

## OPTIMIZACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE UNA BOMBA DE ARIETE\*

Espinoza Montes, Ciro Abelardo<sup>1</sup>, Lazo Baltasar, Brecio Daniel<sup>2</sup> y Huari Vila, Oscar Paúl<sup>3</sup>

Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional del Centro del Perú

### RESUMEN

Teniendo como finalidad brindar tecnologías apropiadas para la utilización de agua para diversos fines en la producción agrícola y pecuaria en el Valle del Mantaro se ha formulado un sistema problemático que permita construir una bomba de ariete funcional y accesible a los productores. El propósito de la presente investigación es determinar la altura de caída y la altura de elevación para optimizar el caudal de elevación de agua en una bomba de ariete hidráulico. Para lo cual se construyó un prototipo construido con materiales sencillos, accesibles y compatibles con la cultura del productor del Valle del Mantaro. Este prototipo se sometió a manipulación experimental mediante un diseño factorial  $2^2$ , en riachuelos del distrito de San Agustín de Cajas de la provincia de Huancayo. Los resultados se midieron en la variable: caudal de elevación de agua, las variaciones se realizaron en las variables independientes: altura de caída de agua y altura de elevación de agua; desarrollando un modelo con tres réplicas y cuatro tratamientos. Como resultado, si la altura de caída de agua es mayor y la altura de elevación de agua es menor, se maximizará el caudal de elevación de agua.

Palabras claves: golpe de ariete, experimento, diseño factorial.

### OPTIMIZING THE PERFORMANCE OF THE BATTERING RAM PUMP

#### ABSTRACT

Having as main purpose to furnish adopted technologies for the water usage for different matters in the agricultural and cattle production in the Mantaro Valley its been formulated as problematic system that lets us a battering ram pump practical and accessible to the producers the main goal of this investigation is to determine the height of water and the height of elevation to optimize the elevation of the water volume in the hydraulic battering ram pump. For these means a prototype pump was constructed using simple accessible materials and compatible with the Mantaro Valley producer. Culture this pump was put to an experimental manipulation by means of  $2^2$  factorial design a brook in San Agustín de Cajas District, in the Province of Huancayo. The results were measured according to the following variables: The water elevation volume, the variations were given in the independent variables: height in the water filling, and height in the elevation of water; developing a model with three replies and four treatments: As a result, it was gotten that, if the height dropping water is higher and the height of water elevation is lower. The elevation of water volume will be maximized.

Key words: hydraulic ram, experiment, factorial design.

### INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación tiene por objetivo principal determinar la altura de caída y la altura de elevación para optimizar el caudal de elevación de agua en una bomba de ariete hidráulico. Para lo cual se ha formulado el problema: ¿Cómo influye la variación de la altura de caída y la altura de elevación en el caudal de elevación de agua en una bomba de ariete hidráulico?, la hipótesis que guió la investigación fue: si

deseamos elevar agua a una gran altura, debemos también maximizar la caída de agua para lograr un caudal óptimo en una bomba de ariete hidráulico. Las variables que nos permitieron realizar la experimentación son:

- $V_d$  = caudal de elevación de agua
- $V_{i1}$  = altura de caída de agua
- $V_{i2}$  = altura de elevación de agua

\* Este trabajo de investigación fue recibido el 20/03/2007 retornado para su revisión 20/06/2007 y aprobado para su publicación 10/12/2007

1. Email: ciroespinoza@hotmail.com  
2. Email: baltazarlazo@hotmail.com  
3. Email: oshu25@hotmail.com

La bomba de Ariete materia del presente estudio es fabricada íntegramente con elementos de plástico, a excepción de las válvulas check y de pie que son de bronce. La metodología utilizada en la investigación es experimental, el diseño utilizado es el factorial  $2^2$ . Los resultados se midieron en la variable caudal de elevación de agua, las variaciones se realizaron en las variables independientes altura de caída de agua y altura de elevación de agua; desarrollando un modelo con tres réplicas y cuatro tratamientos.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Material

Los materiales utilizados para la investigación fueron:

- Bomba de ariete
- Módulo de prueba de bomba de ariete
- Medidores de caudal
- Flexómetro

Los materiales utilizados en la fabricación del prototipo de la bomba de ariete se encuentran en la tabla 1.

