

ENERGÍA SOLAR APLICADA A UN DISPOSITIVO NEUMÁTICO PARA EXTRACCIÓN DE AGUA. ENSAYOS Y CURVAS

RODRIGO Víctor*, CASTRO Pablo, CALDERÓN Diego, RODRIGO Lucas, ZUPANC Pablo, CARLETTO Javier

Universidad Nacional de San Luis - Facultad de Ingeniería y Ciencias Económico Sociales
Avenida 25 de Mayo 384 (5730) V.Mercedes - San Luis – Argentina Tel. (054/2657)-430954/430980/434545
int. 169 - Fax (054/02657)-430790
E-mail : rodrigo@fices.unsl.edu.ar
* Tel. particular: (054/2657-422532)

RESUMEN:

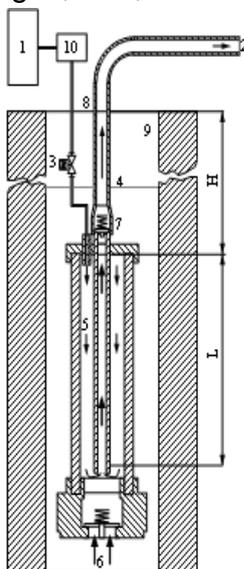
El presente trabajo tiene por objetivo la determinación de los parámetros de funcionamiento y curvas características, a partir de ensayos realizados a la Bomba de Aire Comprimido. El mismo, consiste en probar una nueva bomba con cilindro de bronce, a 15 metros de profundidad. La metodología aplicada consistió en ensayos de extracción de agua en una perforación real, donde intervienen, aparte de los elementos principales, los accesorios necesarios para las mediciones y control de las distintas pruebas realizadas a una misma profundidad (15m), variando presión de trabajo y tiempo de carga y descarga del cilindro. De esta manera se obtuvieron las curvas del caudal y la energía consumida por litro de agua extraída a 15 metros de profundidad, variables necesarias para el diseño y cálculo de la fuente de energía alternativa, solar y eólica, necesaria para la producción de aire comprimido.

Palabras clave: Extracción, Agua, Aire comprimido, Energía solar, Energía eólica.

INTRODUCCIÓN

En la localidad de Villa Mercedes (San Luis), Argentina y en la zona rural circundante, generalmente, el trabajador rural se dedica a los cultivos extensivos y a la ganadería, requiriendo para ello extraer aguas subterráneas a distintas profundidades. Las napas de agua se encuentran a profundidades mayores a 15 metros en promedio.

Los actuales procedimientos empleados, bombas para la extracción sumergidas en la perforación, cilindros con pistones y juntas de cuero, varillas extremadamente largas, etc., tienen importantes desventajas que se visualizan a la hora de efectuar



1. Fuente de aire comprimido
2. Salida de agua
3. Electroválvula AB
4. Nivel de agua
5. Cámara
6. Válvula de retención TR1
7. Válvula de retención TR2
8. Nivel del suelo
9. Perforación
10. Control automático de la electroválvula AB

su reparación y/o mantenimiento. Además dichas instalaciones, se encuentran alejadas de los centros de distribución de energía eléctrica convencional, teniendo que realizar extensas longitudes de redes de distribución para poder disponer de la energía. Como consecuencia de lo anteriormente mencionado, el costo se hace elevado y trae aparejado numerosos casos

Figura nº1

de abandono de las instalaciones y por ende de la actividad rural. Por todo esto se ideó el desarrollo de un dispositivo que no tuviera partes móviles, para que los costos de mantenimiento y reparación fuesen notablemente reducidos, permitiendo además que el encargado de la reparación o mantenimiento sea el mismo obrero rural.

Este trabajo se funda principalmente sobre el estudio de una bomba de aire comprimido o neumática (ver figura nº1), cuya generación de aire comprimido es lograda a través de un compresor, el cual funciona con energía solar con paneles fotovoltaicos.

El principio de funcionamiento de la bomba es generar una presión mayor, que la presión atmosférica de la superficie terrestre, en la cámara o cilindro introducido en el agua (a 15 metros de profundidad en este caso) para que la misma sea elevada o desalojada a la superficie.

El objetivo de estos ensayos es la determinación de los parámetros de funcionamiento y curvas característicos del dispositivo neumático de extracción de agua.

