

EL ARIETE HIDRÁULICO. PROYECTO E INSTALACIÓN EN NTONGUI (Angola)

José María Romero Guerrero

ASOL.

romeroguerrerojm@gmail.com

Luis Lorenzo Gutiérrez

Universidad Politécnica de Madrid.

luis.lorenzo@upm.es

Resumen

La bomba de ariete, también conocida como ariete hidráulico, es una máquina sencilla que aprovecha la energía hidráulica potencial gravitatoria del agua para la elevación de una porción de la misma, mediante la transformación de la energía potencial, primero, en energía cinética y posteriormente en ondas de presión, conocidas como golpes de ariete. Toda bomba de ariete requiere una cantidad excedentaria de agua capaz de ceder su energía potencial al agua impulsada.

Palabras clave: Ariete hidráulico, sobrepresión hidrodinámica, multipulsor, potencial hídrico, contraimpulso, turbiedad

Resumo

A bomba de êmbolo, também conhecido como o golpe de ariete é uma máquina simples que aproveita a energia hidráulica potencial gravitacional da água para levantamento de uma parte da mesma, através da transformação a energia potencial em energia cinética, em primeiro lugar e, em seguida, em ondas de pressão, conhecido como o golpe de ariete. Toda bomba de ariete requer uma quantidade excessiva de água capaz dar sua energia potencial para a água conduzida.

Palavras-chave: Ariete hidráulico, alta pressão hidrodinâmica, multipulsor, potencial hídrico, contraimpulso, turbidez

1. Introducción

La bomba de ariete es una máquina hidráulica que utiliza la energía de una cantidad de agua situada a una altura ligeramente superior (el desnivel de un río, presa, acequia u otro depósito o caudal) con el objetivo de elevar una parte de esa agua hasta una altura superior, sin usar, para ello, electricidad o combustible fósil alguno. El agua suministrada desde la fuente de alimentación desciende por gravedad por la tubería de carga hasta el cuerpo de la bomba para provocar una sobrepresión ocasionada por la apertura y cierre continuo de una válvula. Esta sobrepresión producida es el origen del fenómeno físico conocido como golpe de ariete y es el principio para su funcionamiento.

DisTecD. Diseño y Tecnología para el Desarrollo

2014, 1, desde pág. 224 - hasta pág. 237

ISSN: 2386 – 8546

La bomba de ariete irrumpe en la historia al principio de la era de los grandes inventos, a finales del siglo XVIII, y alcanzó su adultez paralelamente a las máquinas de vapor y el motor de combustión interna.

La aparición del ariete hidráulico data del año 1772, cuando el inglés John Whitehurst en una cervecería del condado de Cheshire construyó un ingenio basado en un principio de funcionamiento novedoso: accionaba manualmente un grifo en una tubería conectada a un tanque de abasto, en un nivel superior, para provocar el fenómeno conocido como golpe de ariete, que permitía elevar parte del caudal a un tanque de almacenamiento colocado a una altura de 4,9 metros. El ariete hidráulico luego fue perfeccionado y patentado en 1796, por el francés Joseph Montgolfier (1740-1810), quien utilizó el invento al que denominó "belier hydraulique" para elevar agua al molino instalado en su fábrica de papel en Voiron (Francia). Después de la muerte del ilustre francés otros se ocuparon de añadir bondades al equipo que pronto tuvo una amplia difusión por todo el mundo. Baste decir, a modo de ejemplo, que estuvo presente en las famosas fuentes del Taj Mahal en la India, o en el Ameer de Afganistan. Con el tiempo cayó en desuso, sobre todo debido al avance arrollador de la bomba centrífuga y los bajos costes de la electricidad y de los combustibles fósiles. No obstante la bomba de ariete sigue siendo una buena solución para abastecer de agua en países en vías de desarrollo y a pequeña escala en países desarrollados, donde se suele utilizar por razones de sensibilidad ambiental, o también por ahorro de costes energéticos, siempre en lugares donde se puedan dar las condiciones apropiadas.