Tabla 1. Materiales para la fabricación del prototipo.

Nº	Cant.	Descripción	Precio Unitario	Importe
1	1	Acople para manguera	S/.0.50	S/. 1,00
2	3	Cinta de teflón	S/.1.00	S/. 3,00
3	3	Codo de 1"	S/.1.00	S/. 3,00
4	1	Llave de paso	S/.2.50	S/. 2,50
5	20	Manguera	S/.1.00	S/. 20,00
6	8	Niples de 1" x 4"	S/.3.00	S/. 24,00
7	1	Niples de 1/2" x 3"	S/.1.00	S/. 1,00
8	1	Reductor de 1" a 1/2"	S/.2.00	S/. 1,00
9	1	Reductor de 1" a 3/4"	S/.3.00	S/. 1,00
10	2	T de 1" con rosca	S/.1.00	S/. 2,00
11	1	Tubo de 1"	S/.16.00	S/. 16,00
12	1	Unión 1"	S/.1.00	S/. 1,00
13	1	Válvula de pie(sim)de 1"	S/.30,00	S/.30,00
14	1	Válvula check de 1"	S/.30,00	S/.30,00
15	1	Válvula de compuerta	S/.14,00	S/.14,00
TOTAL			S/.	149,50

### Métodos

El tipo de investigación es aplicada y se utilizó el método de investigación experimental.

El diseño es experimental y se utilizó el diseño factorial  $2^2$ .

Las variables: altura de caída del agua  $A = h$  y la altura de elevación  $B = H$  con dos niveles cada una.

Para validar la hipótesis se utilizó la siguiente hipótesis estadística:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 \text{ (medias entre tratamientos)}$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

### Prototipo

Componentes de un sistema de ariete:

En la figura 1 se observa los componentes del sistema:

- h: Fuente de alimentación ubicada a una altura
- Q: Tubería de impulso, lleva un caudal
- A: Válvula de impulso
- B: Válvula de retención
- P: Cámara de aire
- q: Tubería de descarga, lleva un caudal
- H: Tanque de abastecimiento, donde se realiza la descarga a una altura.

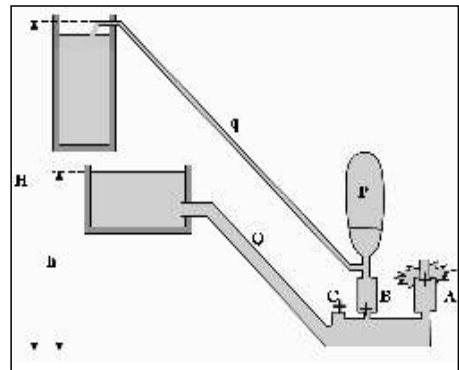


Figura 1. Esquema de instalación y funcionamiento del ariete hidráulico.



Figura 2. Prototipo en funcionamiento.

Analogía entre un transformador eléctrico y un sistema de ariete

El transformador eléctrico recibe una tensión baja (en voltios) con una corriente eléctrica (en amperes) relativamente alta, y lo transforma en un régimen de mayor tensión y menor intensidad de corriente.

Análogamente ocurre a nivel hidráulico en una instalación con un ariete. El aparato recibe el gran caudal con la carga moderada o baja y lo transforma en un régimen de mayor presión con un menor caudal.

### RESULTADOS

El promedio de bombeo con una caída de 1,5 metros a una altura de 8 metros es de 1,6 m<sup>3</sup>/día, por lo que con el presente estudio, lograremos conocer con exactitud el comportamiento real de las variables y optimizar el funcionamiento de la bomba para lograr el mejor caudal.

