomba (ver Anexo fotografía N°23) Considerando que el sistema funcionara las 6 horas al día, en 300 días y con 0.32 litros de gasolina por hora tendremos que él:

El consumo anual será: 1 792 nuevos soles

4.4. Valor residual de salvamento

La pérdida de valor de los bienes durante el uso en el proyecto, considerando el tiempo de vida útil tenemos entonces:

Máquinas y equipos mecánicos: 20 años

4.5. Depreciación del proyecto

Una forma adecuada de depreciación es considerar que el bien pierde su valor anualmente de manera uniforme, desde su valor inicial en el año de instalación hasta cero en el último año de su vida útil

El valor residual entonces se calcula de la siguiente manera mediante la fórmula (llama depreciación lineal).

FORMA LINEAL:

$$\text{Depreciacion Anual} = \frac{427.72 - 400}{20}$$

$$\text{Depreciacion Anual} = 45.00$$

Elaboración del cuadro de flujo de caja interno

En este cuadro se considera los siguientes rubros:

Beneficios:

Valor residual de salvamento

Valor de ahorro de combustible

Costos:

Inversión Inicial.

Costo de operación y mantenimiento.

4.6. Calculo del flujo de caja interno.

Se asume que el ahorro de energía se incrementa un 2% cada año,

considerando el alza del precio de la gasolina durante dicho tiempo, y también se debe considerar que estas bombas se deben cambiar cada 5 años y se considera que se incrementa en un 10%.

Cuadro 14: Flujo De Caja Interna De La Motobomba De Marca Honda De Un 1.1HP

Columna1	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	A
BENEFICIOS																					
Costo de bomba	1100					1155.00					1212.75					1273.39					
mantenimiento		160.00	163.20	166.46	169.79	173.19	176.65	180.10	183.70	187.47	191.21	195.04	198.94	202.92	206.98	211.12	215.34	219.65	224.04	228.52	
combustible		1792.00	1827.84	1864.40	1901.68	1939.72	1978.51						.13	2272.69	2318.14	2364.51	2411.80	2460.03	2509.23	2559.42	
beneficio total	1100.00	1991.04	2030.86	2071.48	3267.91	2155.17							.07	2475.61	2525.12	3849.01	2627.13	2679.68	2733.27	2787.94	

Fuente: Autor

Cuadro 15: Flujo De Caja Interna De La Bomba De Ariete Hidráulico

Columna1	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10	AÑO 11	AÑO 12	AÑO 13	AÑO 14	AÑO 15	AÑO 16	AÑO 17	AÑO 18	AÑO 19	
inversión	1300.00																				
mantenimiento		32.00	32.64	33.29	33.96	34.64	35.33	36.04	36.76	37.49	38.24	39.01	39.79	40.58	41.40	42.22	43.07	43.93	44.81	45.70	
depreciación		45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	
repuestos							380.00						180.00								
costo total	1300.00	77.00	77.64	78.29	78.96	79.64	460.33						164.79	85.58	86.40	87.22	88.07	243.20	244.08	244.97	
flujo de caja	-200.00	1875.00	1913.40	1952.57	1992.52	3188.27	1694.84	2117.23	2160.48	2204.59	3462.33	2295.47	1962.28	2390.02	2438.72	3761.79	2539.07	2436.48	2489.19	2542.96	

Fuente: Autor

4.7. Evaluación económica

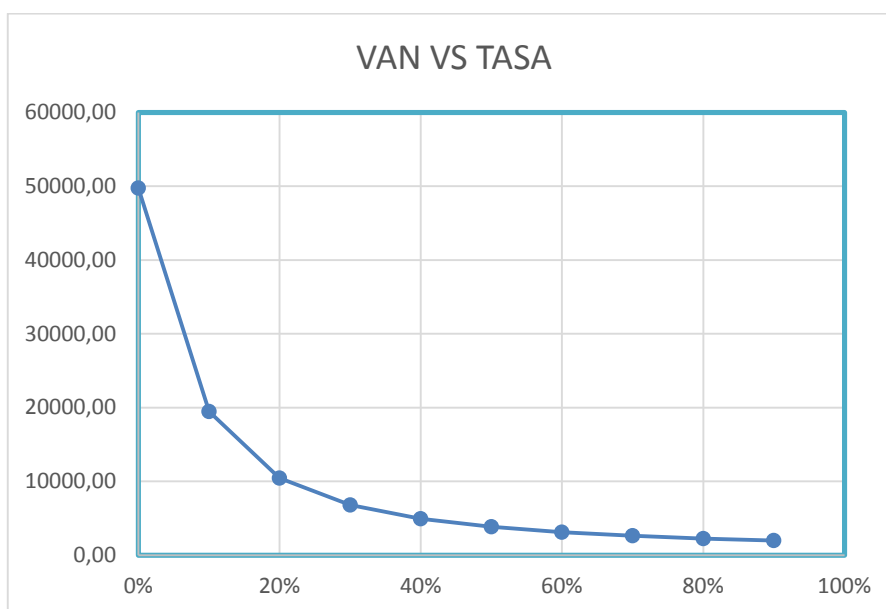
4.7.1. Cálculo del Valor Actual Neto (VAN)

