

MANUAL DE **O**PERACIÓN Y
Y **M**ANTENIMIENTO
DE **S**ISTEMAS
DE **A**GUA POR **B**OMBEO



REPÚBLICA DE BOLIVIA



MINISTERIO DEL AGUA
VICEMINISTERIO DE SERVICIOS BÁSICOS

**MINISTERIO DEL AGUA
VICEMINISTERIO DE SERVICIOS BÁSICOS**

Calle Capitán Castrillo N° 434
entre Av. 20 de Octubre y
Calle Heroes del Acre
Teléfono - Fax: (591-2) 211 5571
La Paz - Bolivia

Re-edición e impresión:

ABBASE LTDA.
Teléfono - Fax: (591 2) 222 1639
E-mail: abase@mi.canzion.com

La Paz - Bolivia, 2007

Con el propósito de apoyar los procesos de capacitación, para la implementación de las líneas de acción de la Guía de Desarrollo Comunitario para Proyectos de Agua y Saneamiento en poblaciones menores a 10.000 habitantes, se realiza la reedición del presente documento, el cual fue elaborado dentro del alcance del proyecto PROSABAR en la gestión 2001.

CONTENIDO

CAPITULO	Página
INTRODUCCION.....	5
1. DESCRIPCION Y COMPONENTES DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POR BOMBEO.....	7
1.1 ¿Qué es un sistema de abastecimiento de agua mediante bombeo?.....	7
1.1.1 La fuente de agua.....	8
1.1.2 Impulsión: bomba, generador y conexiones.....	9
1.1.3 Tanque de almacenamiento y regulación.....	15
1.1.4 Red de distribución.....	17
1.1.5 Conexiones domiciliarias o piletas públicas.....	17
2. OPERACION Y MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS E INSTALACIONES DE BOMBEO.....	19
2.1 Definiciones.....	19
2.2 O&M de sistemas con bombas eléctricas.....	19
2.2.1 Verificaciones.....	19
2.2.2 Encendido del motor.....	20
2.2.3 Encendido del generador.....	22
2.2.4 Operación de encendido y funcionamiento de la electrobomba.....	22
2.2.5 Operación de apagado del grupo generador-bomba.....	23
2.2.6 Inspección y mantenimiento.....	24
2.3 O&M de sistemas con bombas solares.....	27
2.3.1 Introducción.....	27
2.3.2 Recomendaciones para la instalación.....	31

2.3.3	Operación del sistema	32
2.3.4	Origen e indicación de fallas en el funcionamiento	33
2.3.5	Inspección y mantenimiento	34
2.4	O&M de sistemas eólicos	36
2.4.1	Introducción	36
2.4.2	Recomendaciones generales para la instalación y operación del sistema	37
2.4.3	Instalación y operación del sistema con transmisión mecánica	37
2.4.4	Inspección y mantenimiento	40
3.	OPERACION Y MANTENIMIENTO DE LOS OTROS COMPONENTES DEL SISTEMA	43
3.1	Operación y mantenimiento de las fuentes de agua y de las obras de captación	43
3.2	Operación y mantenimiento de líneas de impulsión	44
3.3	Operación y mantenimiento de los tanques de agua	45
3.4	Operación y mantenimiento de redes de distribución	46
3.5	Operación y mantenimiento de conexiones domiciliarias	48
4.	CONSIDERACIONES FINALES GENERALES Y ANEXOS AL TEXTO	51
	Anexos	53

INTRODUCCION

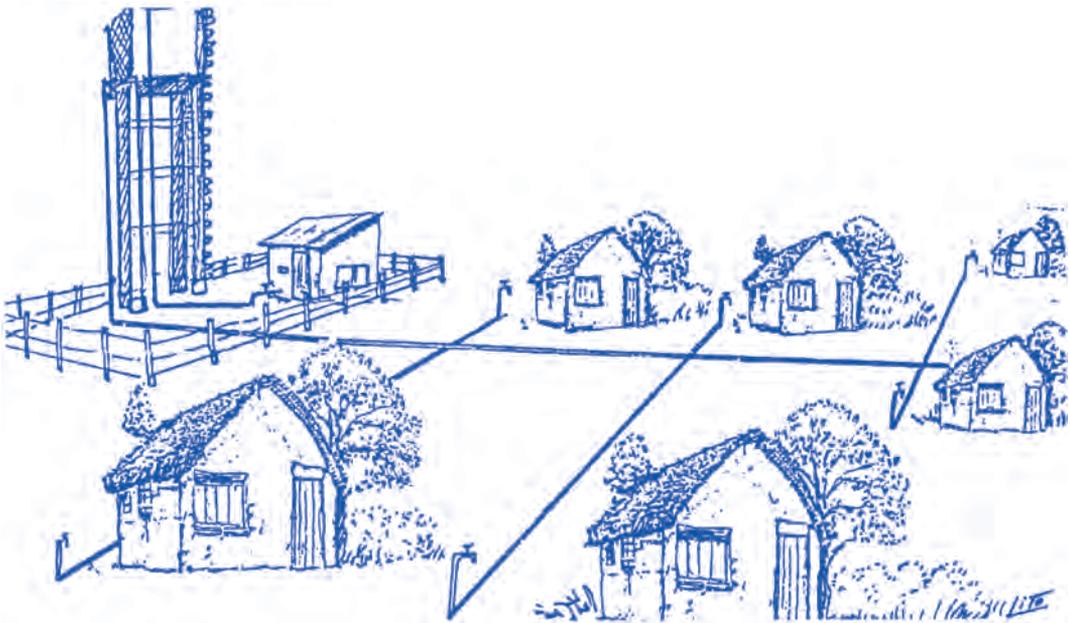
La captación de agua mediante bombeo es uno de los sistemas de mayor aplicación en la zona oriental de Bolivia, debido a la topografía plana y a la poca altura sobre el nivel del mar; el 80% de los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano, son por bombeo de diferentes tipos.

El presente documento ha sido elaborado con la finalidad de suministrar una ayuda básica a los operadores y administradores de sistemas de agua por bombeo en Comunidades Rurales, cuya infraestructura es, además, relativamente nueva y relativamente pequeña. En el documento presente se hacen mayores comentarios respecto a la O&M de los equipos e instalaciones de bombeo de sistemas eléctricos, solares y eólicos; no así para bombeo manual cuya gran variedad de bombas en uso merece una atención por separado. Esperamos que las ilustraciones y los criterios acá expresados, asimilados a cada realidad particular, sean de utilidad.

1 DESCRIPCIÓN Y COMPONENTES DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POR BOMBEO

1.1 ¿QUE ES UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA MEDIANTE BOMBEO?

Se llama sistema de abastecimiento de agua al conjunto de instalaciones técnicas destinadas a la captación, conducción y distribución de agua para el consumo humano. Un ejemplo gráfico se muestra a continuación.



Esas instalaciones se refieren básicamente a los siguientes componentes:

- ➔ la obra de captación o fuente de agua,
 - ➔ la impulsión o conducción del agua desde la fuente hasta el punto de descarga,
 - ➔ un recipiente o tanque de almacenamiento del agua,
 - ➔ una red de distribución del agua a la población,
 - ➔ las conexiones domiciliarias o piletas públicas.
-
- *Un sistema de abastecimiento de agua mediante bombeo extrae e impulsa*

el líquido mediante una bomba y tubería, desde la fuente de captación hasta un tanque de almacenamiento que se halla a mayor altura que los usuarios. A partir del tanque, el agua es conducida por gravedad hacia los domicilios de los usuarios a través de las tuberías que conforman la red de distribución y las conexiones domiciliarias o piletas públicas.

1.1.1 La fuente de agua

Para un sistema por bombeo, la fuente de agua generalmente está situada a un nivel más bajo que la población a servir y precisamente por ello es que se debe recurrir a un medio mecánico (bomba) para elevarla a una altura desde la cual se pueda usar.

Las fuentes de captación de agua pueden ser:

- ➔ pozos (someros, semi profundos o profundos),
- ➔ norias o cárcamos de bombeo,
- ➔ galerías de filtración,
- ➔ otras.

Pozos de agua:

Son huecos circulares que se hacen en la tierra. Si es de poca profundidad se lo puede construir a mano, pero si es mayor a 30 m., se construye con máquinas rotativas o de percusión.

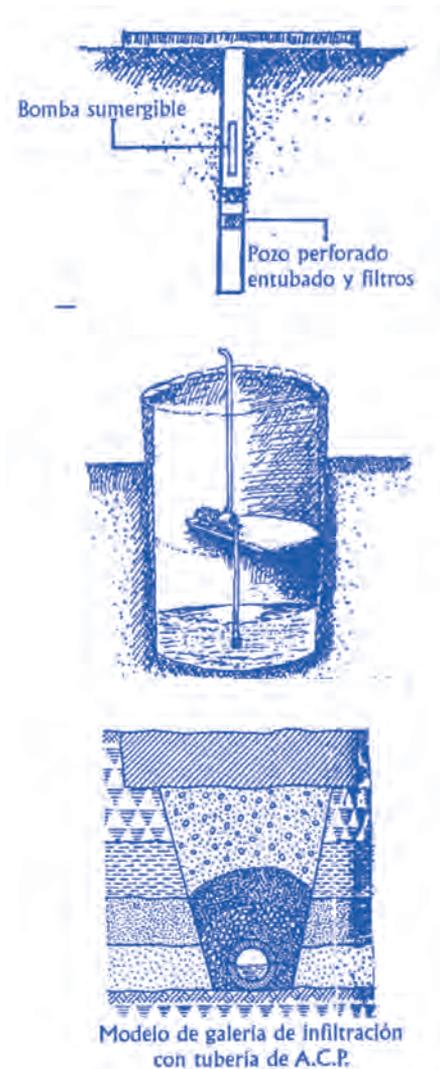
El pozo perforado se protege con tubería para que no se derrumbe y lleva filtros y grava en los lugares donde se encuentra el agua del subsuelo.

Norias o cárcamos de bombeo:

Generalmente son de poca profundidad (-10 m.) y con un diámetro entre 1 y 3 m. Aunque se pueden construir hasta unos 20 m. de profundidad, todas deberían tener un muro de protección de ladrillo o de hormigón armado que sobresale en la superficie. El agua ingresa a la noria por el fondo y por huecos (barbacanas) que se dejan en las paredes laterales.

Galerías de filtración:

Son conductos de sección circular (tubos), ovoide o rectangular que se construyen o



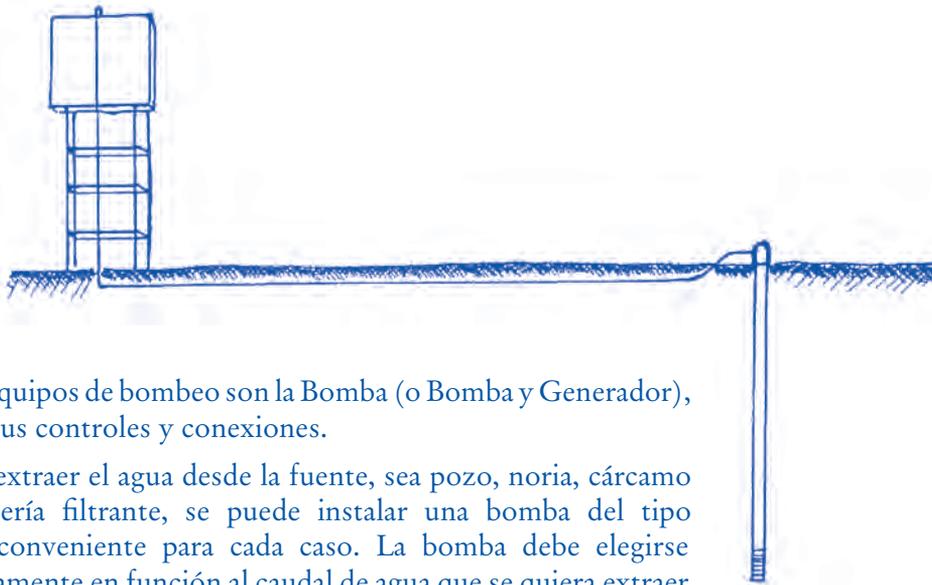
instalan bajo cursos de agua o bajo terrenos permeables para captar el agua que se filtra a través del suelo.

Durante la construcción o instalación de estos conductos se los recubre con diferentes capas de grava graduada para retener las partículas sólidas que podrían ingresar al mismo.

Una galería generalmente requiere de una cámara o cárcamo de recolección y bombeo que se construye en el punto de convergencia de los conductos.

1.1.2 Impulsión

Si el punto de descarga está relativamente cerca a la fuente, los equipos de bombeo y sus conexiones eléctricas e hidráulicas conforman un conjunto de instalaciones que se denomina Impulsión (si la distancia fuente-descarga es relativamente grande, se prefiere darles tratamiento por separado al equipamiento y a la aducción por bombeo).



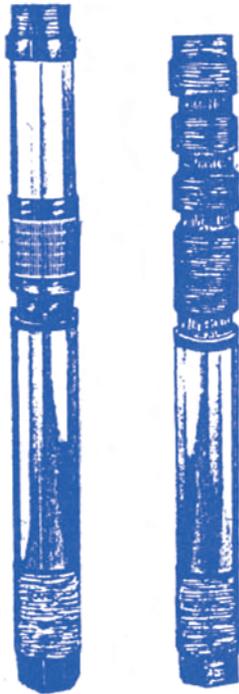
Los equipos de bombeo son la Bomba (o Bomba y Generador), más sus controles y conexiones.

Para extraer el agua desde la fuente, sea pozo, noria, cárcamo o galería filtrante, se puede instalar una bomba del tipo más conveniente para cada caso. La bomba debe elegirse básicamente en función al caudal de agua que se quiera extraer de la fuente y a la altura donde se quiere llegar, pero también depende de la economía de los usuarios.