DESCRIPCIÓN DE LA BOMBA UTILIZADA EN LOS ENSAYOS

La bomba, consiste de un cuerpo cilíndrico principal de bronce (cilindro en desuso de un molino de viento para extracción de agua), de un diámetro de 76,2mm (3") y de una longitud total de 540mm, con válvula de retención inferior propia del cilindro del molino. Esta válvula, fue elegida entre otras, por brindar las mejores condiciones de funcionamiento de la bomba, o sea una baja pérdida de carga y además es de bajo costo.

El equipo accesorio de bombeo consiste en: tubería de impulsión de polipropileno 19,05mm de diámetro ($\frac{3}{4}$ "') con un desarrollo de 15m; un compresor (para generar aire comprimido para la extracción de agua) de 784 KPa (8 Kg/cm²) de presión de punta, de 1,1KW de potencia, 0,08531 m³/min (85,31 litros/min) de caudal, y 20 litros de capacidad, con válvula reguladora de presión; un caudalímetro digital con medida instantánea de caudal y electroválvula marca Festo, comandada por un controlador de tiempo de diseño y fabricación propia.

El equipo que provee energía al compresor, consiste de cuatro paneles solares de 120 W cada uno, (para la generación de Energía Eléctrica), Baterías (para almacenamiento de Energía Eléctrica), Conversor de 2500 W, (para convertir la Energía Eléctrica continua en Energía Eléctrica Alternada y a su vez elevar el voltaje de la misma fuente). También cuenta con dos aerogeneradores de 1000 W cada uno, marca Eolux, con regulador de voltaje, banco de baterías y conversor.

ENSAYOS

La bomba está situada a una profundidad de 15 metros reales. La misma está sumergida a más de 2 m del nivel estático del agua en la perforación para que, con

esta columna de agua, los tiempos de llenado del cilindro, sean menores a 0,5 seg. La electroválvula está colocada a 3m por encima del cilindro y a 15 m del compresor. El tablero de comando de tiempos, compresor y caudalímetro se encuentran ubicados a 15m por encima de la bomba.

Para realizar los ensayos se varían dos parámetros de funcionamiento: el tiempo de carga y descarga del dispositivo, accionado por la válvula neumática, desde 0,5 a 1,5 seg. a intervalos de 0,1 seg.; el segundo parámetro es la presión del aire comprimido: 196,2 KPa (2kg/cm²), 294,3 KPa (3 Kg/cm²) y 392,4 KPa (4 kg/cm²).

Ensayo 1:

Este se realizó a 15m de profundidad y a una presión constante de 196,2 KPa (2 Kg/cm²), variando los tiempos de carga y descarga del cilindro entre 0,5 y 1,5 seg (el tiempo de carga y descarga son iguales). De esta manera se encontraron los valores de caudal [litros/hora] y consumo de energía eléctrica por cada litro extraído [W h/litro].

| Presión de accionamiento de electroválvula neumática | Tiempo de accionamiento de electroválvula neumática [seg] | Caudal extraído [litros/h] | Energía consumida por litro extraído [W-h/litro] |
|--|---|----------------------------|--|
| 196,2 KPa (2Kg/cm ²) | 0,5 | 460,8 | 0,662 |
| | 0,6 | 532,8 | 0,663 |
| | 0,7 | 654 | 0,637 |
| | 0,8 | 721,2 | 0,674 |
| | 0,9 | 763,8 | 0,708 |
| | 1 | 818,4 | 0,761 |
| | 1,1 | 860,4 | 0,793 |
| | 1,2 | 904,2 | 0,785 |
| | 1,3 | 891,6 | 0,828 |
| | 1,4 | 916,8 | 0,863 |
| | 1,5 | 972,6 | 0,852 |

Tabla 1: Caudal y energía para distintos tiempos de carga y descarga, para una presión de trabajo de 2 Kg/cm²