La tasa de descuento que se utilizó para el cálculo del VAN es del 0 % al 90%, esto se hizo con el objetivo de ver en qué porcentaje se cruza la curva y a la vez obtener el un valor de VAN positivo y un valor de Van negativo, que nos ayudara a calcular el TIR.

Cuadro 16: Cálculo Del VAN Vs TASA

VAN VS TASA	
VAN	TASA
49769.14	0%
19468.59	10%
10441.78	20%
6790.24	30%
4940.59	40%
3848.39	50%
3133.34	60%
2630.59	70%
2258.48	80%
1972.27	90%

Figura 26: Promedio De Cálculo De Van Vs Tasa



Fuente: Autor

Se puede observar que el valor donde el VAN es positivo es cuando su tasa es de 80% y cuando el VAN es negativo su tasa es del 90%. Los mismos que nos servirán como referenciales para el cálculo del TIR.

4.8. Cálculo de la relación Beneficio – Costo (B/C).

Es la relación de la suma total de los beneficios actualizados divididos entre la suma total de los costos actualizados, a una misma tasa de descuento i .

$$\frac{B}{C} = \frac{FNC}{INVERSION} = 28.9261 = S./ 29.00 \text{ Nuevos soles}$$

Teniendo en cuenta que si el cociente es mayor que 1, significa que para la tasa de descuento i , los beneficios son mayores que los costos, y si es menor que 1 los costos son mayores que los beneficios. La norma señala que debe realizarse el proyecto solo si la relación de beneficios a costos es mayor que la unidad.

Ya que este cociente es mayor que 1, significa que para la tasa de descuento $i = 80\%$ los beneficios son mayores que los costos, es decir tenemos otro indicador que el proyecto es rentable y se recupera dentro del período de vida útil en los primeros años la inversión.

Se puede observar que en el proyecto por cada sol que se invierte se obtendrá un beneficio de 29.00 nuevos soles siempre y cuando se haga una comparación con este tipo de bombas a gasolina.

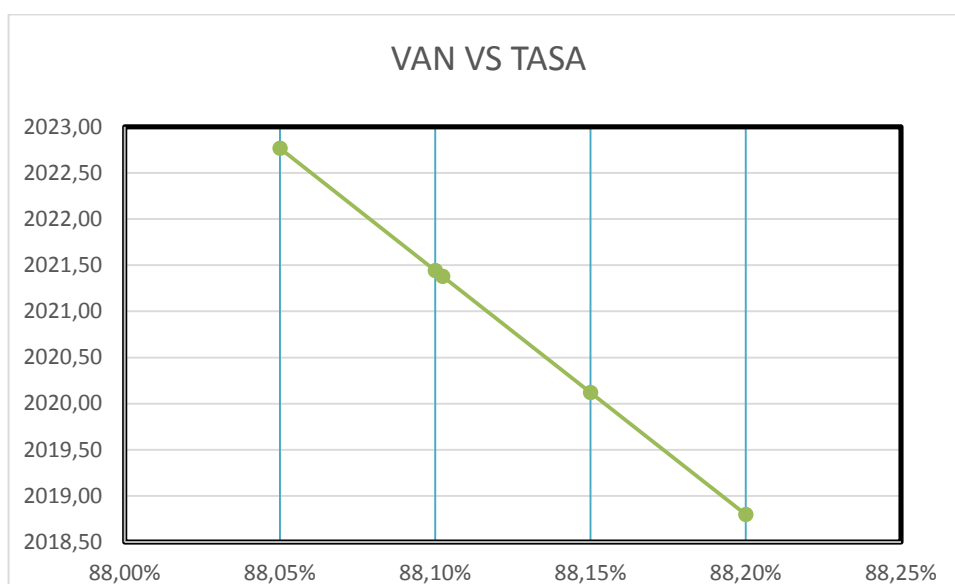
4.9. Cálculo de la tasa interna de retorno (TIR)

En este caso el van es igual a cero y la relación B/C es mayor a uno.