En el mercado existen un sinnúmero de tipos y capacidad de bombas. Las más usuales en orden de la actual difusión y aplicación son:

- ➔ Bombas eléctricas: sumergibles, de eje vertical, centrífugas, etc..
- ➔ Bombas solares.
- ➔ Bombas eólicas.
- ➔ Bombas manuales: de pistón, India Mark, rosario, EMAS-OPS, Yaku, etc..
- ➔ Bombas hidráulicas: de ariete, de turbina, de corriente de río, etc..

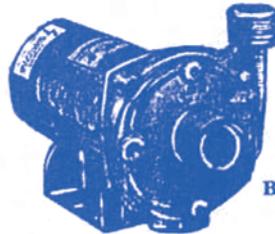
Las bombas eléctricas tienen diversas formas y capacidad y se pueden instalar en cualquier tipo de fuente (pozo, noria, cárcamo o galería), pero lógicamente requieren de energía eléctrica para su funcionamiento, Esta energía puede ser monofásica (220 voltios) o trifásica (380 voltios), Los principales elementos de un sistema eléctrico de bombeo son: la bomba propiamente, un motor eléctrico que acciona a la bomba y un equipo de control.



Bombas sumergibles



Bomba sumergible
FLIGHT



Bomba centrífuga

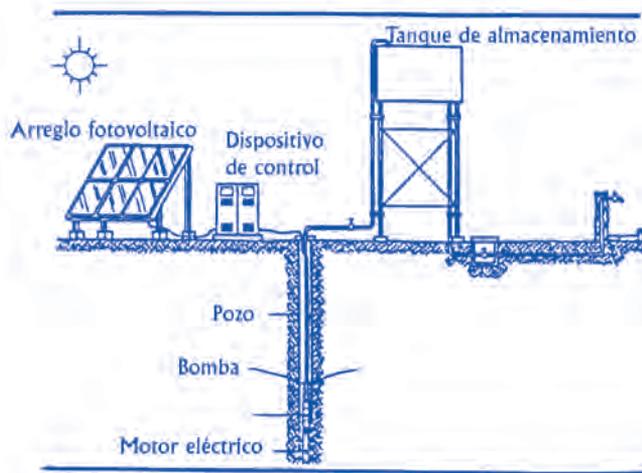
Cuando no existe una red de distribución de energía eléctrica en el lugar se debe instalar un Generador para producir energía necesaria para accionar la bomba, Este Generador es un motor como el de cualquier vehículo y consume combustible que puede ser diesel o gasolina, El consumo depende de su capacidad y ésta a su vez de la potencia de la bomba.



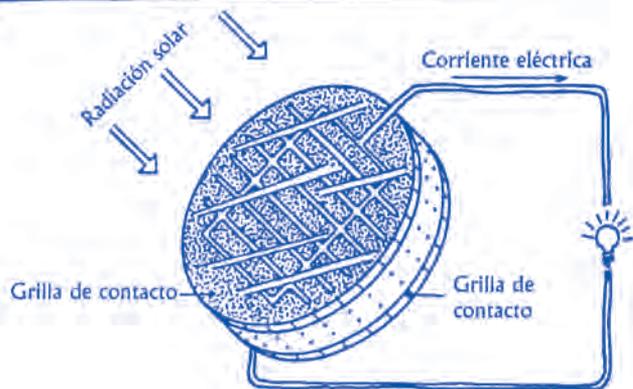
Las **bombas solares** se llaman así porque utilizan al sol como fuente de energía. En realidad la irradiación solar es convertida mediante celdas fotovoltaicas directamente a electricidad, la cual a su vez es utilizada para mover un motor eléctrico para impulsar una bomba. El conjunto organizado e interconectado de celdas fotovoltaicas se llama panel solar.

Los principales componentes de un sistema solar (fotovoltaico) de bombeo son:

- ➔ El arreglo fotovoltaico para convertir la radiación en electricidad de corriente continua.
- ➔ El subsistema motor-bomba para convertir la electricidad en potencia mecánica para el bombeo de agua.
- ➔ Equipo de control.



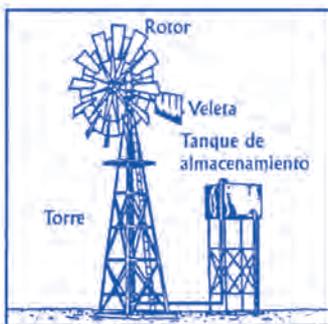
Configuración de una celda fotovoltaica de silicio



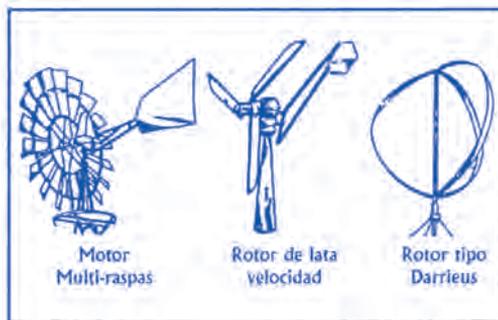
Las bombas eólicas se llaman así a las accionadas por energía producida por el viento, Las más usuales son de acoplamiento mecánico (bombas de pistón recíprocante y bombas rotativas), pero también hay de acoplamiento eléctrico (cuando el rotor mueve primero un generador).

Los principales elementos de un sistema eólico de bombeo son:

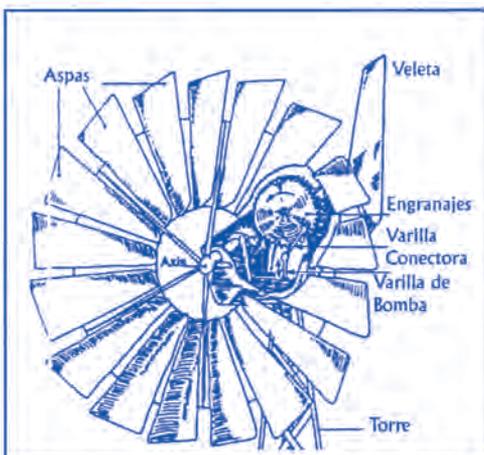
Caso A	Caso B
a) rotor y torre, b) bomba (de presión o rotativa), c) mecanismo de transmisión, d) mecanismo de control.	a) rotor y torre, b) generador, c) conjunto motor-bomba, d) mecanismo de control, e) control.



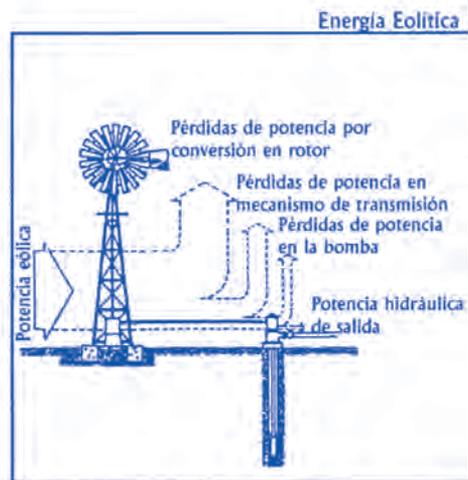
Bomba eólica con rotor multi-raspa.



Tipos de rotores usados en bombas eólicas.



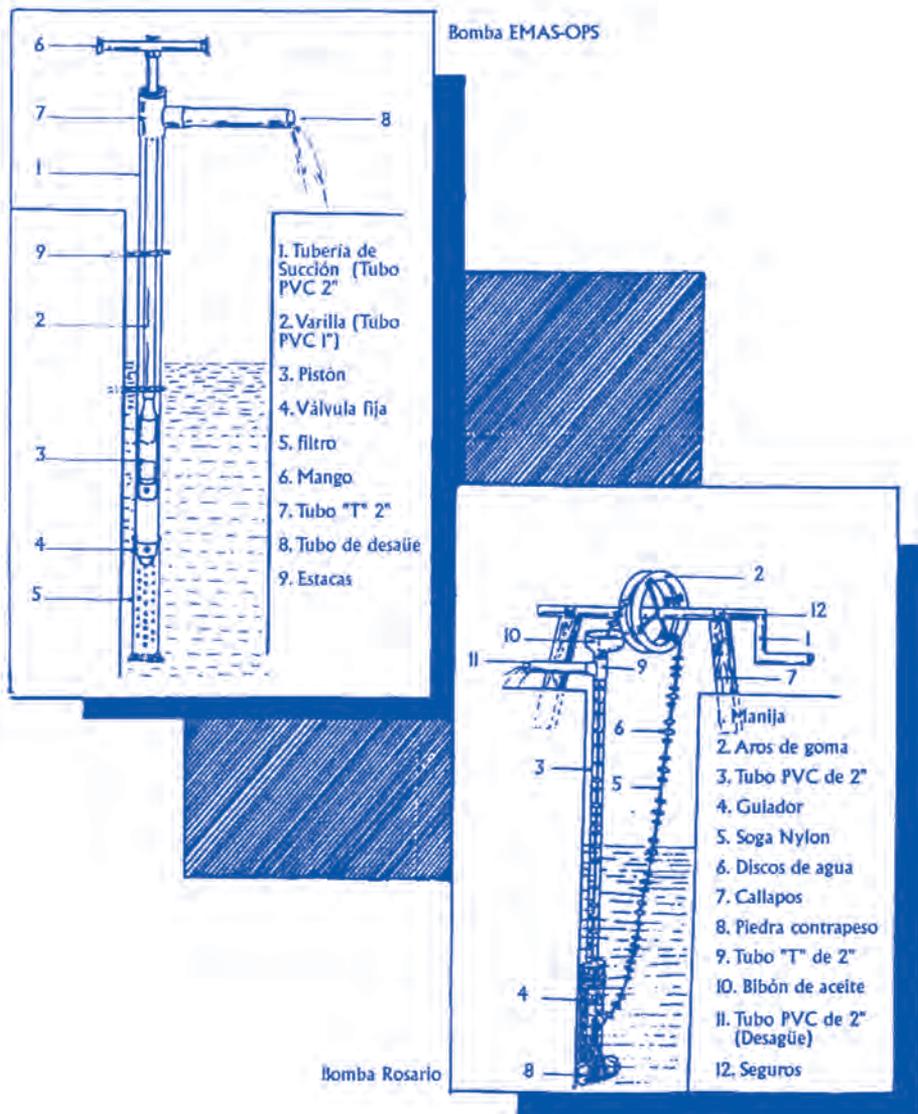
Mecanismo de transmisión para una bomba eólica que usa bomba de pistón.

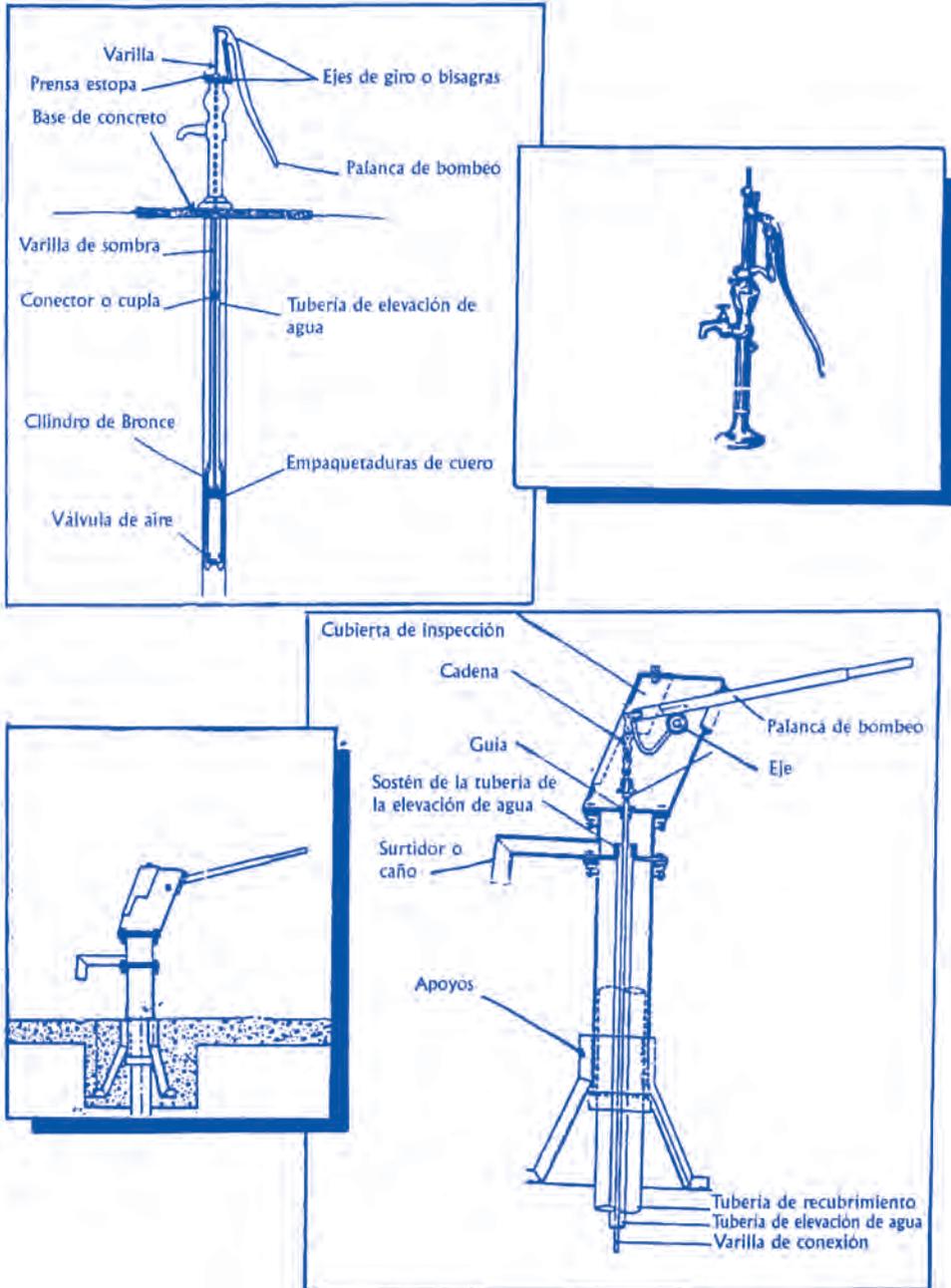


Conversión de potencia en una instalación de bombeo eólico.