Una de las ventajas que ofrece la bomba de ariete es su escaso mantenimiento. Sólo requiere la sustitución de pequeños elementos de goma y además, procurar que no lleguen a las válvulas: pequeñas piedras, hojas o lodos desde la toma de agua. La vida útil puede superar en gran medida con un poco de mantenimiento, cuarenta años o más.

En Ameya (Nicaragua), se encuentra un ariete funcionando desde 1884. En Cuba algunos modelos instalados en el siglo XIX todavía resisten la prueba del tiempo y con un mínimo mantenimiento podrían reiniciar su rítmico accionar.

2. Funcionamiento del ariete hidráulico

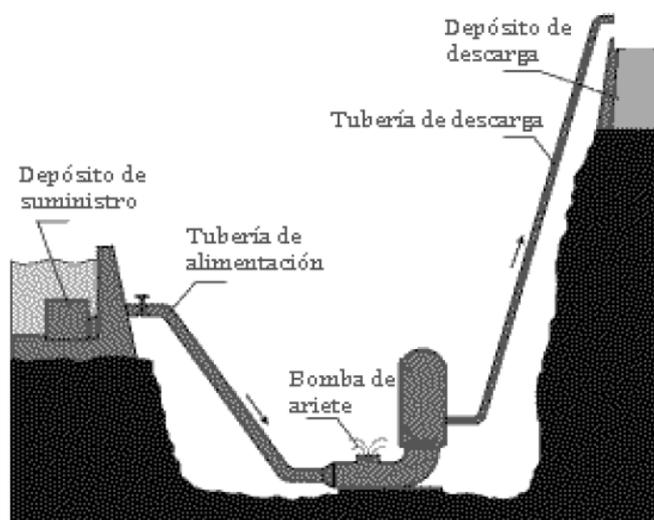


Figura 1. Esquema del funcionamiento de una bomba de ariete.

El funcionamiento de la bomba de ariete es bastante simple y de fácil manejo. El agua procedente de un depósito, acequia o río desciende por gravedad por la tubería de alimentación o impulso bajo la acción de un desnivel en relación con el ariete hidráulico. El agua llega hasta el cuerpo o caja de válvulas con velocidad suficiente para que la presión dinámica cierre la válvula de impulso o ímpetu. El cierre brusco de esta válvula produce el efecto conocido como golpe de ariete, lo cual origina una sobrepresión en la tubería de alimentación que provoca la apertura de la válvula de retención, que permite el paso del agua hacia el interior de una cámara de aire situada en el interior del cuerpo de la bomba. Esta agua provoca la compresión del aire existente y cierta cantidad de agua asciende por la tubería de bombeo o descarga hasta llegar al depósito de descarga. El ciclo se repite una y otra vez a un ritmo de entre 60 y 90 golpes por minuto y cuanto más lento sea el funcionamiento, más agua utiliza y bombea. La tubería de alimentación suele ser de acero galvanizado, PVC, PE, etc., cuyo diámetro dependerá del caudal utilizado.

El ángulo de inclinación del tubo de alimentación debe estar entre los 10° y los 45° con la horizontal. El caudal de alimentación del ariete dependerá del diámetro de dicho tubo de acometida. Hay que tener en cuenta que el agua que se acelera en el tubo de alimentación, es la que provoca el “golpe de ariete”, por lo que éste ha de tener una longitud, inclinación y diámetro adecuados, sin curvas ni estrechamientos que provoquen pérdidas de carga por rozamiento.

Con abundante agua y un desnivel de 1,2 m puede llegar a elevarse el agua a una altura superior a los 70 m., todavía con rendimiento aceptable. El agua se puede conducir a una distancia superior a los 2 km entre el ariete y el depósito de descarga.

