

# Operación y Mantenimiento de sistemas de agua potable

## Módulo 5



“Fortalecimiento de capacidades de Organizaciones Comunitarias Prestadoras de Servicios de Agua y Saneamiento (OCSAS) en América Latina”

AVINA



En la construcción del Programa Regional de Fortalecimiento de Capacidades han participado las siguientes organizaciones y personas:

**Fundación Avina:**

Paula Burt, Paraguay  
Paola Cubides, Colombia  
Lil Soto, Costa Rica  
Rafael Luna, Costa Rica  
Cynthia Shiffman, Argentina

**CARE:**

Pedro Carrasco, Ecuador  
Consuelo Álvarez, Perú

**AQUACOL**

Luis Velasco, Colombia

**AGUA TUYA**

Marie Claude Arteaga, Bolivia

**AHJASA**

Omar Núñez, Honduras

**Consortio CAMAREN**

Fernando Larrea, Ecuador  
Soledad Aguirre, Ecuador

**EPILAS**

Gaspar Méndez, Perú

**Sistematización y compilación:**

Rolando Marín, Costa Rica

**Revisión metodológica y educación de adultos:**

Fernando Solíz Carrión / Helder Solíz Carrión

**Revisión equidad de género e interculturalidad:**

Nubia Zambrano, CARE - Ecuador

**Revisión comunicacional:**

Giovanna Tipán Barrera

**Diseño y diagramación:**

Joaquín e Iván Pérez

**Fotografías:**

Care / Avina



Personajes guías

**CARE Internacional en el Ecuador**

Av. Al Parque s/n y Alonso Torres, Galerías del Bosque Planta Baja - local 10. T. +593.2.2.253-615  
Quito - Ecuador  
[www.care.org.ec](http://www.care.org.ec)

**Fundación Avina**

Calle Evelio Lara, Casa N°131-B  
Ciudad del Saber, Clayton  
Panamá, República de Panamá  
Tel: +[507] 317 3408  
[www.avina.net](http://www.avina.net)

**Para citar la fuente:**

CARE Internacional-Avina. Programa Unificado de Fortalecimiento de Capacidades. Módulo 5. Operación y mantenimiento de sistemas de agua potable. ©  
Ecuador, Enero de 2012.



El presente módulo forma parte del Programa Unificado de Fortalecimiento de Capacidades dirigido a los prestadores de servicios de agua potable y saneamiento comunitarios, es resultado de un proceso de compilación de propuestas y experiencias de capacitación impulsado y financiado en el marco del convenio entre CARE y Avina. Forma parte de una iniciativa amplia para el desarrollo de procesos de formación comunitaria en la región latinoamericana que contribuya a la gestión sostenible y equitativa de servicios de agua y saneamiento y el ejercicio de derechos. Al ser este un producto de conocimiento colectivo, se espera que pueda ser ampliamente compartido, debatido y usado.



