

Estudio Experimental acerca de la Bomba de Soga para el abastecimiento de agua a Poblaciones Rurales y Dispersas.

Testa Tacchino, Alejo Juan Sebastián

Laboratorio de Hidráulica, Universidad Nacional de Córdoba; Becario de Doctorado CONICET.

E-mail: alejo_testa@yahoo.com.ar

RESUMEN: La sabiduría popular logró conformar, con un poco de ingenio y una simple soga, un equipo que supera en eficiencia y sustentabilidad a todos los mecanismos conocidos para el bombeo manual de agua. Se trata de una soga con pistones insertados en forma equidistante, que impulsada por una polea, sube por dentro de un caño plástico cuyo extremo inferior está sumergido en el agua del pozo, perforación, arroyo o laguna, desde donde se bombea. El agua se introduce entre los pistones de la soga y viaja hacia arriba donde un caño en derivación permite que sea descargada a un tanque de almacenamiento. La fuerza motriz es básicamente humana, pero la baja potencia requerida la hace apta para otros medios alternativos, como energía animal, eólica, o pequeños motores alimentados por paneles fotovoltaicos.

Los principales beneficiarios son personas de bajos ingresos que obtienen el agua para beber y usos sanitarios con balde o bombas que deben ser reemplazadas y pequeños agricultores que obtienen el agua de pozos, para riego y bebida de animales.

Constituye una tecnología apropiada para Argentina y los países del Sur por su bajo costo, sencillez, eficiencia y, sobre todo, porque su fabricación, instalación, mantenimiento y explotación pueden ser asumidos por las comunidades mediante sus propios recursos.

En este trabajo se apunta a conocer la información existente sobre bombas manuales y sobre la bomba de soga en particular. Se desea ampliar el conocimiento sobre una instalación completa desde la toma hasta el abastecimiento a un tanque de reserva.

Con la construcción de una bomba, y fundamentado en la teoría de análisis dimensional, se indaga en el diseño y operación de la bomba. Las conclusiones de este trabajo permiten exactitud en el dimensionado para obtener máximas eficiencias de acuerdo a las características del lugar de instalación.

INTRODUCCIÓN

La sabiduría popular logró conformar, con un poco de ingenio y una simple soga, un equipo que supera en eficiencia y sustentabilidad a todos los mecanismos conocidos para el bombeo manual de agua. La bomba de soga no reconoce derecho de autor, porque los pueblos le añaden su propia astucia y sapiencia (Larrosa, 2002).

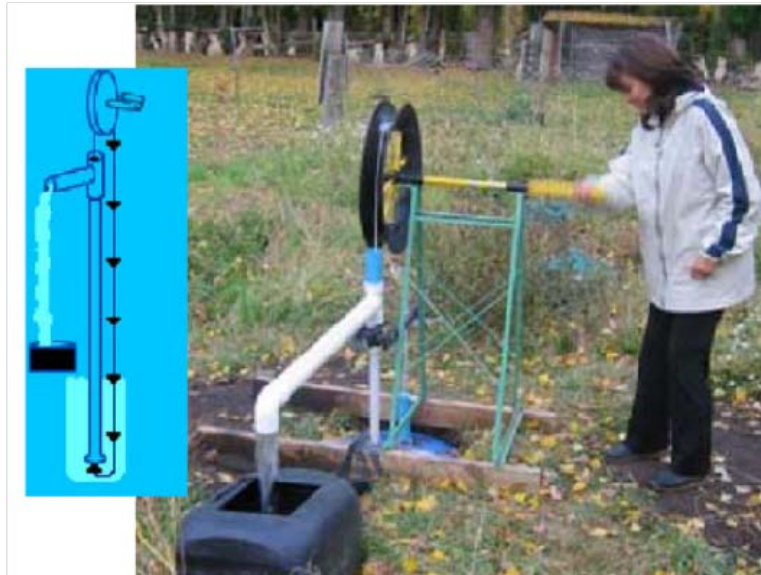


Figura 1.- Bomba de soga y caja guía de fondo.

Se trata de una soga con pistones o arandelas insertados en forma equidistante, que impulsada por una polea, sube por dentro de un caño plástico cuyo extremo inferior se encuentra inmerso en el agua del pozo o perforación (también puede ser arroyo, laguna o estero) desde donde se bombea. El agua se introduce entre los pistones de la soga y viaja hacia arriba donde un caño en derivación permite que sea descargada a un tanque de almacenamiento (Figura 1). La soga sin fin retorna pasando por una caja guía de fondo (Figura 2), que consta de un tramo de tubería por donde ingresa la soga con los pistones y una pieza cerámica esmaltada hueca por donde la soga pasa sin fricción, impidiendo así el desgaste, a esta pieza también se le añade la tubería de bombeo. Esta caja luego será rellena con hormigón, que cumplirá el rol de peso muerto brindándole estabilidad y verticalidad a la estructura de bombeo.

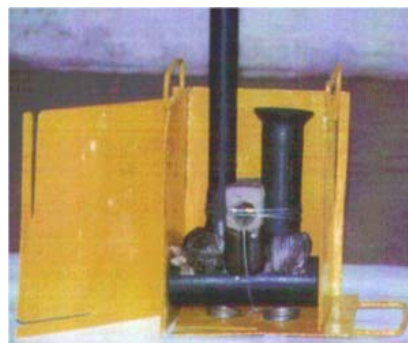


Figura 2.- Caja guía de fondo previa al relleno con hormigón. Se observan la tubería de ingreso de la soga y pistones, la tubería de bombeo y la pieza cerámica esmaltada hueca a través de la cuál se guía la soga desde la tubería de ingreso hacia la tubería de bombeo.