El caudal elevado (q) depende del rendimiento (R), el caudal de alimentación (Q), el desnivel de trabajo (h) y la altura de elevación (H). La ecuación que relaciona estos factores es la siguiente:

$$q = R.Q.\frac{h}{H}$$

El rendimiento del ariete hidráulico representa el porcentaje de agua que se puede bombear en relación al total de la canalizada por el ariete, y varía en función del cociente H/h . Al aumentar el valor resultante, el rendimiento disminuye.

3. El golpe de ariete

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

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

El científico ruso Nikolai Zhukovski (1847-1921) estudió este fenómeno por primera vez en su obra *Sobre el choque hidráulico*, como parte de sus indagaciones hidroaerodinámicas, que

constituyen la base teórica para la ulterior comprensión del funcionamiento de la bomba de golpe de ariete o ariete hidráulico. Zhukovski definió, en 1889, el golpe de ariete como la variación de presión en los conductos de agua, provocada por el aumento o disminución brusca de la velocidad del líquido.

3.1 Tiempo de cierre de una válvula

El cálculo de sobrepresiones depende del tiempo de cierre de una válvula y tanto la teoría como la práctica demuestran que las máximas sobrepresiones posibles se logran para los casos en los que la maniobra de cierre sea menor que el tiempo que tarda la onda en su viaje de ida y vuelta hasta la válvula que corta el paso al fluido. Este tiempo lo denominaremos tiempo crítico t_c y según algunos autores equivale a:

$$t_c = 2t_0 = 2 \frac{L}{c}$$

Así, teniendo en cuenta el tiempo crítico de cierre, podemos considerar los tiempos de cierre de una válvula:

- Cierre rápido: el tiempo de cierre de la válvula es menor que el tiempo crítico ($t < t_c$). En el cierre rápido de una válvula la onda de presión no tiene tiempo de trasladarse hasta el origen, reflejarse y volver a dicha válvula antes de termine medio ciclo.
- Cierre lento: el tiempo de cierre de la válvula es mayor que el tiempo crítico ($t > t_c$) por lo que la presión máxima será menor que en el caso anterior debido a que la depresión de la onda elástica llega a la válvula antes de que se complete el medio ciclo e impide el aumento de presión.

3.2 El golpe de ariete aplicado a la ingeniería

Bajo el punto de vista de la ingeniería no se puede observar este fenómeno como perjudicial en todos los casos, ya que, por ejemplo, en el caso del ariete hidráulico, el golpe de ariete va a ser el principio básico para el funcionamiento de la bomba del mismo nombre, creando una sobrepresión que posteriormente va a ser utilizada para impulsar el fluido a un punto más alto.

Es por ello que para el diseño de la bomba de ariete interesa que la válvula de impulso se cierre de la forma más rápida posible para crear una mayor sobrepresión.

3.3 Valor de la celeridad

Se denomina celeridad (C) a la velocidad de propagación de la onda de presión a través del agua contenida en una tubería. Su valor se determina a partir de la ecuación de continuidad y depende fundamentalmente de las características geométricas y mecánicas de la conducción, así como de la compresibilidad del agua.

Si el cierre o apertura de la válvula es brusco, es decir, si el tiempo de cierre es menor que el tiempo que tarda la onda en realizar un ciclo completo de ida y vuelta a través de la tubería, la sobrepresión máxima se calcula como:

$$\Delta H_{man} = C \frac{V_0}{g}$$

donde:

C: es la velocidad de la onda (velocidad relativa respecto al fluido) de sobrepresión o depresión,

V_0 : es la velocidad media del fluido, en régimen,

$g = 9.81 \text{ m/s}^2$ es la aceleración de la gravedad.

A su vez, la velocidad de la onda se calcula como:

$$C = \sqrt{\frac{\frac{K}{r_0}}{1 + K \frac{D}{E.e}}}$$

donde:

K: es el módulo elástico del fluido,

r: es la densidad del fluido,

E: es el módulo de elasticidad (módulo de Young) de la tubería que naturalmente depende del material de la misma,

e: es el espesor de las paredes de la tubería,

D: es el diámetro de la tubería.