A = altura de caída 1,5 m y 1,75 m

B = altura de elevación 8m y 10 m.

#### Análisis factorial

Para realizar el análisis factorial se ha tomado cuatro representaciones y tres réplicas, como aparecen en la tabla 2.

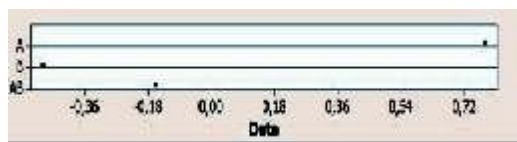


Figura 3. Posicionamiento de las variables A y B

En la figura 3 se observa gráficamente el posicionamiento de estos efectos.

#### Análisis de varianza para los datos obtenidos

El análisis de varianza para los datos obtenidos aparecen en la tabla 2.

SSt tiene 4(3-1) grados de libertad = 11

Tabla 2. Tratamientos y réplicas

Repre- senta	Combinación de tratamientos	Réplicas			Total
		I	II	III	
1	A baja, B baja	0,57526	0,55824	0,56106	1,69456
a	A alta, B baja	1,39534	1,80234	1,26849	4,46617
b	A baja, B alta	0,24007	0,20844	0,25983	0,70834
ab	A alta, B alta	0,99734	0,79124	0,78053	2,56911

Se tiene 4(3-1) grados de libertad = 8

Tabla 3. Tratamientos y réplicas

Del teorema de Cochran: A  $F_o > 11,3$

B  $F_o > 11,3$

Por lo tanto la hipótesis nula es falsa.

### DISCUSIÓN

De las estimaciones realizadas obtenemos los siguientes valores para cada uno de los datos (tabla 4):

DONDE:

A = altura de toma

B = altura de salida

De la tabla anterior, las estimaciones de los efectos promedio son:

A =	0,77206
B =	-0,48055
AB =	-0,15181

Tabla 4. Resultado de estimaciones

Altura de caída de agua	A =	0,77206
Altura de elevación de agua	B =	-0,48055
Interrelación de ambas variables	AB =	-0,15181

Si deseamos maximizar la variable respuesta, entonces:

La variable A debe estar en su nivel máximo (debido a haber obtenido 0,77206) y

La variable B debe estar en su nivel mínimo (debido a haber obtenido -0,48055)

Estos resultados se corroboran con los obtenidos en el análisis de la varianza, por el método de Cochran, también determinamos que la hipótesis alterna ( $H_1$ ) es verdadera.

### CONCLUSIONES

Por tanto: Si deseamos elevar agua a una gran altura (H en la figura 1), debemos también maximizar la caída de agua (h en la figura 1) para lograr un caudal óptimo en una bomba de ariete hidráulico.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grado de libertad	Media de Cuadrados	Fo
A	1,78825	1	1,78825	76,52084
B	0,69278	1	0,69278	29,64456
AB	0,06914	1	0,06914	2,95839
Error	0,18696	8	0,02337	
Total	2,73711	11		
De tablas		11,3		

LITERATURA CITADA

- Arancibia, M. G., 2005. Bombeo de agua sin costo, fecha de acceso 25 de marzo de 2005, disponible en <http://www.uvm.cl/congresoenergia/doc/p6.pdf>
- Cervantes, M. E. 1976. Teoría de las bombas centrifugas y algunas de sus aplicaciones. Tesis Profesional. ENA. Chapingo México.
- Del Valle, F. H. 1983. Fundamentos de electricidad para riego y agroindustrias. UACH.
- Karassik, I. J. 1984. Engineers guide centrifugal pumps. Mac Graw Hill Book Company, Inc. New York.
- Montesinos, A. 1998. El ariete hidráulico, Centro Internacional de Tecnología Agrícola.
- Salvador, B. y Sánchez, C. P. 2005. Energías renovables. Fecha de acceso 25 de marzo de 2005, disponible en <http://www.concytec.gob.pe/red-andina/pnuma/reunregionales/2rcrdesk/23%20casosexitosos/solartec.pdf>