

Guía Agroecológica

AGROJIBARO

Rescatando lo que el jibaro conocía y nos hicieron olvidar  
Agroecología

Agro. Alfredo Aponte Zayas  
Tel. 701- 729-6121  
PO Box # 230  
Trujillo Alto, PR 00977

# Boletín # 1

11/29/2014

Guía técnica: ¿Que debemos saber antes de seleccionar, construir o instalar una bomba de ariete hidráulico?

Agro. Alfredo Aponte Zayas

# Índice

I. Prefacio .....	4
II. Introducción .....	4
III. Fenómeno Físico del golpe de ariete .....	5
IV. ¿Qué es una Bomba de ariete hidráulica? .....	6
V. Funcionamiento .....	6
VI. ¿Qué necesitamos saber antes de seleccionar, construir e instalar una bomba de ariete? (Figura 2.) .....	8
VII. Determinando cantidad de agua bombeada. ....	12
VIII. Otras consideraciones importantes a la hora de instalar el equipo. ....	13
IX. Lista de fabricantes comerciales de bombas de ariete .....	13
Referencias.....	14

## **I. Prefacio**

Esta pequeña publicación va dirigida principalmente a los agricultores puertorriqueños y a su nuevo movimiento agroecológico, los cuales requieren de tecnologías apropiadas para reducir la dependencia de insumos de producción externos y alcanzar la soberanía alimentaria del pueblo puertorriqueño.

El propósito de esta guía técnica es el de resumir y hacer disponible la información necesaria para poder seleccionar o construir e instalar una bomba de ariete hidráulica. El objetivo es el de popularizar el uso de esta tecnología que no requiere de energía eléctrica o combustible para bombear agua desde una quebrada o río hasta un punto alto de la finca.

## **II. Introducción**

La agricultura depende de un suministro de agua de calidad y cantidad adecuada para asegurar el desarrollo de los cultivos y el éxito de la operación agrícola. En el área sur, noroeste y suroeste de la Isla de Puerto Rico (PR) existen canales de riego que suplen agua mayormente a operaciones agrícolas de tipo industrial (figura 1). Sin embargo no existe la misma disponibilidad de agua de riego para los pequeños agricultores en otras zonas del país. Los agricultores de la zona montañosa del país, dependen mayormente de la precipitación pluvial para regar sus cultivos. El agua suplida por la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados de Puerto Rico aunque es una alternativa para riego, es costosa. Esta agua llega a los hogares a través de un sistema de relevo mediante bombas de aguas que funcionan con energía eléctrica. El costo de la electricidad en PR es de 26 centavos el kilovatio hora. Este y otros factores de índole político y social hacen que el servicio de agua potable sea costoso. Por otro lado algunos agricultores usan bombas de agua que utilizan energía eléctrica o combustible para operar sus sistemas de riego con agua de manantial. Estos insumos (bomba de gasolina, electricidad y combustibles) incrementan el costo de producción así como la dependencia de los agricultores a los combustibles fósiles. Sin embargo existen otras alternativas mucho más económicas, accesibles al agricultor y ambientalmente

compatibles con sistemas de producción agrícolas sustentables. El propósito de esta guía es el de familiarizar al agricultor con esta tecnología

Figura1. Canales de suministro de riego de los diferentes distritos en Puerto Rico.