Para el caso particular de tener agua como fluido:

$$r_0 = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$K = 2.074E + 0.9 \text{ N/m}^2$$

Una expresión práctica propuesta por Allievi, que permite una evaluación rápida del valor de la celeridad cuando el fluido circulante es agua, es la siguiente:

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + \lambda \frac{D}{e}}}$$

siendo:

λ : un coeficiente dependiente de la elasticidad (ϵ) del material constitutivo de la tubería, que representa principalmente el efecto de la inercia del grupo motobomba, cuyo valor es:

$$\lambda = \frac{10^{10}}{\epsilon}$$

Material de la tubería	$\epsilon(\text{kg/m}^2)$	λ
Palastros de hierro y acero	2×10^{10}	0.5
Fundición	10^{10}	1
PVC	3×10^8	33 (20-50)
PE baja densidad	2×10^7	500
PE alta densidad	9×10^7	111.1

Tabla 1. Valores de λ y ϵ .

4. Arietes hidráulicos en serie y paralelo

Existen algunas alternativas para el mejoramiento de la eficiencia de los sistemas tradicionales de impulsión de agua basados en el ariete hidráulico. Así, en aquellas zonas donde el agua sea un recurso escaso y la demanda no sea muy elevada, se puede utilizar una disposición en serie con el objetivo de aprovechar el agua derramada por la válvula de impulso del ariete anterior. Es posible instalar al menos tres arietes en serie, aunque es de señalar que el tamaño de los arietes sucesivos para el aprovechamiento será más pequeño conforme se vaya avanzado en la serie. En el caso de que la fuente de agua sea abundante, o al menos no escasa, y la demanda de agua sea elevada, es recomendable colocar varios arietes en forma paralela alimentados por un solo tubo de alimentación.

Es conveniente remarcar que los sistemas de bombeo que utilizan varios arietes, bien sea en serie o en paralelo, son más eficientes ya que presentan una serie de ventajas durante el funcionamiento en la instalación:

- Si el caudal de suministro decae como consecuencia de un periodo de sequía o por encontrarnos en la estación más seca del año se puede parar alguna bomba con el objetivo de que la instalación siga en funcionamiento, aunque reduciendo el caudal de entrega.
- Igualmente, durante las tareas de mantenimiento, éstas se pueden realizar sin desconectar la instalación completa, sino realizar estas labores de bomba en bomba.
- Las bombas de ariete más pequeñas son más fáciles de transportar a la hora de realizar una instalación nueva.

Como norma general, es de señalar, que el coste inicial de una instalación puede ser mayor, debido fundamentalmente al mayor número de bombas empleadas, aunque éstas sean de un diámetro más pequeño.

5. Evolución del ariete hidráulico

El ariete hidráulico convencional tiene sus limitaciones y la potencia y rendimiento depende, entre otros factores, del caudal de alimentación, de la relación H/h y de los elementos constructivos.

En la consolidación de los criterios de la industria moderna, los rendimientos logrados con la bomba de ariete en su versión convencional parecían insuficientes y por este motivo cayó en desuso, sobre todo debido al avance arrollador de la bomba centrífuga. Sin embargo, en la actualidad asistimos a un renacer del interés acerca de este aparato, debido a que es tecnológicamente accesible, eficiente, ecológico y muy didáctico. Son muy apropiados para trabajar en zonas donde debido a la topografía del terreno existan pequeños desniveles o quebradas y cuenten con caídas de agua en su recorrido.

Aunque durante bastantes años la tecnología de fabricación de arietes hidráulicos, sobre todo en países con tecnología poco avanzada, se ha desarrollado en pequeños talleres quienes han trabajado de forma empírica, pero siempre con un afán innovador, lográndose fabricar sin tener un nivel académico o conocimientos de hidráulica, con el cual puedan certificar cada uno de estos modelos. Por ello mismo no logran ofrecer información técnica de los equipos que producen e instalan. Su construcción, instalación y operación ha dependido exclusivamente de la experiencia de sus promotores. Sin embargo, hoy en día el ariete hidráulico está siendo

objeto de estudio en centros académicos de nivel superior y universidades, y no son pocos los alumnos que ha utilizado este sistema de bombeo de agua para la realización de sus proyectos de fin de carrera.