Las bombas manuales deben su nombre a que son operadas directamente por acción del hombre y sin necesidad de otra clase de energía. Su mayor ventaja son sus bajos costos de construcción y de operación. Sus desventajas son la limitada altura y caudal de bombeo. Actualmente tienen una gran difusión en zonas donde el nivel freático o estático de aguas del subsuelo es elevado.

Como ya se anotó arriba, existe una amplia gama de tipos y fabricantes de bombas manuales, sin embargo las más difundidas en nuestro medio son: EMAS-OPS, bomba rosario, bomba manual de pistón y bomba India Mark 11. Los gráficos siguientes muestran esquemáticamente a estas bombas:





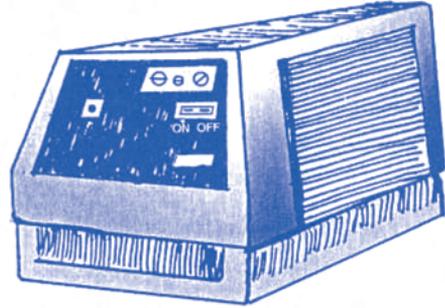
Finalmente las bombas hidráulicas son un tipo de bombas accionadas directamente por el propio líquido. Su capacidad es limitada y tienen poca difusión y uso por lo que no haremos mayores comentarios al respecto.

Grupo generador de electricidad

Si en el lugar no existe una red de distribución de energía eléctrica, necesariamente se deberá instalar un grupo generador como fuente de energía eléctrica para el funcionamiento de la bomba.

El generador es un motor como el de cualquier vehículo cuya función principal es el de generar energía eléctrica, tiene una vida útil de varios años trabajando en condiciones normales y atendiendo su manual de operación y mantenimiento.

El grupo generador de electricidad se compone de un motor de combustión interna que funciona con combustible (normalmente diesel!) y cuyo consumo depende de su capacidad o potencia.



Incorporado a este motor se encuentra un generador eléctrico de corriente alterna con una potencia de salida que se mide en KVA y una tensión de 220 o 380 voltios. El motor y el generador conforman un conjunto compacto y cuenta con un control de velocidad automático que regula la tensión de salida.

Tubería de impulsión

Es el conducto que lleva el agua desde la fuente (bomba) de captación hasta el tanque de almacenamiento y regulación.

Existe una gran variedad de materiales y calidades de tubería, sin embargo para líneas de impulsión normalmente se instalan de fierro galvanizado (PQGQ) porque deben soportar las presiones originadas por el bombeo.

1.1.3 Tanque de almacenamiento y regulación

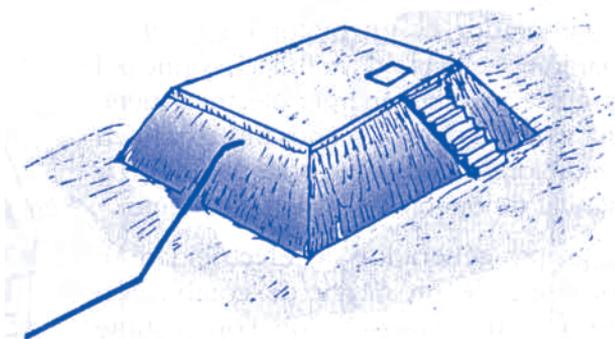
El tanque de almacenamiento es un depósito de agua destinado precisamente a almacenar agua y regular el suministro a los usuarios en función a la demanda, la cual no es constante ya que existen horas pico durante el día, y en la noche disminuye el consumo a casi cero.

El tanque de almacenamiento debe estar ubicado en un sitio elevado natural o artificial que permita generar las presiones de servicio necesarias para la red y los usuarios. Cuando la elevación es natural (una ladera o una colina) el tanque puede ser semienterrado o superficial, y cuando no existen condiciones naturales se debe construir un tanque elevado sobre columnas y vigas.

De acuerdo a lo anterior y a los materiales de construcción los tanques se pueden clasificar como sigue:

Los tanques semienterrados pueden ser:

- ➔ de hormigón ciclópeo (mezcla de cemento con grava y arena más piedra),
- ➔ de hormigón armado (mezcla de cemento, grava y arena más fierro),
- ➔ de mampostería de ladrillo reforzado,
- ➔ metálicos, . etc.

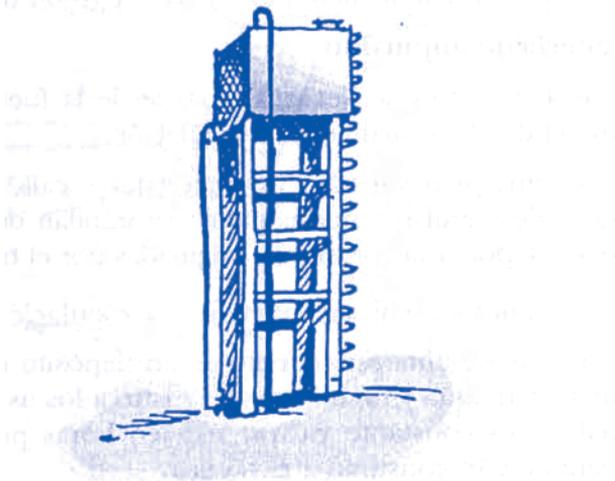


Los tanques superficiales pueden ser:

- ➔ de ferrocemento,
- ➔ de fibrocemento,
- ➔ de plástico,
- ➔ metálicos (tipo australiano, por ej.),
- ➔ etc.

A su vez, los tanques elevados pueden ser:

- ➔ de hormigón armado,
- ➔ de plástico (sobre estructura de H°A°, de Fe reticular o de madera),
- ➔ de ferrocemento (sobre estructura de H°A° o, de Fe reticular o de madera),
- ➔ de fibra de vidrio (sobre estructura de H°A°, de Fe reticular o de madera),
- ➔ metálicos,
- ➔ etc..



Sea cual fuere el material y la forma de los tanques, todos deben ser construidos de acuerdo a las especificaciones técnicas correspondientes referidos a su capacidad y resistencia estructural, así como contar con los medios y accesorios de control y limpieza propia y del agua que contendrán, de modo que el servicio que presten sea óptimo.

Los medios y accesorios mencionados se refieren a que deben contar con escaleras y

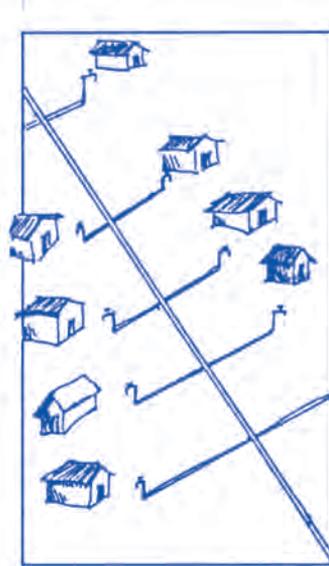
tapas de acceso; cañerías de ingreso, salida, rebalse y de limpieza; válvulas de control e hipoclorador cuando sea necesario.

1.1.4 Red de distribución

La red de distribución es una o un conjunto de tuberías normalmente enterradas en las calles de la población a servir. Estas tuberías deben estar calculadas para una adecuada distribución de caudales y presiones requeridas para el abastecimiento de los usuarios, teniendo en cuenta también aspectos económicos.

El suministro de agua para el funcionamiento de las redes proviene del tanque de almacenamiento y/o regulación.

La función de la red es distribuir el líquido elemento hasta las piletas públicas o hasta las conexiones domiciliarias para el consumo de la población.



1.1.5 Piletas Públicas y/o Conexiones Domiciliarias

Las piletas públicas y las conexiones domiciliarias son el punto de entrega de agua al usuario.

Una pileta pública es básicamente un grifo del que se sirven varias familias. Puede tener base y pedestal de hormigón, pozo de absorción o simplemente un pedestal de madera como apoyo. Su mantenimiento y operación es responsabilidad de las familias beneficiarias.

Una conexión domiciliarias beneficia a una sola familia. Usualmente comprende la conexión desde la red hasta un medidor de agua que se instala al ingreso al domicilio del propietario. Hasta este punto, la operación y mantenimiento es responsabilidad del Comité o Cooperativa de Agua, hacia el interior de la vivienda es responsabilidad del usuario.



2 OPERACION Y MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS E INSTALACIONES DE BOMBEO

2.1 DEFINICIONES

Operar un sistema de agua es hacer funcionar correctamente el sistema de abastecimiento de este líquido elemental, asegurando que sea de buena calidad, en cantidad suficiente para las necesidades de los usuarios y que el servicio sea además permanente.

Mantener un sistema de agua se refiere a las acciones que se deben realizar en las instalaciones y equipos para prevenir o reparar daños que pueden perjudicar el buen funcionamiento del sistema.

Las personas encargadas de operar y mantener en buenas condiciones a los sistemas se llaman precisamente **OPERADORES**. Estas personas deben tener vocación de servicio a su Comunidad, vivir en ella y tener interés en capacitarse para desempeñar su papel con responsabilidad.

2.2 O&M DESISTEMAS CON BOMBA ELÉCTRICAS

Las bombas eléctricas están usualmente acopladas a un motor eléctrico (grupo motor-bomba) accionado por energía proveniente de una red, o accionado por energía proveniente de un generador (grupo motor-generator) instalado en las proximidades.

La operación del grupo generador y la bomba se refiere a los pasos que se han de seguir para poner en marcha a ambos o a uno de estos equipos:

2.2.1 Verificación

Antes de proceder al encendido del generador eléctrico, se debe realizar la verificación de 10 siguiente:

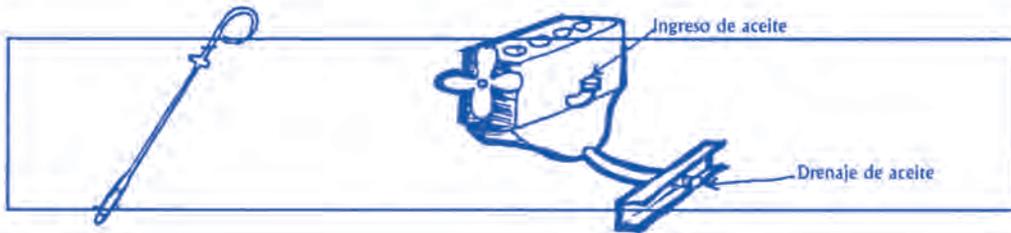
Combustible: Verificar que el indicador de nivel de combustible en el tanque esté comprendido entre las 2 líneas límites superior e inferior. Si está más bajo del nivel o cerca del nivel inferior, debe adicionar combustible para que el motor no se apague por este motivo. Los equipos generadores



tienen una luz roja de indicación que se enciende antes de que el combustible del tanque se termine.

Lubricantes: De la misma manera, se debe verificar el nivel de aceite por medio de la varilla de medición instalada en el motor. En caso de falta de aceite se le debe suministrar o aumentar de manera inmediata, por la boca del motor según indica la figura.

En caso de peligro por falta de aceite se encenderá la luz de alarma correspondiente en el tablero de control.



Líquido refrigerante: Verificar el nivel y estado del agua en el radiador para la refrigeración del motor. Al igual que el caso del lubricante, es muy importante que el radiador tenga el agua necesaria (en realidad debe estar lleno) y no tener pérdidas porque se corre el riesgo de fundir el motor.



Cuando no está dentro de los niveles establecidos, se debe adicionar agua de acuerdo con las indicaciones de la figura.

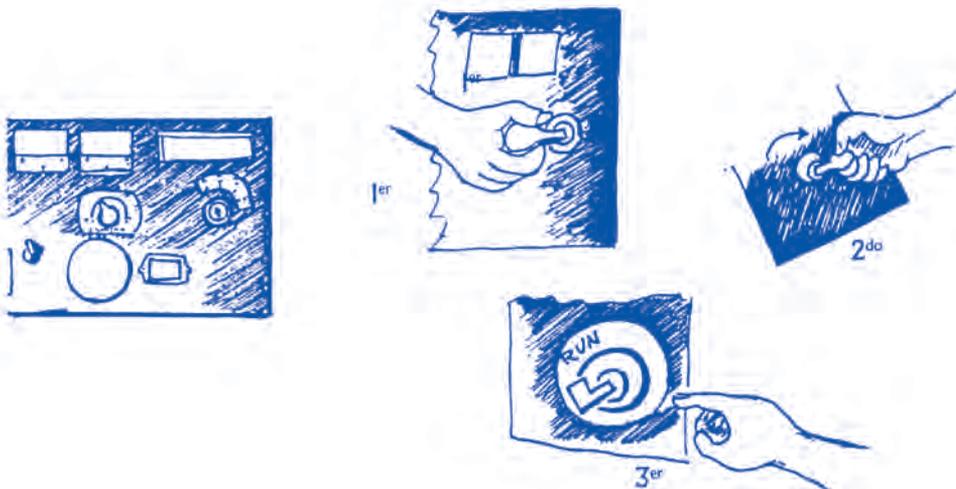
Batería: Se debe verificar regularmente que el nivel del agua destilada de la batería esté entre las líneas de límites máximo y mínimo.



2.2.2 Encendido del motor

Una vez constatados los niveles de combustible, aceite y agua, se procede al encendido del motor, para lo cual se realizan los siguientes pasos:

- a) Inserte la llave y gire a la derecha hasta la posición de precalentar (PREHEAT). Cuando la lámpara de precalentar se apague, seguidamente gire la llave a la derecha hasta la posición de puesta en marcha (START), suéltela cuando arranque el motor. Después de la puesta en marcha del motor, asegúrese que la llave vuelva a la posición RUN en forma automática y que en la pantalla de la Presión del Aceite (OIL PRESS) la lámpara esté APAGADA.

