

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE AGUA RURALES



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
Introducción	5
1 El agua y la salud humana	7
2 Sistemas de agua rurales	13
3 Interpretación de planos	15
4 Tuberías y accesorios usados en sistemas de agua rurales	19
5 Operación y mantenimiento de sistemas de agua rurales	25
6 Desinfección del agua	47
7 Guías para instalación de tuberías	57
8 Tarifas de agua	61
9 Participación de la familia	63
Bibliografía	65

INTRODUCCION

En la implementación de servicios de agua rurales, se considera de mucha importancia la capacitación de recursos humanos destinados a la correcta operación y mantenimiento de los sistemas de agua, preservando la inversión realizada, para que pueda garantizarse la sostenibilidad y la calidad de los servicios, reduciendo los costos de operación y mantenimiento, creando conciencia en el usuario sobre la importancia de su participación en la buena marcha de los mismos.

El presente documento tiene por objetivo dotar a los responsables y operadores de los sistemas de abastecimiento de agua de una herramienta de consulta en la que puedan encontrar respuestas a los principales problemas relativos a la correcta operación y mantenimiento de sus sistemas de agua.

El documento presenta en forma simple las definiciones y responsabilidades de la operación y el mantenimiento preventivo y correctivo.

Para las diferentes unidades que forman parte de los sistemas de agua rurales se detallan los principales problemas que se presentan con mayor frecuencia, con el fin de que se tomen las acciones correctivas en forma oportuna, para cada caso. Se incluyen las actividades que deben desarrollarse, la frecuencia de los trabajos y el tiempo estimado de su ejecución. Para su utilización es necesario señalar que tanto la frecuencia como el tiempo calculado para ejecutar las actividades es flexible. Se recomienda que en cada caso se ajusten estos parámetros conjuntamente con el Operador del sistema.

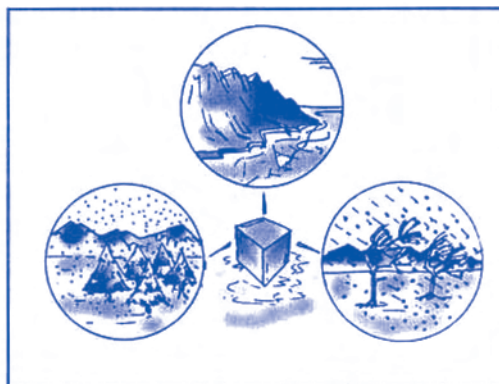
1 EL AGUA Y LA SALUD HUMANA

1.1 EL AGUA

El agua en la tierra es un elemento indispensable para la vida. El agua cubre el 75% de la superficie terrestre, pero sólo el 3% es agua dulce, el resto es agua salada. El agua se presenta en tres estados:

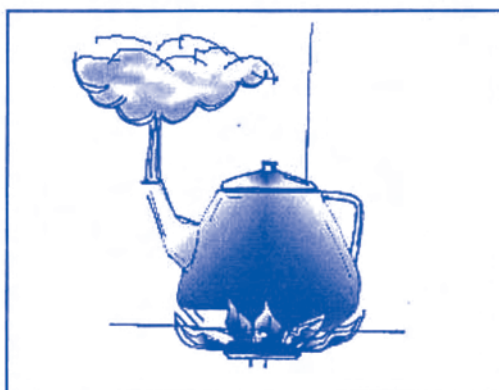
Sólido

En los polos, nevados y granizo.



Líquido

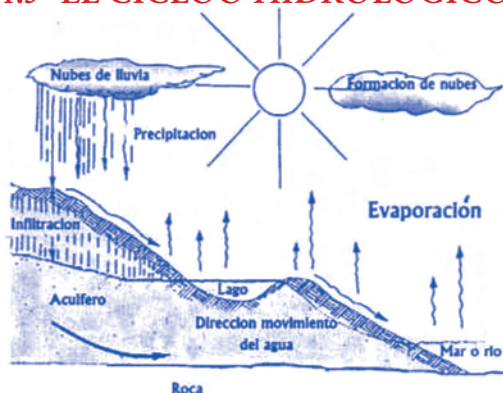
En los mares, lagos, ríos, arroyos y lluvia.



Gaseoso

En las nubes y el vapor de agua.

1.3 EL CICLOO HIDROLOGICO



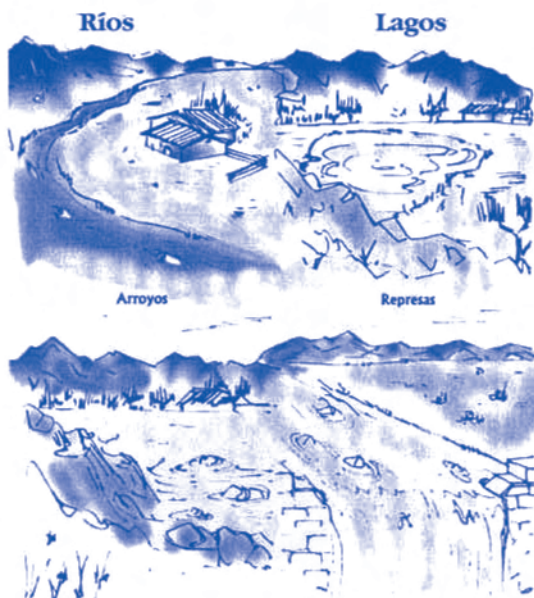
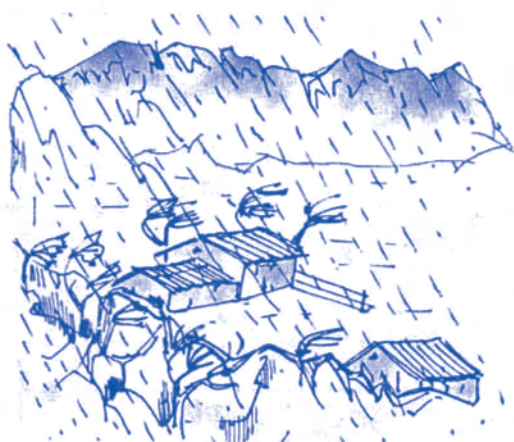
El agua se evapora de los ríos, lagos y mares formando las nubes, luego se precipita sobre la tierra en forma de lluvia. Una parte de ella se infiltra aumentando las aguas subterráneas y el resto retorna a los ríos, lagos y mares, en un ciclo constante

1.3 FUENTES DE AGUA

En la naturaleza existen tres fuentes de agua:

Atmosféricas

El agua de lluvia no es fuente constante, se almacena en época de lluvia para la sequía. Su uso es limitado, para consumo humano se debe hervir.



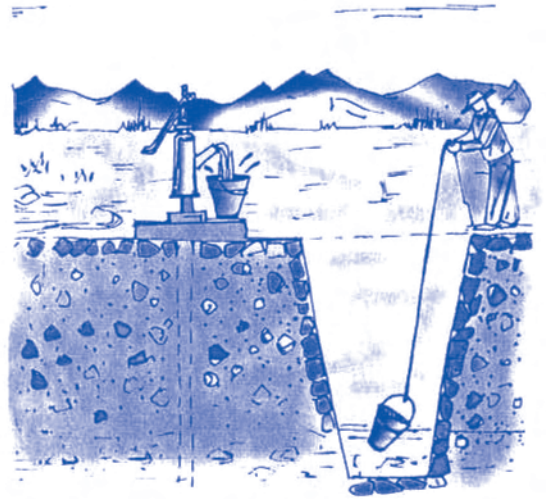
Superficiales

Son aguas provenientes de ríos, lagos, arroyos y represas. Para consumo humano, pueden usarse solo después de tratamiento.

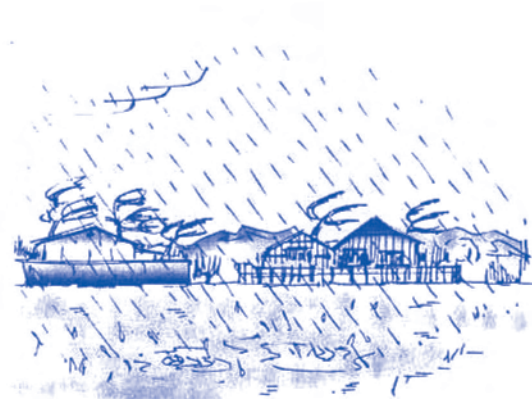
Subterráneas

Son formadas por aguas que se infiltran en la tierra y se almacenan en zonas porosas a diferentes profundidades.

Incluyen a pozos, manantiales y galerías filtrantes. Generalmente no necesitan tratamiento.

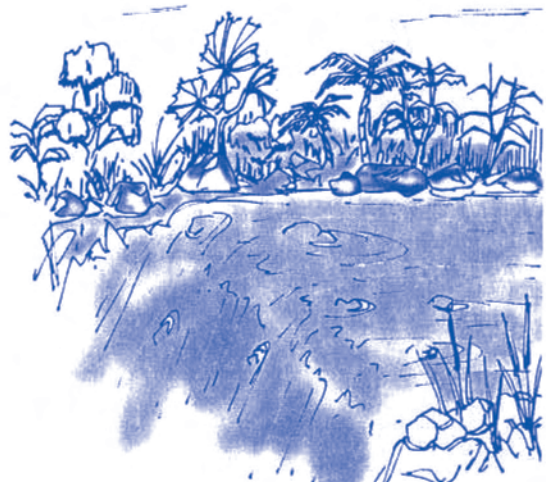


1.4 IMPUREZAS DEL AGUA



El agua de lluvia, al caer sobre la tierra, arrastra partículas de polvo y gases presentes en la atmósfera. Al escurrir en la superficie del suelo arrastra materias orgánicas, sales y muchas bacterias.

El agua al infiltrarse en la tierra, arrastra microorganismos, bacterias y sales minerales. Por eso las aguas subterráneas superficiales podrían estar contaminadas.





Los organismos microscópicos aparecen en el agua y según su cantidad el agua puede estar contaminada.

Las materias suspendidas, generalmente arcilla, constituyen la turbiedad del agua.

Entre los organismos pueden existir bacterias que provienen generalmente de las excretas y que ocasionan enfermedades.

1.5 EL AGUA Y LA SALUD HUMANA

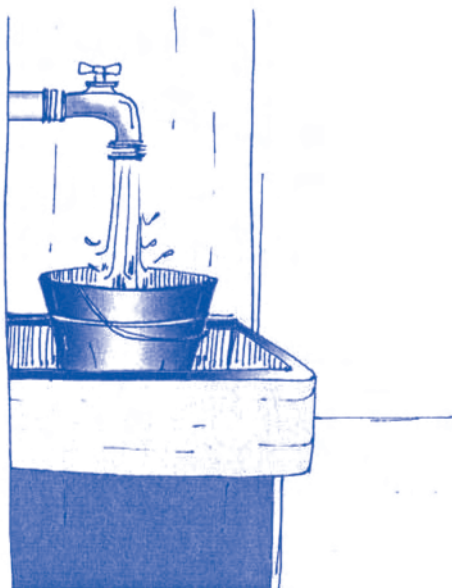
El agua es esencial para la vida como el aire, el alimento y la luz solar. Sin agua no existiría vida.



Sin embargo, cuando el agua no es de buena calidad, puede ser vehículo para muchas enfermedades.