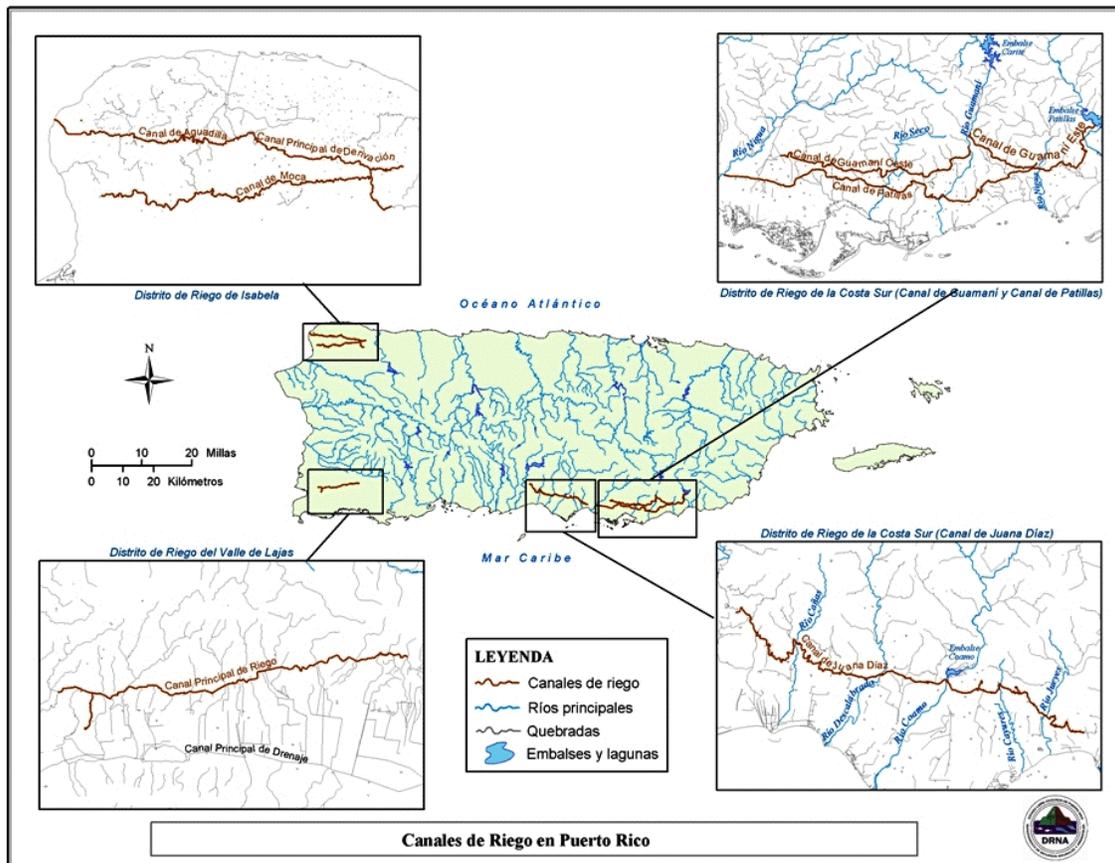


Foto tomada de la página electrónica del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de PR

### III. Fenómeno Físico del golpe de ariete.

El origen del golpe de ariete se debe principalmente a la elasticidad del agua. Ocurre principalmente cuando se cierra una válvula súbitamente en el extremo de una tubería. Las partículas de agua cerca de la válvula se detienen bruscamente, pero estas son empujadas por las partículas de agua que vienen detrás. Cuando esto sucede se genera una sobrepresión que se desplaza por la tubería. Esta sobrepresión causa: (i) que se comprima el agua, reduciendo su volumen y (ii) que se dilate la tubería. Cuando la tubería se dilata momentáneamente y luego regresa a su dimensión original provoca una onda de presión en sentido contrario que puede provocar que la

tubería colapse. **(NOTA. La tubería PVC es más susceptible a esta presión por lo que se dilata fácilmente disipando la energía, lo que resta eficiencia a la bomba de ariete).**

#### **IV. ¿Qué es una Bomba de ariete hidráulica?**

Esta bomba fue patentada por primera vez en 1796 por Joseph Michael Montgolfier. Sin embargo se conoce que fue construida por muchos fontaneros antes de que fuese patentada por él.

La bomba de ariete hidráulica bombea agua utilizando la energía cinética de un golpe de ariete para subir parte de esa agua a un nivel superior. Esta bomba solo utiliza agua y el desnivel del terreno para bombear cientos o miles de litros/día. Recordemos que la bomba de ariete puede operar 24 horas al día sin necesidad de energía eléctrica o combustibles.