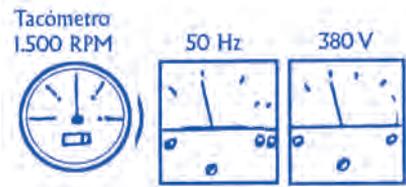


En el caso que el motor no funcionara en el primer intento de aproximadamente 10 segundos, debe intentar nuevamente 2 minutos después. No debe hacer otro intento antes que el motor de arranque se detenga completamente, puesto que el engranaje del arrancador puede dañarse (si el motor está caliente, no es necesario poner el interruptor de arranque en la posición de precalentar)

- b) Después de que haya terminado el proceso de precalentamiento del motor, ajustar el regulador de frecuencia a 50 Hz, asegurándolo para que no se mueva de esa posición con las vibraciones. Luego se procede a calibrar la frecuencia con el botón correspondiente haciendo girar a la derecha para acelerar o a la izquierda para disminuir la aceleración, de acuerdo a los requerimientos hasta llegar a la frecuencia exacta de 50 Hz. Esta frecuencia corresponde a 1.500 rpm. que es la especificada para el funcionamiento regular. Esperar a que el motor entre en régimen durante 3 minutos.



- c) Verificar y/o ajustar el voltímetro a 220 Volt si la bomba es monofásica, o a 380 Volt si es trifásica. Este ajuste se logra, haciendo girar el regulador hacia la izquierda para disminuir o hacia la derecha para aumentar el voltaje, de acuerdo al requerimiento.



2.2.3 Encendido del generador

Una vez que el funcionamiento del motor del generador se estabiliza, lo cual se nota por el sonido y una vibración homogénea, se procederá a dar paso a la energía eléctrica mediante los siguientes pasos:

- Ajustar la tensión de alimentación mediante el reostato ubicado en el panel de control del generador.
- Mover a la posición de encendido “ON” el interruptor para proporcionar energía al motor.



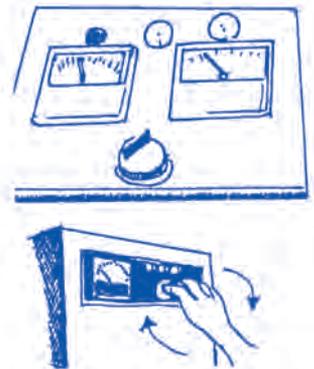
2.2.4 Operación de encendido y funcionamiento de la electrobomba

Generalidades

Antes de poner en funcionamiento la bomba y después de que la instalación haya sido completada, se debe verificar la resistencia de aislamiento, la misma que no debe ser menor a $50\mu\Omega$. Verificar así mismo, o disponer del dato de los niveles estático y dinámico de la fuente, de modo que la bomba no opere en seco, lo cual le causaría daños severos.

Prueba de funcionamiento (para bomba nueva):

Antes de encender la bomba, verifique que la luz que indica el voltaje (voltímetro) esté encendida y marque justo los 220o 380voltios (según cada bomba), luego accione el interruptor a encendido, y verifique una o dos veces si la bomba arranca normalmente. Verifique también la dirección de rotación. Para bombas sumergibles la dirección de rotación es correcta cuando la presión de salida es notable. Con rotación inversa apenas saldrá del agua. Detenga la bomba después de que la prueba de funcionamiento se haya completado.



Una vez que la bomba está instalada y probada, para el inicio de cada bombeo se recomienda abrir gradualmente la válvula que dá a la tubería de aducción, mientras se cierra la de prueba. Si se abre la válvula demasiado rápido, la bomba puede levantar sedimentos.

Funcionamiento

La operación de una bomba eléctrica, especialmente las sumergibles, no requiere más atención especial que otra bomba común. De cualquier modo, observe las instrucciones siguientes como una guía general:



1. Para un funcionamiento largo y continuo, se debe mantener la válvula compuerta de servicio completamente abierta, de lo contrario la temperatura del agua en el núcleo de la bomba puede subir demasiado.
2. Para verificar posible presencia de sedimentos o arena en el pozo, para el encendido diario abra primero la válvula compuerta de purga y después suavemente abra la de conexión al tanque cerrando paulatinamente la primera.

Cuando se observe mucha arena u otro material durante la operación, no apague bruscamente el motor y cierre suavemente un poco de la válvula de compuerta de servicio, tratando de reducir el caudal de bombeo, pero evitando una carga excesiva en el motor. Las bombas están diseñadas para resistir una cantidad de bombeo de arena y otras partículas durante el funcionamiento en forma segura.

3. Se debe regular la fuente de poder inicial cuando se observe un desequilibrio por encima del 5% del normal.
4. Mantenga las cubiertas y tapas del medidor y/o arrancador siempre en su sitio, especialmente durante el funcionamiento de los equipos. Lo contrario puede dar lugar a funcionamientos anormales, cargas repentinas, o en definitiva disminuir su vida útil.

2.2.5 Operación de apagado del grupo generador y la bomba

Proceda en el siguiente orden:

a) Apagado de la bomba

Coloque simplemente el interruptor en la posición de apagado “OFF” (verifique que la luz del botón RUN se apaga).

(Las bombas eléctricas sumergibles actuales están usualmente diseñadas para no tener que cerrar la válvula compuerta cada vez que realice la operación de apagado del motor como en casos de otras bombas comunes.

Si la operación de bombeo será un servicio continuo o frecuente, mantenga la válvula siempre abierta independientemente al funcionamiento de la bomba.

Sin embargo, en casos de bombeo discontinuo se recomienda cerrar la válvula para dar reposo a la bomba. Cuando reinicie la operación de encendido de la bomba después de un tiempo largo de permanecer inactivo, se debe realizar el mismo procedimiento que se hace en el período de pruebas de funcionamiento después de su instalación).

b) Apagado del generador eléctrico

Normalmente con la instalación inicial realizada, no se debe tocar el interruptor de conexión y relay de contacto, solamente cuando exista alguna necesidad de reparación o en casos de que se produzca una sobrecarga y el relay automático se baje, en estos casos se debe abrir (con la llave) la tapa del Panel de Control y reconectar el relay automático de conexión.

Sin embargo, en los controles del mismo generador, baje la palanca de alimentación de energía eléctrica al panel de control, para que así se corte el paso de energía hacia el panel de control y la bomba. Cuando accione ésta, verifique que la luz que indica la fuente de energía se apague (Operation Power Source).

c) Apagado del motor del generador

Después de los pasos anteriores, prosiga con los siguientes:

1. Bajar la frecuencia (rpm) bajando la palanca de aceleración hasta el tope (fondo), luego dejar algunos minutos (3 a 5) para un enfriamiento paulatino y normal (de esta manera no estará expuesto a cambios bruscos de temperatura).
2. Girar la llave de arranque a la posición de detención (STOP), luego extraer la llave y guardada en un lugar seguro.



2.2.6 Inspección y mantenimiento

Se refiere a las tareas de cuidado que se deben efectuar para garantizar el buen funcionamiento y la durabilidad del sistema.

a) En el motor:

El motor-generador ha sido fabricado para no producir mucho ruido, ni exceso de gases de combustión. Cuando éstos se producen nos indican fallas en el motor.



El sonido: Cualquier ruido extraño de traqueteo, cascabeleo o explosiones fuertes son señales para parar o detener el funcionamiento del equipo y proceder a una inspección y reparación inmediata.

Vibración: Una inspección de tacto sobre la cubierta del conjunto motor-generador que detecte fuertes vibraciones y movimientos anormales es síntoma de desgaste o desajuste de partes que a su vez requieren de la localización de las piezas afectadas y su reemplazo o cambio.



Refrigeración: Es un aspecto muy importante para la vida útil de motor, así, mediante una adecuada circulación de agua se mantiene al motor con una temperatura media durante su funcionamiento. En este sentido, es necesario observar la limpieza y el nivel de agua en el radiador que tiene una capacidad de aproximadamente 25 litros.

Lubricación: Se logra mediante la circulación de aceite (de un grado específico) por los diferentes componentes del motor, Su mantenimiento requiere de una constante observación de la presión mediante un manómetro y el nivel de aceite mediante una varilla de medición. Por su importancia y para mayor seguridad, los equipos cuentan con una luz de alarma cuyo encendido indica un estado crítico del motor por falta de lubricación.





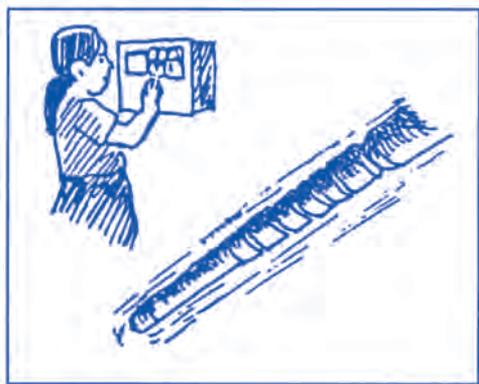
Batería: Consiste en un pequeño acumulador de carga eléctrica que suministra al motor de arranque una tensión de 12 voltios y se mantiene mediante un dispositivo adjunto al motor. La observación de la acidez y el nivel del líquido electrolítico en el momento del encendido del motor es importante para la durabilidad de la batería.

Combustible: Que normalmente consiste en diesel, este se introduce al tanque del motor mediante un embudo provisto de un filtro para garantizar la limpieza del combustible suministrado. El control del nivel de combustible se efectúa mediante un medidor anexo que determina de inmediato la necesidad de reaprovisionamiento.

Gases del escape: Son producto de la combustión de una mezcla adecuada de diesel y aire en el interior del motor, de manera que cualquier cambio de color y densidad de dichos gases indican defectos en los inyectores, quema de aceite de lubricación, desgaste de anillas y otros que deben ser solucionados con asistencia técnica en la brevedad posible.

b) En la bomba

Las bombas eléctricas sumergibles generalmente no necesitan ser desarmadas (menos aún si vienen patentadas). Sin embargo otros modelos como las turbinas y especialmente las centrífugas, requieren de revisión y limpieza de mantenimiento periódico para garantizar su vida útil (toda revisión y mantenimiento debe ser realizada con asistencia técnica especializada).



El técnico especializado:

Luego de desarmar el cuerpo de la bomba del motor eléctrico, se limpia todas las partes y se aplica aceite y grasa a todos los orificios.

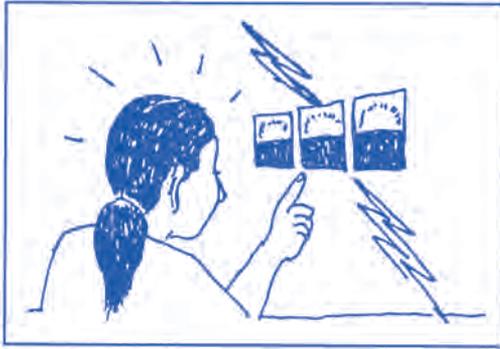
El motor se desagua y se limpian todas sus partes para aplicar aceite.

Todas estas acciones se efectúan en un lugar libre de polvo y humedad.

c) **Sistema de control**

Diariamente en el tablero de control se verifica el estado de las llaves de encendido del motor generador y de la bomba, además se verifican las indicaciones de los diferentes instrumentos.

Nivel del agua: Debido a que las bombas no deben trabajar en vacío, es necesario mantener el control del nivel de agua en la fuente (sea pozo u otra), aunque el sistema de la bomba actualmente lleva un relay de seguridad contra marcha en seco.



Voltaje: Estas variables se constatan en el tablero de salida del generador. Las variaciones grandes de corriente y tensión que activa el motor de la bomba pueden ser causadas por la presencia de suciedad y arena en la bomba, las cuales dificultan su movimiento. Las variaciones pequeñas no afectan en el funcionamiento.

Calidad del agua: El agua suministrada por la bomba debe ser totalmente transparente e incolora y tampoco debe tener sabor, de otra manera se puede pensar que no existe el nivel adecuado de agua en el pozo y estaría bombeando materiales sedimentados (lodo y arena, por ejemplo).



2.3 O&M DE SISTEMAS CON BOMBAS SOLARES

2.3.1 Introducción

El elemento básico del sistema lo constituyen las celdas fotovoltaicas, fabricadas usualmente de silicio policristalino y revestidas de otros componentes. Estas celdas inicialmente eran solo de forma circular pero actualmente ya se fabrican de forma cuadrada.

Cuando la radiación solar incide sobre la superficie de una celda fotovoltaica, se genera un potencial eléctrico. Contactos eléctricos pegados a una grilla en la parte anterior y posterior de la celda permiten el flujo de una corriente eléctrica. Varias celdas fotovoltaicas son conectadas eléctricamente para formar un módulo. Mientras

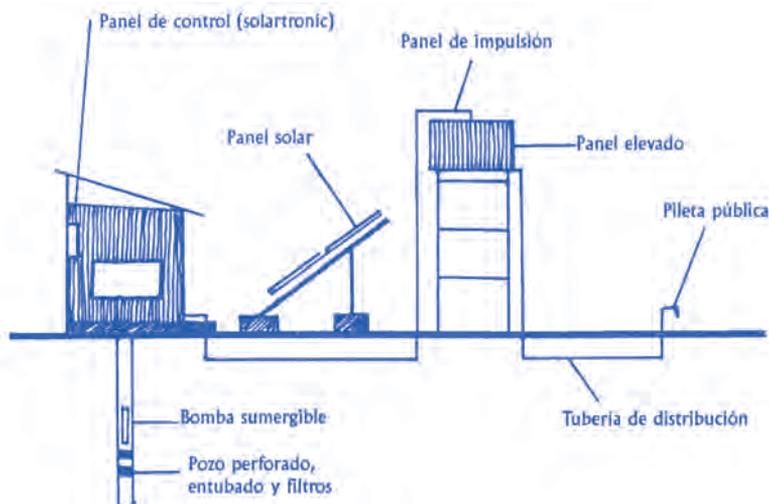
más celdas están conectadas en serie, mayor es el voltaje que suministran; mientras más celdas estén en paralelo, más alta la corriente. Las celdas usualmente están dispuestas en forma laminada en un panel rectangular entre un vidrio transparente y un respaldo rígido. El vidrio en realidad son capas laminadas de vidrio y plásticos de alta resistencia al impacto.