La fuerza motriz es básicamente humana, pero la baja potencia requerida la hace apta para otros medios alternativos, como energía animal, eólica, pequeños motores a explosión o eléctricos alimentados por paneles fotovoltaicos.

Mientras mayor sea el diámetro interior del tubo de subida, y la velocidad de los pistones aumente, mayor será la eficiencia de la bomba. Otro elemento que influye en la eficiencia de la bomba de sogas es la holgura entre el diámetro de los pistones y el diámetro interior del tubo de subida. El equipo se utiliza para el abastecimiento de agua a la población, a la ganadería y para el riego a pequeña escala, fundamentalmente en zonas rurales y periurbanas, aunque se utiliza con aceptación en las ciudades con deficiente suministro de agua. La bomba de sogas sustituye la energía convencional, protege el medio ambiente y contribuye a lograr un desarrollo sostenible.

La bomba de sogas, además, otorga beneficios para los usuarios domésticos, es decir, hogares y centros comunitarios. Se reduce la contaminación del agua al permitir taponar el pozo y controlar óptimamente la higiene de los elementos de la bomba. Permite una disminución de enfermedades, con una mejora significativa en la calidad de vida de niños y adultos. Menores gastos de tratamiento médico y remedios, y menor ausentismo escolar y laboral. Además beneficia aspectos de género, pues la obtención de agua es un trabajo que usualmente realizan mujeres, niñas o niños. La bomba de sogas ahorra esfuerzo y tiempo.

En el caso de pequeños agricultores los beneficios son: el aumento en las posibilidades de riego con micro sistemas de goteo, permitiendo una mayor producción de alimentos tanto para autoconsumo como para venta; y bebida para ganado, cuando la disponibilidad de agua o estaciones secas limitan el tamaño de los rebaños, mayor cantidad de agua significa mayor producción de carne y leche.

La bomba de sogas contribuye a la soberanía alimentaria, derecho de las personas a los alimentos sanos y culturalmente apropiados producidos a través de métodos sostenibles y saludables. Se priorizan en el fundamento de los sistemas y de las políticas alimentarias las aspiraciones y necesidades de aquellos que producen, distribuyen y consumen alimentos, en lugar de las demandas de los mercados y de las multinacionales. La soberanía alimentaria da prioridad a las economías y mercados locales y nacionales.

La bomba de sogas constituye una tecnología apropiada para Argentina y los países del Sur por su bajo costo, sencillez, eficiencia y, sobre todo, porque su fabricación, instalación, mantenimiento y explotación pueden ser asumidos por las comunidades mediante sus propios recursos. (ETVIDA, 2008)

ANÁLISIS DE ANTECEDENTES

La bomba de sogas petiza es la versión más sencilla de la Bomba de Soga y también la más extendida y utilizada por su fácil fabricación, su gran rendimiento y economía. Sólo cuenta con los elementos básicos. El vertido del agua se obtiene a los pies de la bomba, requiriendo un posterior traslado en un recipiente, situación que obliga a aconsejar a sus usuarios sobre las medidas higiénicas necesarias para no contaminar el agua, tanto en el traslado como en su posterior almacenamiento.

Dependiendo de la profundidad del pozo, con una Bomba de Soga una mujer o un adolescente, pueden extraer en una hora la cantidad de agua expresada en la Figura 3. Un hombre adulto puede extraer un tercio más de agua en ese periodo de tiempo (ETVIDA, 2009).

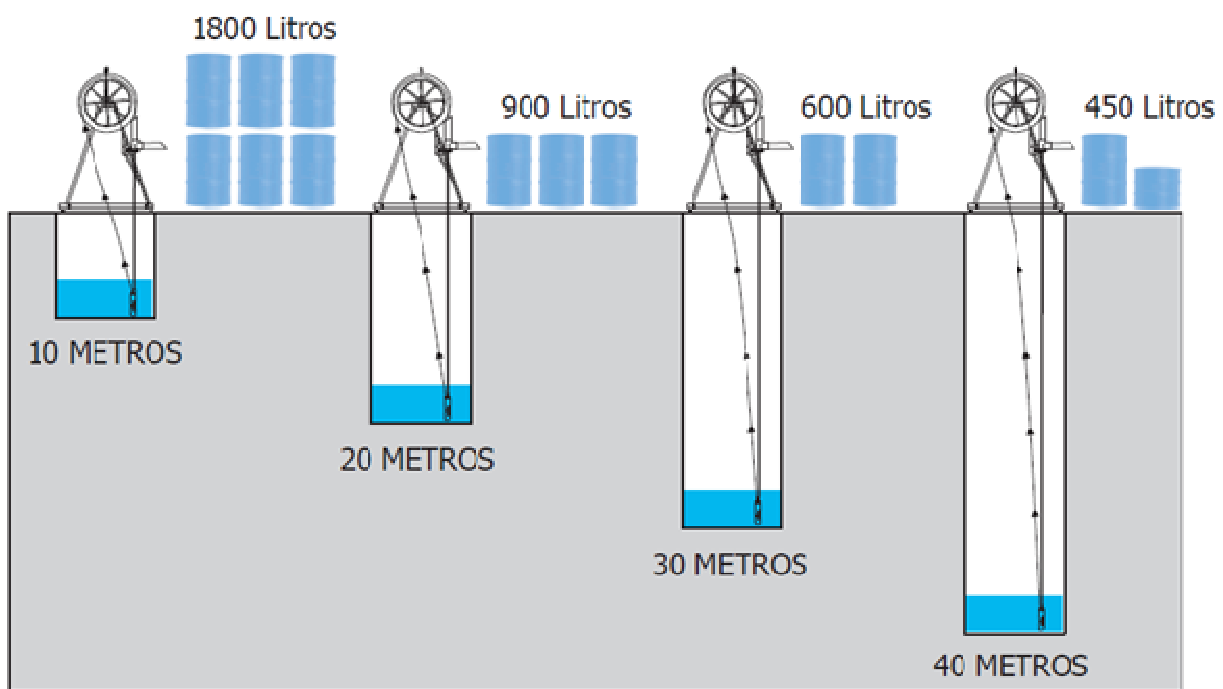


Figura 3.- Cantidad de agua que puede extraer una mujer o un joven en una hora.