# Personalización

**Nombres:** \_\_\_\_\_

**Apellidos:** \_\_\_\_\_

**Dirección:** \_\_\_\_\_

**Teléfono:** \_\_\_\_\_

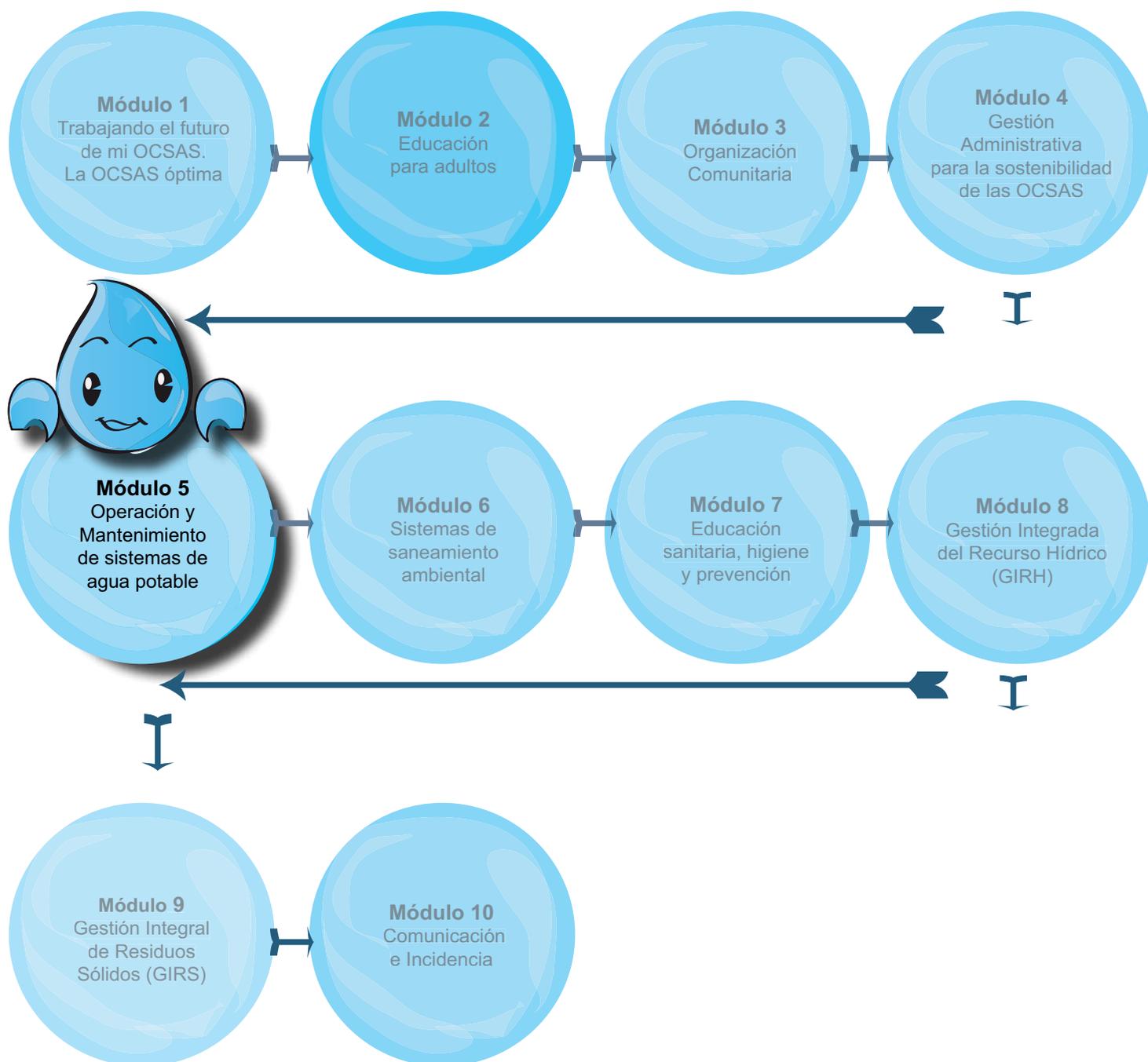
**Celular:** \_\_\_\_\_

**Ocupación:** \_\_\_\_\_

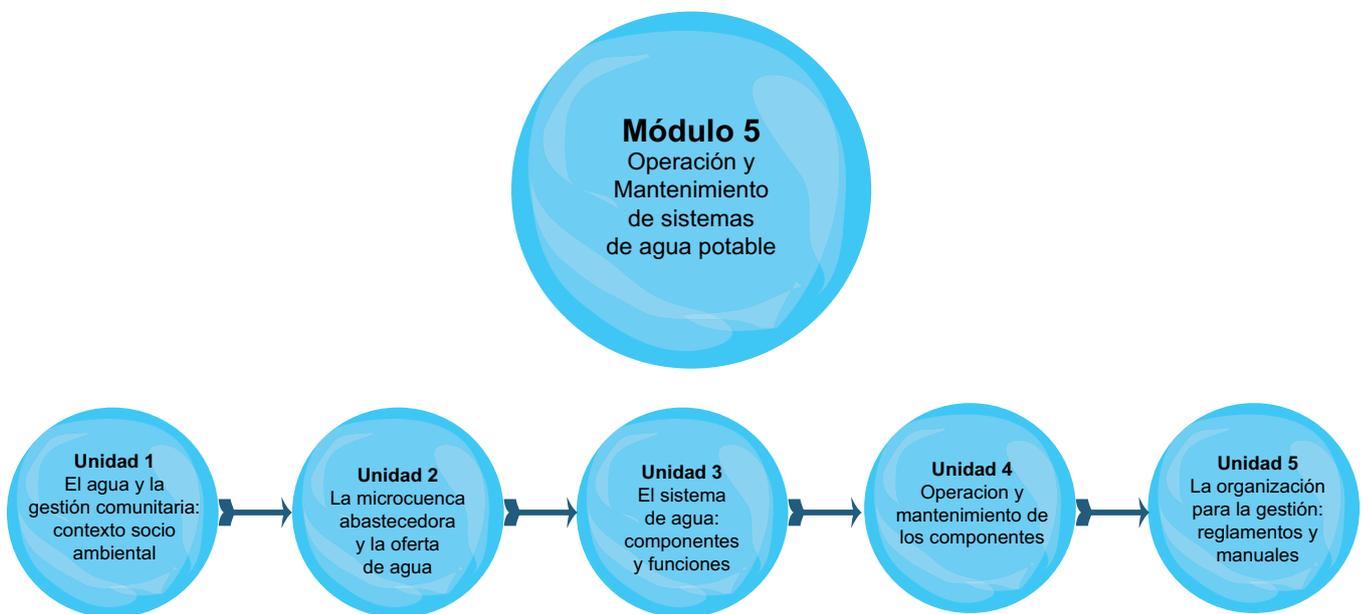
**Ciudad:** \_\_\_\_\_



# Mapa de la estructura curricular



# Mapa del módulo



# Tabla de Contenido



<b>Unidad 1. El agua y la gestión comunitaria: contexto socio ambiental</b>	<b>p.10</b>
1.1. La Declaratoria del Derecho Humano al Agua y Saneamiento, primero en la Constitución y luego en las Naciones Unidas.	p.14
1.2. La gestión comunitaria conforme se plantea en la Constitución y en el Código Orgánico de Ordenamiento Territorial Autonomía y Descentralización (COOTAD).	p.14
1.3. La relación agua, salud, calidad de agua y enfermedades de origen hídrico.	p.14
<b>Unidad 2. La microcuenca abastecedora y la oferta de agua</b>	<b>p.35</b>
2.1. Cuenca hidrográfica: componentes.	p.39
2.2. Disponibilidad, cantidad y calidad de agua.	p.42