Como ya se anotó anteriormente los sistemas solares compuestos por un conjunto de instalaciones que componen:

- a) El arreglo fotovoltaico para convertir la radiación en electricidad de corriente continua (consiste de un número de módulos montados sobre un marco de acero galvanizado o perfiles extruídos de aluminio, los que se interconectan eléctricamente para conseguir el voltaje y corriente necesarios).
- b) El sub sistema motor-bomba para convertir la electricidad en potencia mecánica para el bombeo de agua (los motores pueden ser de corriente continua o alterna y las bombas pueden ser sumergibles o de superficie).
- c) Equipos de control (lo constituyen un tablero de control mando y los elementos de seguimiento, mecanismos condicionadores de potencia, inversores de CC/AC, acumulación de carga, arrancadores, etc.). de bombeo de agua están conforman los siguientes

Existen varias configuraciones para las instalaciones de bombeo fotovoltaico, dependiendo de la fuente de agua y del tipo de bomba utilizada. Un esquema común es el mostrado en la figura siguiente:

En este caso el sistema de aprovisionamiento de agua potable consta de un pozo como fuente de agua, equipado con bomba sumergible a la que le suministra energía un panel solar. Complementando el sistema existe un tanque elevado, una línea de impulsión y una caseta para protección del pozo y del tablero de control.



Bombas accionadas por energía solar

La elección de una bomba para un sistema de bombeo fotovoltaico depende de la capacidad de bombeo requerida, de la altura (cabeza) de bombeo, y si va a ser movido por un motor sumergible acoplado directamente, o por medio de un eje y un motor montado en la superficie, así como de otros factores.

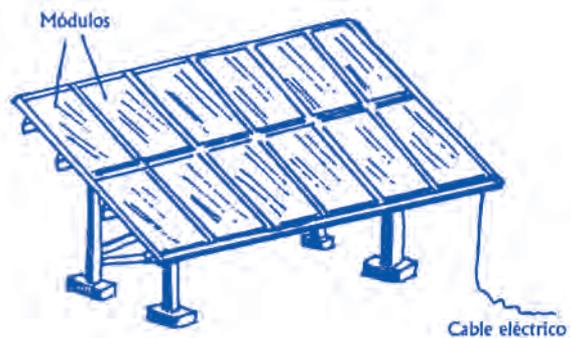
En todos los casos existe una relación directa entre la disponibilidad de radiación solar y el caudal impulsado por la bomba solar. Cuando los rayos del sol brillan más y el panel solar suministra el máximo de energía, el rendimiento de la bomba está también en su máximo; y a la inversa, cuando la luz del sol es menos intensa, el rendimiento de la bomba es también inferior.

Los tipos y formas de bombas accionadas por energía solar son similares, aunque de menor capacidad que las accionadas por energía eléctrica de un generador o de una red.

Panel Solar

El Panel Solar constituye el generador de energía eléctrica para el funcionamiento de la bomba que impulsará el agua de una cota inferior (fuente) a otra superior (tanque).

La interconexión de celdas fotovoltaicas forma un módulo y un grupo de módulos conforman un Panel Solar completo. La tensión nominal con que generalmente trabajan es de 120 V, y la intensidad de la corriente de salida varía con la irradiación solar.

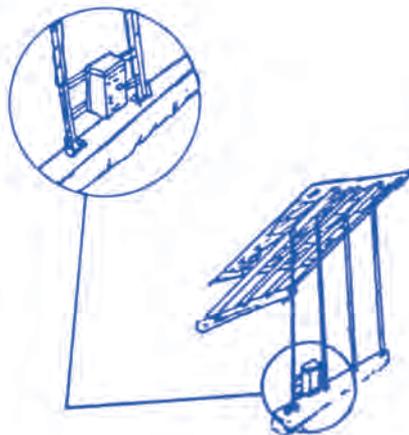


Aunque es más común el uso de paneles fijos, también se construyen paneles móviles que tienen capacidad para rastrear automáticamente la dirección de los rayos solares, su adquisición o inclusión puede resultar onerosa para algunas comunidades. De todos modos, es importante mencionar que con este equipo se consigue normalmente incrementar en un 30% más la potencia suministrada durante cada día.

Inversores

Son equipos electrónicos que convierten la corriente continua (directa) procedente de los paneles solares, en corriente alterna (monofásica o trifásica), para alimentación del motor eléctrico que moverá a la bomba. La tensión de salida y la frecuencia varían constantemente en función de la irradiación.

Por razones de eficiencia se recomienda usar inversores diseñados específicamente para bombeo solar.



Baterías

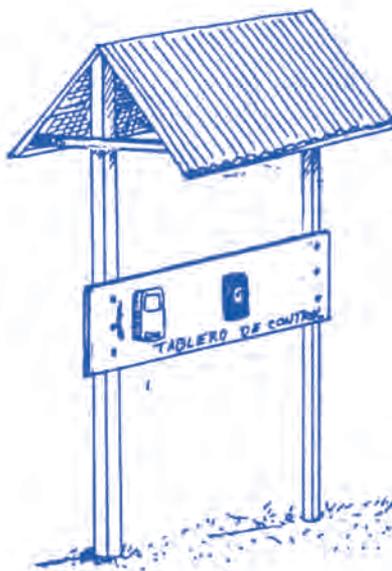
En algunos sistemas de bombeo fotovoltaico, se incorporan baterías para el almacenamiento de la energía. Su ventaja es que se puede proveer un suministro continuo de electricidad a pesar del suministro variable del arreglo fotovoltaico. Del mismo modo, pueden acumular energía eléctrica para uso durante períodos en los cuales se requiera más energía que la que es producida por los paneles. Sus desventajas se refieren a que son un costo adicional para el sistema, disminuye eficiencia al sistema por las pérdidas de energía que provoca el ciclo carga/descarga, y hay que adicionarles agua periódicamente.

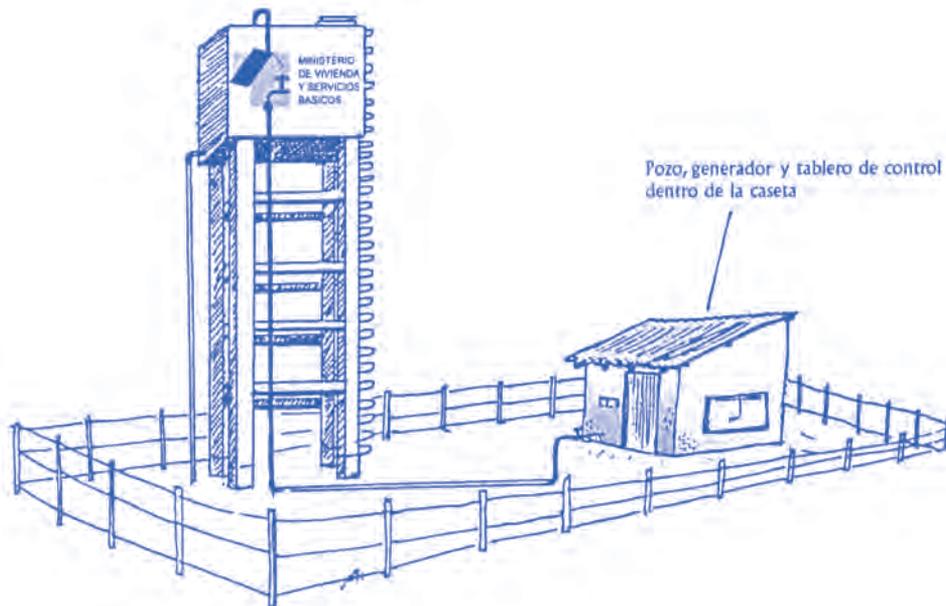
Caseta de protección

Siempre que sea posible, se recomienda construir una caseta con puerta y llave para albergar y proteger de lluvias, viento y polvo al tablero de control, convertidor y baterías. Si no se hace caseta propiamente, al menos debe construirse un tablero con cubierta para estos elementos.

En el caso de pozos perforados, una caseta con dimensiones de $\approx 3 \text{ m} \times 4 \text{ m}$ también podría servir de protección al pozo; debe tener buena ventilación y al menos su techo debe ser desmontable.

En todos los casos es necesario un cerramiento de protección en el que pueden estar incluidos los paneles solares y el tanque elevado.





2.3.2 Recomendaciones para la instalación

- Para la instalación de los paneles solares se debe tomar en cuenta el ángulo y dirección necesarios para captar diariamente la mayor cantidad de la luz solar (radiación). Con el mismo objetivo deben preverse la no-interferencia de vegetación circundante, construcciones, fuentes de polvo, etc.
- La alineación de la estructura guía y ángulos del parante de soporte de los paneles deben estar contruidos e instalados de modo que no se vaya a forzar a los módulos. Ajustar a lo necesario.
- Todos los accesorios y la estructura deben estar preparados y tener la resistencia para soportar las inclemencias del tiempo (viento, lluvias, etc.)
- Las conexiones de terminales y la condición general de la instalación eléctrica deben estar bien aisladas, aseguradas y ejecutadas para evitar fallas. Verificar el rendimiento de la fuente de poder.
- Limpiar con una tela suave yagua el polvo o cualquier otro material de los paneles solares, verificando al mismo tiempo que el vidrio no tenga roturas.

- La estructura metálica de soporte debe estar pintada para evitar su oxidación paulatina y progresiva especialmente cuando se trata de zonas húmedas.
- Para la instalación de la bomba, se deben conocer con certeza o verificar los niveles estático y dinámico. Si la bomba es sumergible no debe arrancarse hasta que no esté completamente sumergida en el agua, a fin de asegurar la refrigeración del motor y la lubricación de cojinetes y anillos de cierre.
- Ejecute una inspección visual cuidadosa al ensamble general antes de la puesta en marcha del sistema.
- Es recomendable construir una cerca o enmallado de protección, incluyendo puertas con candado, para todos los equipos, caseta y tanque.

2.3.3 Operación del sistema (Funcionamiento)

Para el funcionamiento, los sistemas son accionados sencilla y directamente mediante un switch de palanca, o un botón para encendido (ON) y otro para apagado (OFF).

Como ejemplo ilustrativo describimos la operación de un sistema con tablero de control Solartronic SA 1500, cuya secuencia es como sigue:

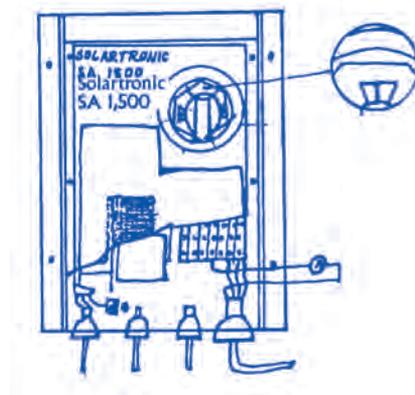
a) Arranque normal:

Colocar el interruptor principal en la posición „ON».

El inversor tratará de arrancar la bomba cuando la radiación del sol esté disponible. El motor está conectado a una sobretensión moderada de ± 7 Hz y comenzará a girar. Si la radiación en el panel es suficiente, tendrá lugar una aceleración controlada de la bomba hasta 25 Hz. Esta aceleración, que necesita solamente una potencia muy baja, se denomina condición de arranque.

Seguidamente el SA 1500 cambia a la condición de funcionamiento, la bomba empezará a impulsar agua y un regulador ajustará la frecuencia de bombeo a la potencia del panel. La cantidad de agua bombeada es proporcional a la radiación recibida. En la condición de funcionamiento, el inversor ajusta automáticamente la tensión del panel (corriente continua) de forma que ésta sea siempre la óptima (seguimiento del punto de máxima potencia).

Siempre es posible parar el sistema mediante el interruptor principal del SA 1500 colocado en la posición “OFF”. Después de 15 seg. en esta posición todos los componentes electrónicos internos quedarán inactivos.



b) Puesta en marcha para prueba de la instalación inicial:

Esta prueba es recomendable cuando se instala una bomba nueva. El sistema debe ser arrancado a medio día y preferentemente con una irradiación constante. Inicialmente el interruptor principal debe estar en posición “O». Usando un voltímetro verifique, que $115\text{ V} < V_{dc} < 175\text{ V}$. El arranque se realiza colocando el interruptor principal en posición «1». Después de 10 segundos, la bomba empezará a impulsar agua. El proceso continúa como en el caso a).

2.3.4 Origen e indicaciones de fallas en el funcionamiento

- ➔ Cuando el sistema no está protegido por un cerramiento, posiblemente una primera causa de fallo resulta del daño causado por animales o personas a la relativamente frágil serie fotovoltaica.

Asimismo, las siguientes circunstancias pueden afectar el funcionamiento del sistema de bombeo:

- El mal estado de las conexiones eléctricas, causado por la suciedad, la humedad, terminales o enchufes corroídos, etc.
- Deformaciones en el bloque y/o filtro de la bomba.
- Mal funcionamiento de la válvula de pie o ingreso de aire en la línea de succión.
- Pérdidas de agua por el sello de la bomba o en las tuberías.
- Algunos motores requieren el cambio de escobillas o cepillos.
- En los casos en que interviene una caja de cambio o cadenas de transmisión, la falta de aceite, engrase y/o ajustes.