Nuevas herramientas, como el diseño asistido por ordenador, permiten facilitar las investigaciones relacionadas con los arietes hidráulicos e introducir innovaciones para mejorar su rendimiento. En este sentido, desde hace unos años se han introducido algunas innovaciones relacionadas con los arietes hidráulicos, en particular el concepto de ariete hidráulico multiplicador con el que se pretende superar las limitaciones relacionadas con los grandes volúmenes y peso de los equipos tradicionales y su potencia relativamente baja.

La esencia de estos nuevos métodos constructivos consiste en la sustitución de la única válvula de impulso de los arietes convencionales por un conjunto de válvulas en posiciones óptimas, generalmente en línea, para aprovechar mejor los caudales disponibles y aumentar la potencia y los rendimientos. Al ubicar las válvulas de manera que una esté a continuación de otra, se obtiene el mismo efecto que se obtendría si el ariete fuera un ariete convencional, pero con una ganancia muy importante, pues ahora no solo se va a levantar una masa muy pesada, sino que se van a levantar las tres masas de menor tamaño pero van a bajar los tiempos desfasados milésimas de segundo, por lo que va a tener el efecto de que bajan en el mismo tiempo, haciendo que la presión hidrodinámica se incremente por tres en el mismo ciclo, esto se debe a que al levantar la primera válvula existe una energía remanente que si no existieran las otras dos válvulas se desperdiciaría haciendo que la tubería de entrada se desgaste más rápidamente.

El ariete hidráulico multiplicador permite aprovechar aquellos cursos de agua donde el desnivel de trabajo sea reducido (de apenas 30 cm) ya que permite una baja relación entre la velocidad máxima del agua en el sistema y la velocidad del agua en el momento del cierre de las válvulas, con un mínimo de contraimpulso para su abertura automática, lo que permite reducir el largo y el diámetro del tubo de impulso. También aporta la ventaja de reducir la necesidad de amortiguación en la inyección de agua en la cámara de aire, por lo que puede reducirse su volumen. De esta forma un ariete hidráulico multipulsor de las siguientes características:

Diámetro de la tubería de impulso: 3 pulgadas.

Diámetro de la tubería de descarga: 1,5 pulgadas.

Capacidad del tanque de aire: 0,01 m³.

Cantidad de válvulas: 3 en línea

Peso: 26 kg.

Puede bombear 52 m³ de agua al día hasta una altura de 80 m.

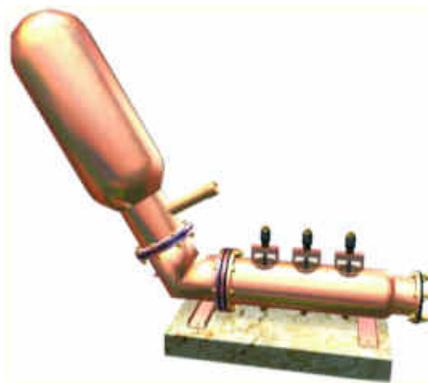


Figura 2. Ariete hidráulico multipulsor.

6. Detalles del diseño de la instalación de una bomba de ariete en Ntongui (Angola)

El ariete hidráulico, como bien se ha explicado anteriormente, es una bomba que aprovecha la energía potencial del líquido para generar una sobrepresión, mediante el cierre de la válvula de impulso, que va a permitir elevar parte de dicho fluido a una altura superior. Por ello, a la hora de llevar a cabo un proyecto de bombeo de agua para el consumo humano o para riego en usos agrícolas, ganaderas etc., se han de tener en cuenta una serie de consideraciones que se deben estudiar atentamente con el fin de determinar si es viable dicho sistema de bombeo o debemos recurrir a otras opciones.