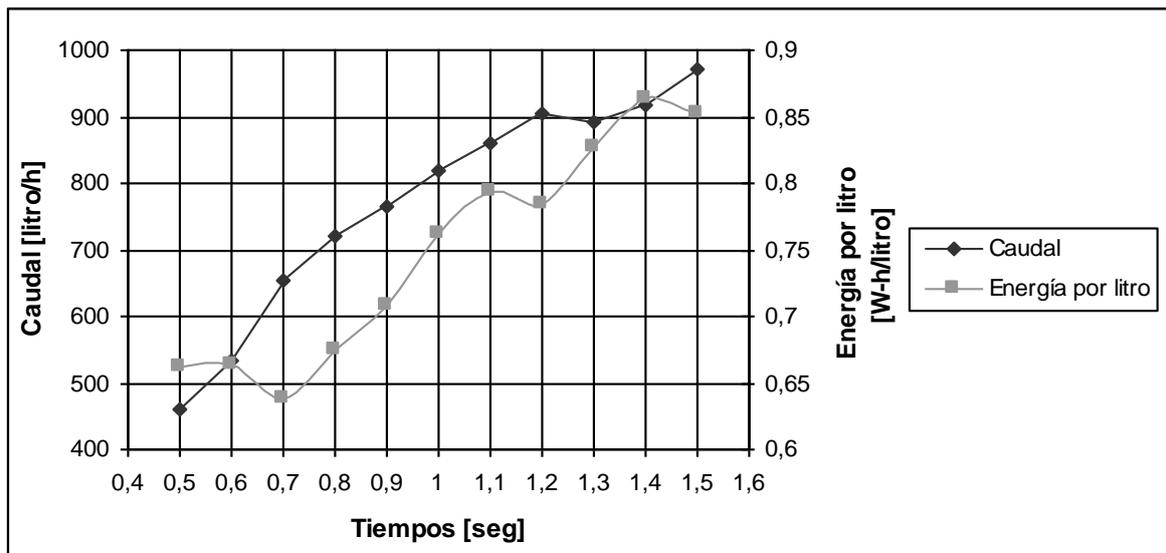


Figura 2: Curva de caudal y energía en función de los tiempos de carga y descarga para una presión de trabajo de 2 Kg/cm²

Ensayo 2:

Al igual que el ensayo anterior, se realizó a 15m de profundidad pero a una presión constante de 294,3 KPa (3 Kg/cm²), variando los tiempos de carga y descarga del cilindro entre 0,5 y 1,3 seg (el tiempo de carga y descarga son iguales). De esta manera se encontraron los valores de caudal [litros/hora] y consumo de energía eléctrica por cada litro extraído [W h/litro].

| Presión de accionamiento de electroválvula neumática | Tiempo de apertura de electroválvula neumática (seg.) | Caudal extraído en (lit/hs) | Energía consumida por litro extraído [W-h/litro] |
|--|---|-----------------------------|--|
| 294,3 KPa (3Kg/cm ²) | 0,5 | 659,4 | 0,649 |
| | 0,6 | 762,6 | 0,689 |
| | 0,7 | 868,8 | 0,745 |
| | 0,8 | 990 | 0,827 |
| | 0,9 | 1041 | 0,794 |
| | 1 | 1074,6 | 0,854 |
| | 1,1 | 1150,8 | 0,956 |
| | 1,2 | 1196,4 | 0,919 |
| | 1,3 | 1269,6 | 0,866 |

Tabla 2: Caudal y energía para distintos tiempos de carga y descarga, para una presión de trabajo de 3 Kg/cm²

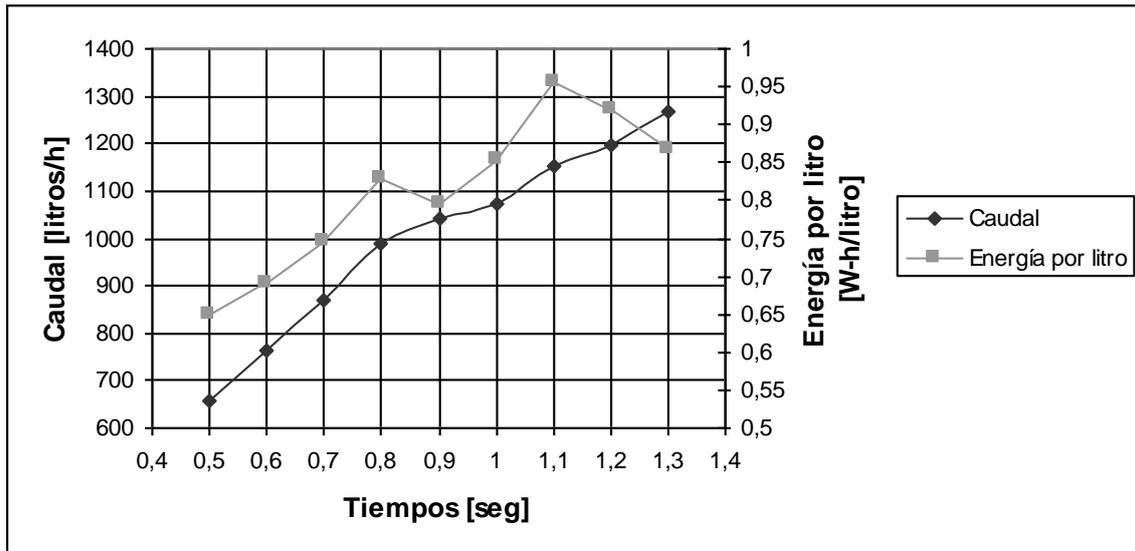


Figura 3: Curva de caudal y energía en función de los tiempos de carga y descarga para una presión de trabajo de 3 Kg/cm²