2.3. Tipos de fuentes de agua disponibles en la naturaleza.	p.45
2.4. Elementos que afectan la disponibilidad y caudal ecológico.	p.46
<b>Unidad 3. El sistema de agua: componentes y funciones</b>	<b>p.53</b>
3.1. Fuente.	p.58
3.2. Captación.	p.58
3.3. Conducción.	p.65
3.4. Tratamiento.	p.68
3.5. Tanque de almacenamiento.	p.75
3.6. Red de distribución.	p.78
3.7. Acometidas domiciliarias.	p.85
3.8. Micro medidor.	p.89
<b>Unidad 4. Operación y Mantenimiento de los componentes</b>	<b>p.94</b>
4.1. Captación.	p.97
4.2. Conducción.	p.100
4.3. Tratamiento.	p.102
4.4. Tanque de almacenamiento.	p.104
4.5. Red de distribución.	p.106
4.6. Acometidas domiciliarias.	p.112
4.7. Micro medidor.	p.114
<b>Anexos</b>	<b>p.118</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>p.125</b>

# Objetivos del módulo



## Objetivos específicos<sup>1</sup>

Al finalizar el módulo, los y las participantes deben:

### Conocimiento

Conocer la relación de un sistema de agua con el entorno ambiental y social, sus componentes y los requerimientos de operación y mantenimiento.