Entre otras versiones de la bomba de sogas se encuentran:

- Bomba de sogas Jirafa o de elevación a tanque de agua.
- Bomba de sogas para extracción no vertical.
- Bomba de sogas con doble manivela; dos personas bombean, se duplica la potencia.
- Bomba de sogas adosada a bicicleta; se trabaja con los pies se duplica la potencia y la resistencia de la persona es mayor en el tiempo.
- Bomba de sogas adosada a panel solar y baterías.
- Bomba de sogas bomba a tracción animal.
- Bomba de sogas adosada a molino eólico.
- Bomba de sogas adosada a motor.

Comparación de la bomba de soga con otras bombas manuales

Tabla 1.- Ventajas y Desventajas de Diferentes Bombas Manuales. (OPS, 2005)

Tipo	Ventajas	Desventajas	Nivel de Servicio
India Mark II (modificada)	<ul style="list-style-type: none"> • Buen caudal para pozos profundos • Reducido riesgo de contaminación • Costo aceptable 	<ul style="list-style-type: none"> • Repuestos no accesibles, • Reparación por técnicos capacitados 	Multifamiliar
Wisconsin	<ul style="list-style-type: none"> • De muy buen caudal 	<ul style="list-style-type: none"> • Accesorios no accesibles 	Multifamiliar
M. Suiza	<ul style="list-style-type: none"> • De buen caudal 	<ul style="list-style-type: none"> • Repuestos y accesorios no accesibles, • Requieren reparación y mantenimiento por técnico capacitado 	Multifamiliar
Tubo balde	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil operación • Muy buen caudal • Fácil mantenimiento • Bajo costo 	<ul style="list-style-type: none"> • Riesgo de contaminación por ligera exposición 	Multifamiliar
Bomba de Soga	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil operación • Buen caudal • Fácil mantenimiento y reparación • Bajo costo 	<ul style="list-style-type: none"> • Riesgo de contaminación por ligera exposición 	Multifamiliar
B. Heuser	<ul style="list-style-type: none"> • De fabricación local • Costo accesible • Buen caudal • Fácil operación y mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Repuestos más o menos accesibles 	Multifamiliar
• Flexi-OPS	<ul style="list-style-type: none"> • De fabricación artesanal • Fácil operación y mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo caudal 	No más de 3 familias
UNIMADE	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil operación y mantenimiento • Costo accesible • Buena aceptación por los usuarios • No requiere extracción de cilindro • Funciona en succión o impelente según sea la profundidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Importada su desarrollo fue realizado en Malasia 	Multifamiliar
CATRACHA	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil instalación • Fácil operación y mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Bomba disponible en Centroamérica 	Multifamiliar

ANÁLISIS HIDRÁULICO TEÓRICO DE LA BOMA DE SOGA

Del análisis teórico se desprende que las cargas mecánicas están principalmente restringidas a la sogá y pistones; la tubería está prácticamente descargada. El Momento de bombeo constante y la ausencia de cargas dinámicas la hacen ergonómicamente atractiva como bomba manual. La carga mecánica de los componentes de la bomba es muy favorable, especialmente si se la compara con una bomba de pistón equivalente. Además la bomba de sogá permite una construcción de bajo peso y costo. (Smulders & Rijs, 2006)