Ensayo 3:

Este también se realizó de la misma manera, a 15m de profundidad y a una presión constante de 392,4 KPa (4 Kg/cm²), variando los tiempos de carga y descarga del cilindro entre 0,5 y 1,1 seg (el tiempo de carga y descarga son iguales). De esta manera se encontraron los valores de caudal [litros/hora] y consumo de energía eléctrica por cada litro extraído [W h/litro].

| Presión de accionamiento de electroválvula neumática | Tiempo de apertura de electroválvula neumática (seg.) | Caudal extraído en (lit/hs) | Energía consumida por litro extraído [W-h/litro] |
|--|---|-----------------------------|--|
| 392,4 Kpa (4Kg/cm ²) | 0,5 | 1093,2 | 0,851 |
| | 0,6 | 1236,6 | 0,890 |
| | 0,7 | 1346,4 | 0,817 |
| | 0,8 | 1503,6 | 0,732 |
| | 0,9 | 1413,6 | 0,778 |
| | 1 | 1369,8 | 0,803 |
| | 1,1 | 1227 | 0,896 |

Tabla 3: Caudal y energía para distintos tiempos de carga y descarga, para una presión de trabajo de 4 Kg/cm²

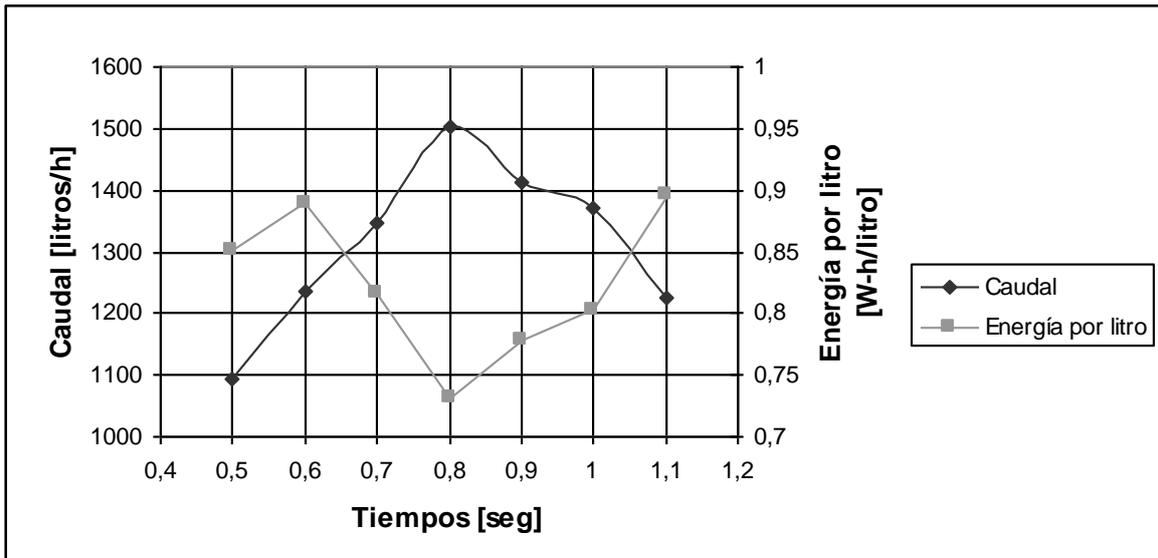


Figura 4: Curva de caudal y energía en función de los tiempos de carga y descarga para una presión de trabajo de 4 Kg/cm²