### Destreza

Ser capaz de identificar los distintos componentes de su sistema, así como las actividades de OM necesarias y su frecuencia.

### Actitud

Propiciar la construcción de acuerdos colectivos de OM como base de la gestión social del agua de consumo humano.

---

<sup>1</sup> Las organizaciones responsables de la elaboración del Módulo que tiene en sus manos trabajan bajo un enfoque de inclusión y equidad de género. Para fines de redacción y agilidad en la lectura en algunos casos se empleará el género masculino para referirse a hombres y mujeres.

# Resumen general del módulo

El módulo está enmarcado en la Declaratoria del Derecho Humano al Agua y Saneamiento (que en varios países se realizó incluso de manera previa a las Naciones Unidas), en la importancia que la gestión comunitaria tiene en el abastecimiento de agua para las poblaciones rurales de nuestra América y en la relación indisoluble entre agua, salud y calidad de vida. Estos tres elementos constituyen un importante marco orientador de la gestión de un sistema de agua y de las acciones de operación y mantenimiento necesarias.

La operación y mantenimiento son acciones fundamentales para el funcionamiento y durabilidad de los sistemas de agua, su adecuada planificación y ejecución, así como una activa participación y vinculación de la organización comunitaria es un paso firme hacia el empoderamiento y sostenibilidad tanto de la organización como de la infraestructura.

Una adecuada operación y mantenimiento sumados a una correcta composición del sistema, pueden ser garantía de un servicio de calidad. En cambio, deficiencias en estos niveles pueden redundar en que la población acceda a agua de mala calidad.

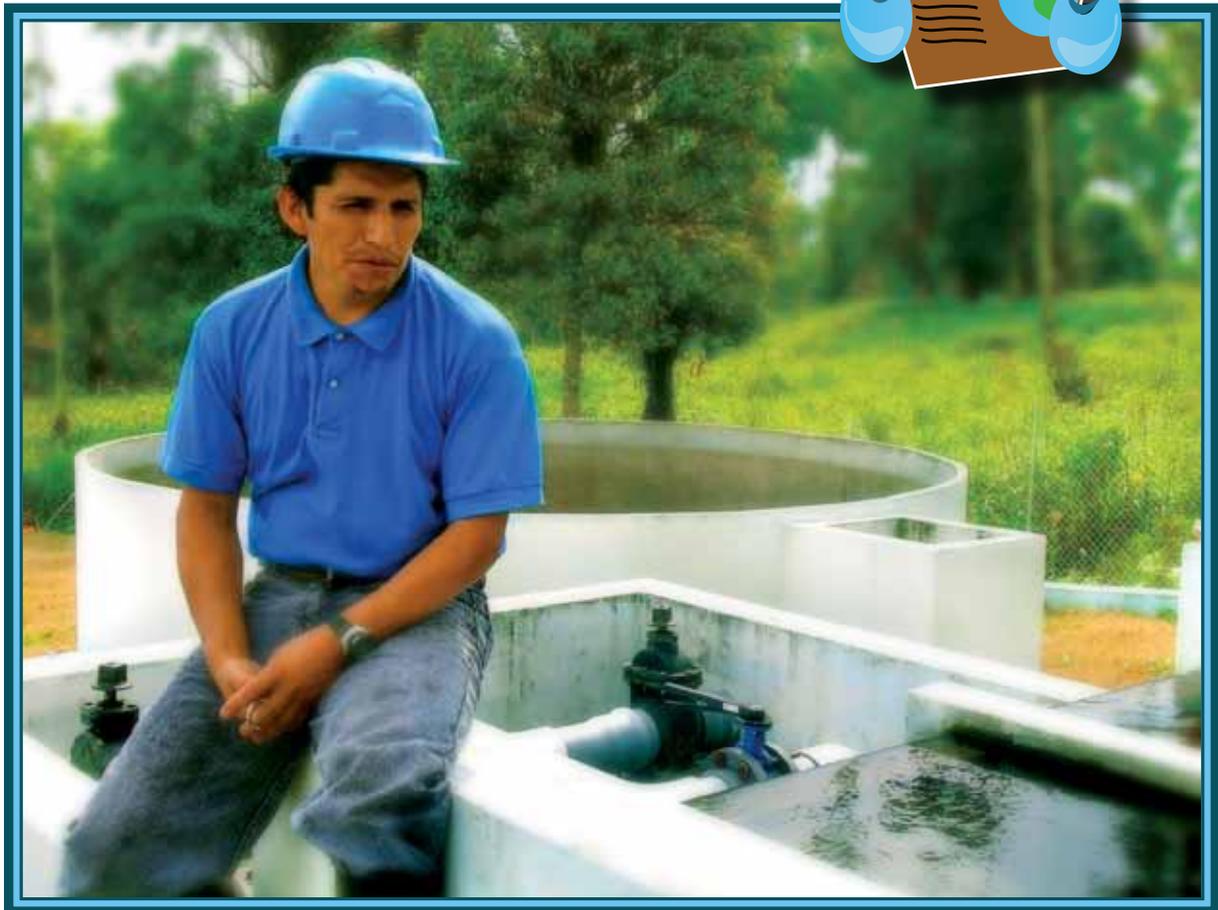
En muchas ocasiones no se presta la atención necesaria a la operación y mantenimiento, o es delegada a la persona responsable de la operación como su exclusiva responsabilidad, desligando al resto de la organización de estas tareas. Eso redundaría en una disminución de la vida útil de las infraestructuras, es una fuente permanente de conflictividad, significa un mayor gasto para la organización y no permite prestar un servicio eficiente a los usuarios/as.