Cuadro 17: Tasa Vs El Van

PUNTO DE QUIEBRE	Columna1
185.16	81
156.99	82
129.54	83
102.81	84
76.76	85
51.36	86
26.59	87
2.44	88
-21.13	89

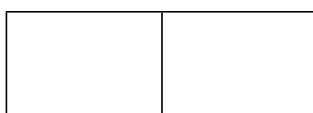
Figura 27: Promedio Van Vs Tasa



Se observa en el grafico que el eje de las abscisas corresponde a la tasa y el eje de las ordenadas al van, en el punto donde el VAN= 0 se observa que el TIR = 9.39%.Para lo cual se concluye que el proyecto realizado es muchísimo más rentable que implementar un proyecto con bombas a gasolina.

Con la formula dada calculamos el TIR = 939.59%

Al aplicar la formula se obtiene un valor de la tasa interna de retorno igual a 86% que significa que en este punto el VAN se hace cero.



Estos resultados indican que el proyecto es factible económicamente y que muestra un margen de beneficios aceptable para un proyecto de ayuda técnica social.

V. CONCLUSIONES

En el presente proyecto hemos conseguido ensamblar la bomba de ariete hidráulico, tal y como nos habíamos planteado, siendo esta incluso más completa de la que inicialmente teníamos planteado, aunque demandó mayor tiempo y trabajo del que se había previsto.

Al hacer una comparación entre el bombeo mediante la bomba de ariete hidráulico y bombeo a gasolina se tiene que la inversión inicial es alto y se recupera a los 4 años pues demandara de un costo anual en combustible de S/. 1792 nuevos soles. En cambio la bomba de ariete hidráulico no tiene gatos en referencia a combustible.

El sistema de bombeo es eficiente en un 61% para una altura de 4 metros y 75% para una altura de 3 metros lo cual muestra que es óptimo y ecológico. Con el aprovechamiento de este sistema de bombeo se busca mejorar el nivel de vida de población rural. De tal forma que se incentive el desarrollo y la aplicación de la misma en la población rural.

Se tiene una tasa interna de retorno del 86% por lo que se concluye que el proyecto es rentable comparando con el bombeo mediante la bomba de gasolina.

La implementación de nuestro proyecto se considera que se tiene una depreciación anual de 45 nuevo soles los mismos que nos serán recuperados ya que los elementos están expuestos a desgaste por el funcionamiento y pasó del tiempo.

El uso de la bomba de ariete hidráulico es rentable en comparación con otros sistemas de bombeo bajo determinadas condiciones de diseño.

La bomba de ariete hidráulico representa una alternativa amigable con nuestro medio ambiente ya que no utiliza una fuerza externa.

El correcto funcionamiento tanto de la longitud como del diámetro del mismo es

una de la parte esencial del diseño aunque la bomba de ariete hidráulico trabajara satisfactoriamente si la relación de la longitud (L) respecto al diámetro (D) está entre los límites.

La bomba de ariete hidráulico debido a su sencillez de funcionamiento y mantenimiento mínimo permite ser operado

La bomba de ariete hidráulico puede trabajar en lugares donde no exista energía eléctrica o combustible.

5.1 Recomendaciones

- Las pérdidas de agua en la etapa de bombeo deben ser reducidas al mínimo en la instalación, ubicando la tubería de descarga lo más razonablemente recto.
- Se debe fijar correctamente la bomba de ariete hidráulico en una posición horizontal bien anclada se sugiere realizar el anclaje con pernos para disminuir la vibraciones que produce la bomba.
- Se 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 impulso debe ser obstruida de lo contrario el ariete deja de funcionar.
- La válvula de impulso es el elemento que se encuentra a la mayor suma de esfuerzos por lo cual se toman las precauciones necesarias en el diseño construcción y montaje.
- La bomba de ariete hidráulico debe tener un mantenimiento tanto preventivo como correctivo para lograr un buen funcionamiento y cumplir satisfactoriamente su tiempo de vida útil.
- Se debe tener en cuenta que el agua que se acelera en el tubo de alimentación, es lo que provoca el “golpe de ariete”, por lo que éste ha de tener una longitud, inclinación y diámetro adecuados, sin curvas ni estrechamientos que provoque cargas por rozamientos.
- Por medio de la Facultad incentivar el uso de las bombas de arietes hidráulicos en el área rural a través de convenios mediante instituciones públicas como los municipios provinciales y distritales, etc.
- Modificar la válvula de choque de nuestra bomba de ariete, cambiando la actual válvula de fondo por una de pie de pozo modificada, de forma que

podamos variar manualmente el peso de la válvula, provocando que tarde más o menos en cerrarse, y así poder manejar algo las relaciones de caudales y rendimiento.