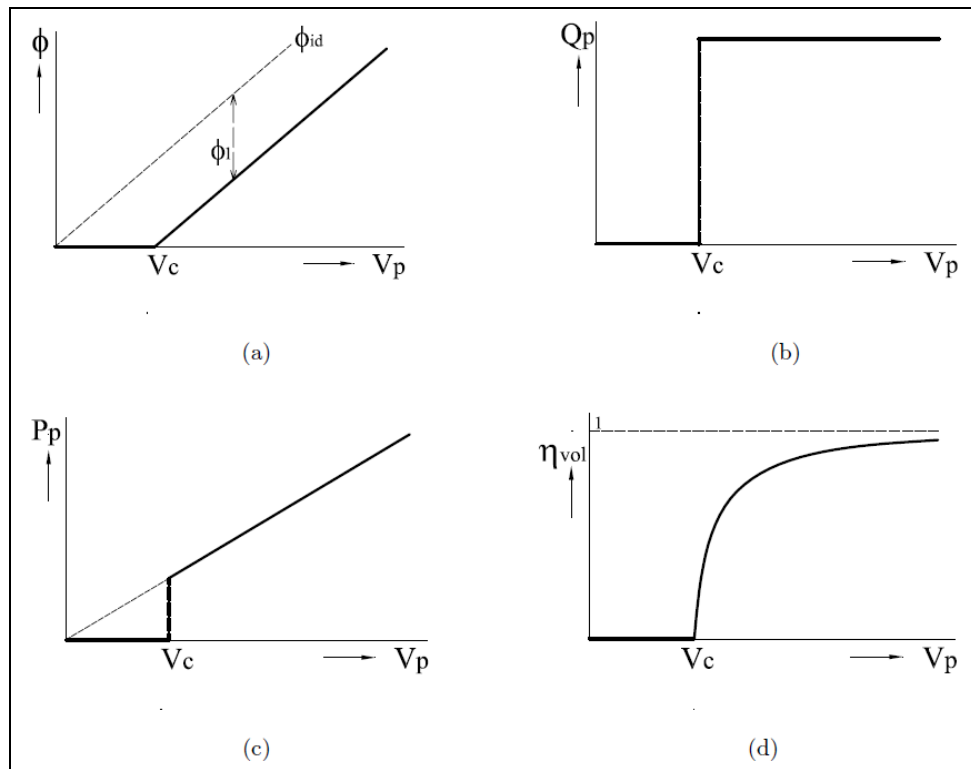


Figura 4.- Curvas características de la bomba de sogá. a) Caudal de salida, ϕ ; b) Momento de bombeo, Q_p ; c) Potencia entregada, P_p ; y d) Eficiencia volumétrica, η_{vol} . Se observa en la figura el efecto de la velocidad crítica de bombeo, V_c .

En la figura 4 se observan las curvas características de la bomba de sogá, además las experiencias prácticas muestran confirman:

- La existencia de una velocidad crítica de bombeo, por debajo de la cual no hay extracción de agua.
- Un Caudal de salida linealmente proporcional a la velocidad de bombeo.
- Un Momento de bombeo constante por encima de la velocidad crítica de bombeo.
- Mayores pérdidas a mayores velocidades de bombeo.
- Un caudal de salida independiente de la altura de bombeo cuando todas las otras variables son constantes.
- Una menor pérdida por escurrimiento de agua a menor separación de pistones (con la limitación de un espaciamiento mínimo).

Cálculo de una tubería de bombeo para un proyecto de bomba de sogas

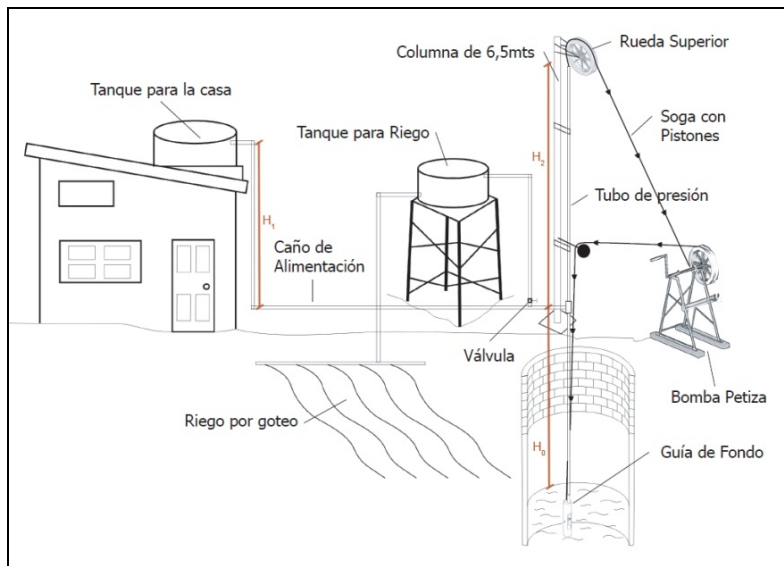


Figura 5.- Esquema de proyecto de tuberías para cálculo.

En la Figura 5 se ha esquematizado una instalación tipo de una bomba de sogas, con elevaciones H_0 desde el pelo de agua del pozo a la T de descarga, H_2 desde la T de descarga hasta la máxima altura de presión, que dependerá de la altura a la que se desea bombear, H_1 , y de las pérdidas por fricción, en general suele rebalsar agua por esta sección en las instalaciones prácticas.

En el Gráfico 1 se muestra para diferentes alturas y diámetros de bombeo la potencia requerida. Se indica con una línea horizontal la máxima potencia que puede suministrar una persona adulta bombeando. Se buscará siempre aprovechar esta potencia (75 W para un adulto) en el diseño. Entonces, por ejemplo, para una profundidad de bombeo de 15 m, se recomienda un diámetro de bombeo de 16 mm, mientras que para una profundidad de bombeo de 10 m se recomienda 20 mm. La tubería de descarga se calcula con los principios de hidráulica de tuberías.

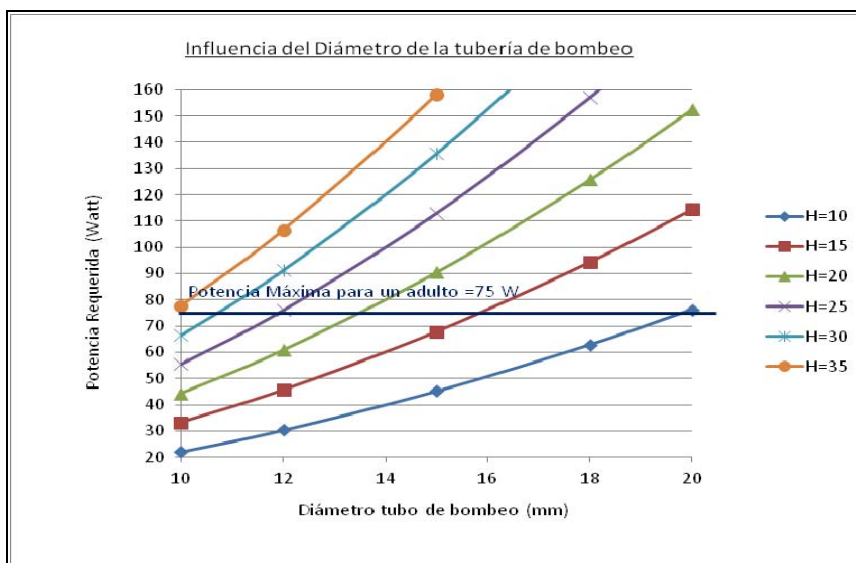


Gráfico 1.- Influencia del diámetro de la tubería de bombeo en la altura de bombeo $H=H_0+H_1$

PROTOTIPO DE UNA BOMBA DE SOGA

En el Laboratorio de Hidráulica de la Universidad Nacional de Córdoba se realizó una bomba de sogá para analizar y comprender su funcionamiento.