El agua contaminada puede transmitir enfermedades diarreicas, cólera, fiebre tifoidea, etc.

Para cuidar
la salud, las
personas deben
utilizar y beber
agua de buena
calidad.



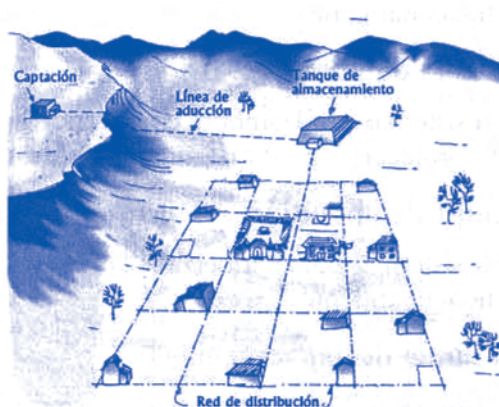
Se entiende por agua
de buena calidad,
aquella que no es
perjudicial para la
salud y es agradable
al consumidor.

2 SISTEMAS DE AGUA RURALES

2.1 SISTEMA DE AGUA POR GRAVEDAD

En este tipo de sistemas, la fuente de agua está a mayor altura en relación a la población.

El agua es suministrada a la comunidad por gravedad. La fuente de abastecimiento, generalmente, es un manantial ó una galería filtrante.



Un sistema por gravedad consta de las siguientes principales obras:

- Captación.
- Línea de Aducción.
- Tanque de Almacenamiento.
- Red de Distribución.

2.2 SISTEMA DE AGUA POR BOMBEO



Este tipo de sistemas tienen la fuente de agua al nivel en la parte más baja en relación a la comunidad. La fuente de abastecimiento puede ser un pozo ó una galería filtrante. Se necesita un equipo de bombeo para elevar el agua y dar presión en la red de distribución.

Un sistema de agua por bombeo consta de las siguientes obras:

- Captación.
- Caseta de Bombeo.
- Línea de Impulsión.
- Tanque de Almacenamiento.

2.3 COMPONENTES DE LOS SISTEMAS

Obra de toma o captación

Este componente está destinado a la captación de agua y la protección de la fuente de abastecimiento.

Línea de aducción

En sistemas por gravedad, es la tubería que lleva el agua de la captación al tanque de almacenamiento.

Caseta de bombeo

En sistemas por bombeo, comprende la instalación del equipo de bombeo y la caseta de protección y está destinada a elevar el agua.

Línea de impulsión

En sistemas por bombeo, es la tubería que lleva el agua de la bomba al tanque de almacenamiento.

Tanque de almacenamiento

Reservorio destinado para almacenar y suministrar el agua con presión.

Red de distribución

Formada por tuberías que suministran agua a los diferentes sectores de la comunidad.

Conexiones domiciliarias

Instalaciones que suministran agua de la red de distribución a las viviendas de la comunidad.

Piletas públicas

Instalaciones que suministran agua de la red de distribución a lugares públicos de la comunidad, como ser escuelas, iglesias, etc.,

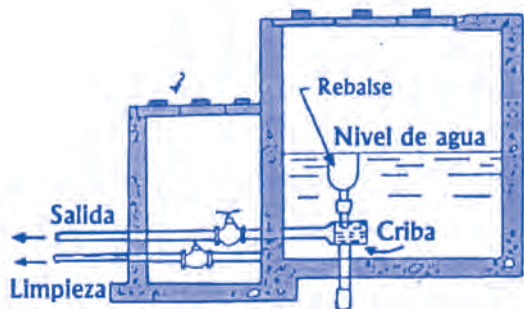
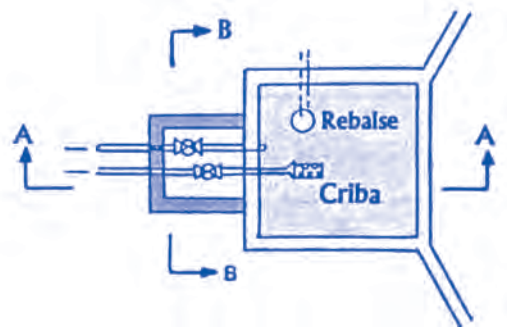
3 INTERPRETACION DE PLANOS

3.1 PLANOS

Son la representación gráfica de instalaciones, edificaciones, equipos de bombeo, etc.

Vista en planta

Es la representación gráfica de un objeto u obra observada desde un nivel más alto ubicado directamente sobre la misma, Este gráfico muestra la planta de una obra de captación.

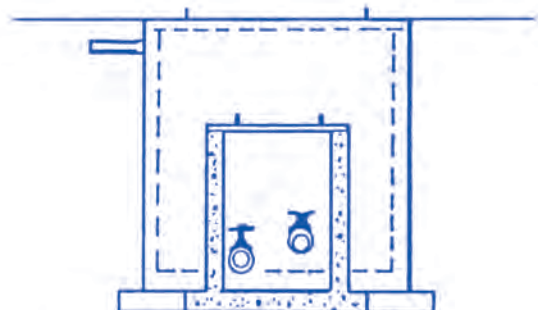


Corte longitudinal (A-A)

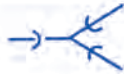
Es lo que observamos de una obra si realizamos un corte en el sentido de su medida más larga.

Corte transversal (8-8)

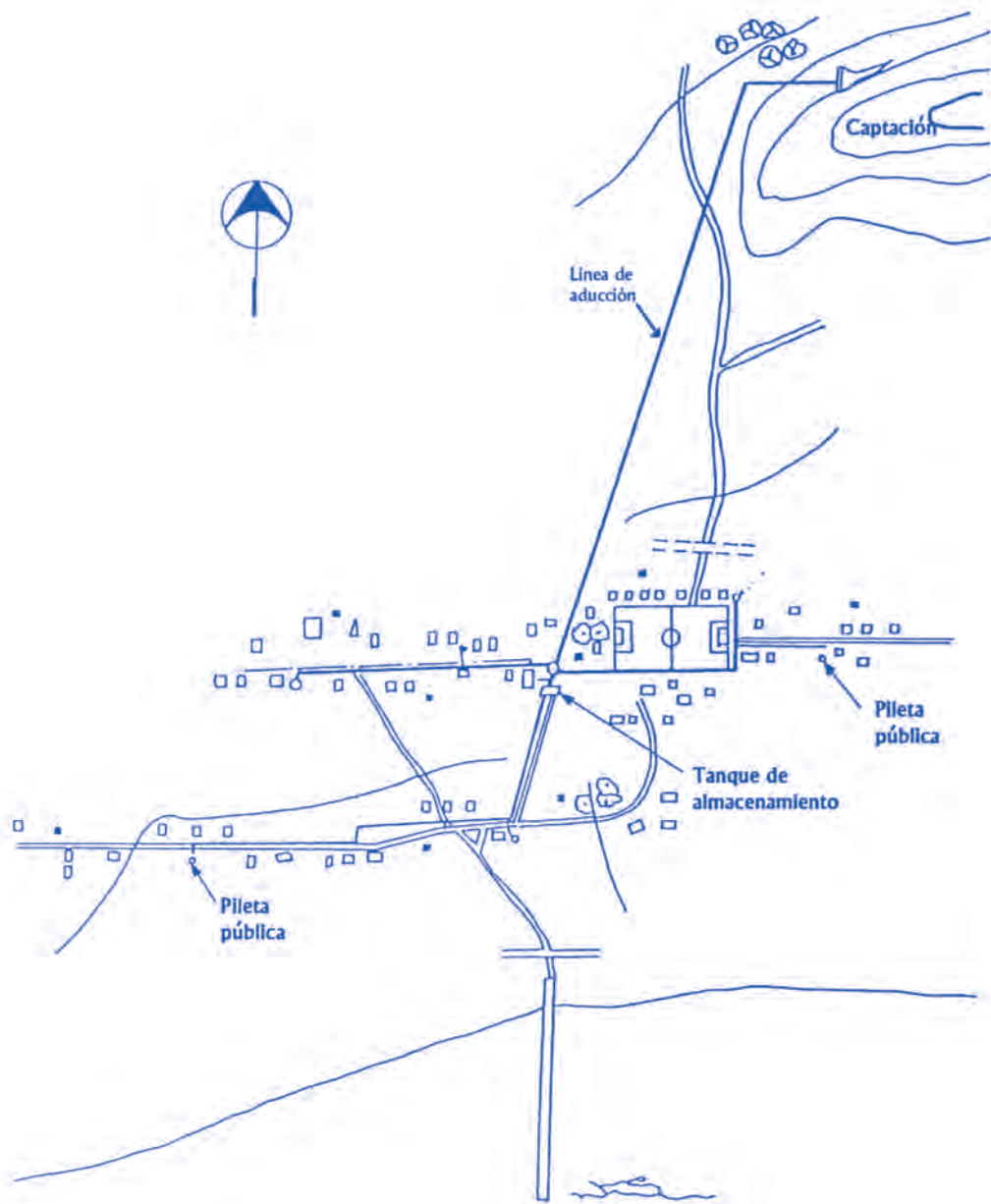
Es lo que observamos de una obra si realizamos un corte en el sentido de su medida más corta.



3.2 SIMBOLOS USADOS EN PLANOS

Simbología	Significado	Simbología	Significado
	Tanque de Almacenamiento		Límite de propiedad
	Piletas públicas		Cerco de alambre
	Tubería		Reducción
	Tapón		Válvula de aire
	Cementerio		Pozo
	Camino		Válvula de limpieza
	Ríos		Válvula
	Fuentes de agua		Cotas
	Caja rompedor		Codos
	Letrina		Tee
	Dirección		Cruz
	Norte		Yee

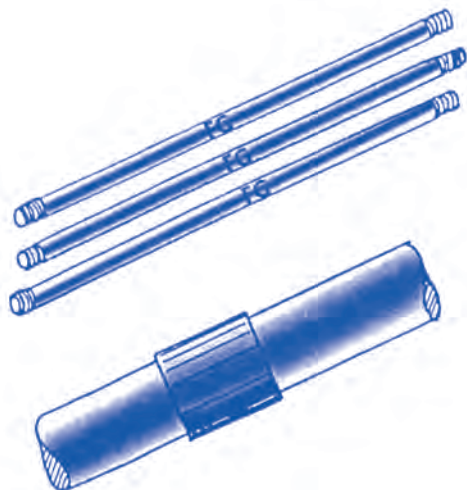
3.2 SIMBOLOS USADOS EN PLANOS



4 TUBERIAS Y ACCESORIOS USADOS EN SISTEMAS DE AGUA RURALES

4.1 TUBERIAS

En sistemas de agua rurales se usan generalmente tuberías de pequeño diámetro. Las tuberías de hierro galvanizado (FG) y plástico (PVC) son las más utilizadas.



Tubería de hierro galvanizado (F.G.)