VI. BIBLIOGRAFIA

- GILES, R. (1973). Mecánica de los fluidos e Hidráulica. 2da.ed.Mexico: McGraw-Hill.Pag.104.
- MATAIX, C. (1982) Mecánica de fluidos y Maquinas Hidráulicas. 2da.ed.Mexico: Castillo. Pag. 113, 206, 175, 486, 493, 194,195.
- POTTER, MERLE C.; WIGGERT, DAVID C. (2002). Mecánica de fluidos.2da.ed México: Thomson. Pag. 135, 141, 205, 238, 250.
- LANSFORD, W. M. DUGAN, W. G. (1941). An analytical and experimental study of the hydraulic ram. University of Illinois Experiment Station.1era.ed Bull. Pag. 326, 327,328,329.
- MANUEL VIEJO. (2002). Manual de bombas. 1era.ed. Colombia. Pag.27, 28, 29, 30,31.
- GILES, R. (1997). Manual de energías convencionales 1era.ed. Lima. Pag.55, 56, 57, 58,59.
- MCCONNELL, C. BRUE,S. y MACPHERSON, D. (2002). Economía laboral. Sexta. ed. adaptado al español .Madrid: MC Graw Hill. Pag.65, 66 ,67 ,68 , 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75.
- MINISTERIO DE TRABAJO Y PROMOCIÓN DEL EMPLEO (2009). Informe 96. Anual Mercado Laboral PERUANO.
- CRUZ APRICIO, JENNY LORENA (2008). Desarrollo económico y participación laboral. 1era. Ed. Colombia. Pag. 90, 91, 92, 93, 94, 95.
- CASTELLAR, CARLOS Y URIBE, JOSE (2002). La Participación en el mercado de trabajo: componentes en micro y macroeconómico 1era.ed. Lima. Pag.80, 81, 83, 85, 87, 90.

6.1 Linkografía:

Los secretos del ariete hidráulico.

<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia25/HTML/articulo05.htm>

2012-06-02

Diferentes formas constructivas de bomba de ariete.

<http://www.fastonline.com>

2012-06-03

Esquema de una instalación de bomba de ariete.

<http://www.terra.org>

2012-06-03

Instalación de bombas de ariete conectadas en paralelo.

<http://www.chinadalogue.net.com>

2012-06-04

Procesos del golpe de ariete en una tubería.

<http://notaculturaldeldia.blogspot.com>

2012-06-04

Manual de reservorio

[http:// Manual reservorios Santa Cruz.pdf](http://Manual%20reservorios%20Santa%20Cruz.pdf)

2012-06-11

6.2 Anexos

Panel Fotográfico

Fotografías 1: Accesorios de ensamblaje de la bomba de ariete parte a)

 <p>1.Codo pvc 1"</p>	 <p>2.Cinta Teflón</p>
 <p>3.Tee pvc 1"</p>	 <p>4.Niple pvc</p>
 <p>5.Valvula de check de 1" tee</p>	 <p>6.Codo de pvc de 45 grados</p>