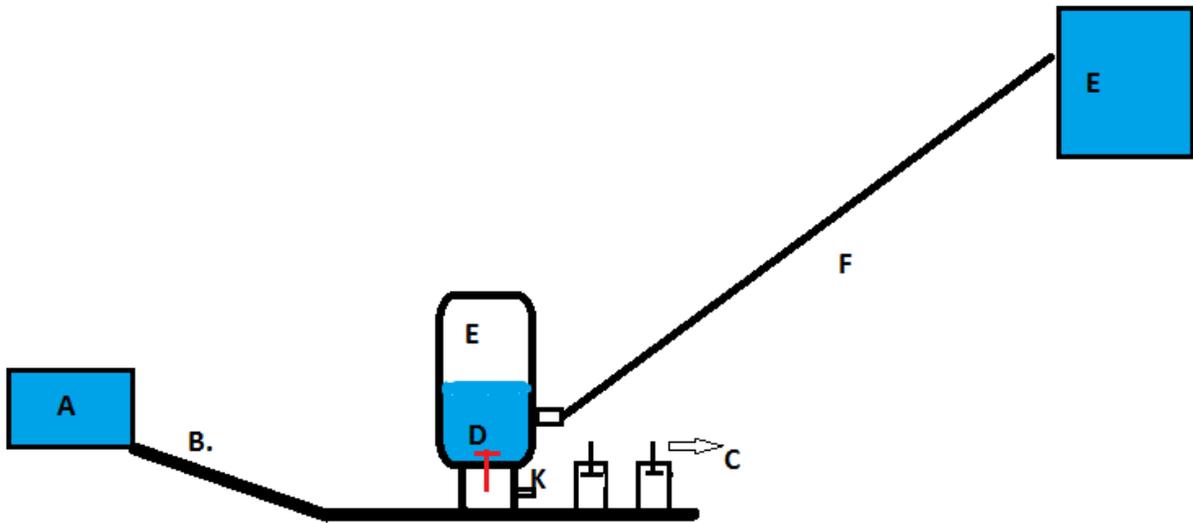
Mayormente estas bombas son de fabricación artesanal y requieren poco mantenimiento. Existen también algunas compañías que se dedican a la fabricación y distribución de este tipo de bombas. Por lo general estas bombas fabricadas por expertos son más eficientes y fáciles de instalar pero más costosas que las de fabricación casera.

#### **V. Funcionamiento**

El agua fluye del depósito de origen (A) por la tubería de carga (B). Cuando el agua entra dentro de la bomba de ariete (figura 2) la energía cinética de la misma causa que la válvula de fondo “ariete” (C) se cierre espontáneamente. Al cerrar, la presión dentro del sistema aumenta provocando que la válvula (D) se abra y permita el paso del agua a la cámara neumática o tanque de presión (E). El agua trata de comprimir el aire dentro de la cámara neumática, cuando ya no lo puede comprimir más la válvula (D) se cierra y la presión se disipa a través de la tubería de descarga (F) provocando que el agua suba hasta el depósito de descarga o tanque cisterna (G). Es importante mantener una válvula de aire (K) debajo de la válvula (D) para mantener el suministro de aire dentro de la cámara neumática. Esto es necesario porque si no el aire dentro de

la cámara neumática se va disolviendo en agua con el tiempo causando que la eficiencia del sistema disminuya. **(Importante que la válvula de suministro de aire (K) se situó debajo de la válvula (D)).**

Figura 2. Esquema del funcionamiento de una bomba de ariete hidráulico.



- A. depósito de origen
- B. tubería de carga
- C. válvula de fondo (ariete)
- D. válvula de retención o (check valve)
- E. cámara neumática o tanque de presión
- F. tubería de descarga
- G. tanque descarga
- K. válvula aire.

Notas:

---

---

---

---

---

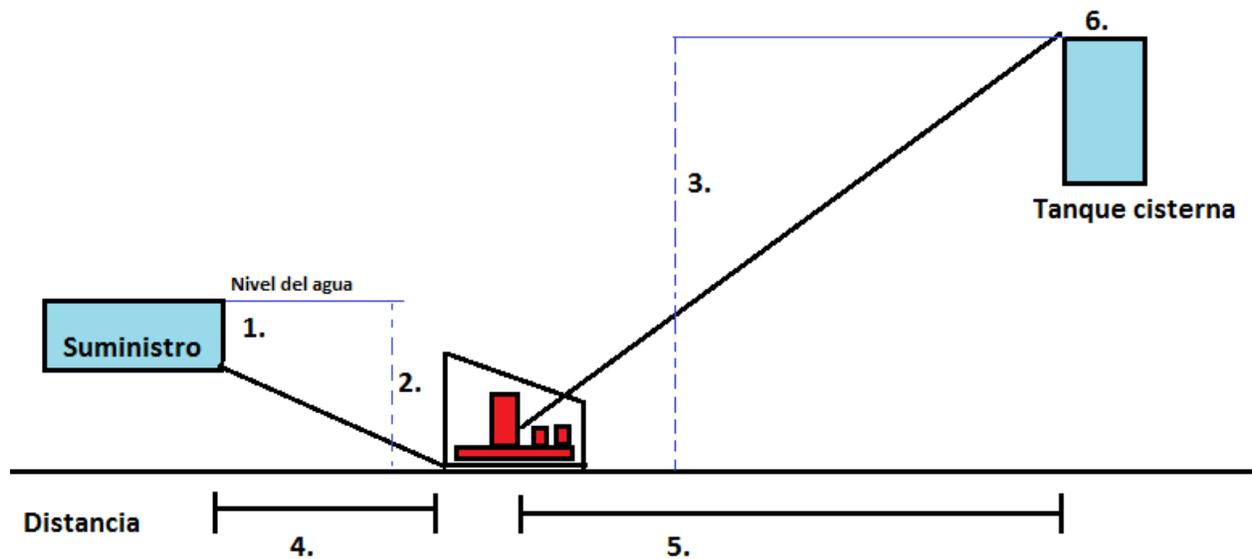
---

**VI. ¿Qué necesitamos saber antes de seleccionar, construir e instalar una bomba de ariete? (Figura 2.)**

1. Caudal de agua en la fuente de suministro a ser utilizada en galones por minuto (gpm).
2. La caída vertical en pies (ft) del suministro a la bomba de ariete.
3. Elevación vertical en pies (ft) desde la bomba de ariete hasta el tanque cisterna.
4. Distancia entre el suministro de agua y el ariete hidráulico.
5. Distancia entre la bomba de ariete y el tanque cisterna (almacenamiento).
6. Requerimiento de agua al día (galones/día o litros/día)

**Nota: La medidas utilizadas arriba están en el sistema inglés. Se facilita las mediciones y conversiones si utilizamos el sistema internacional de unidades.**

Figura 2. Esquema sobre información necesaria para la selección, construcción e Instalación de una bomba de ariete.



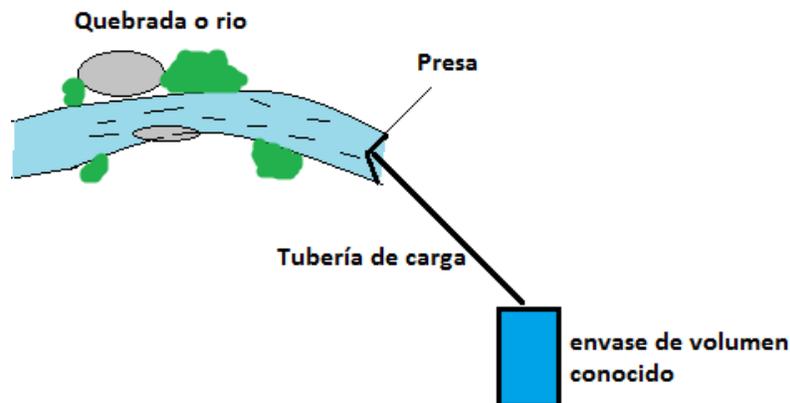
NOTAS. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_.

## 1. Midiendo el caudal de un cuerpo de agua.

### I. Método de envase de volumen conocido (figura 3).

Es el método más simple y exacto para determinar caudal de una tubería. Consiste en instalar una tubería al caudal de agua y permitir el flujo libre del agua pendiente abajo. Al final de la tubería se posiciona un envase de volumen definido y se toma el tiempo que toma en llenar. Al final se obtiene el caudal de la tubería utilizada en galones/minuto o litros/minuto. La tubería debe ser de 2 a 3 pulgadas de diámetro para asegurar un flujo de agua suficiente para operar una bomba de ariete. Hay que tener en cuenta que una bomba de ariete de 2 a 3 pulgadas de diámetro necesita en promedio como mínimo 10 a 25 galones minuto respectivamente. Este es el método más utilizado para conocer el caudal antes de conectar la bomba de ariete.