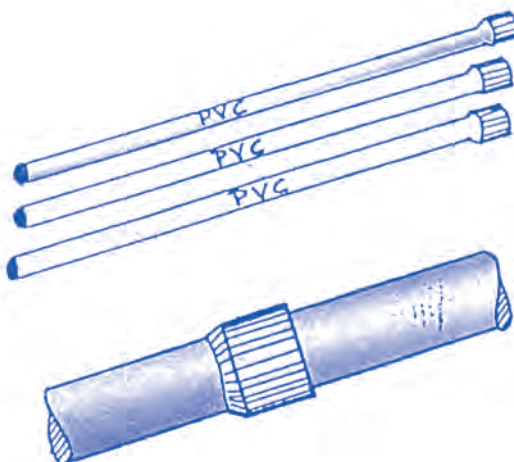
Es un buen material para sistemas de agua rurales. Puede usarse expuesto a la intemperie por ser material resistente.

Estas tuberías se empalman a rosca.

Tubería plástico (PVC)

Este material es flexible y resistente a la corrosión. Las tuberías de PVC deben instalarse en zanjas y ser enterradas.

Las uniones son a rosca o campana.

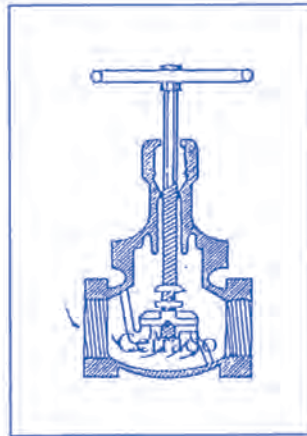
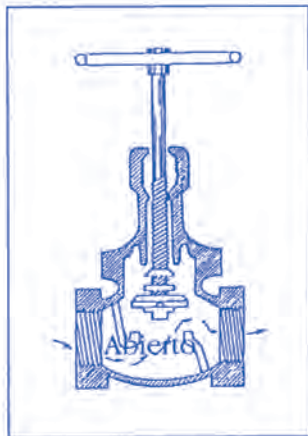


4.2 ACCESORIOS

Válvulas

Son dispositivos de control usados para regular ó cortar el flujo del agua. En los sistemas de agua rurales se usan las válvulas para controlar el flujo del agua en la tubería.

Tipos de válvulas



Válvulas de globo

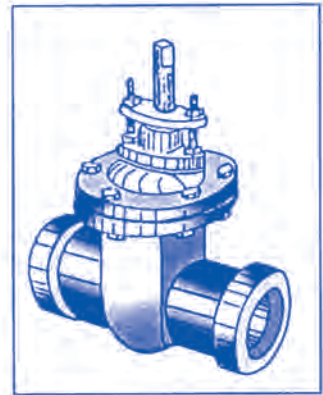
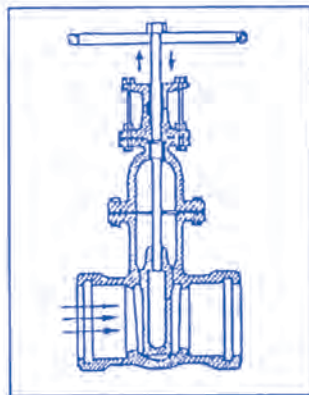
Se usan en varios puntos del sistema, por ejemplo en la red de distribución, conexiones domiciliarias y piletas públicas.

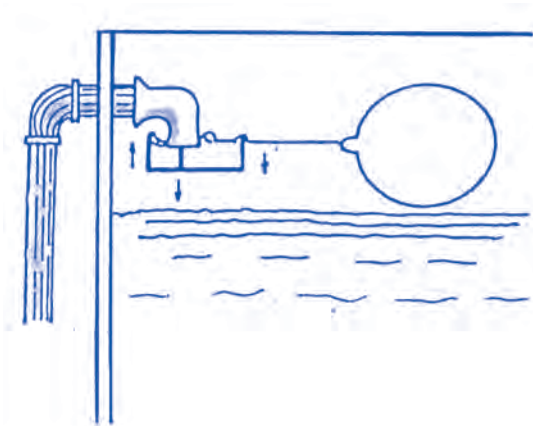
El disco sube o baja para permitir un mayor o menor flujo del agua.

Válvulas de compuerta

Se usan en la salida de obras de captación; entrada y salida de tanques de almacenamiento y en la red de distribución.

El flujo de agua tiene un sentido horizontal. La compuerta sube y baja para dar mayor o menor paso al flujo de agua.



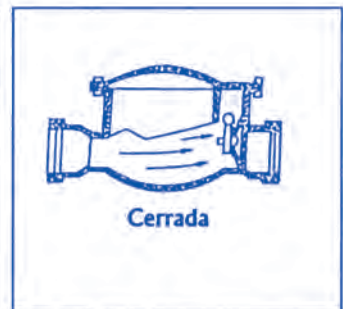
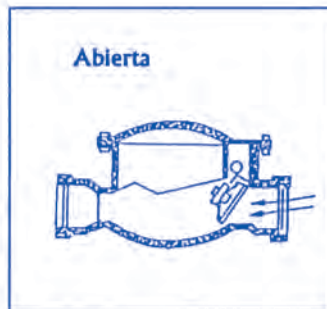


Válvula de flotador

Esta válvula se usa especialmente en los tanques de almacenamiento para mantener, en forma automática, un nivel de agua determinado. El flotador abre o cierra la válvula a medida que baja o sube el nivel del agua en el tanque.

Válvula de retención

Estas válvulas permiten, en forma automática, el flujo del agua en un sentido e impiden en el sentido contrario. La válvula es accionada por el mismo flujo del agua, levantando o cerrando el disco.



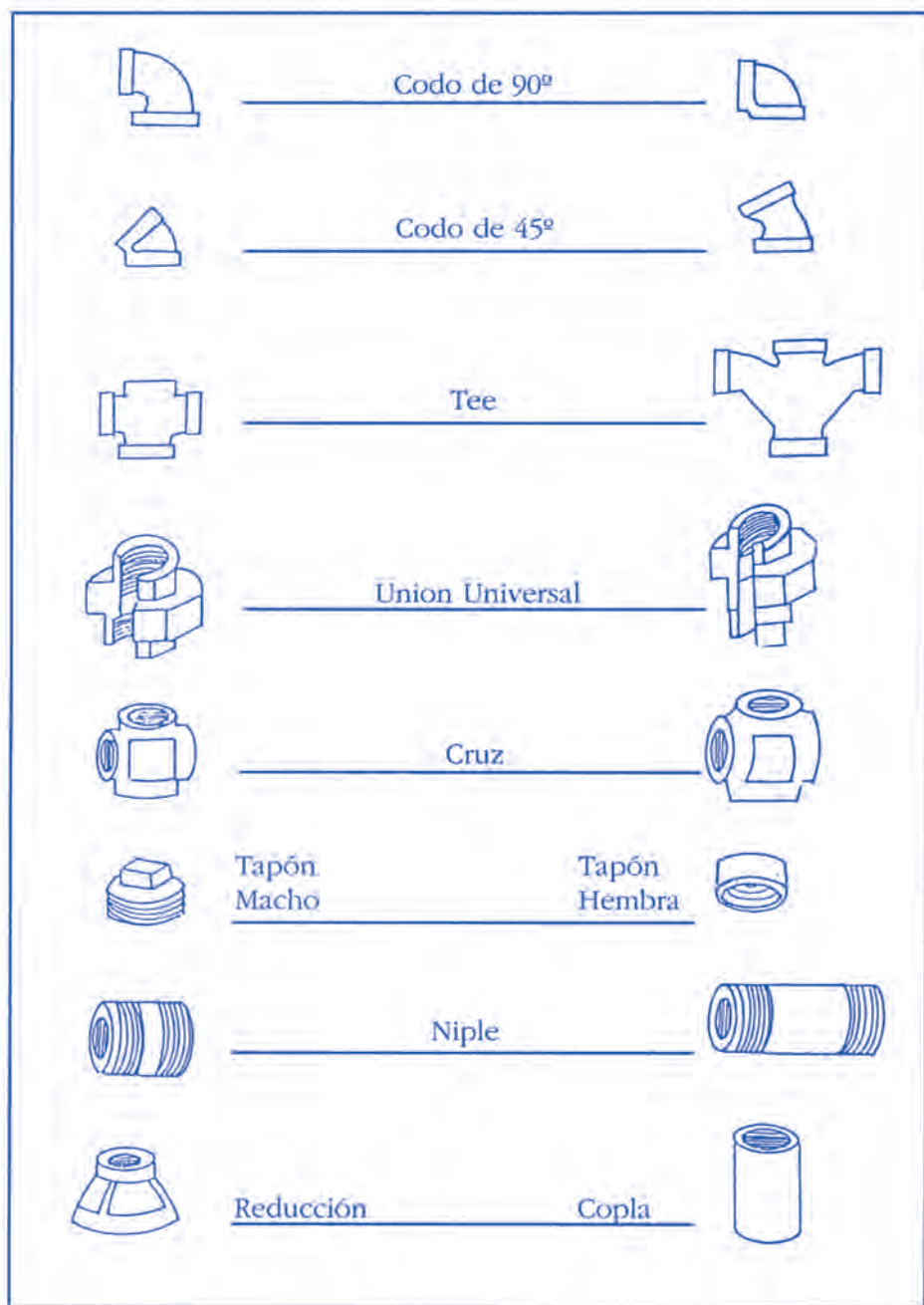
Válvula de pie

En sistemas por bombeo, este accesorio se instala al inicio de la tubería de succión para mantener una columna de agua.

Accesorios de tubería de plástico (PVC)



Accesorios de tubería de hierro galvanizado (FG)



5 OPERACION Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE AGUA RURALES

5.1 OPERACION

Operar es hacer funcionar en forma correcta el sistema de abastecimiento de agua a través de acciones ejecutadas en forma permanente y sistemática en las instalaciones y equipos para asegurar a la comunidad agua de buena calidad, servicio constante y cantidad de agua suficiente.

5.2 MANTENIMIENTO

Mantener se refiere a las acciones que se deben realizar en las instalaciones y equipos para prevenir o reparar daños de los mismos.

Mantenimiento correctivo

Es la reparación de daños causados por accidentes o desgaste en las instalaciones del sistema de agua.



Mantenimiento preventivo

Es el conjunto de acciones que se realizan rutinariamente antes de que se produzcan daños en el sistema de agua con el fin de evitarlos.

El mantenimiento preventivo disminuye costos y garantiza un servicio de agua constante.

5.3 OPERACION Y MANTENIMIENTO DE LA OBRA DE TOMA O CAPTACION

5.3.1 Captación de manantiales

La operación de la obra de toma consiste en abrir la válvula que alimenta la línea de aducción y cerrar la de limpieza.

El mantenimiento de la obra de toma comprende las siguientes acciones:

Cada mes, limpiar la cuneta de protección y el área adyacente al manantial, quitando plantas, piedras, tierra o cualquier otro material extraño. Revisar la cerca para impedir el ingreso de animales.



Cada seis meses, inspeccionar el área de influencia del manantial para detectar posibles fuentes de contaminación, tales como presencia de animales, letrinas, etc.

Observar si existe deforestación en el área de influencia de la fuente de agua por tala de árboles, incendios, u otros.

La falta de vegetación seca las fuentes de agua.





No permitir la construcción de letrinas, tanques sépticos, campos de perforación o líneas de desagüe, en una distancia aproximada de 30 metros alrededor del manantial, en especial en puntos más altos del sitio de afloramiento y captación del manantial.