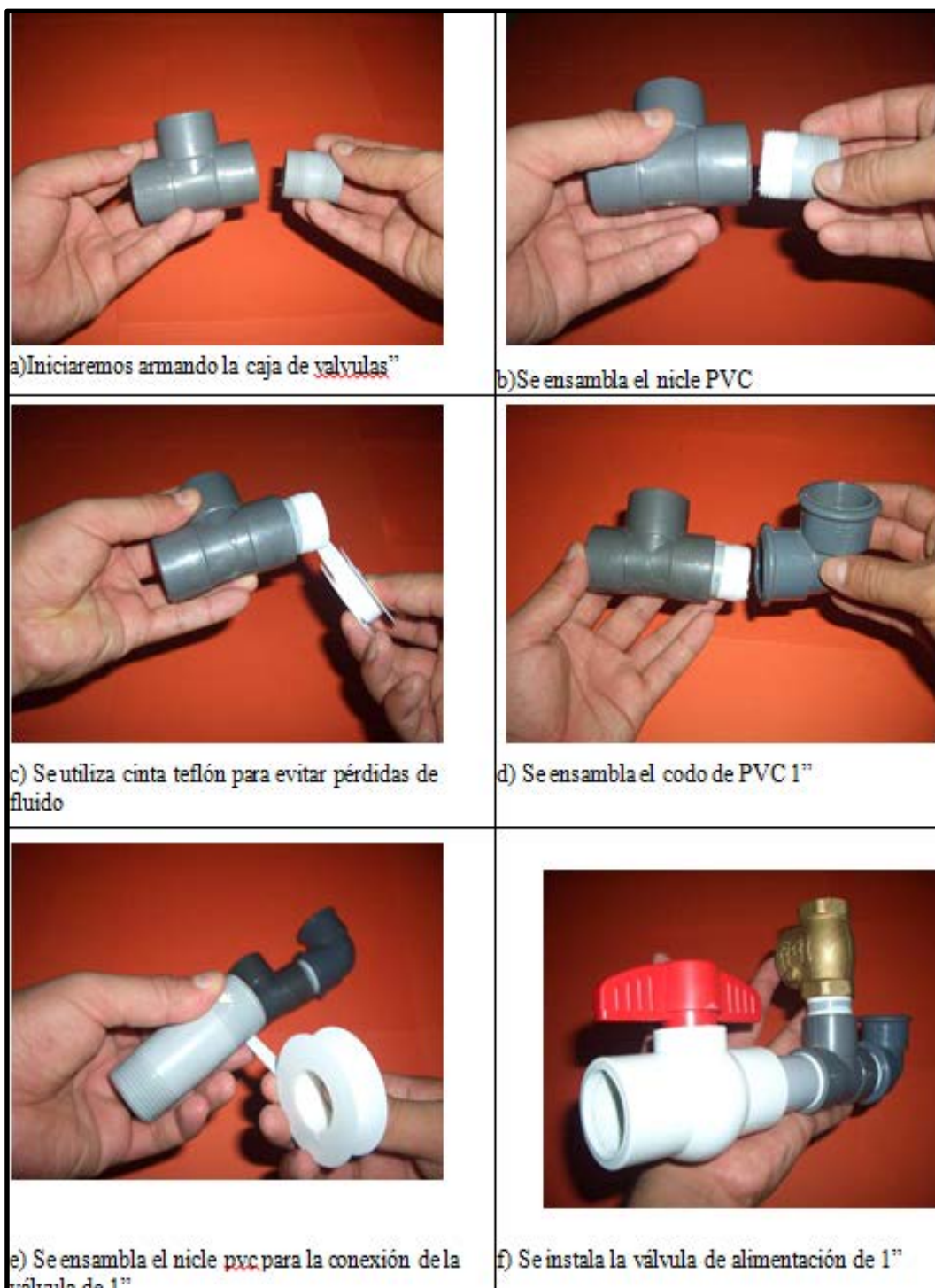
Fotografías 2: Accesorios de ensamblaje de la bomba de ariete parte b)

 <p>7.Valvula check de paso</p>	 <p>8.Manometro de 2 bares</p>
 <p>9.Union universal</p>	
 <p>11.Abrazaderas</p>	 <p>12.Reducion tipo campana de 1" a 1/2"</p>

Fotografías 3: Esquema De Armado Bomba De Ariete Pvc 1”



Fotografías 4 : Instalación De Los Accesorios De La Bomba De Ariete Hidráulico



Fotografías 5: Se muestra la instalación de accesorios del ejecutor de tesis

 <p>a) Aislamiento con la cinta teflón</p>	 <p>b) Instalación de tee con los nipples</p>
 <p>c) Instalación del codo con válvula de check de fondo</p>	 <p>d) Instalación de la caja de válvulas</p>
 <p>e) Instalación de la llave de impulsión de 1/2"</p>	 <p>f) Instalación de cámara de aire (botella)</p>

Fotografías 6: Se aprecia la instalación de la tubería de ingreso.



Fotografías 7: Se aprecia la instalación completa de la bomba de ariete hidráulico.



Fotografías 8: Se aprecia el funcionamiento de la bomba de ariete hidráulico.



Fotografías 9: Se aprecia la apertura de la válvula de control abierta al 100% instalación completa de la bomba de ariete hidráulico.