Por otro lado, dependiendo de las condiciones de instalación, las siguientes posibles fallas pueden ser detectadas por los equipos de control:

- Carga excesiva (Overload): El control detecta una corriente continua muy alta en comparación a la frecuencia requerida. Sus consecuencias pueden ser el bloqueo parcial o completo de la bomba por fallas de fase o porque las características eléctricas del grupo motor/bomba instalado no abarcan la carga que se está recibiendo.
- Carga baja (Underload): El control detecta una corriente continua muy baja comparada a la frecuencia requerida. Las posibles fallas pueden: marcha en seco; la protección del cortocircuito del inversor se ha activado; fallas de fase de la corriente alterna; el grupo motor/bomba instalado no está incluido en rango de carga que se recibe.
- Máxima frecuencia (Maximum Frequency): La bomba ha alcanzado su máxima frecuencia. Las posibles fallas pueden ser: el inversor se detiene porque el

voltaje de corriente continua es más alto que lo aceptable para el funcionamiento; la protección del cortocircuito se activa; fallas de fase.

- Bajo poder de Corriente Continua (DC Power Low): Esta es una indicación normal cuando la irradiación es baja y el inversor está arrancando. La indicación puede ser firme o intermitente y significa que no hay la energía suficiente para un funcionamiento normal.
- Sobrecalentamiento (Overtemperature): Cuando la temperatura alcanza la máxima permitida se activa la protección correspondiente. La causa puede ser originada porque el inversor está expuesto al solo en malas condiciones de refrigeración.
- Interruptor Remoto (Remote Switch): Esta señal se activa cuando hay cortocircuito continuado entre una o más de las conexiones, o cuando el interruptor remoto ha sido movido a propósito.
- Bajo Voltaje DC (DC Voltage Low, o undervoltage): El inversor requiere un mínimo de voltaje para arrancar, por tanto esta señal significa que el voltaje de la red es demasiado bajo según la especificación. Una causa puede ser debido a una interconexión eléctrica incorrecta de los módulos solares. En períodos con muy baja irradiación la señal puede ser una indicación normal.
- Alto Voltaje DC (DC Voltage High): Esta señal indica que el inversor está conectado a un voltaje de DC demasiado alto según la especificación. Esto puede ser debido a una interconexión incorrecta de los módulos solares o a mal funcionamiento de la batería, un voltaje de la batería demasiado alto.

2.3.5 Inspección y mantenimiento

Bajo las condiciones de operación normal, el sistema funciona prácticamente sin ningún mantenimiento específico. No obstante, se recomienda realizar inspecciones preventivas y de mantenimiento en forma periódica (al menos una vez al año), tomando en cuenta los aspectos siguientes, ya comentados en 3.3.2:

a) Capacidad de la fuente de agua

Cuando una bomba está instalada en una posición fija, el descenso eventual o permanente del nivel de agua hasta la bomba o por debajo de ella provocaría la falla de la bomba por recalentamiento. Por ese motivo las bombas deben llevar un swicht protector contra marcha en seco.

En los casos de pozos perforados es importante contar con una prueba de bombeo que certifique los niveles estático y dinámico para la ubicación correcta de la bomba. Asimismo, es importante controlar la posible producción o bombeo de sólidos desde la fuente. Su presencia y características significarán la posible obstrucción de los equipos y la reducción de su vida útil. Dependiendo de las condiciones de cada caso, este problema puede prevenirse con la limpieza y mantenimiento del pozo.

Para una insuficiencia constante de la fuente el problema puede resolverse o cambiando de bomba, o mediante la estrangulación de la válvula de paso, aunque ello reduce la cantidad de agua bombeada.

b) Mantenimiento:

Los módulos solares y la estructura que lo soporta requieren un mantenimiento mínimo. Si el equipo de detección remoto indica un mal funcionamiento del sistema, se deberá proceder a una revisión inmediata y al mantenimiento y/o reparación necesaria.

- b.1 Verifique que la alineación de la estructura guía y ángulos del parante no hayan sufrido desajustes o modificaciones que pudieran dañar a los módulos y paneles.
- b.2 Verifique el estado de todos los accesorios y la resistencia de la estructura.
- b.3 Verifique el estado de terminales y la condición general de la instalación eléctrica. Como parte del chequeo eléctrico, se recomienda verificar el rendimiento de la fuente de poder (módulos). Estas verificaciones se deben de realizar durante las horas de máxima intensidad de la irradiación solar, comparando datos con lecturas anteriores.
- b.4 Limpiar la cara superior de los paneles para remover el polvo, tierra u otro material (Se puede quitar la suciedad simplemente enjuagando con agua y limpiando la superficie con una tela o paño suave. Materiales más persistentes pueden requerir el uso de una solución de detergente suave, por ejemplo una solución a 45% de isopropanol y/o el plástico que se utiliza para fregar en la cocina). Nunca utilice detergentes fuertes o abrasivos. De la misma manera y aunque no siempre es imprescindible, verificar que la superficie inferior de los paneles también estén limpios. El laminado se puede desempolvar y limpiar usando jabón yagua, aplicado con una tela blanda o gamuza, y secando las superficies después del lavado.
- b.5 La Bomba: la mayoría de las bombas accionadas por energía solar en actual uso son sumergibles y una vez instaladas no requieren de mantenimiento de parte del usuario. Sin embargo, técnicos especializados pueden eventualmente, una vez separados y desaguado el motor, limpiar todas las partes y aplicar aceite y/o grasa a los puntos de aplicación correspondiente tanto del motor eléctrico como de la bomba.
- b.6 El tablero o panel de control: después de una correcta instalación tampoco requiere de un control estricto, sin embargo es conveniente verificar que la tapa que generalmente es de vidrio no esté rota o tenga fisuras y que las conexiones de cables se mantienen en buen estado. El mal estado de estos componentes puede afectar a su funcionamiento, lo cual usualmente se traduce en la disminución del caudal o falta de agua en el bombeo.

Precaución: Los módulos producen energía durante las horas de la luz del día por lo que una inspección o su manipulación requiere precaución para evitar quemaduras o daños por descargas. Se recomienda cubrir el módulo con un material opaco (plástico negro, lona, etc.) mientras se ejecutan los procedimientos del mantenimiento, así como seguir las recomendaciones del Manual del Usuario que generalmente se suministra en la compra de estos equipos. Para caso de fallas, si después de leer esta guía no la localiza y corrige, busque ayuda especializada.

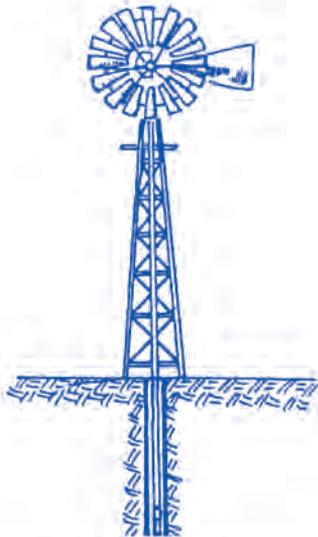
2.4 O&M DESISTEMASEÓLICOS

2.4.1 Introducción

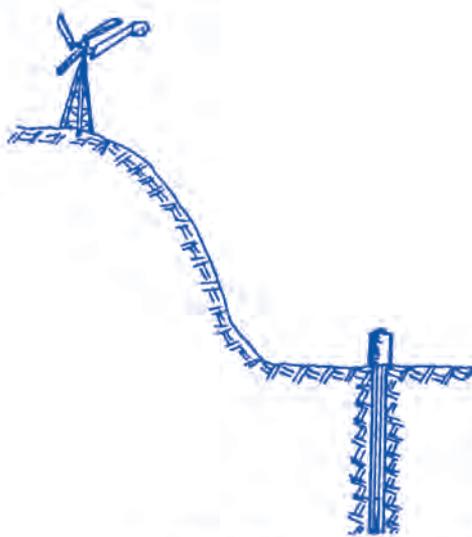
La utilización de la energía eólica para bombeo de agua en el pasado ha estado dirigida mayormente al suministro de abrevaderos de animales sin embargo, actualmente se estima que a nivel mundial existen más de un millón de sistemas de operación, incluyendo los casos de suministro de agua para uso doméstico como para riego.

Un sistema eólico de bombeo requiere básicamente de un rotar para interceptar el viento y producir energía utilizable. Con este mismo fin se instala el rotar sobre una parte elevada, más generalmente una torre. La energía de movimiento de rotar es transmitida en forma mecánica o eléctrica a una bomba.

En las bombas eólicas acopladas mecánicamente, el rotar se acopla directamente a la bomba (mediante una biela si es bomba de pistón o mediante poleas si es bomba rotativa). En este caso el rotar indicado es el multiaspas de velocidad relativamente baja y debe ser instalado prácticamente sobre la fuente de agua.



Esquema de un sistema acoplado mecánicamente



Esquema de un sistema acoplado eléctricamente

Las bombas eólicas acopladas eléctricamente utilizan un cable eléctrico para la transmisión de potencia desde el generador eléctrico eólico a un motor eléctrico que mueve la bomba. En este caso el rotor usualmente aplicado es el de 2 ó 3 aspas de alta velocidad, y puede ser instalado a distancia de la fuente (por ej.: una colina, donde haya mejor viento).

Por lo tanto, y según ya se anotó en la parte descriptiva, los principales componentes de un sistema por bombeo eólico son:

- Rotor y torre.
- Bomba o grupo generador-motor-bomba.
- Sistema de transmisión.
- Mecanismos de control.

2.4.2 Recomendaciones generales para la instalación y operación del sistema

a) Datos de régimen de vientos

Una primera recomendación general está referida a que el Técnico Responsable del Proyecto debe analizar previamente el régimen de vientos para valorar la viabilidad de instalar un sistema de bombeo eólico en un sitio en particular. Los regímenes de vientos varían considerablemente de un lugar a otro por lo que se recomienda disponer de datos de mediciones con anemómetro de un período de al menos un año.

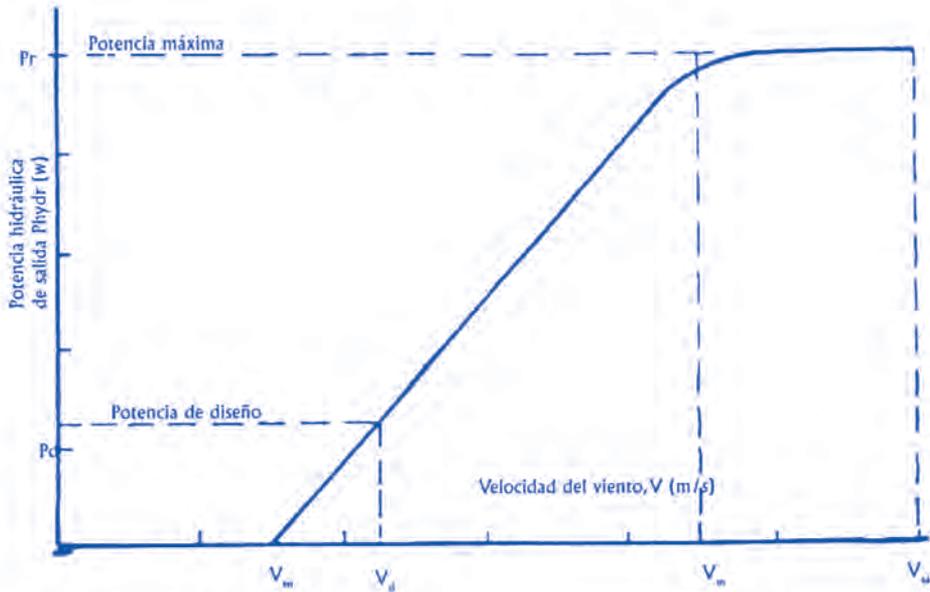
b) Selección del sitio

Cuando se trata de terreno plano la selección del sitio es menos crítica que en áreas de lomas o montañas. Las líneas de árboles, los edificios y otras obstrucciones naturales reducen grandemente la velocidad del viento disponible. Cerca de la superficie de la tierra, el flujo del viento se modifica. El viento que sopla alrededor de los edificios o por encima de las superficies rugosas probablemente originará turbulencias, lo cual reduce notablemente la potencia que un rotor pueda extraerle.

c) Diseño

La capacidad de salida de una bomba eólica debe estar relacionada a la producción de la fuente de agua. Básicamente, la capacidad de bombeo debe ser menor que la producción segura de la fuente de la cual se bombeará agua. Si la capacidad de la bomba es mayor, la fuente se secará y la bomba se desgastará rápidamente.

La figura siguiente muestra las condiciones recomendables para un diseño adecuado:



Para trabajar eficientemente, la bomba eólica debe ser diseñada para un potencia máxima de salida en el rango prevalente de velocidades de viento. La potencia de salida a la velocidad de diseño (V_d) se llama potencia de diseño (P_d). La velocidad de diseño generalmente está en un rango entre 0,80 y 1,30 veces la velocidad promedio anual del viento.

2.4.3 Instalación y operación de un sistema con transmisión mecánica

El sistema eólico más usual para bombeo de agua en nuestro medio es el de transmisión mecánica. Por este motivo, los comentarios e ilustraciones que siguen corresponden a este sistema.

a) Rotor y Torre

El rotor multiaspas es un elemento relativamente grande que tiene la finalidad de capturar la suficiente cantidad de viento para producir energía útil. Estos rotores están diseñados para velocidades de rotación relativamente bajas (00 a 80 rpm) y producen un torque relativamente alto, haciéndolos apropiados para mover bombas acopladas mecánicamente.