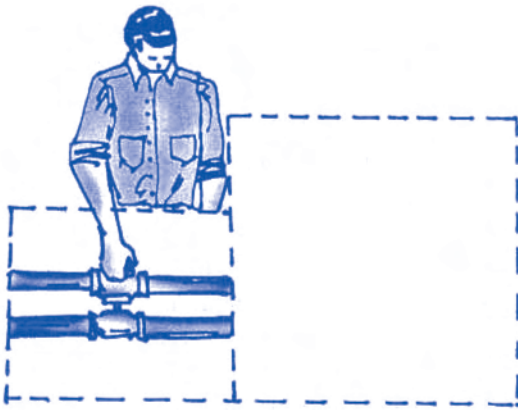
Si en las inmediaciones del manantial existiera algún pozo abandonado o fuera de uso, se lo debe sellar con una tapa hermética.



Cuidar que no exista charcos de agua alrededor de la obra de toma para evitar la contaminación.

Si existen empozamientos, construir zanjás o drenajes para evacuar completamente el agua.





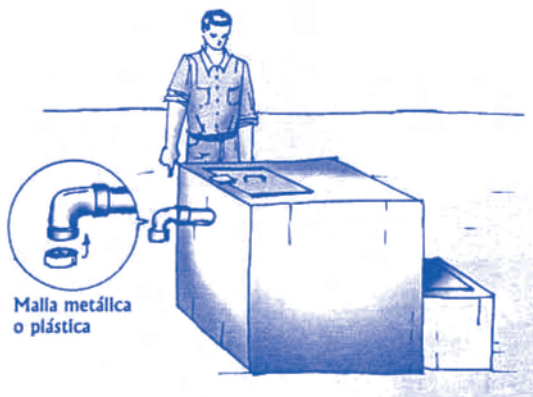
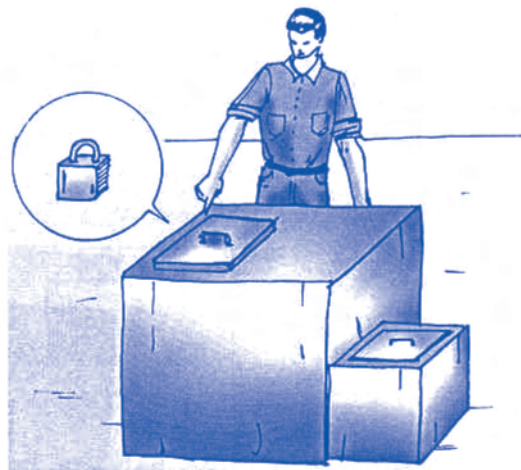
Accionar las válvulas para verificar si giran con facilidad, si tuvieran partes rotas o fugas reparar o cambiadas de inmediato.

Revisar la tubería, reparar si hay fugas de agua, arreglar y pintar con pintura anticorrosiva las partes metálicas.



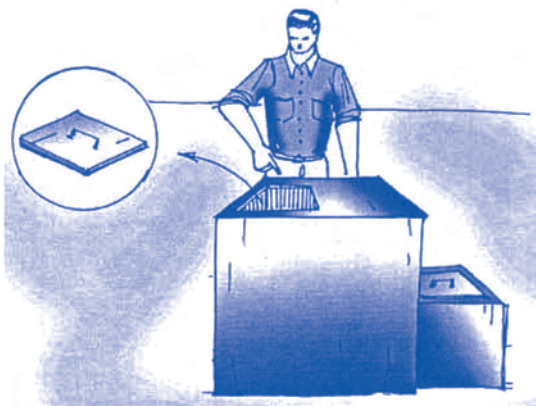
Revisar la estructura de la captación, si se encuentra rajaduras o fugas de agua, reparar las partes dañadas con mortero de cemento.

Cuidar que la tapa del buzón de inspección esté siempre en su lugar y que tenga un dispositivo apropiado para impedir que sea removida.



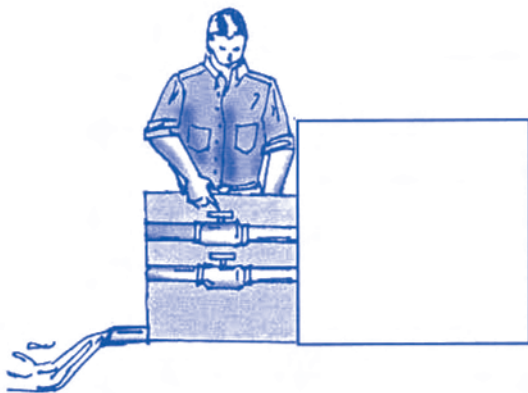
Proteger las tuberías de rebose y desagüe con una malla de plástico o alambre para evitar la entrada de insectos y otros pequeños animales al interior de la obra de toma.

Cuando observe que el volumen de agua que ingresa a la obra de toma ha disminuido, levante la tapa y observe si hay material acumulado en el fondo. En caso de ser así proceda a su limpieza.



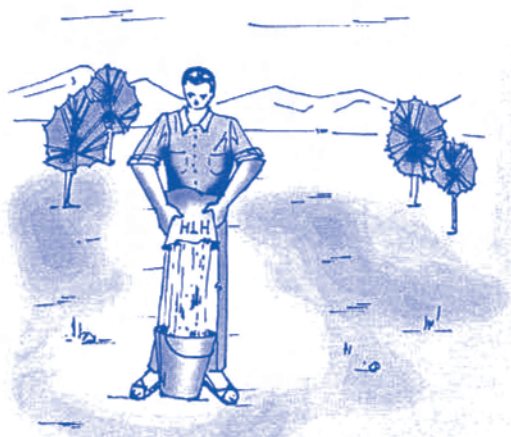
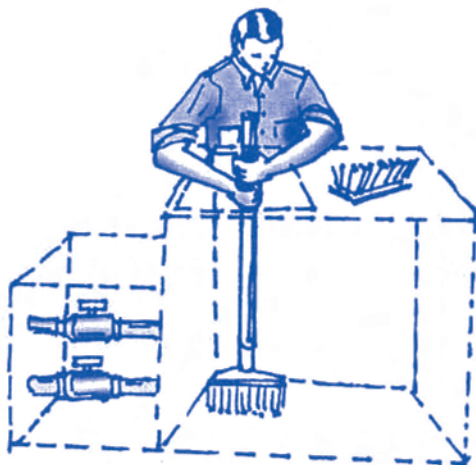
Desinfección de la obra de toma:

Toda vez que se efectúa una reparación, hacer la limpieza y desinfección de la obra de toma como sigue:



Cerrar la válvula de salida hacia la tubería de aducción y vaciar totalmente la cámara, abriendo la válvula de desagüe.

Limpiar las paredes y piso de la cámara con escobilla, dejando que el agua corra hacia el desagüe para eliminar cualquier deshecho que se haya acumulado en el fondo. Después, cerrar la válvula de desagüe.



Disolver hipoclorito de calcio en un balde de agua, de manera que se obtenga una solución de 100 P.P.M. La cantidad de esta solución estará de acuerdo a la capacidad de la cámara.

Agregar la solución a la cámara y llenada de agua, manteniéndola así, durante dos horas.

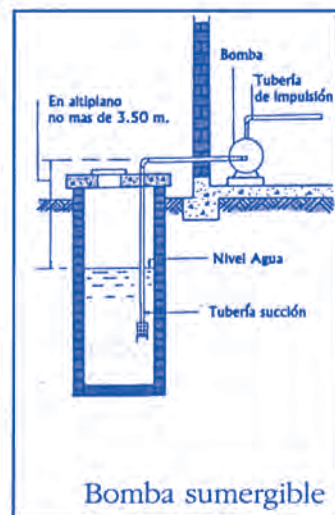
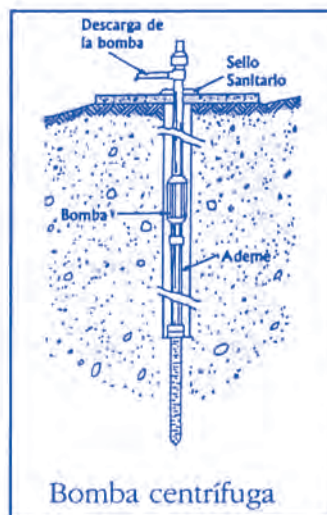
Luego, dejar que el agua salga por el rebalse hasta que desaparezca el olor a cloro. El sistema está listo para operar.



Aforar o medir cada tres meses los caudales captados y la variación de la capacidad de la fuente.

5.3.2 Captación de pozos

La operación y mantenimiento del equipo de bombeo, se refiere al manipuleo del interruptor eléctrico y válvulas de paso. El operador debe cuidar que la tubería de succión esté siempre llena de agua antes de poner en marcha la bomba.





Limpiar cada mes el terreno alrededor del pozo, eliminando la maleza y desechos animales, asegurándose que no existan fuentes de contaminación.

Revisar la protección sanitaria del pozo, observando que no existan fisuras que permitan el acceso de agua contaminada al pozo.



Cada seis meses inspeccionar el área de influencia del pozo, para asegurarse que no existan animales, tanques sépticos, ú otras fuentes de contaminación.

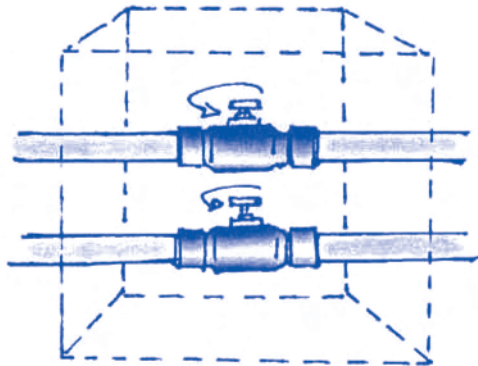
Aforar cada tres meses el caudal del pozo para observar que no ha disminuido su capacidad. Controlar también el nivel estático del agua en el pozo.

El mantenimiento de un equipo de bombeo incluye las siguientes principales actividades:

- ☞ Mantener el equipo y caseta de bombeo limpios y pintados.
- ☞ Mantener el equipo de bombeo lubricado.
- ☞ Controlar problemas mecánicos y arreglados inmediatamente.
- ☞ Llevar un control para el mantenimiento preventivo y reparaciones realizadas en el equipo.

Si la bomba fue desmontada, para ser reparada es necesario desinfectar el pozo de la siguiente manera:

En un balde con agua, disolver hipoclorito de calcio para obtener concentración de 100 PPM de cloro, luego vaciar al pozo la solución.



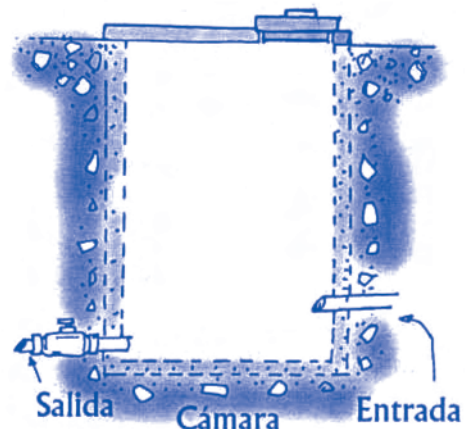
Cerrar las válvulas de la tubería de impulsión y de desagüe, y hacer funcionar la bomba por dos minutos para mezclar con la solución.

La solución debe permanecer dos horas, después bombee al desagüe hasta que desaparezca el olor a cloro.