En nuestro caso el proyecto de instalar una bomba de ariete en el lugar más apropiado y también más cercano surgió de la necesidad de evitar el continuo trabajo de acarreo de agua por parte de niños y mujeres, desde una fuente que se ha mantenido desde la época colonial, cuando Angola era una colonia portuguesa, hasta nuestros días. Esta fuente, además de encontrarse a más de un kilómetro del poblado, el manantial se había ido perdiendo por la proliferación de la vegetación y falta de mantenimiento.

6.1 La elección del lugar

Teniendo en cuenta que la elección del lugar más apropiado para instalar la bomba de ariete es el aspecto más importante para la puesta a punto y correcto funcionamiento del mismo, se realizó un detallado estudio topográfico del terreno con el fin de localizar algún riachuelo con agua apta para el consumo humano y relativamente próximo al núcleo de población al que se pretendía abastecer.

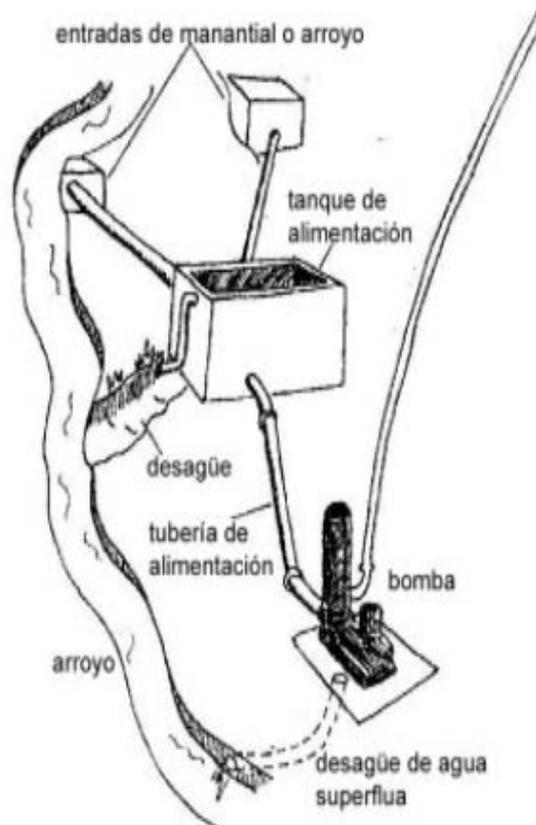


Figura 3. Esquema de la captación, tubería de impulso, bomba de ariete y tubería de descarga.

Tras una minuciosa exploración se encontró un riachuelo conocido localmente como arroyo Kusha y que parecía apropiado por discurrir por un paraje natural y suficientemente limpio. También se pudo comprobar que dicho riachuelo ofrecía suficiente potencial hídrico y que discurría por una zona con la pendiente apropiada para la circulación del agua desde el lugar elegido para la construcción del depósito de suministro hasta el ariete hidráulico.

Los parámetros más importantes que se tuvieron en cuenta fueron los siguientes:

- Altura de caída, h : altura concebida entre el nivel de agua del pequeño depósito de suministro y la bomba de ariete.
- Altura de elevación del agua, H : altura comprendida entre el depósito de suministro y el depósito de descarga.
- Caudal del riachuelo de suministro, Q : caudal del curso de agua, medido en un año normal y en condiciones coincidentes con la estación seca, trasladado a través de la tubería de impulso para el funcionamiento de la bomba de ariete.
- Caudal desperdiciado, Q_w : caudal derramado a través de la válvula de impulso que no es bombeado hasta el lugar deseado.
- Caudal bombeado o requerido, q : caudal bombeado desde el depósito de suministro al punto de descarga.

Se comprobó que el riachuelo proporcionaba agua suficiente para las necesidades de la población y con la capacidad del depósito de descarga, teniendo en cuenta el caudal que se desperdicia, así como las posibles variaciones en el caudal del riachuelo a lo largo del año:

$$Q = Q_w + q$$

Para cuantificar el agua impulsada se ha tenido en cuenta el ratio entre alturas H/h , así como la pérdida de carga en las distintas tuberías con el fin de hacer el correcto ajuste del ariete hidráulico y conseguir así la mayor eficacia posible.