Para el tubo de bombeo se utilizó un tubo de acrílico con 12 mm de diámetro interior. Se utilizaron como pistones regatones los cuales fueron cortados y lijados para cumplir con las condiciones exigidas: volumen despreciable y huelgo mínimo para no producir fricción ni perder capacidad de bombeo. Para el tubo de descarga también se utilizó acrílico y se unió al tubo de bombeo mediante un corte en el segundo en forma de boca de pez; adhesión con tolueno y sellado con silicona. Para representar la rueda se utilizó una de goma con un diámetro de 5 cm y para la guía de fondo una rueda con rulemanes de igual diámetro. La sogá fue reemplazada por hilo encerado (Figura 6).

Se ensayaron 3 prototipos con diferente separación entre pistones:

- Primer Prototipo: Separación entre pistones 7 cm.
- Segundo Prototipo: Separación entre pistones 15 cm.
- Tercer Prototipo: Separación entre pistones 30 cm.

Se realizaron varios ensayos con cada prototipo para poder establecer relaciones entre los parámetros. Para determinar el caudal en relación a la velocidad de giro de la manivela se filmó repetidas veces para diferentes velocidades de giro y para cada prototipo. La estructura soporte cuenta con un vaso medidor de volumen extraíble. El tiempo se cuenta a partir de que empieza a salir el agua.

Cada vez que se ensaya una velocidad de giro se toma la medición del volumen extraído. Con la filmación como soporte se obtiene la cantidad de vueltas que dio la manivela y el tiempo de bombeo, diferencia entre el instante en el que se deja de girar la manivela y el instante en que comienza a salir agua del tubo de bombeo ($t_f - t_0$). Con estos datos es posible calcular el Caudal real, Q , y la velocidad de giro de la manivela.

$$Q[\text{cm}^3/\text{min}] = \frac{\text{Volumen}}{\text{tiempo}} \quad (1)$$

$$vel[\text{rpm}] = \frac{\text{Vueltas manivela}}{\text{tiempo en minutos}} \quad (2)$$



El caudal ideal se calcula con el área interior de la tubería y la velocidad de giro aplicada. El caudal teórico, se calcula restándole el caudal crítico al caudal ideal.

$$Q_{ideal} [cm^3/seg] = A \cdot vel \quad (3)$$

$$Q_{critico} [cm^3/seg] = A \cdot V_c \quad (4)$$

$$Q_{teorico} [cm^3/seg] = Q_{ideal} - Q_{critico} \quad (5)$$

La eficiencia real se calcula realizando el cociente entre el Caudal real y el Caudal ideal y la eficiencia teórica se calcula realizando el cociente entre el Caudal teórico y el Caudal ideal.

$$E_{teorica} = \frac{Q_{teorico}}{Q_{ideal}} \quad (6)$$

$$E_{real} = \frac{Q_{real}}{Q_{ideal}} \quad (7)$$

Para cada prototipo se graficaron caudal y eficiencia vs velocidad de giro de la manivela. Además, se graficaron los valores teóricos. En el Gráfico 2 se presentan los valores Velocidad de giro vs. Caudal de los tres prototipos.

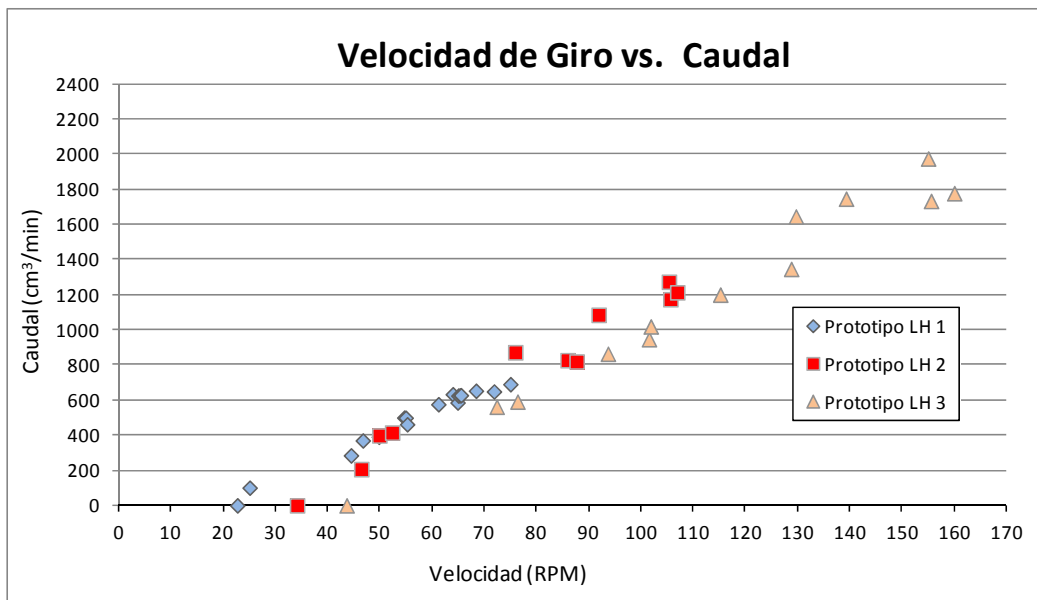


Gráfico 2.- Comparación curvas Velocidad de Giro vs. Caudal de los tres prototipos

Se puede observar que las pendientes de los tres prototipos son muy similares, en especial la de los prototipos 2 y 3, desplazándose la velocidad crítica hacia la derecha a medida que se aumenta la separación entre pistones. Se observó al realizar el prototipo que al haber una mayor separación entre pistones se

permitía llegar a velocidades de giro de la manivela mayores y por ende obtener mayores caudales de bombeo.