Finalizada esta labor, el pozo está listo para el servicio.

5.3.3 adaptación de galerías filtrantes

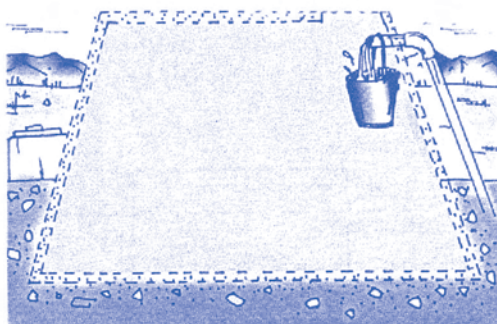
Para poner en funcionamiento la galería filtrante, se debe abrir la válvula que alimenta a la línea de aducción y cerrar la válvula de desagüe.





Mantener la captación libre de barro, plantas, piedras o cualquier otro elemento que pueda obstruir el fácil paso del agua.

Cada tres meses, como máximo aforar el caudal captado de la fuente de agua



Inspeccionar la captación desde el punto de vista sanitario con el fin de detectar posibles fuentes de contaminación, para evitar el paso de animales o personas que puedan dañar las instalaciones o contaminar el agua.

5.4 OPERACION Y MANTENIMIENTO DE LAS LINEAS DE ADUCCION

La operación de la línea de aducción se realiza abriendo la válvula de alimentación a la misma y la de llegada al tanque de almacenamiento. Las válvulas de desagüe deben estar cerradas.

Como parte del mantenimiento, una vez al mes debe realizarse las siguientes tareas:



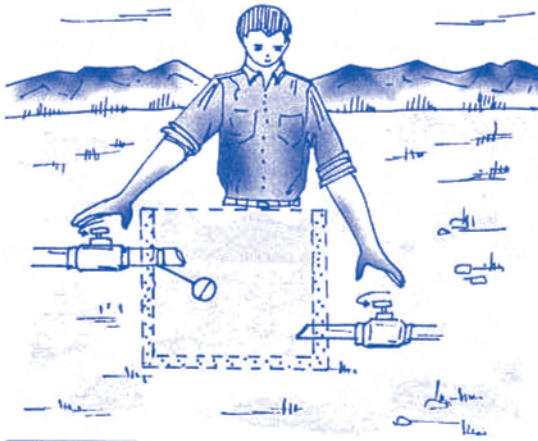
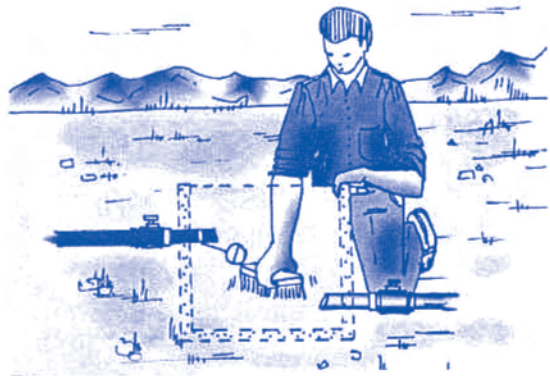
Limpiar el área cercana a la línea de aducción, sacando las malezas, ramas, hojas, etc. para facilitar la inspección.

Observar si hay fugas, deslizamientos o hundimientos en la tierra que puedan afectar la línea de aducción.



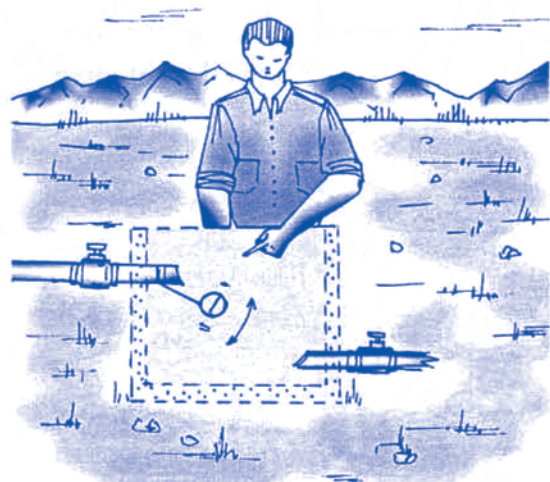
Cubrir los tramos de tubería que estén expuestos o desprotegidos. En caso de que la tubería esté al descubierto, cubrirla con tierra para protegerla.

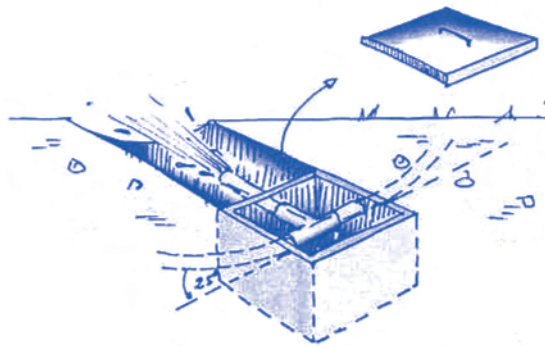
Limpiar las cámaras rompe-presión sacando el lodo y limpiando las paredes y el fondo de las mismas con un cepillo.



Revisar si las válvulas están funcionando bien.

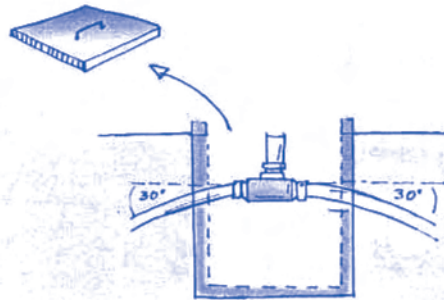
Revisar el funcionamiento de la válvula y el flotador. Accionar el flotador hacia arriba, para observar si el cierre es completo. Revisar el flotador para observar que no tenga perforaciones.





Abrir la válvula de purga de Iodos para eliminar los sedimentos acumulados en la tubería.

También revisar la válvula purgadora de aire.



5.5 OPERACION Y MANTENIMIENTO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO

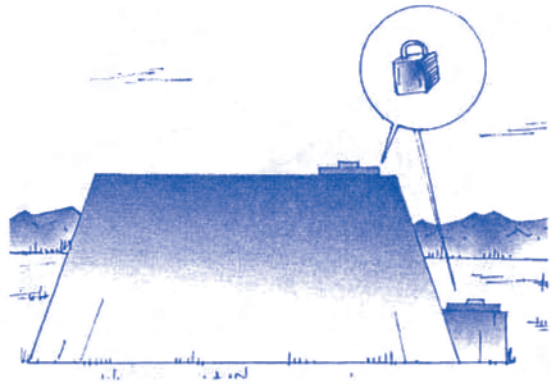
La operación del tanque de almacenamiento, se realiza abriendo la válvula de paso que alimenta la red de distribución. La válvula de desagüe o limpieza debe estar cerrada.

El operador deberá efectuar las siguientes actividades para mantener el tanque de almacenamiento:



Revisar si existen grietas, rajaduras o filtraciones en la estructura del tanque y, si es el caso, reparadas inmediatamente.

Semanalmente controlar la tapa sanitaria de ingreso al tanque y cuidar de que esté siempre en su lugar y asegurada con un candado.

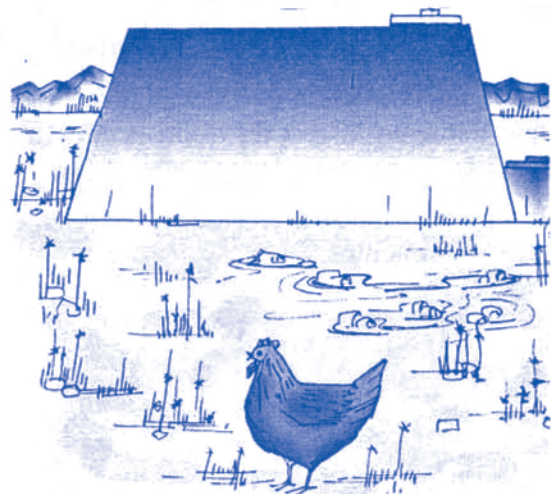


Mensualmente limpiar las hierbas y malezas de todo el área cercana al tanque de almacenamiento.

Revisar el cerco de protección, observar si hay animales en la cercanía.

Revisar la tapa sanitaria y la cámara de llave.

Revisar las tuberías de ingreso, salida, ventilación, limpieza y rebalse.





Cada seis meses, limpiar con cepillo metálico las paredes y el fondo del tanque. Antes de iniciar esta labor cerrar las válvulas de ingreso y salida del tanque, luego abrir la válvula de desagüe para vaciar el tanque.

Según el tamaño del tanque, prepare en baldes, solución de hipodorito de calcio que contenga 100 PPM de doro.

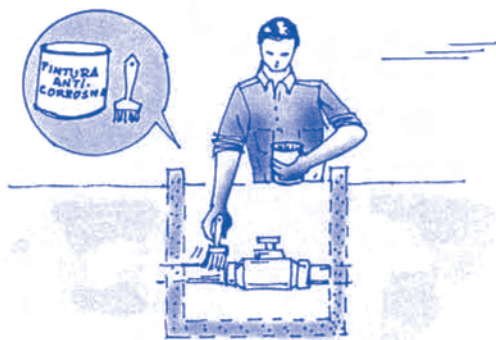
Con la solución dorada y un cepillo, lavar las paredes, fondo y techo del tanque. Usar guantes y zapatos de goma para este trabajo.



Terminada esta labor dejar por dos horas, luego, sin ingresar al tanque, lavar con chorro de agua su interior hasta que no tenga olor a doro.

Después, cerrar la válvula de desagüe y el tanque está listo para almacenar el agua.

Cada año, pintar las estructuras metálicas (hierro galvanizado) para evitar la corrosión.

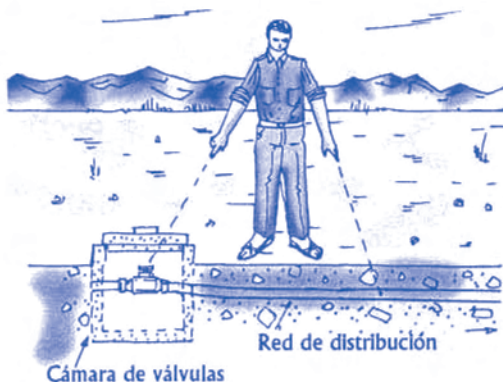


5.6 OPERACION Y MANTENIMIENTO DE LA RED DE DISTRIBUCION

En la red de distribución las válvulas deben manipularse con precisión, especialmente en casos en que exista falta de presión de agua en los puntos más elevados de la red, excesiva presión en zonas más bajas o cuando se efectúen cortes de servicio para reconexiones y/o ampliaciones de la red.

Para un mantenimiento adecuado de la red de distribución, el operador debe contar con el plano respectivo donde se indique el diámetro de tuberías, longitudes y válvulas que fueron instaladas.