6.2 Elección de la bomba de ariete

Teniendo en cuenta los estudios previos realizados y las posibilidades de importación y traslado hasta el lugar de la instalación, se decidió comprar un ariete hidráulico a una casa suficientemente solvente y concedora de la tecnología empleada en la fabricación de bombas de ariete.

Para este proyecto se eligió un ariete hidráulico comercial de la marca Walton, modelo W7, capaz de suministrar hasta 42.000 l/día.

La sociedad Walton, creada en Burdeos, Francia en 1910, fabrica arietes hidráulicos siguiendo el método tradicional basado en el prototipo inventado por Montgolfier en 1796. En 1967 se especializó en la gestión del agua.

Se trata de una empresa de tipo familiar, de probada solvencia y experiencia en el campo de los sistemas hidráulicos, sistemas de riego y estaciones de bombeo. Con el avance tecnológico, Walton ha ampliado su gama de ofertas. Sus proyectos de riego, fuentes, estaciones de bombeo, sistemas hidráulicos, o las instalaciones sanitarias se complementan con consejos de instalación y diseño.

La bomba de ariete Walton, está formada por un cuerpo de fundición en el que se aplica una válvula de bronce, que trabaja dentro de una cámara de aire de gran volumen y una válvula de retención interna con membrana de goma con ajuste mediante un resorte, además de las correspondientes bridas para las tuberías de alimentación y descarga.

Se trata de un equipo diseñado para trabajar a la intemperie en regiones donde las temperaturas no desciendan por debajo de los -10°C .

Las partes que requieren mantenimiento son la válvula de retención que lleva juntas de goma y la válvula de cierre.

Las partes que deben chequearse generalmente son: válvula de impulso, el impulso, la válvula de descarga, tuercas y tornillos que pueden aflojarse y destruirse producto de la corrosión, limpiar el filtro y regular la válvula de aire.



Figura 4. Ariete hidráulico marca Walton, modelo W7.

6.3 Sistema de conducción

El sistema de conducción es una parte de la instalación total de bombeo con el ariete hidráulico que recibe el agua desde el riachuelo y lo transporta hasta la bomba de ariete. Dada la fuerte pendiente existente entre el primer depósito y el ariete hubo que realizar un depósito intermedio con el fin de acortar la longitud de la tubería de impulso. Este depósito intermedio sirve para que los arrastres del riachuelo: hojas, palos, pequeñas piedras, etc., que podrían causar problemas, con el tiempo, en las tuberías, se puedan depositar en el fondo del propio depósito o ser retenidas mediante un filtro de rejilla colocado en la embocadura de la tubería. Además, se mantiene un nivel de agua estable, asegurando un suministro regular y una altura de impulso constante, asimismo, se previene el que se introduzca aire en la tubería de impulso.



Figura 5. Depósito intermedio.



Figura 6. Ubicación del ariete hidráulico.

Tubería de impulso

Teniendo en cuenta que la tubería de impulso es una parte clave de la instalación, siendo la responsable de transportar el agua desde el depósito de suministro al ariete hidráulico, proporcionándole (como consecuencia de la diferencia de cotas) una suficiente velocidad capaz de hacer cerrar la válvula de impulso y de crear la sobrepresión (golpe de ariete). Para ello, la tubería de impulso debe ser fabricada de un material rígido, fuerte y resistente.

Para poder cumplir los requerimientos señalados, se eligió una tubería de acero galvanizado. Esta tubería comprende dos tramos: un tramo de 20 metros de tubería de 6" de diámetro que discurre entre el pequeño dique construido en el punto de captación y el depósito intermedio y un segundo tramo de 30 metros de tubería de 3" que va desde el depósito intermedio hasta el ariete.

6.4 Sistema de entrega

Conecta la bomba de ariete con el lugar donde se va a almacenar el agua, normalmente, un depósito de descarga, a través de la tubería de descarga.