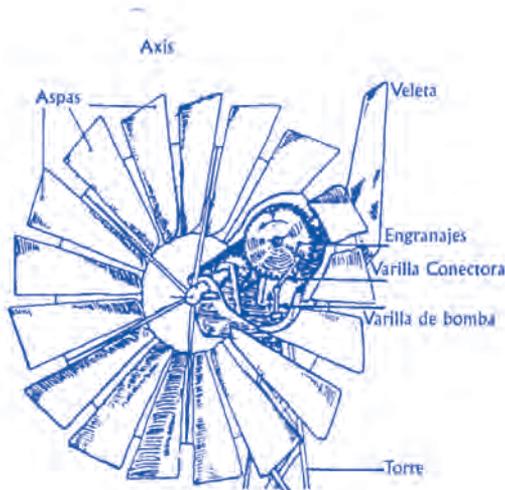
La torre debe ser lo suficientemente fuerte para resistir las grandes fuerzas producidas por el rotor en movimiento, especialmente con vientos a gran velocidad. Su altura, normalmente entre 6 y 15 m. requiere una construcción segura, ya que una falla o el alineamiento incorrecto de la torre puede dañar completamente la bomba.

b) Bomba

La bomba es el elemento de impulsión propiamente. Puede ser de pistón o rotativa, siendo la primera la más difundida por su diseño simple y menor costo.

Por ejemplo una bomba de pistón como la de la figura adyacente tiene los siguientes elementos:

- Cilindro (de bronce o aluminio).
- Camisa (puede ser PVC).
- Pistón de Válvulas de bronce fundido.
- Empaquetaduras (de cuero tratado).



c) Sistema de transmisión

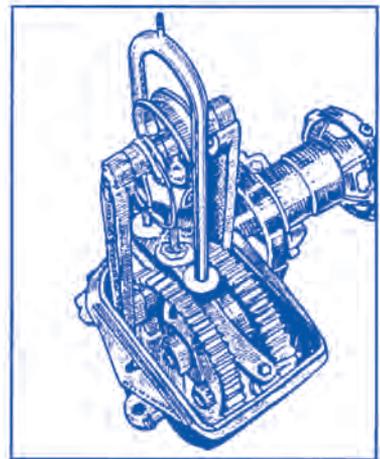
En un sistema de bombeo eólico que utiliza una bomba de pistón, la potencia usualmente se transmite por un eje de levas el cual hace subir y bajar la varilla para mover la bomba.

Otro tipo de sistema de transmisión para las bombas de pistón es un elemento basculante que hace reciprocarse la varilla directamente. El arco barrido por el elemento basculante controla la longitud de la carrera.

En algunos sistemas de transmisión se utiliza un juego de engranajes y un sistema de rodillo encamisado para producir el movimiento de la varilla de la bomba.

Asimismo, se puede incorporar un mecanismo de embrague para liberar el rotor a conveniencia.

O también un mecanismo para cambiar la longitud de la carrera, similar a los piñones de bicicletas, que permita ajustar el torque requerido para arrancar la bomba con vientos débiles o fuertes.



Otra manera sencilla de reducir el torque de arranque de una bomba de pistón es haciendo un pequeño agujero en el pistón mismo, de modo que la resistencia de arranque es menor y la bomba puede empezar a operar a velocidades de viento más bajas.

En los casos de bombas rotatorias, éstas pueden ser acopladas al rotar mediante piñones o poleas.

d) Mecanismos de control:

Toda bomba eólica debería tener un mecanismo de control para protegida de rotar demasiado rápido y ser dañada por vientos altos.

Las bombas eólicas modernas están equipadas con mecanismos de diverso tipo, todos los cuales limitan la velocidad rotacional del rotor, o los paran en casos de vientos excesivamente altos. Algunos de estos diseños incorporan un mecanismo de freno que se activa automáticamente cuando la velocidad del rotor excede la máxima preestablecida o si ocurre un desbalance de las aspas.

También es posible utilizar un mecanismo de «salida» mediante el cual el rotor es sacado automática mente de la acción del viento por una veleta cuando éste alcanza la máxima velocidad permisible para el rotor. Bajo condiciones normales de operación la veleta está perpendicular a la dirección del viento, pero con vientos altos, la fuerza sobre ella hace que el rotor se salga de la dirección del viento.

Otro mecanismo de control constituye un elemento que modifica el flujo de aire sobre el rotor cuando la velocidad del viento aumenta más allá del nivel máximo permitido. La presión aerodinámica ejercida por el flujo de aire perturbado es mucho menor que aquella del viento sin perturbación, y de ésta forma la velocidad del viento será reducida para permanecer dentro de los límites seguros.

Una vez completada la instalación, poner la cantidad de aceite necesaria en la caja de engranajes -si es el caso-.

Para bombas de pistón, antes de poner en marcha el sistema, conectado a la bomba y hacer girar manualmente el rotor para verificar la carrera del pistón.

Para el funcionamiento, el sistema es puesto en marcha o parado directamente por la acción del viento. La eventual intervención del hombre en la operación depende del grado de automaticidad del sistema.

2.4.4 Inspección y mantenimiento

Ocasionalmente se deben lubricar las balineras, apretar la tornillería y hacer ajustes y reparaciones menores.

Se debe hacer una revisión completa cada año. Así mismo, es posible que se requiera una reconstrucción parcial una vez cada 2 ó 3 años.

Dependiendo de la calidad del agua que se bombea, los sellos y otras partes móviles de la bomba, pueden requerir un mantenimiento más frecuente.

Si la bomba está equipada con una caja de engranajes, esta caja debe ser inspeccionada regularmente, más o menos cada dos meses.

Si se usan rodamientos convencionales en el eje del rotor, se requiere lubricarlos o engrasarlos a intervalos regulares.

3 OPERACION Y MANTENIMIENTO DE LOS OTROS COMPONENTES DEL SISTEMA

Un sistema de agua por bombeo, además de los equipos de instalaciones de bombeo propiamente y de la fuente de agua, puede contar con depósitos, tuberías de aducción, o una red de distribución.

Las siguientes recomendaciones generales están referidas a estos componentes

3.1 OPERACION Y MANTENIMIENTO DE LAS FUENTES DE AGUA Y DE LAS OBRAS DE CAPTACION EN SISTEMAS POR BOMBEO

En principio, la existencia y comportamiento de las fuentes de agua dependen de la naturaleza, sin embargo su permanencia y funcionamiento como parte de un sistema de abastecimiento de agua para consumo humano, dependen en gran medida de la actitud del hombre.

Todas las fuentes superficiales están expuestas, en mayor o menor grado, a los efectos de la naturaleza, al acceso de animales o a acciones del hombre.

Diariamente, antes de encender los equipos de bombeo, el operador debe realizar una inspección visual a la obra de captación para verificar el acceso normal de agua a la misma.

El ingreso del agua a las cámaras de carga o a cárcamos de bombeo es usualmente por gravedad a través de rejillas y filtros mecánicos o de grava graduada que retienen los sólidos en arrastre. Naturalmente, el material retenido que son hojas, lodo y otros, tiende a taponar los espacios de ingreso del agua, por lo que se requiere limpieza más o menos frecuente, dependiendo de las condiciones locales.

Asimismo, las cámaras de carga y/o cárcamos de bombeo deben ser tapadas para evitar el ingreso de roedores, batracios o murciélagos. Los respiraderos deben conservar la malla milimétrica. Las tapas de acceso en lo posible deben tener candado que asegure cumpla con su objetivo.



Al menos una vez al mes y también después de cada lluvia, deben realizarse tareas de mantenimiento en detalle para limpieza y eliminación de todo material nocivo al funcionamiento del sistema o a la salud de los usuarios.

En el caso de captaciones subterráneas (galerías o pozos perforados), debido a que no están a la vista y el acceso a las mismas no es fácil, su mantenimiento puede requerir la intervención de personal y equipos especializados, por lo que se recomienda que el CAPYStome contacto con la UTIMpara conseguir asesoramiento y apoyo. En estos casos, el operador debe remitirse a controlar los volúmenes de producción de la fuente, la posible presencia de sólidos en el agua bombeada, así como los reportes sobre la calidad de la misma e informar al CAPYSo Cooperativa local, que decidirá las acciones a tomar.

En todos los casos, de fuentes superficiales o pozos, se recomienda construir obras de protección (alambrado o enmallado), contra el acceso de animales o personas ajenas a las instalaciones.

Para preservar las fuentes de agua es muy importante evitar a toda costa la deforestación o chaqueo de las áreas de las vertientes y de las cuencas de aporte a los pozos. En caso necesario, las comunidades deben prever la compra o expropiación del área necesaria, reforestada si es el caso, encerrada con alambradas o enmallado y otras acciones que eviten la contaminación por parte de animales, la depredación del hombre y para mantener el ciclo hidrológico.

3.2 OPERACION Y MANTENIMIENTO DE LÍNEAS DE IMPULSION

Las líneas de impulsión entre la fuente de agua y el depósito de almacenamiento están generalmente expuestas a cambios bruscos de presión y subpresión, cuya frecuencia puede terminar provocando roturas en la tubería o dañando los equipos, especialmente la bomba.

Uno de estos fenómenos es conocido como Golpe de Ariete, el mismo que se origina en el corte brusco del flujo de agua. Por ello se recomienda a) un manejo cuidadoso del encendido y apagado de los equipos. y b) Que la tubería de impulsión sea preferentemente de hierro galvanizado. al menos en su tramo inicial.

Para el arranque

Las dos válvulas de control que se hallan al inicio de la línea deben estar abiertas de modo que el agua que se empieza a bombear salga por la purga, la misma que debe ser cerrada en forma gradual y lenta (nunca en menos de 5 minutos), de modo que el esfuerzo de la bomba y la presión sobre la tubería sean también graduales. Esta operación sirve también para eliminar posibles sólidos que se levantan con el torbellino del arranque de la bomba.



Para apagar los equipos

Abrir lentamente la válvula de purga que está al inicio de la línea de impulsión (nunca en menos de 5 minutos), de modo que cuando se vaya a apagar los equipos, todo el caudal de bombeo y el agua que estaba en la tubería de impulsión, salgan por esta purga.

3.3 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE TANQUES O DEPOSITOS DE AGUA

Para la operación de un tanque de agua, el encargado debe verificar que la válvula de servicio esté abierta, la de limpieza cerrada y lógicamente que haya agua en el tanque. Para un buen servicio, el tanque de almacenamiento y regulación debe mantener un nivel mínimo de un metro de altura de agua.

Como parte del mantenimiento, el encargado debe atender al menos los siguientes aspectos:

Limpieza

Esta acción debe ser programada de acuerdo a un calendario de trabajos de mantenimiento, el cual debe estar acorde con la calidad del agua que recibe el tanque y la que se quiere consumir. Todo tanque debe ser limpiado al menos una vez cada 6 meses para eliminar sólidos y evitar la propagación de microorganismos, algas, batracios, etc. Para esta actividad se pueden utilizar escobas y/o cepillos que remuevan el material indeseable.

Adicionalmente y según el tamaño del tanque, prepare en baldes una solución de lavandina como la que se prepara para lavar



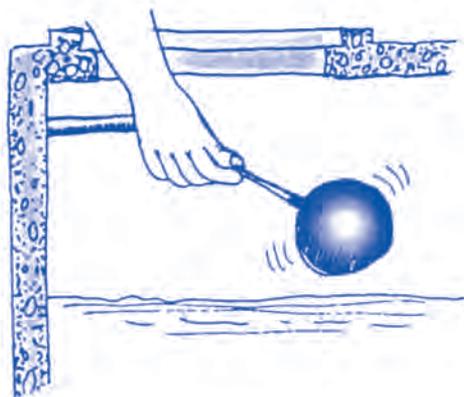
ropa y utilizando un cepillo lave las paredes, fondo y techo del tanque. Deje transcurrir unas dos horas y enjuague el tanque con agua limpia. Después de ello, el tanque estará listo nuevamente para su uso.

Para este tratamiento se recomienda utilizar guantes y botas de agua.

Estado del tanque

Un tanque de hormigón armado bien construido usualmente no presentará problemas de carácter estructural. Sin embargo en los de hormigón ciclópeo, en los de fibra de vidrio, metálicos o de plástico, se pueden presentar pérdidas aún después de años de funcionamiento normal. En todos los casos, si se encuentran grietas, rajaduras o filtraciones, deben ser reparadas inmediatamente.

Un tanque de hormigón ciclópeo debe estar protegido contra la acción de las raíces de árboles próximos y contra la presencia de hormigueros, por ej.: En caso de tanques de ferrocemento se debe vigilar el funcionamiento adecuado de los drenajes y restringir el acceso de personas y animales al mismo. Los de plástico deben estar protegidos contra deformaciones del proceso llenado/vaciado y contra la acción del sol. Los metálicos corren el riesgo de la oxidación que debe prevenirse controlando el estado de la pintura de protección, etc.



Válvulas y Flotador

Revisar regularmente el estado y funcionamiento de estos accesorios. Las válvulas pueden ser accionadas para cierre y apertura varias veces mientras se controla que no hayan pérdidas, al mismo tiempo que se previene la deposición o incrustación de sólidos. En el caso del flotador, accionar hacia arriba y soltado suavemente varias veces para observar que el cierre es completo y al mismo tiempo inspeccionar que no tenga roturas o huecos.

3.4 OPERACION Y MANTENIMIENTO DE REDES DE DISTRIBUCION

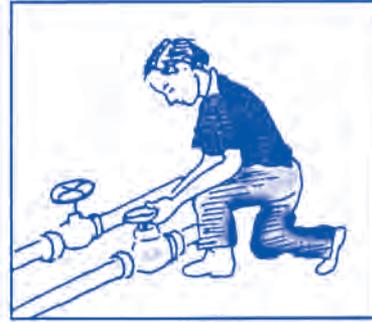
Las siguientes son tareas comunes que los operadores del sistema deben atender:

Inspeccionar regularmente las líneas de tubería, observando si hay deslizamientos o hundimientos de tierra que puedan afectar a la distribución. Cubrir los tramos de tubería que estén expuestos a la intemperie o des protegidos y reparar fugas si las hubiere.



Accionar las válvulas para verificar que giren con facilidad.