Figura 3. Medición de caudal de una tubería con el método de volumen conocido.

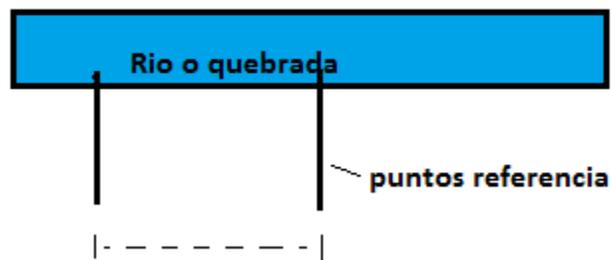


II. Método del flotador. Este método se facilita se usamos sistema métrico.

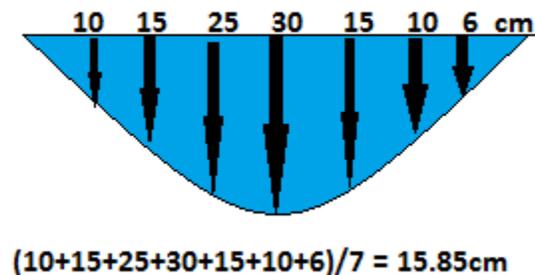
Excelente ejemplo en este enlace. <http://youtu.be/1Xi6HhkMGig>

Este método consiste en determinar el caudal del cuerpo de agua utilizando un objeto flotante que sea lo suficientemente denso para no ser fácilmente manipulado por el viento. Los pasos a seguir son los siguientes.

- a. Seleccionar un área de cuerpo de agua que luzca de profundidad y anchura uniformes.
- b. Establecer dos puntos de referencia en la misma orilla del caudal a una distancia deseada (ejemplo. 200 cm de separación). Luego se debe lanzar un objeto flotante corriente abajo y medir el tiempo que le toma llegar de un punto de referencia al otro. Entonces la velocidad puede ser calculada.  $Velocidad = distancia / tiempo$ . (cm/seg.). Digamos que el objeto flotante tardo 15 segundos en cruzar el punto de referencia.



- c. Medir la profundidad del caudal de orilla a orilla y calcular un promedio de la profundidad.



- d. Medir el ancho del caudal en cm (ejemplo 400 cm ancho).
- e. Multiplicar **la (profundidad x ancho del caudal x la velocidad x coeficiente de fricción)**. El coeficiente de fricción va a ser 0.8 si el fondo del caudal es rocoso y 0.9 si es arenoso. El resultado va a ser  $\text{cm}^3/\text{seg}$  o  $\text{m}^3/\text{seg}$ . En un metro cubico caben 1000 L de agua.

**Nota. Estas mediciones deben hacerse durante el tiempo más seco del año para saber si el caudal puede suplir el flujo de agua necesario para la bomba de ariete.**

**Ejemplo basado en el procedimiento antes mencionado.**

- a. Puntos de referencia a la orilla del caudal con separación **de 2m**
- b. Le tomo a un limón (como objeto flotante) cruzar los puntos de referencia **15 seg.**  
Por lo tanto la velocidad=  $2\text{m}/15\text{seg}$  **velocidad= 0.13 m/seg.**
- c. El ancho del caudal es de **4m** y la profundidad (alto) es de **0.158 m**
- d. El fondo de la quebrada es pedregoso. Utilizaremos la constante **0.8**
- e. Multipliquemos  $4\text{m} \times 0.158\text{m} \times 0.13\text{m/seg} \times 0.8 = 0.065\text{m}^3/\text{seg}$
- f.  $1\text{m}^3 = 1000\text{L}$  entonces,  $0.065\text{m}^3/\text{seg} \times 1000\text{L} =$  **65 litros/seg** es nuestro caudal o flujo.