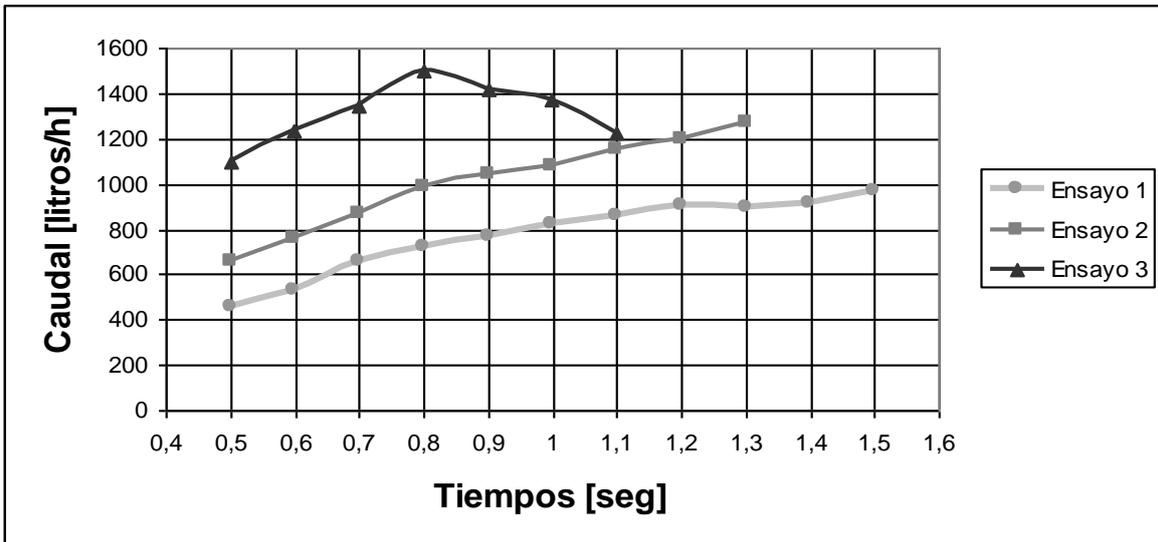


Figura 5: Curva de caudal en función de los tiempos de carga y descarga para las tres presiones de trabajo

En la figura anterior (Figura 5) se representan las curvas de caudal en función de los tiempos de carga y descarga, de cada ensayo realizado (Ensayo 1 a una presión de 196,2 KPa o 2 Kg/cm²; Ensayo 2 a una presión de 294,3 KPa o 3 Kg/cm²; Ensayo 3 a una presión de 392,4 KPa o 4 Kg/cm²)

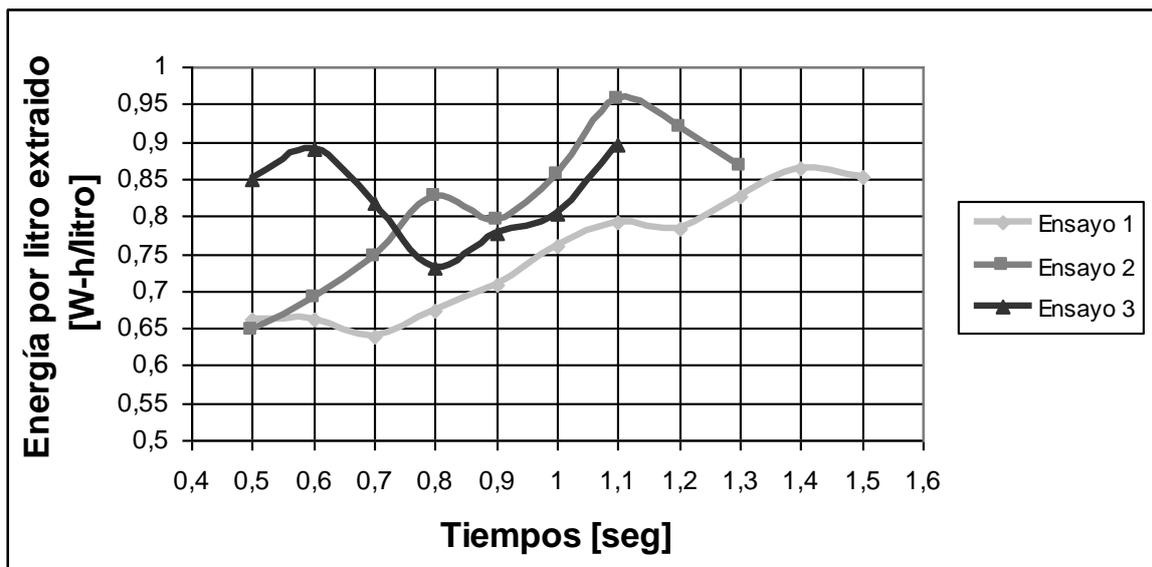


Figura 6: Curva de energía por litro extraído en función de los tiempos de carga y descarga para las tres presiones de trabajo.