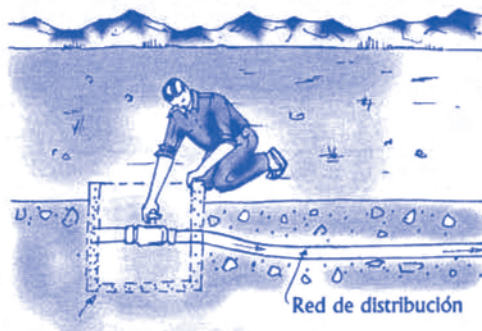
Las principales acciones de mantenimiento de la red de distribución, son las siguientes:



Cada mes, revisar las vías en la que está instalada la red de distribución para detectar fugas y limpiar las cámaras de las válvulas.

Cada seis meses, revisar las válvulas para observar si existen fugas y de ser así, repararlas de inmediato.

Accionar las válvulas girando lentamente, si estuvieran duras, lubricar con aceite de baja viscosidad.



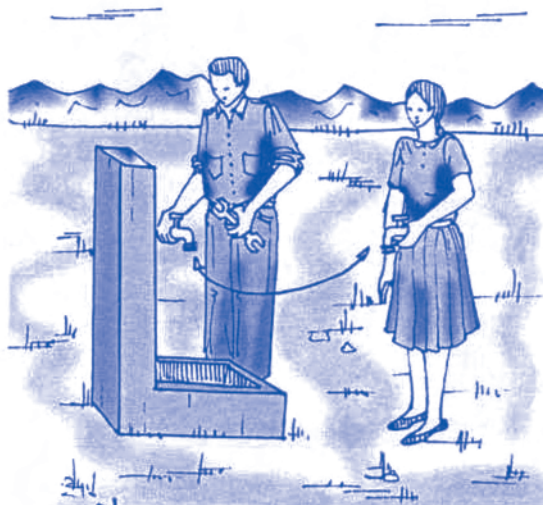


Cada pileta debe estar construida con pedestal y caja de hormigón armado a fin de proteger la unidad.

Debe contar con una acera de empedrado alrededor.

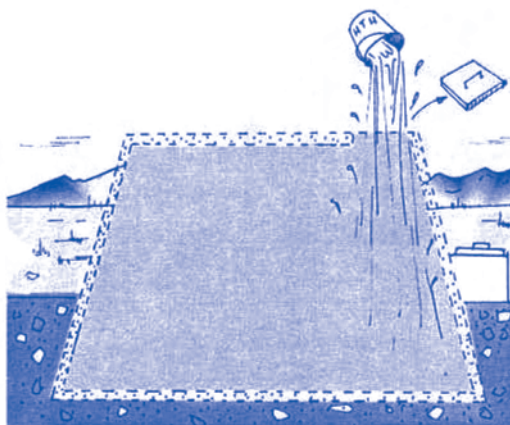
Si el grifo tienen fugas por mucho uso, arreglar o reemplazar las piezas internas, o cambiar el grifo.

Verificar que la tubería de limpieza de la caja receptora no esté obstruida o que el desagüe no forme charcos de agua alrededor.



En caso de presentarse alguna rotura en las tuberías, será necesario reparadas o cambiarlas inmediatamente.

La red debe desinfectarse al menos una vez al año o inmediatamente se detecte contaminación, Avisar a la población que se realizará la desinfección del sistema y que no podrán utilizar el servicio durante esta labor,



La solución dorada (100 PPM de doro) se preparará en el tanque, para luego llenar la red.

Dejar la solución en las tuberías por lo menos 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, estando el sistema listo para entrar en servicio.

Abrir y cerrar la válvula lentamente para evitar el golpe de ariete (*).
Comprobar que el número de vueltas al cerrar o abrir coincidan.



(*) Golpe de ariete

Al accionar rápidamente una válvula se producen altas presiones dentro la tubería. Esta presión ejerce grandes esfuerzos sobre las paredes de las tuberías llegando a reventadas. A este fenómeno se le llama golpe de ariete.

5.7 OPERACION Y MANTENIMIENTO DEL EQUIPO DE BOMBEO

La operación de los equipos de bombeo depende del tipo de equipo (bomba sumergible o bomba centrífuga) y de la fuente de energía (eléctrica, gasolina o diesel!).

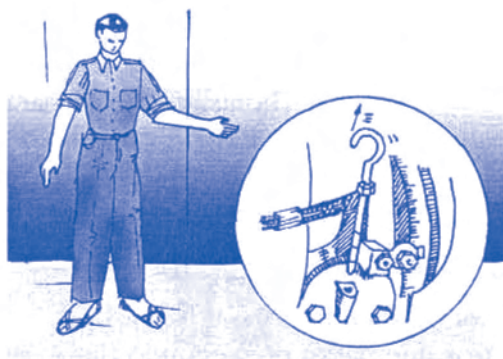
Las acciones del operador básicamente deben centrarse en la correcta utilización del equipo, el mantenimiento preventivo y la preparación de informes sobre el funcionamiento general del conjunto motor-bomba.

Las tareas más importantes pueden resumirse en los siguientes aspectos:

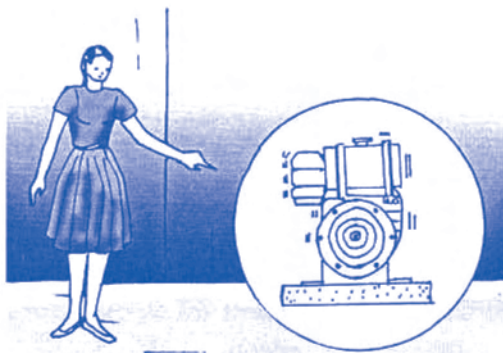
Operar en base a normas técnicas o instrucciones del fabricante, especialmente en el encendido y apagado, tiempo de funcionamiento y uso del combustible en los casos en que se requiera.

Revisar los niveles de agua,
aceite y combustible antes de
arrancar.

En bombas centrífugas la
tubería de succión siempre debe
estar llena de agua.



Realizar la lectura y el registro de la presión de aceite, temperatura, amperaje, etc.



Informar sobre
vibraciones
del equipo o
enturbiamientos del
agua bombeada.

Revisar los niveles del pozo y presiones de descarga, en caso de bombas sumergibles.

Cada semana, limpiar la parte externa del equipo de bombeo y controlar fugas de agua.

Revisar el arrancador electromagnético o cuchilla, si existe alguna anomalía informar al Comité de Aguas.

Registrar las horas de trabajo del equipo a partir del último cambio de aceite y cambiar de acuerdo al número de horas de trabajo para cada motor.



5.8 AFORO DE CAUDALES

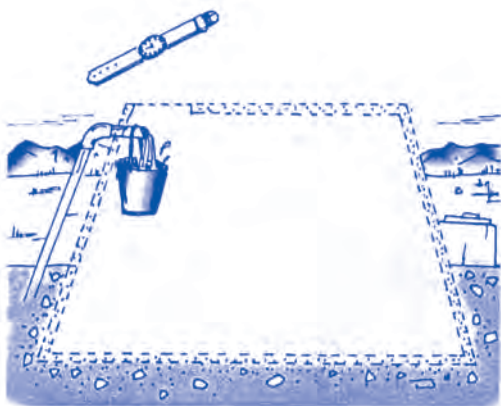
Aforar es medir la cantidad de agua que dá una fuente. Se expresa en el número de litros que pasan por segundo (litros/seg.)



Método volumétrico

Para realizar el aforo de caudal, se requiere:

- ☞ Un recipiente o balde de volumen conocido.
- ☞ Un reloj con segundero o cronómetro.



Ejemplo

En la obra de toma o tanque de almacenamiento colocar un recipiente (por ejemplo un balde de veinte litros) en la boca de la tubería y controlar el reloj para medir el tiempo que tarde el balde en llenarse.

Anotar el número de segundos que tarde en llenar el balde.

Vaciar el agua y repetir la operación otras dos veces más, anotando los tiempos de llenado.



Datos

1. Aforo	30	segundos
2. Aforo	32	segundos
3. Aforo	31	segundos
Suma	93	

Se calcula el promedio de los tres tiempos y se anota el resultado en la hoja de informe:

$$\text{Promedio de los tiempos} = \frac{93}{3} = 31 \text{ segundos}$$

Para calcular el caudal del agua se divide el volumen del balde utilizado por el promedio de los tiempos que tardó en llenar:

$$\text{Caudal agua} = \frac{\text{Volumen}}{\text{Tiempo}} = \frac{20}{31} = 0,6 \text{ litros/segundo}$$

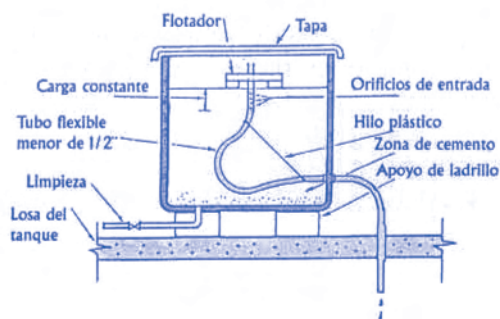
6 DESINFECCION DEL AGUA

6.1 HIPOCLORADORES

El agua que se provee a las comunidades rurales debe reunir condiciones de potabilidad de acuerdo a las normas nacionales, para asegurar la buena calidad la cloración es el método de tratamiento más eficaz para desinfectar el agua.

El producto más usual y de fácil preparación es el hipoclorito de calcio, que el comercio ofrece en estado sólido granulado.

Existen diversos tipos de equipos para dosificar la solución de cloro en los sistemas de agua rural. En nuestro país el hipoclorador de carga constante por goteo es el más utilizado, por que es barato y fácil de operar, se instala generalmente sobre el tanque de almacenamiento.



Su operación consiste en regular el goteo y reponer la solución de cloro cada vez que se termine.

Cada mes limpiar para eliminar los sólidos acumulados en el recipiente y la tubería o manguera de conducción de la solución.

6.2 PREPARACION DE SOLUCIONES DE CLORO

La cantidad de hipoclorito de calcio que se agrega al agua debe regularse de manera que el agua no llegue al consumidor con excesivo sabor a cloro.

La cantidad de cloro residual que debe mantenerse en el servicio diario del sistema debe ser de 0,2 gramos de cloro por metro cúbico de agua (0,2 PPM), en otros términos es 0,2 miligramos por litro.



Para calcular la cantidad de compuesto dorado que se necesita utilizar para preparar soluciones con determinada concentración de doro se usa la siguiente fórmula:

$$P = \frac{C \times L}{B \times 10}$$



Donde:

P=Cantidad de compuestodorado en gramos.

C=Concentración de la solución que se prepara en PPM.

L=Número de litros de solución dorada que se desea preparar.

B=Porcentaje de doro que tiene el compuesto dorado que se va a utilizar.

Aplicando la fórmula anterior, si se desea preparar 50 litros de solución dorada que contenga 100 PPM de doro libre y si se dispone de hipodorito de calcio con 30% de doro, se efectuará el siguiente cálculo:

P=Incógnita

C=100 PPM

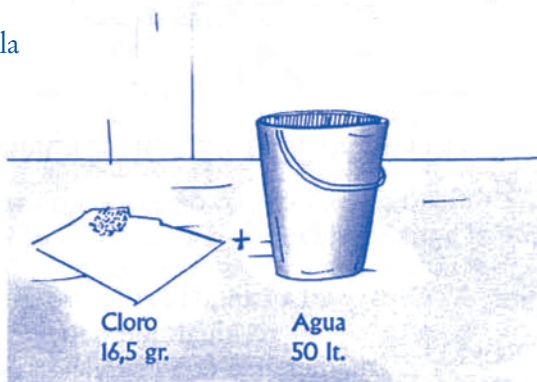
L=50 litros

B=30 por ciento

Reemplazando estos valores en la fórmula

$$P = \frac{100 \times 50}{30 \times 10} = 16,5 \text{ gramos}$$

Es decir, a 50 litros de agua limpia, se agrega 16,5 gramos de hipoclorito de calcio al 30%, para obtener una solución de 100 PPM.