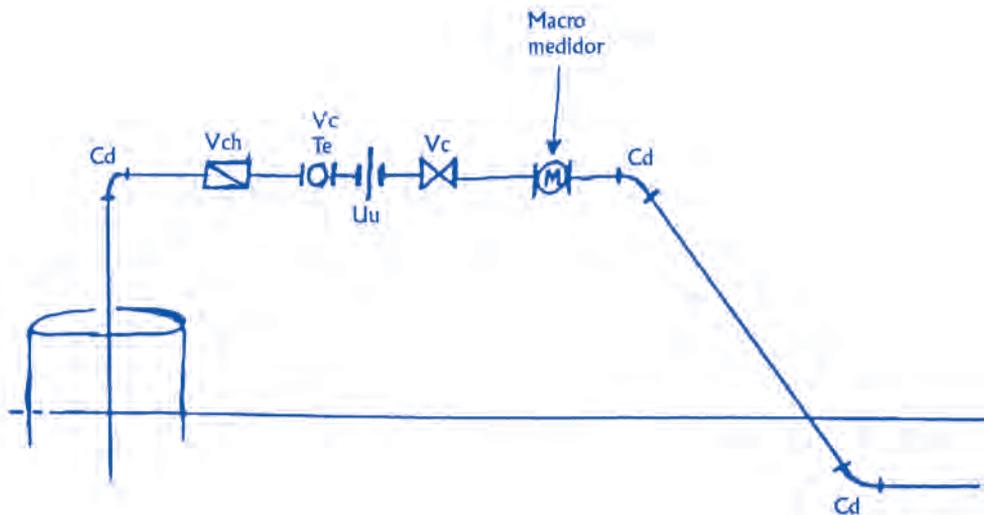
Si tuvieran partes rotas o fugas, deben ser reparadas o cambiadas de inmediato.



Cada tres meses abrir por unos minutos las válvulas de limpieza (purga lados) para eliminar sólidos y agua estancada y de esta manera evitar olores y sabores desagradables en el agua.

Cada año pintar las estructuras metálicas y tuberías de hierro para evitar su corrosión.

Cada seis meses se debe desinfectar la red para evitar que se contamine, dar aviso previo a la población que no podrán utilizar el servicio durante esta labor. La solución de hipoclorito (ver Anexos) o lavandina (1 bolsa de 250 ml para 11/2 m³ de agua) se prepara en el tanque para luego llenar la red. Dejar la solución en las tuberías al menos durante cuatro horas, luego abrir las válvulas de purga y los grifos de las casas hasta que desaparezca el olor a cloro. Terminada esta labor, cerrar las válvulas y grifos.



Macromedición

Es recomendable contar con un dispositivo de medición de los volúmenes de agua bombeada con la finalidad de comparar con los micromedidores domiciliarios y poder detectar o contabilizar posibles pérdidas en la red de distribución. Si la diferencia es notable, es necesario inspeccionar inicialmente todas las uniones visibles, reparando fugas. Posteriormente si persiste la diferencia será necesario realizar sondeos de ruidos de fugas sobre las líneas matrices, para ubicarlas, excavar y reparar las mismas.

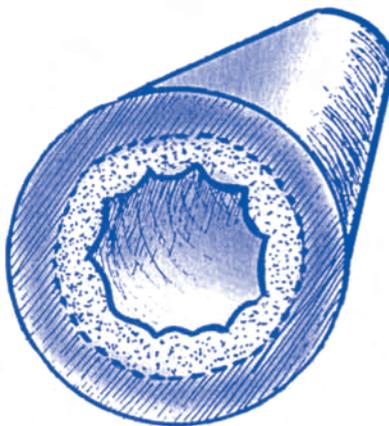
Consecuentemente, es importante llevar un registro de la producción y consumo.

Estado de las tuberías

Dependiendo del tipo de tubería y de la calidad del agua en uso, es importante verificar periódicamente el estado de corrosión, incrustación o deposición de material en la tubería de la red. Estos fenómenos pueden originar también pérdidas o roturas debido a la corrosión, o pérdida por rotura originada en sobrepresiones debido al taponamiento de la tubería. Como parte de la prevención de este último problema, debe verificarse la existencia y funcionamiento de las válvulas de limpieza en puntos extremos de la red.

La inspección para este control debe incluir el corte de la tubería en diferentes puntos de interés.

Para facilitar el seguimiento conviene disponer de los planos de las instalaciones, donde se indican las posiciones de cámaras de válvulas, codos, acoples, llaves de paso y otros accesorios.



3.5 OPERACION Y MANTENIMIENTO DE CONEXIONES DOMICILIARIAS

En las conexiones domiciliarias la responsabilidad del CAPYS o Cooperativa está usualmente referida hasta el micromedidor y a partir del mismo es responsabilidad del usuario. Sin embargo la atención a algunos aspectos comunes puede ahorrar gastos a ambas partes:

- ➔ Una conexión domiciliar de agua significa entre otras cosas, facilidad de uso y ello origina una tendencia a mayor consumo de agua. Esta a su vez, ocasiona un aumento de horas de funcionamiento de la bomba, panel, etc., por lo tanto un incremento en los costos de operación y mantenimiento, o lo que es lo mismo, un posible aumento de las tarifas por consumo de agua.

- ➔ Un grifo o pileta en estado defectuoso puede ocasionar grandes pérdidas de agua, por mínimas que sean las fugas. Por ello es recomendable realizar un control regular de los mismos.
- ➔ Otra de las tareas de inspección, es la vigilancia del uso final que se le dé al agua entregada por el sistema, ya que su uso en este caso, está orientado específicamente para el consumo humano y no así para riego, construcciones ú otros.

4 CONSIDERACIONES FINALES GENERALES Y ANEXOS AL TEXTO

La operación eficiente del sistema de agua potable por bombeo requiere de acciones efectivas en el manejo cotidiano, además de trabajos de mantenimiento de carácter preventivo y correctivo a los equipos. Para ello es necesario:

- La organización y funcionamiento del Comité de Agua y Saneamiento CAPYS o una Cooperativa que administre y garantice el servicio.
- La aplicación de una tarifa acorde con las necesidades para el suministro de agua de buena calidad y cantidad.
- El uso y aplicación de diagnósticos o reportes técnicos tanto del funcionamiento diario como de inspecciones periódicas, que coadyuven en la tarea de O&My en la eventual toma de decisiones para sostenibilidad del sistema.

El Comité de Agua y Saneamiento -CAPYS- es la organización compuesta por hombres y mujeres de la localidad donde funciona el Sistema de Agua. Este Comité debe ser elegido con la participación y el consenso de los pobladores. Debe contar con un Organigrama adecuado a cada población, con Manual de Funciones, Estatutos y Reglamentos aprobados. Estas reglas incluyen entre otras disposiciones, el tipo y frecuencia de reuniones del Comité.

Asimismo, es muy importante para la sostenibilidad del sistema definir la estructura de tarifa requerida para la O&M del sistema. Esta estructura debe incluir no sólo los costos de consumo de combustible o energía, sino también reservas para reposición de equipos, ampliaciones futuras, reparación de partes, costos imprevistos, etc.

Los reportes de mantenimiento preventivo o correctivo deben registrar información de fechas, trabajos realizados, personal de intervención, características de la falla, estado y observaciones de los equipos, repuestos o partes reemplazadas, marca, etc. En Anexos se incluyen algunos Formularios Guía que pueden ser adaptados a cada caso.

ANEXO 1

CONTROL ADMINISTRATIVO/TECNICO DE LA O&M DEL SISTEMA DE AGUA

Nombre de la Institución:

MODULO	ACTIVIDADES DE O&M	FRECUENCIA	OBSERVACIONES
Fuente de agua	Niveles estático y dinámico Producción (aforo) Funcionamiento de la bomba Limpieza de la fuente superficial Limpieza de pozo Verificar presencia de arena o sedimentos Calidad de agua	diario mensual diario mensual a requerimiento diario mensual	Sólidos, disminución de caudal Análisis de Laboratorio
Generador y Bomba	Antes de encender, revisar: Aceite (cantidad, color, viscosidad) Combustible (cantidad) Batería (nivel del líquido) Radiador (agua) y temperatura Filtro de aire (limpio) Frecuencia, rpm, voltaje Tiempo de funcionamiento Cambios de filtros de aceite Cambios de filtros de diésel Chequeo de sonido y color de humo Conexiones eléctricas Inspección de bomba	diario diario diario diario diario diario diario a requerimiento a requerimiento diario mensual a requerimiento	Cada 100 a 200 hrs. ± cada 250 hrs ± cada 2 años
Tanque	Verificar estado de la estructura Limpieza y desinfección Estado de acceso y ventilación Pintura	diario trimestral diario anual	
Red y piletas de distribución	Controlar fugas Limpieza de piletas y grifos	diario mensual.	

ANEXO 3

Comité de Agua y Saneamiento Comunidad de

Ficha Comunal de Informe Semestral			
Actividades Cumplidas			Observaciones
Inspección al sistema de agua:			
• Sistema en operación.	si ()	no ()	
• Sistema en buen estado.	si ()	no ()	
• Mantenimiento preventivo.	si ()	no ()	
• Fallas en el sistema:			
menores	si ()	no ()	
mayores	si ()	no ()	
• Continuidad del servicio.	si ()	no ()	
• Cantidad de agua suficiente.	si ()	no ()	
• Necesidad de ampliaciones.	si ()	no ()	
• Existen fuentes de contaminación.	si ()	no ()	
• Fecha de la última desinfección.	.....	.....
• Hay control de cloro residual.	si ()	no ()	
• Tarifa vigente (Bs. y \$us.).	.....	.....
• % de morosidad.	.....	.....
• Saldos a la fecha (Bs. y \$us.).	.....	.....
• Uso doméstico exclusivo.	si ()	no ()	
• Otros usos	.....	.....
Inspección al Sistema de disposición de excretas:			
• Tipo.	.....	.....
• Buen funcionamiento.	si ()	no ()	
• Problemas presentados:			
menores	si ()	no ()	
mayores	si ()	no ()	
• Necesidad de ampliaciones.	si ()	no ()	
Otros			
• La HAM apoya al Comité	si ()	no ()	
• La HAM supervisa el Sistema	si ()	no ()	
• La HAM apoya otras actividades	si ()	no ()	
• Otras visitas del sector Saneamiento Básico	si ()	no ()	
<ul style="list-style-type: none"> • N° de familias usuarios del agua. • N° de familias conectadas al sistema de alcantarillado • N° de famlilas con letrinas 			

.....
Operador.....
V°B°

Fecha:

ANEXO 4

Preparación de soluciones de hipoclorito para desinfección de tuberías de la red de distribución de agua

a) Si se dispone de hipoclorito de calcio que contiene 30% de cloro, utilizar las siguientes cantidades:

b) Si se dispone de hipoclorito de calcio que contiene 70% de cloro, utilizar las siguientes cantidades:

VOLUMEN DE SOLUCION CLORADA DE 1.000 PPM A PREPARAR	CANTIDAD DE COMPUESTO CLORADO AL 30 % QUE SE REQUIERE	VOLUMEN DE SOLUCION CLORADA DE 1.000 PPM A PREPARAR	CANTIDAD DE COMPUESTO CLORADO AL 70 % QUE SE REQUIERE
Litros	Gramos	Litros	Gramos
1	3,3	1	1,4
5	16,5	5	7
10	33	10	14
15	50	15	21
20	66	20	29
25	83	25	36
30	100	30	43
35	117	35	50
40	133	40	57
45	150	45	64
50	167	50	71
100	333	100	142

ANEXO 5

Preparación de soluciones de hipoclorito para desinfección de tuberías de la red de distribución de agua

a) Si se dispone de hipoclorito de calcio que contiene 30% de cloro, utilizar las siguientes cantidades:

b) Si se dispone de hipoclorito de calcio que contiene 70% de cloro, utilizar las siguientes cantidades:

VOLUMEN DE SOLUCION CLORADA DE 1.000 PPM A PREPARAR		CANTIDAD DE COMPUESTO CLORADO AL 30 % QUE SE REQUIERE		VOLUMEN DE SOLUCION CLORADA DE 1.000 PPM A PREPARAR		CANTIDAD DE COMPUESTO CLORADO AL 70 % QUE SE REQUIERE	
m ³	Litros	Gramos	Kg	m ³	Litros	Gramos	Kg
1	1.000	333	0.33	1	1.000	143	0.143
2	2.000	666	0.66	2	2.000	286	0.28
3	3.000	1.000	1.00	3	3.000	429	0.43
4	4.000	1.333	1.33	4	4.000	572	0.57
5	5.000	1.666	1.66	5	5.000	715	0.71
10	10.000	3.330	3.33	10	10.000	1.430	1.43
15		5.000	5	15		2.145	2.14
20	20.000	6.666	6.67	20	20.000	2.860	2.86
25		8.333	8.33	25		3.575	3.57
30	30.000	10.000	10.0	30	30.000	4.290	4.29
40		13.333	13.33	40		5.720	5.72
50	50.000	16.666	16.66	50	50.000	7.150	7.15
60		20.000	20.00	60		8.580	8.58
70		23.333	23.33	70		10.000	10.00
80		26.666	26.67	80		11.430	11.43
90		30.000	30.00	90		12.860	12.86
100	100.000	33.333	33.33	100	100.000	14.290	14.2

BIBLIOGRAFIA

- ➔ Operación y mantenimiento de Sistemas de Agua y Alcantarillado Rurales (PROSABAR).
- ➔ Manual de O&M ge Sistemas de Agua (PROASU-JICA).
- ➔ Fuentes Renovables de Energía para Sistemas de Abastecimiento de Agua (E.H. Hofkes y J.T. Visscher - IRC / CINARA).
- ➔ Hand-pump Maintenance (Arnold Pacey - INTERMEDIATE TECHNOLOGY).
- ➔ Solar Water Pumping, A. Handbook (Jeff Kenna and Bill Gillet - INTERMEDIATE TECHNOLOGY).