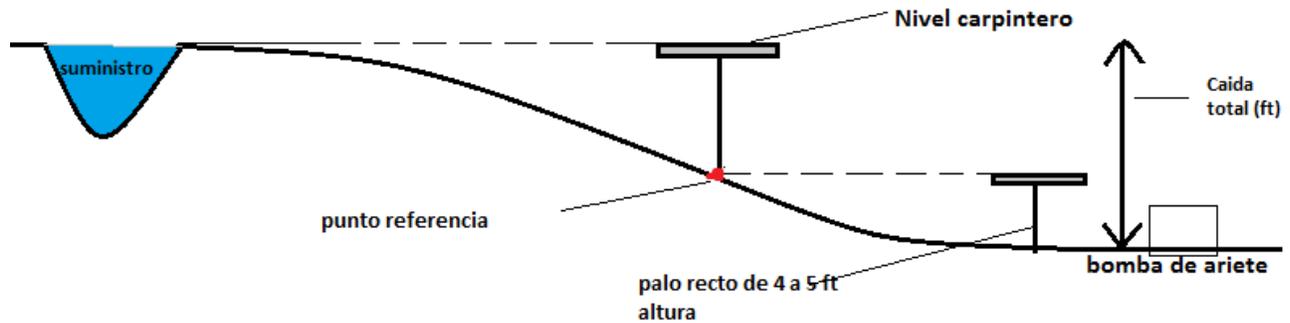
**2 y 3. Midiendo la caída desde la fuente de suministro a la bomba de ariete y la elevación de la bomba de ariete al tanque de almacenamiento.**

I. Para medir la caída y la elevación se puede utilizar equipo electrónico como un GPS o el celular. Existen aplicaciones de teléfono celular que se pueden utilizar para medir la altura del lugar en el que se posicionen. La diferencia en altura entre el punto bajo y el punto alto será la altura o caída final. Esta tecnología no está disponible para todos, pero existen alternativas un poco más trabajosas pero igual de eficientes.

II. Para medir altura de la caída y la elevación hasta el tanque de almacenamiento se puede utilizar un nivel de carpintero siguiendo las siguientes instrucciones en el esquema (figura 4).

NOTAS. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_.

Figura 4. Esquema explicativo para medir la altura de la caída o la elevación.



#### 4 y 5. Para medir distancia entre dos puntos.

Se puede utilizar una cinta o el largo de la tubería utilizada para hacer la conexión. Recordar que es importante la distancia entre la fuente de suministro y la bomba de ariete, así como la distancia entre la bomba y el tanque de almacenamiento de agua.

#### 6. Requerimiento de agua al día (*litro/día o galones/día*).

Cuánta agua deseamos obtener de la bomba de ariete cada 24 horas. Este valor depende del tamaño y capacidad de la bomba y del resto de los factores antes explicados. (galones/día o litros/día)

#### VII. Luego que tenemos toda la información necesaria podemos determinar la cantidad de agua que va a llegar al tanque cisterna por día.

Para esto necesitamos, el flujo de agua en el caudal, la caída vertical desde suministro a la bomba de ariete, la elevación desde la bomba al tanque de almacenamiento. Para calcular la cantidad de agua que llega al tanque de suministro (A), se debe multiplicar el caudal disponible gal/min (V) x la caída vertical en pies (C) todo dividido por la elevación hasta el tanque de almacenamiento (E) y el resultado debe ser multiplicado por 0.6 que es la eficiencia común de una bomba de ariete. El resultado será en galones por minuto (gpm).

$$A = [(V \times C) / E] \times 0.6$$

*Ejemplo hipotético.*

Digamos que tenemos una bomba de ariete de 2" que requiere entre 10 a 25 gpm para operar. Esta bomba requiere una caída mínima de 3' ft para operar y puede bombear a una altura máxima de 500' ft. Previamente determinamos que la tubería de carga (caudal) provee 15 gpm de agua. La caída vertical de la fuente de suministro hasta la bomba es de 12 pies. Y queremos bombear agua a una elevación de 100' ft.