Las ecuaciones de las rectas teóricas son:

Tabla 2.- Ecuaciones de las rectas Velocidad de giro vs. Caudal teórico

	Ecuación de la recta	Rango de Validez
Prototipo LH 1	$Q[\text{cm}^3/\text{min}] = 18,106V[\text{rpm}] - 347,55$	$V > V_{c \text{ teórico}}$
Prototipo LH 2	$Q[\text{cm}^3/\text{min}] = 18,169V[\text{rpm}] - 382,78$	$V > V_{c \text{ teórico}}$
Prototipo LH 3	$Q[\text{cm}^3/\text{min}] = 18,184V[\text{rpm}] - 635,48$	$V > V_{c \text{ teórico}}$

La diferencia de las pendientes se debe a la influencia relativa del volumen de los pistones respecto al volumen de agua entre ellos y la diferencia de ordenadas al origen a las diferentes velocidades críticas también dependientes de la separación entre pistones.

Las ecuaciones de las rectas reales paralelas a las teóricas son:

Tabla 3.- Ecuaciones de las rectas Velocidad de giro vs. Caudal real

	Ecuación de la recta	Correlación	Rango de Validez
Prototipo LH 1	$Q[\text{cm}^3/\text{min}] = 18,107V[\text{rpm}] - 548$	0,8455	$V_{c \text{ real}} < V < V_{\text{rebalse}}$
Prototipo LH 2	$Q[\text{cm}^3/\text{min}] = 18,164V[\text{rpm}] - 655$	0,9484	$V_{c \text{ real}} < V < V_{\text{rebalse}}$
Prototipo LH 3	$Q[\text{cm}^3/\text{min}] = 18,187V[\text{rpm}] - 897$	0,9517	$V_{c \text{ real}} < V < V_{\text{rebalse}}$

La diferencia de ordenadas con respecto a las teóricas se debe a la diferencia en las velocidades críticas. La correlación es buena para los tres prototipos y mejor a medida que aumenta la separación entre pistones, situación que se podría interpretar como un mejor funcionamiento de la bomba pues se aproxima en un rango más acotado al valor teórico.

Se grafican los valores de Caudal real vs. Caudal teórico de todos los prototipos y se traza una recta que pase por el origen (0,0), de esta manera se calcula el valor del coeficiente de descarga C_D , Gráfico 3.

$$Q_{\text{real}} = C_D \cdot Q_{\text{teórico}} \quad (8)$$

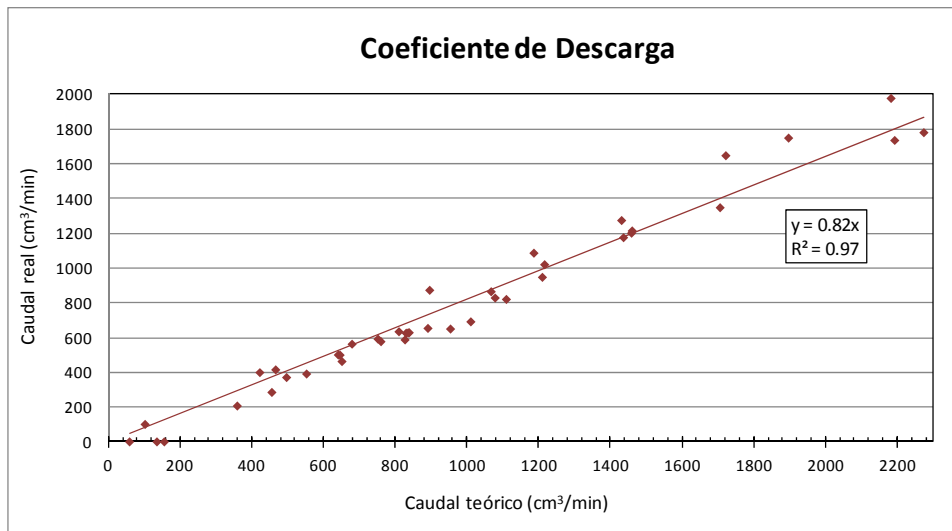


Gráfico 3.- Coeficiente de descarga

$$C_D = 0,82$$

El coeficiente de descarga nos indica que los valores reales de caudal son un 82% de los valores teóricos. Al comparar este porcentaje con lo enunciado en el inciso. Se concluye que la eficiencia del prototipo de la bomba de sogas se encuentra dentro del rango teórico 80% a 85% correspondiente a una bomba de sogas de buena calidad.

Se grafican las velocidades críticas tanto teóricas como reales para cada prototipo para observar su relación.