Para una mejor distribución del compuesto dorado en el volumen total de solución que se va a preparar, es recomendable que en lugar de agregar al volumen total de agua, el compuesto dorado en polvo, se agregue en forma líquida, para lo que se debe disolver previamente utilizando un poco de agua del mismo sistema.

Preparación de soluciones que contienen 1.000 PPM de cloro

Tabla 1

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

Volumen de Solución clorada de 1.000 PPM a preparar	Cantidad de compuesto clorado al 30% que se requiere
Litros	Gramos
1	3.3
5	16.5
10	33
15	50
20	66
25	83
30	100
35	117
40	133
45	150
50	167
100	333

Tabla 2

Volumen de Solución clorada de 1.000 PPM a preparar	Cantidad de compuesto clorado al 70% que se requiere
Litros	Gramos
1	1.4
5	7
10	14
15	21
20	29
25	36
30	43
35	50
40	57
45	64
50	71
100	142

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

Preparación de soluciones que contienen 100 PPM de cloro

Si se dispone de hipoclorito de calcio que contiene 30% de cloro, utilizarlas siguientes cantidades:

Tabla 3

Volumen de solución clorada de 1.000 PPM a preparar		Cantidad de compuesto clorado al 30% que se requiere	
m ³	Litros	Gramos	Kilogramos
1	1.000	333	0.33
2	2.000	666	0.66
3	3.000	1.000	1
4	4.000	1.333	1.33
5	5.000	1.666	1.66
10	10.000	3.330	3.33
15	15.000	5.000	5
20	20.000	6.666	6.66
25	25.000	8.333	8.33
30	30.000	10.000	10
40	40.000	13.333	13.33
50	50.000	16.666	16.66
60	60.000	20.000	20
70	70.000	23.333	23.33
80	80.000	26.666	26.66
90	90.000	30.000	30
100	100.000	33.333	33.33

Si se dispone de hipoclorito de calcio que contiene 70% de cloro, utilizar las siguientes cantidades para preparar soluciones que contengan 100 PPM de cloro:

Tabla 4

Volumen de solución clorada de 1.000 PPM a preparar		Cantidad de compuesto clorado al 30% que se requiere	
m ³	Litros	Gramos	Kilogramos
1	1.000	143	0.143
2	2.000	286	0.28
3	3.000	429	0.43
4	4.000	572	0.57
5	5.000	715	0.71
10	10.000	1.430	1.43
15	15.000	2.145	2.14
20	20.000	2.860	2.86
25	25.000	3.575	3.57
30	30.000	4.290	4.29
40	40.000	5.720	5.72
50	50.000	7.150	7.15
60	60.000	8.580	8.58
70	70.000	10.000	10
80	80.000	11.430	11.43
90	90.000	12.860	12.86
100	100.000	14.290	14.29
150	150.000	21.430	21.43
200	200.000	28.580	28.58

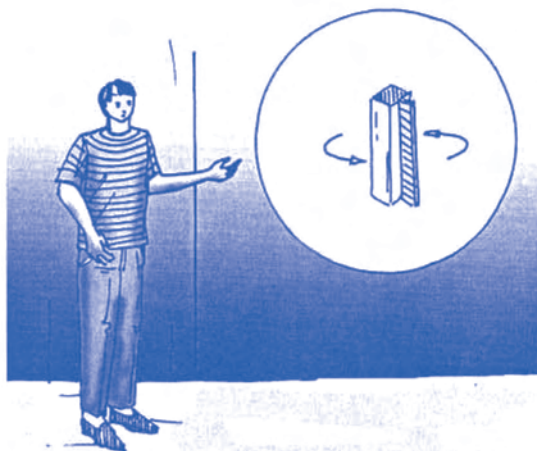
6.3 MEDIDA DEL CLORO RESIDUAL

Con el fin de mantener en la red de distribución el cloro residual de 0,2 PPM, recomendado por las normas de calidad del agua potable, se debe controlar diariamente el cloro libre existente en tres diferentes puntos de la red.



Enjuagar la celda del comparador de cloro tres veces y luego llenar con la muestra de agua hasta la señal respectiva.

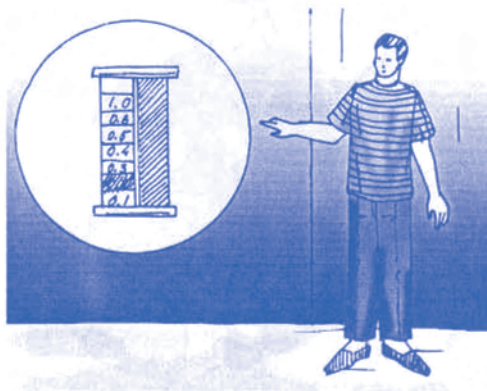
Agregar el reactivo de la celda según las indicaciones del fabricante. El reactivo más utilizado es ortotolidina (OT).



Colocar la tapa y agitar la celda durante cuatro segundos para mezclar el reactivo.

Si existe cloro residual se observará un color amarillo en el líquido de la celda:

Manteniendo el comparador frente a la luz natural, la concentración de cloro residual se determina comparando los colores de la escala patrón y la celda. el valor de cloro libre está indicado en mgr/litro.



Valores recomendados:

Cloro libre 0,2 mgr/litro - servicio diario

Cloro libre 0,5 mgr/litro - en emergencia

La desinfección del agua en los sistemas de agua rurales constituye la barrera más importante contra las bacterias y virus patógenos causantes de las enfermedades; el cloro es el principal agente desinfectante utilizado en muchos países, así como en el nuestro.

6.4. METODOS DE DESINFECCIONCASEROS

Cuando por alguna razón no se puede desinfectar el agua proveniente del sistema de distribución, se deberían utilizar métodos de desinfección caseros (utilizados en los domicilios), hasta que el sistema de desinfección central funcione adecuadamente. Tal es el caso cuando no existen sistemas de distribución de agua, cuando el sistema no cuenta con una etapa de desinfección, o en caso de emergencias.

Entre los métodos a ser usados para la desinfección a nivel casero están la ebullición, la cloración casera y la desinfección solar (método SODIS).



Ebullición

La ebullición es el método más conocido para la desinfección casera. Para la ebullición del agua, es mejor tener un agua clara antes que un agua turbia. En caso de que esté turbia, es recomendable filtrar o colar el agua antes de hervida. El tiempo recomendado para la ebullición es de 5 minutos.



Cloración casera

La cloración casera se da en general con el uso del hipoclorito de sodio o “lavandina” común. En general la “lavandina” se puede aplicar como desinfectante a razón de una gota por litro de agua a ser desinfectada.

Sodis (desinfección solar del agua)

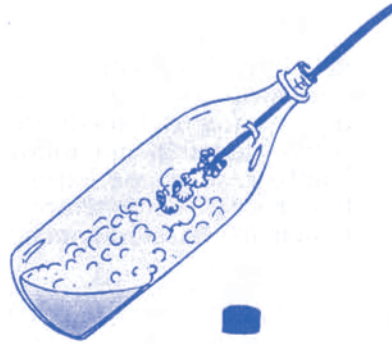
SODIS es un método sencillo de desinfección a nivel casero, el cual básicamente utiliza la luz del sol, agua clara y botellas de plástico transparente.

- SODIS requiere radiación solar. Bajo condiciones normales (cielo despejado o poco nublado), el tiempo mínimo de exposición es de 6 horas (3 horas antes y 3 horas después del mediodía). Cuando se tienen días nublados (sin lluvia), se recomienda dejar las botellas expuestas por dos días seguidos.
- El agua debe ser clara y transparente para la correcta aplicación del método (turbiedad inferior a 30 UNT). Si el agua se toma de una fuente superficial, como un río, debe ser filtrada previamente con una tela limpia, de tal forma que no existan partículas visibles en el agua.
- Las botellas a ser utilizadas deben ser transparentes, de plástico retornable o descartable. No se deben utilizar botellas de color. Las botellas deben tener preferiblemente un volumen de 2 litros. En el caso de las botellas descartables, se debe retirar las etiquetas previamente al uso. No se recomienda el uso de botellas de vidrio.



El procedimiento de aplicación recomendado es el siguiente:

1 Lavar bien las botellas, en lo posible con la misma agua a ser desinfectada. Se debe tener especial cuidado en el lavado de la tapa y de la rosca.



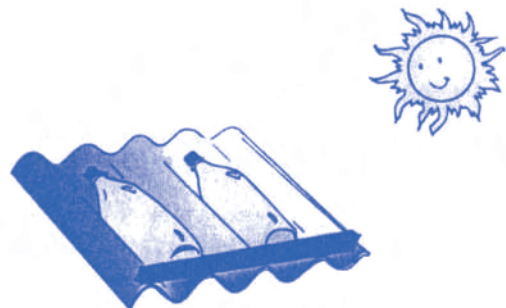
2 En caso de que el agua tenga partículas visibles (pequeñas piedras, arena insectos, ramas, etc), se la debe filtrar. Para esto se puede utilizar una tela limpia. Si luego de hacer pasar la tela por un filtro, la turbiedad persiste (tanto que no se puede ver a través de la botella con agua), se recomienda no utilizar SODIS.



3 Verter el agua dentro de las botellas, hasta que estén llenas por completo y cerradas herméticamente.

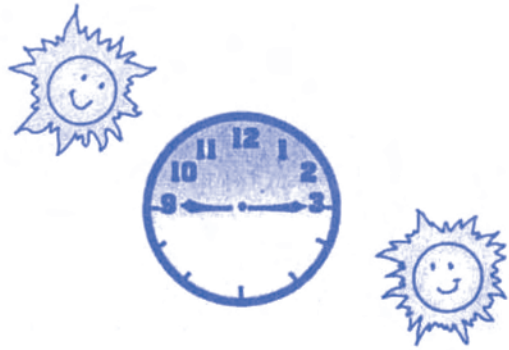
4 Exponer las botellas al sol

- Exponerlas en lo posible sobre una superficie metálica.
- Las botellas deberán estar echadas, de tal manera que los rayos del sol las impacten de forma directa.
- Las botellas no deben ser expuestas a la sombra en ningún momento del día.



- El tiempo de exposición mínimo necesario es de 6 horas, tres horas antes del mediodía y 3 horas después del mediodía.

También se puede exponer las botellas desde más temprano en la mañana hasta el anochecer.