Tubería de descarga

La tubería de descarga también es una parte importante de la instalación, y dado su elevada longitud fue uno de los componentes más caros del proyecto. La tubería de descarga atraviesa una zona pantanosa que siempre se encuentra anegada por el agua. Además, con el fin de protegerla de las personas, animales, etc., que pudieran romperla, se ha enterrado a cierta profundidad. La longitud total de esta tubería es de 2 km.



Figura 7. Tubería de descarga.

El material elegido para tubería de descarga fue tubo rígido de polietileno de alta densidad (PE) de 1.5" de diámetro para la zona pantanosa, unos 200 m, y tubo de acero galvanizado, en tendido aéreo, para el resto.



Figura 8. Tubería de PE en zonas pantanosas.

Depósito de descarga

Para el diseño de este componente se han tenido en cuenta los requerimientos de agua diarios, así como los posibles picos de consumo que se pudieran producir, tanto en un día concreto, como en un determinado periodo de tiempo, con vistas a conseguir tener un reservorio de agua suficiente que nos asegure el abastecimiento. Además, teniendo en cuenta las operaciones de mantenimiento del propio ariete hidráulico, posibles averías transitorias, etc., se ha contado con el volumen suficiente para mantener el suministro de agua sin interrupción durante al menos un día completo.

El excedente de agua se aprovecha para el riego de zonas de cultivo, pequeños huertos, donde se siembran algunas legumbres y hortalizas para el consumo familiar.

Para el emplazamiento del depósito se eligió un lugar suficientemente elevado con el fin de no perder altura y poder suministrar agua, aprovechando la acción de la gravedad por la diferencia de altura, a varios puntos de toma de agua dentro de la población.

El depósito también requiere su propio mantenimiento anual, que incluye pequeñas reparaciones del revestimiento interior y la limpieza del fondo donde se depositan arenillas o el limo arrastrado por la propia turbiedad del agua.



Figura 9. Depósito de descarga y almacenamiento.

Arqueta de reparto

La tubería de distribución del agua llega hasta una arqueta de reparto donde se han instalado las correspondientes llaves de apertura y cierre para el reparto del agua a los distintos puntos regularmente distribuidos por la población.

Fuentes para la distribución del agua

Con el fin de tener un fácil acceso a un recurso tan necesario como es el agua, se han instalado cuatro fuentes públicas en varios puntos dentro del dominio del poblado que se

encuentra distribuido en varios barrios. Todas las fuentes disponen de un grifo de apertura y cierre automático con el fin de conseguir un buen aprovechamiento del recurso hídrico.

Para la distribución del agua desde la arqueta de reparto hasta las respectivas fuentes se ha utilizado tubería de PE de ¾" enterrada. La longitud de esta tubería es de unos 2 km.

Los beneficiarios directos de este proyecto son unas 1500 personas y atiende a las instalaciones de la misión, dispensario, escuelas y vecinos. Los beneficiarios indirectos son incontables.



Figura 10. Fuente de distribución.



Figura 11. Fuente de distribución.

Referencias

Mataix, C., Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas. Editorial del Castillo, S.A. Madrid, 2ª ed., 1982.

Lencastre, A., Coutinho, A. Manual de ingeniería hidráulica. Universidad Pública de Navarra. Pamplona, 1998.

Chi, MA., Hydraulic Ram Handbook. A guide for policy makers, technicians and users based on experiences made in the P.R. of China. Zhejiang University of Technology, 2002

Crespo Martínez, A., Mecánica de fluidos. Thomson Paraninfo. Madrid, 2006.

White, Frank M., Mecánica de fluidos. McGrawHill, Madrid, 2008.

El golpe de ariete. Cátedra de Ingeniería Rural. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real.

Páginas web consultadas:

www.walton.fr/hydraulic-ram.html

www.villazappa.com.ar

www.ingenieriarural.com

www.terra.org/data/ariete_super