$$A = [(15 \text{ gpm} \times 12 \text{ ft}) / 100 \text{ ft}] \times 0.60 = 1.08 \text{ gpm}$$

Si se desea obtener galones por hora este número se multiplica por 60. Para obtener galones por día se multiplica este número por 1440.

$$1.08 \text{ gpm} \times 60 \text{ min} = 64.8 \text{ gph}$$

$$1.08 \text{ gpm} \times 1440 \text{ min/día} = 1555.2 \text{ galones/día}$$

### VIII. Otras consideraciones importantes a la hora de instalar el equipo.

La tubería de carga debe ser preferiblemente de acero galvanizado. Se puede utilizar tubería PVC pero debe ser anclada para evitar movimiento. La tubería debe conectarse lo más recto posible evitando usar codos. Se debe utilizar una tubería de carga o suministro que sea del mismo diámetro de la tubería de la bomba de ariete. Es recomendable que el largo de la tubería de carga se de acuerdo a la altura de la caída (cuadro 1).

Cuadro 1. Largo de la tubería de carga de acuerdo a la caída vertical.

Caída vertical	Largo de la tubería de carga
3 - 15'	6 veces el largo de la caída
16 - 25'	4 vece el largo de la caída
26 - 50'	3 veces el largo de la caída

Tomada de la página web de Rife Ram

No todas las bombas de ariete tienen la misma eficiencia y esto debe ser determinado con ensayos de prueba cuando son bombas de fabricación casera. Es importante reconocer que no todas las situaciones y condiciones del terreno son iguales a la hora de instalar una bomba de ariete. Mientras más cuidadosamente se sigan las instrucciones y pasos en este manual se lograra una mejor eficiencia del sistema.

La información para este manual viene de diferentes fuentes literarias. Es importante reconocer que esta información es en su mayoría proveniente de bombas de fabricación industrial las cuales son más eficientes. Sin embargo los principios físicos son los mismos y pueden ser utilizados para la calibración adecuada de una bomba de ariete de fabricación casera.

## **IX. Lista de fabricantes comerciales de bombas de ariete**

1. Rife ram desde 1884. <http://www.riferam.com/contact/index.php>
2. Williamson ram pump. <http://williamsonrampumps.com/products.html>  
<http://youtu.be/SiHdn1fwSs>

## **Referencias**

- Agustin G., A. Samuel., G. Celso., Y. Yasunori., T. Sadao. 2012. La bomba ariete: material de apoyo para la guía de extensión de técnicas apropiadas para pequeños productores.  
[http://www.jica.go.jp/project/spanish/panama/2515031E0/data/pdf/1-17\\_01.pdf](http://www.jica.go.jp/project/spanish/panama/2515031E0/data/pdf/1-17_01.pdf)
- Centro las Gaviotas. 2011. Ariete hidráulico gaviotas, manual de instalación, operación y mantenimiento. [http://www.centrolasgaviotas.org/docs/manual\\_ariete.pdf](http://www.centrolasgaviotas.org/docs/manual_ariete.pdf)
- Departamento de recursos naturales y ambientales de Puerto Rico. 2012. Canales de riego de Puerto Rico. Acceso 11/30/14.  
[http://www.drna.gobierno.pr/oficinas/saux/secretaria-auxiliar-de-planificacion-integral/planagua/sistemas-de-informacion-geografica/sistema-de-informacion-geografica/mapas/distritos\\_riego.jpg/view](http://www.drna.gobierno.pr/oficinas/saux/secretaria-auxiliar-de-planificacion-integral/planagua/sistemas-de-informacion-geografica/sistema-de-informacion-geografica/mapas/distritos_riego.jpg/view)
- Guía agropecuaria. 2012. Estudio de promoción y difusión de buenas prácticas "Bomba de Ariete" del Proyecto Tawan Ingnika.  
[http://www.jica.go.jp/nicaragua/espanol/office/others/c8h0vm000001q4bc-att/32\\_realizados\\_01.pdf](http://www.jica.go.jp/nicaragua/espanol/office/others/c8h0vm000001q4bc-att/32_realizados_01.pdf)
- Rife. Ram water pumps. <http://www.riferam.com/rams/index.php>