5

Retirar la botella, dejar enfriar y consumir el agua desinfectada en un recipiente limpio o de la misma botella



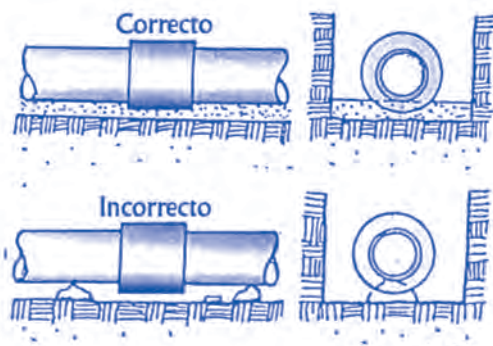
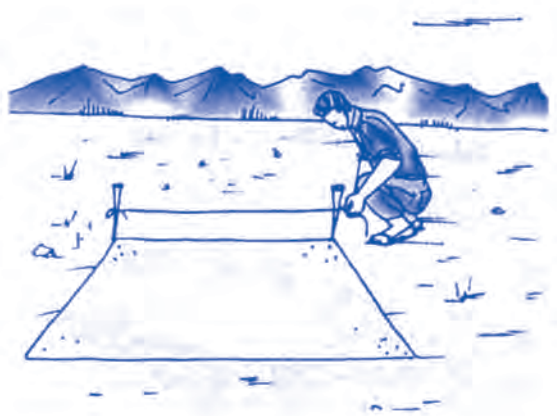
1 EL AGUA Y LA SALUD HUMANA

7.1 PREPARACION DE ZANJAS

En la instalación de tuberías bajo tierra, debe tenerse especial cuidado en seguir las indicaciones técnicas para evitar el aplastamiento, rompimiento o perforación de las mismas, especialmente en caminos de tráfico pesado o en terrazas que se usen para cultivos.

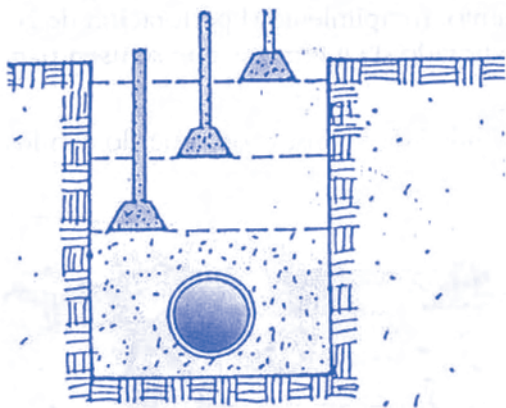
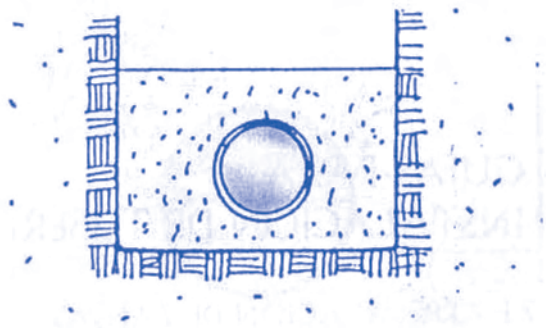
Determinar la longitud de la zanja y la profundidad de la misma de acuerdo con los planos.

- ☞ La profundidad mínima será de 1,0 m, donde circulan vehículos pesados.
- ☞ En zonas de cultivo la profundidad de la zanja será de 80 cm. como mínimo.



Quitar las piedras del fondo de la zanja y aplanar, agregando tierra fina de la misma excavación, La tubería deberá asentar completamente sobre la base de la zanja para evitar su rotura.

Terminada la instalación de la tubería, rellenar la zanja, primero con tierra fina sin piedras hasta cubrir 20 cm. por encima de la tubería y compactar con un apisonador.



Seguir agregando tierra fina en capas de 20 cm. y compactando hasta cubrir totalmente la zanja. Después de esta labor, restituir el empedrado si se realiza la instalación en una calle.

7.2 INSTALACION DE LA TUBERIA DE PVC

Revisar la tubería y los accesorios que se va a instalar para verificar que no estén tapados, fisurados, doblados, etc.

No usar tuberías ni accesorios con defectos.





Cortar las tuberías en escuadra, mediante una sierra para metales.

Después del corte, quitar con una navaja los residuos externos e internos.

Los cortes defectuosos permitirán fugas de agua al instalar la tubería.

Ensayar los accesorios, ensamblando a la tubería, sin usar pegamento, para verificar que ajustan fácilmente y para controlar la posición correcta en la instalación.

Quitar con un trapo limpio el polvo o suciedad que tenga la tubería o accesorio, especialmente en la superficie que recibirá el pegamento.



Verificar que el pegamento que se usará sea especial para tubería de Pvc.

El pegamento deberá estar en buen estado, si está muy espeso o tiene un color rojizo no lo use.

Cubrir el pegamento sobre el extremo de la tubería y accesorio.

Colocar el accesorio en la tubería, girar de vuelta, ajustar en la posición deseada y sostener durante 15 segundos.



Limpiar el exceso de pegamento entre la tubería y accesorio.

El exceso de pegamento puede taponar la tubería o accesorio.

Si se aplica poco pegamento puede ocasionar fugas de agua.

8 TARIFAS DE AGUA

8.1 ESTABLECIMIENTO DE TARIFAS

Los Comités de Agua para cubrir los costos de operación y mantenimiento de los Sistemas tienen las siguientes fuentes de ingreso: tarifas, pagos por conexiones domiciliarias, multas, etc. La fuente principal es la recaudación por cobro de tarifas puesto que las otras son eventuales.

Al establecer la tarifa que ha de regir en el Sistema de abastecimiento de agua rural, es necesario conocer los gastos correspondientes a los siguientes conceptos:

- a) Costo de producción del agua (sustancias químicas, energía, materiales y mano de obra).
- b) Costo de distribución del agua (conservación, materiales, energía y mano de obra).
- c) Costo de administración del sistema (material de escritorio, comunicación etc).

Como referencia se presenta un ejemplo de cálculo de tarifa mensual para un sistema por gravedad con 55 socios:

Ejemplo Calculado:

A.

Gastos para herramientas - Operación (1 año)		Costo (Bs)	
1	Tarrajá de 1/2 " a 1"	550/4*	= 125.00
1	Arco de sierra	20/2*	= 10.00
	Hojas de Sierra	8/1*	= 8.00
1	Prensa de Tuberías	150/4*	= 37.50
1	Llave Steelson 12"	160/2*	= 80.00
1	Llave Steelson 18"	200/2*	= 100.00
Costo total		=	360.50

* Duración de las herramientas en años - promedio

B.

Gastos para herramientas - Operación (1 año)		Costo (Bs)	
5	grifos de 1/2" (Bronce)	(Bs. 35 c/u)	= 175.00
1	Bote de pegamento "PLASMAR"		= 40.00
4	Barras Tubería PVC E-40 1/2"	(Bs. 30 c/u)	= 120.00
5	Llaves de paso de 1/2"	(Bs. 36 c/u)	= 180.00
4	Escobillas de Plástico	(Bs. 12 c/u)	= 48.00
1	Galón de pintura anticorrosiva		= 46.00
1	Tarro 20 litros de cloro (lavandina)		= 50.00
Costo total		=	659.00

C.

Gastos para herramientas - Operación (1 año)		Costo (Bs)	
Registro para usuarios (Bs 1.00 por socio)			55.00
Control de tarifas			55.00
Facturas de recibos			88.00
Sobres, papel carbónico			12.00
Libro de actas			25.00
4 viajes ida y vuelta a la capital			400.00
Pago al operador (a) (Bs semanas * 52 semanas/año)			520.00
Costo total			1.155.00

Costo total primer año (55 socios): A+B+C = Bs 2.174.50

Incremento por devaluación: 20%(A+B+C) = Bs 434.90

Total: = Bs 2.609.40

Calculo de la tarifa mensual

$$\text{Calculo de la tarifa mensual} = \frac{\text{Total}}{\text{Meses/Año} * \text{N}^{\circ} \text{ Socios}}$$

$$\text{Calculo de la tarifa mensual} = \frac{\text{Bs. 2.609.40}}{12 * 55 \text{ Socios}}$$

Tarifa mensual = 3.95 Bs./Socios

9 PARTICIPACION DE LA FAMILIA

9.1 LA PARTICIPACION DE LA FAMILIA

La participación de la familia y en especial de la mujeres la operación y mantenimiento de Sistemas de agua potable rural es muy importante tanto para la comunidad como a nivel doméstico.



Por la responsabilidad y rol que cumple, se debe incentivar a la mujer a participar dentro del Comité de Agua, pudiendo ella desempeñar cualquiera de las carteras de la directiva; por que ella está mejor informada acerca de la regularidad del servicio de agua en la comunidad y en su vivienda.

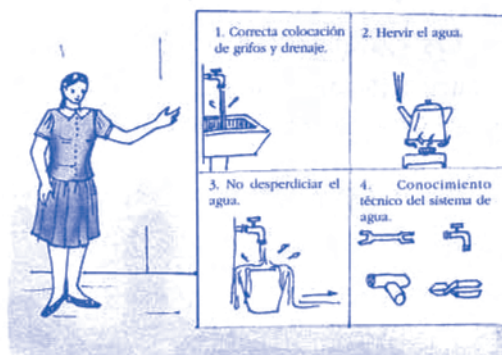
Las mujeres al igual que los miembros de la familia debe participar de los cuidados del Sistema de agua, colaborando con la limpieza de los lugares próximos a la captación de agua, en la desinfección y limpieza del tanque de almacenamiento que se realiza cada seis meses, en la operación del Sistema y en reparaciones que fueran necesarias.

El apoyo de la mujer es importante ya que por medio de organizaciones como el Club de Madres, Cooperativas, etc. ueden organizar talleres de operación y mantenimiento sobre la higiene, salud y uso correcto del Sistema de agua.



Los miembros de la familia deben estar conscientes del rol que la mujer cumple principalmente con sus hijos para implantar y desarrollar buenos hábitos de higiene y del uso correcto del agua, desde el almacenamiento de la misma en la casa que debe ser en recipientes limpios y debidamente tapados.

Las conexiones domiciliarias deben estar protegidas y los grifos correctamente cerrados para no tener desperdicio de agua, además, deben disponer del drenaje necesario para evitar charcos de agua alrededor de las mismas.



Los miembros de la familia deben tener el cuidado de hervir el agua para beber.

La participación de todos los miembros de la familia y sobre todo de la mujer en la operación y mantenimiento de los sistemas de agua rurales debe tender a lograr la salud y educación en las comunidades rurales del país.

BIBLIOGRAFIA

- ➔ Opciones Técnicas y Niveles de Servicio. Anexo 7. PROSABAR,1995.
- ➔ Determinación de tecnologías de tratamiento de aguas residuales, para comunidades de 500 a 5.000 habitantes. PROSABAR,1994.
- ➔ Servicio Universitario Mundial del Canadá. El agua, la higiene y los servicios sanitarios. Manual de Capacitación en Saneamiento Básico. Ottawa 1990.
- ➔ Organización Panamericana de la Salud. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Manual sobre operación, mantenimiento y administración de acueductos rurales. Lima, 1982.
- ➔ Ministerio de Previsión Social y Salud Pública. Dirección Nacional de Saneamiento Ambiente. Manual de operación y mantenimiento para operadores y juntas administradoras. Cochabamba 1987.
- ➔ Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud. Guías para la calidad del agua potable. Washington, D.c. 1985.
- ➔ Banco Mundial/Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Sistemas de Abastecimientos de Agua por Gravedad: Washington, D.c. 1988.
- ➔ Fundación SODIS. Cochabamba, 2000.