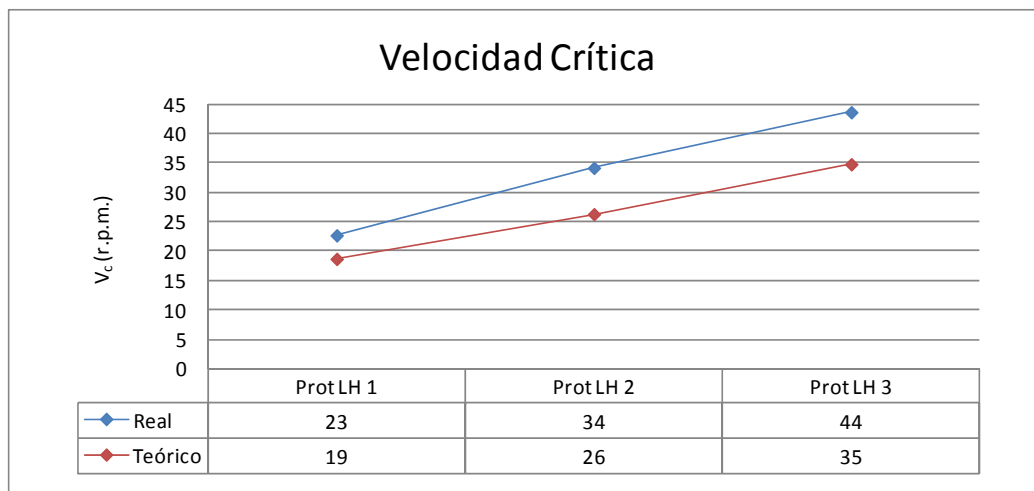


Gráfico 4.- Velocidad Crítica, V_c , en los tres prototipos.

Se puede observar, en el Gráfico 4, que la V_c medida es mayor a la teórica. Esto se puede deber a que no todos los pistones tienen igual diámetro, ni el diámetro de la tubería es constante en toda su longitud, es decir, a una variación del área de filtración a lo largo de la tubería para cada pistón. Tampoco se ha tenido en cuenta la fricción del agua con la tubería.

En el Gráfico 5 se comparan los caudales máximos en los tres prototipos para sus respectivas velocidades de giro de manivela.

Tabla 4.- Comparación de Caudales máximos teóricos y empíricos.

Prototipo	V _{max} r.p.m.	Q _{max-real} cm ³ /min	Q _{max-teór} cm ³ /min
LH 1	75	690	1011
LH 2	105	1273	1432
LH 3	155	1975	2183

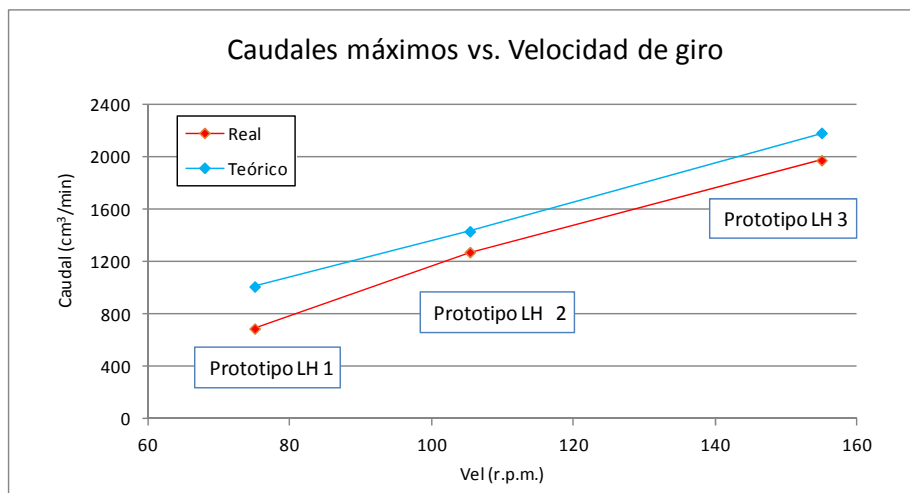


Gráfico 5.- Caudales máximos en los tres prototipos.

Se observa que a mayor separación entre pistones se logran mayores velocidades y mayores caudales vertidos.

ANÁLISIS DIMENSIONAL

Se han analizado diferentes números adimensionales y la relación entre ellos para concluir cuáles de éstos representan adecuadamente la relación entre variables tanto para los prototipos realizados en el LH y prototipos de mayor escala utilizados en diferentes lugares de Argentina. A continuación se presenta la obtención de los dos números adimensionales, los cuales se concluyó, que son los adecuados.

Considerando agua como el fluido y suponiendo constante la densidad y coeficiente de viscosidad. El caudal en una bomba de sogas depende de las siguientes variables: H, Q, D, ω, D_r, y g. Hay dos dimensiones (L, T), Se tendrán 4 números Π. De los cuatro posibles hay dos que representan mediante su relación el comportamiento práctico de todas las variables.

$$\Pi_1 = \frac{gH}{\omega^2 D_r^3} \quad (9)$$

$$\Pi_2 = \frac{Q}{D^3 \sqrt{gH}} \quad (10)$$

Se calculan ambos números adimensionales con los valores obtenidos para los prototipos del LH de la bomba de sogas. Se grafican en un mismo gráfico junto a la eficiencia respecto del caudal ideal. Luego se calculan los números adimensionales para datos que se tienen de prototipos de bomba de sogas de mayor escala para ver la correspondencia.

Tabla 6.- Números de Reynolds y Froude para prototipos LH y prototipos ETVida.

	prof	Q	Vel	Dr	ω	densidad	Diametro	Reynolds	Froude
	m	m ³ /h	m/s	m	rpm	kg/m ³	m		
Prot LH 1	0.9	0.12	0.07	0.05	27.50	998	0.012	8.55E+02	5.87E-04
Prot LH 2	0.9	0.04	0.23	0.05	85.94	998	0.012	2.67E+03	5.73E-03
Prot LH 3	0.9	0.07	0.34	0.05	128.72	998	0.012	4.00E+03	1.29E-02
Prot 1	7.5	2.40	0.83	0.50	31.66	998	0.032	2.63E+04	9.34E-03
Prot 2	10	1.80	0.62	0.50	23.75	998	0.032	1.97E+04	3.94E-03
Prot 3	24	0.90	0.51	0.50	19.45	998	0.025	1.26E+04	1.10E-03
Prot 4	42	0.45	0.40	0.50	15.20	998	0.020	7.88E+03	3.84E-04