Fotografías 10: Se aprecia en manómetro la presión existente de la tubería de alimentación de 1" pvc.



Fotografías 11: Se aprecia en manómetro la presión existente de la tubería de elevación de 1/2".



Fotografías 12: Se aprecia el desperdicio de la válvula check de fondo de 1" cobre



Fotografías 13: Se aprecia el control con el cronometro del desperdicio de la válvula de check de fondo de 1" cobre.



Fotografías 14: Se aprecia el recogido de agua desperdiciada para la correspondiente en un envase de volumen conocido.



Fotografías 15: Se aprecia el control de volumen de agua.



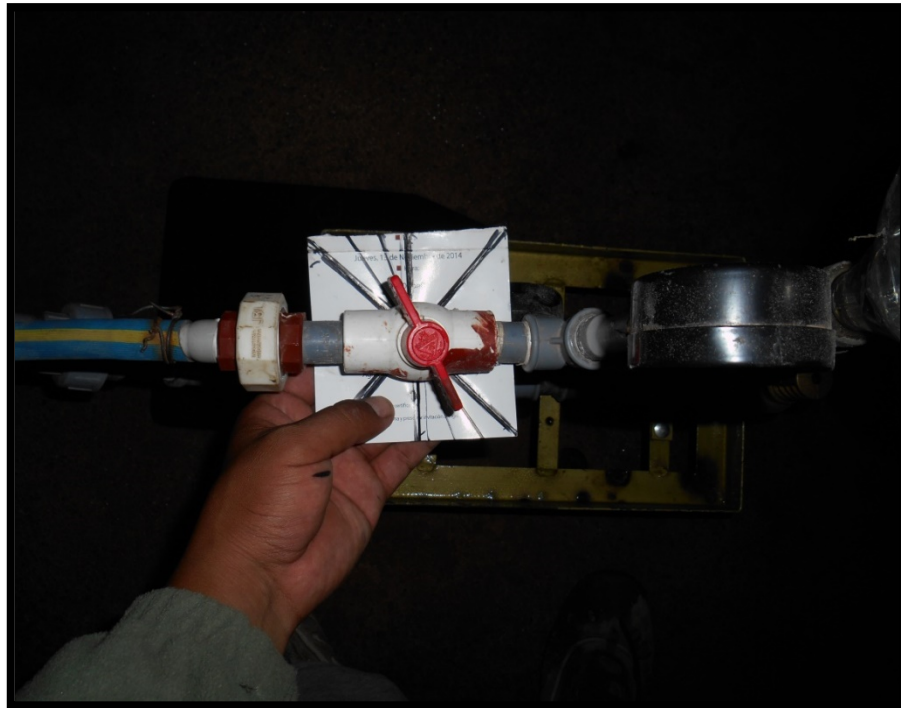
Fotografías 16: Se aprecia el chorro de agua que se eleva a una altura mayor.



Fotografías 17: Se aprecia el control de tiempo de llenado.



Fotografías 18: Se aprecia la llave de apertura a diferentes porcentajes



Fotografías 19: Montaje completo de la bomba de ariete hidráulico
En funcionamiento



Fotografías 20: Se aprecia en funcionamiento la bomba de ariete hidráulico



Fotografías 21: Se aprecia en funcionamiento la bomba de ariete hidráulico



Fotografías 22: Bomba de ariete hidráulico y su ejecutor.



Fotografías 23: Bomba De 1" autocebante marca Honda

Autocebante Motobomba 1.1 HP Honda 25 CC

Centrífuga 1,100 l/min Altura de Succión: 8 M

HONDA
PRODUCTOS DE FUERZA



Información Técnica:

• Tipo:	Centrífuga autocebante 1x1"
• Diámetro	
• Succión/descarga:	
• Capacidad máxima:	140 l/min
• Presión máxima:	51.6 psi
• Carga máxima:	36 m
• Altura de succión:	8 m
• Tiempo de cebado @ 5 m:	80 s
• Dimensiones (largo x ancho x alto):	325x220x300 mm
• Peso en seco:	6.1 kg

Autocebante Honda 1.1 HP:

Desplaza el agua que necesites mediante la tecnología Honda del MINI motor de 4 tiempos, que opera en esta bomba única, por su diseño súper compacto y ligero, así como el funcionamiento en cualquier posición, que le proporciona un poderoso, práctico, eficiente y limpio desempeño.