En la figura 6 se representan las curvas de energía por litro extraído en función de los tiempos de carga y descarga, de cada ensayo realizado (Ensayo 1 a una presión de 196,2 KPa o 2 Kg/cm²; Ensayo 2 a una presión de 294,3 KPa o 3 Kg/cm²; Ensayo 3 a una presión de 392,4 KPa o 4 Kg/cm²)

CONCLUSIONES

Con los equipos y metodología utilizados se ve en la figura 2 y 3, que a medida que se aumentan los tiempos de carga y descarga aumenta el caudal, pero también aumenta la energía por litro de agua extraída. En la figura 4, encontramos que el punto de mayor caudal es el de menor energía, para el tiempo de carga y descarga de 0,8 seg. (1503,6 litros/hora - 0,732 W-h/litro).

En la figura 5 se observa que a mayor presión de trabajo se obtiene mayor caudal de agua.

En la figura 6, grafico de la energías para los tres ensayos anteriores, con distintas presiones de trabajo, vemos que para la curva de energía para el ensayo de 392,4 KPa o 4 Kg/cm², se observa una disminución de la energía para los valores cercanos al tiempo 0.8.

Todos estos resultados obtenidos, tanto de caudal como de energía consumida por litro de agua extraída, son útiles y necesarios para poder diseñar nuestra fuente de generación de aire comprimido ya sea a través de energía solar como así también de energía eólica. Por ejemplo, como en el caso del LEA en la FICES - UNSL, se cuenta con cuatro paneles solares, con los cuales se puede acumular 480 W-hora. Si se supone un día de invierno con aproximadamente 7 horas de luz solar aprovechable, se acumularán 3360 Watt. Con esta energía y con el uso de las tablas y curvas se podrá obtener, para una presión determinada, el caudal de agua que se puede extraer por día; para 196,2 KPa o 2 Kg/cm², tiempo 1,5seg, caudal 972,6 litros/hora, consumo 0,852 W-h/litro (datos obtenidos de la tabla 1), se extraerán por día 3943 litros de agua y la bomba estará funcionando 4 horas; para 294,3 KPa o 3 Kg/cm², tiempo 1,3seg, caudal 1269,6 litros/hora, consumo 0,866 W-h/litro (datos obtenidos de la tabla 2), se extraerán por día 3879,9 litros de agua y la bomba estará

funcionando 3 horas; para 392,4 KPa o 4 Kg/cm², tiempo 0,8seg , caudal 1503 litros/hora, consumo 0,732 W-h/litro (datos obtenidos de la tabla 3), se extraerán por día 4590 litros de agua y la bomba estará funcionando 3 horas. Evidentemente, a 15 metros de profundidad y con la producción de energía solar antes mencionada, este último caso (4 Kg/cm² de presión y tiempo 0,8seg.) sería el de mejor rendimiento de la bomba.

Se ha logrado caudales de agua muy aproximados a lo que extrae un molino cuyo cilindro sea de 2 ½ pulgadas y con viento relativamente constante, con la ventaja que en este caso, se puede acumular la energía solar y eólica a través de la energía eléctrica con acumuladores, y extraer agua con esta energía cuando más se lo requiera. Se vuelve hacer hincapié en el hecho de la simplicidad, del bajo costo de instalación y del bajo mantenimiento del sistema en su totalidad

REFERENCIAS

- MATAIX C. (1978) – Mecánica de los fluidos y máquinas hidráulicas – Harper & Row Publishers Inc.
- RODRIGO V., DIGENNARO J., ROSSI, A. (1997)– Bomba de aire comprimido para la extracción de aguas subterráneas en la zona de V. Mercedes (San Luis) - ASADES –Vol 1 Nro. 2 Pág 189 – Rio Cuarto (Córdoba).
- RODRIGO V., DIGENNARO J., RIBOTTA, S. y MONASTEROLO R. (1998) – Bomba de aire comprimido para la extracción de aguas subterráneas en la zona de V. Mercedes (San Luis) - ASADES –Vol 2 Nro. 2 Pág 06-37 – Salta.
- RODRIGO V., DIGENNARO J., RIBOTTA, S. y MONASTEROLO R. (1999)– Bomba de aire comprimido para la extracción de aguas subterráneas en la zona de V. Mercedes (San Luis) - ASADES – Vol 3 Nro. 2 Pág 07-36 – Tucumán.