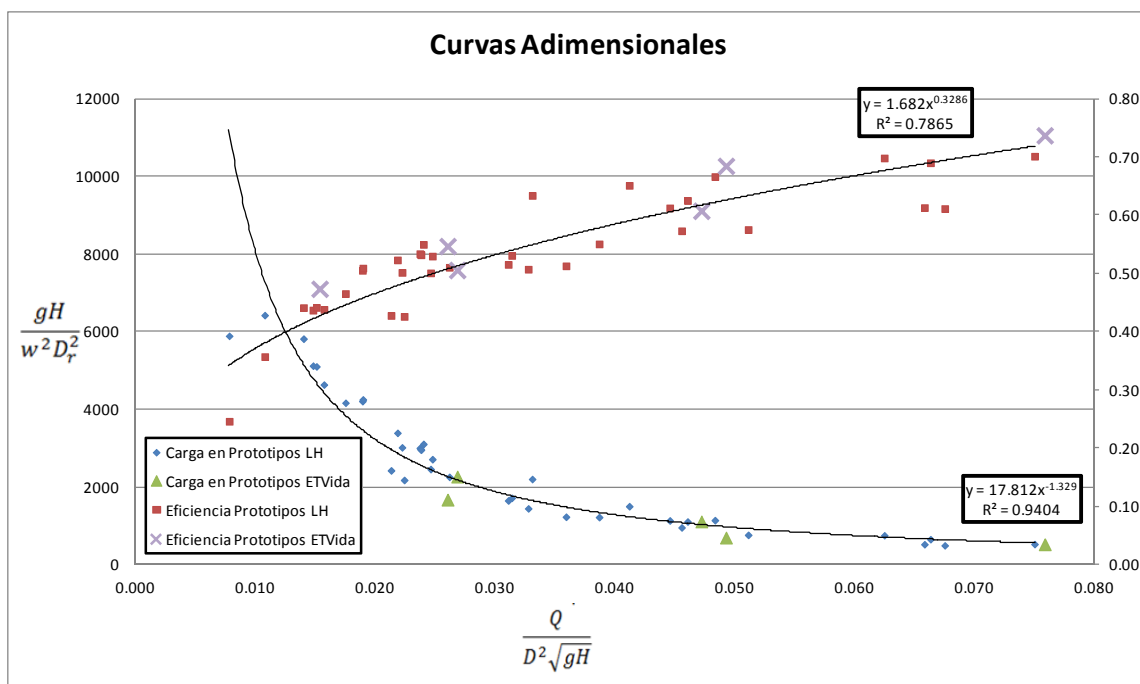


Gráfico 6.- Curvas características de la bomba de sogas.

CONCLUSIONES

Los diferentes prototipos de la bomba de sogas ensayados se comportaron adecuadamente respecto a la teoría.

Se observó que la velocidad crítica de los tres prototipos es mayor a la teórica. En el Gráfico 2 se observa que con una mayor separación entre pistones se pueden obtener mayores velocidades de giro y mayores caudales de bombeo.

A partir de análisis dimensional se obtuvo una curva que no sólo es representativa de los valores de los prototipos, sino también de datos reales de prototipos proporcionados por ETVida (Gráfico 6). La expresión

$$\left(\frac{gH}{\omega^2 D^5}\right) = 17,81 \left(\frac{Q}{D^3 \sqrt{gH}}\right)^{-1,329} \quad (11)$$

vincula todas las variables de influencia en el proceso de extracción de agua con una bomba de sogá y permite a través de los valores obtenidos en los prototipos realizados en el LH a escala extrapolarlos a cualquier otro prototipo.

La expresión que nos permite calcular la eficiencia para el prototipo es la siguiente:

$$\eta = 1,682 \left(\frac{Q}{D^3 \sqrt{gH}}\right)^{0,3286} \quad (12)$$

Comparando los resultados empíricos obtenidos a partir de los prototipos con la teoría se observa que la velocidad crítica es un 25% mayor que los que proporciona la teoría. Los caudales obtenidos en los prototipos para diferentes velocidades de giro de la manivela son un 82% de los teóricos, es decir, $C_D = 0,82$.

En los prototipos 2 y 3 se obtuvieron caudales máximos del orden del 90% de los caudales máximos teóricos, estos valores se corresponden con la eficiencia esperada. En el prototipo 1 sólo se llegó al 60% por cuestiones operativas, la imposibilidad de aumentar las revoluciones por minuto de la manivela.

***Agradecimientos.** A mis profesores Mariano Corral, Rocío Luz Fernandez y Andrés Rodriguez, quienes me han dado todo su apoyo y paciencia en las diferentes etapas de este trabajo. A todo el personal del Laboratorio de Hidráulica de la FCEfyN de la Universidad Nacional de Córdoba. A mis padres, hermana y amigos. A quienes confían y trabajan para construir un país con mayor equidad y justicia social, y una región latinoamericana más soberana.*

REFERENCIAS

- ETVIDA, 2008. Emprendimientos de tecnologías para la vida. Recuperado el 2009, de www.etvida.com.ar
- ETVIDA, 2009. Manual de Proyecto de una bomba de Soga.
- Larrosa, A. M., 2002. La bomba de sogá. Energía y tú (N° 19).
- O.P.S., 2005. Tecnologías para abastecimiento de agua en poblaciones dispersas. Organización Panamericana de Salud, Lima.
- Smulders, P. T., & Rijs, R. P., 2006. A Hydrodynamic Model of the Rope Pump. Países Bajos.