La concepción del sistema como una construcción social y no únicamente infraestructural es uno de los pilares de este módulo, que permite relacionar a la organización, sus acuerdos y normas, con la infraestructura y su lugar en la cuenca hidrográfica. Las acciones de operación y mantenimiento deben estar de la mano entonces con las de cuidado y protección de las fuentes abastecedoras.

Los distintos componentes de un sistema así como las acciones básicas de operación y mantenimiento son explicados en detalle y contextualizados en distintos medios y realidades geográficas y sociales. Finalmente se reflexiona sobre la necesidad de apropiación de estas acciones, y de que estén regidas y sean conocidas mediante acuerdos de la organización que permitan su adecuada realización.

## Escenario del módulo

Es necesario que el módulo pueda ser trabajado en un sistema de agua. Si la diversidad del grupo requiere de sistemas de diferentes condiciones (por ejemplo, con o sin bombeo) se debería procurar tener estas dos posibilidades. El trabajo de campo debe comenzar con el recorrido del sistema desde la fuente. Puede ser necesario escoger un sistema de no muy larga conducción pero que permita la identificación de la micro cuenca a la que pertenece.





# Unidad 1: El agua y la gestión comunitaria: contexto socio ambiental

## I. Introduciéndonos en el tema

En esta primera unidad se ubican los elementos estratégicos con los que se relaciona la operación y mantenimiento, la Declaratoria del derecho humano al agua y saneamiento de las Naciones Unidas; la gestión comunitaria y su importancia en el aprovisionamiento de agua de la población rural; y la relación agua, salud, calidad de agua y enfermedades de origen hídrico.

Los contenidos de la unidad están presentados de tal manera que nos permiten relacionar nuestro sistema con un marco legal e institucional muy importante de derechos, reconocer y potenciar la importancia de la gestión comunitaria, y comprender la importancia de la calidad del agua para la salud y la vida.

### **Objetivos**

Al final de esta unidad, las y los participantes deberán:

#### **Conocimiento**

Conocer el marco legal e institucional que ampara la gestión comunitaria del agua.

#### **Destreza**

Podrán impulsar en su comunidad la reflexión sobre la relación entre y salud; agua y agricultura; agua y cambio climático; agua y género, entre otros.

#### **Actitud**

Reconocerán la importancia de la Declaración del derecho humano al agua como herramienta de incidencia.

## Prerrequisitos del módulo

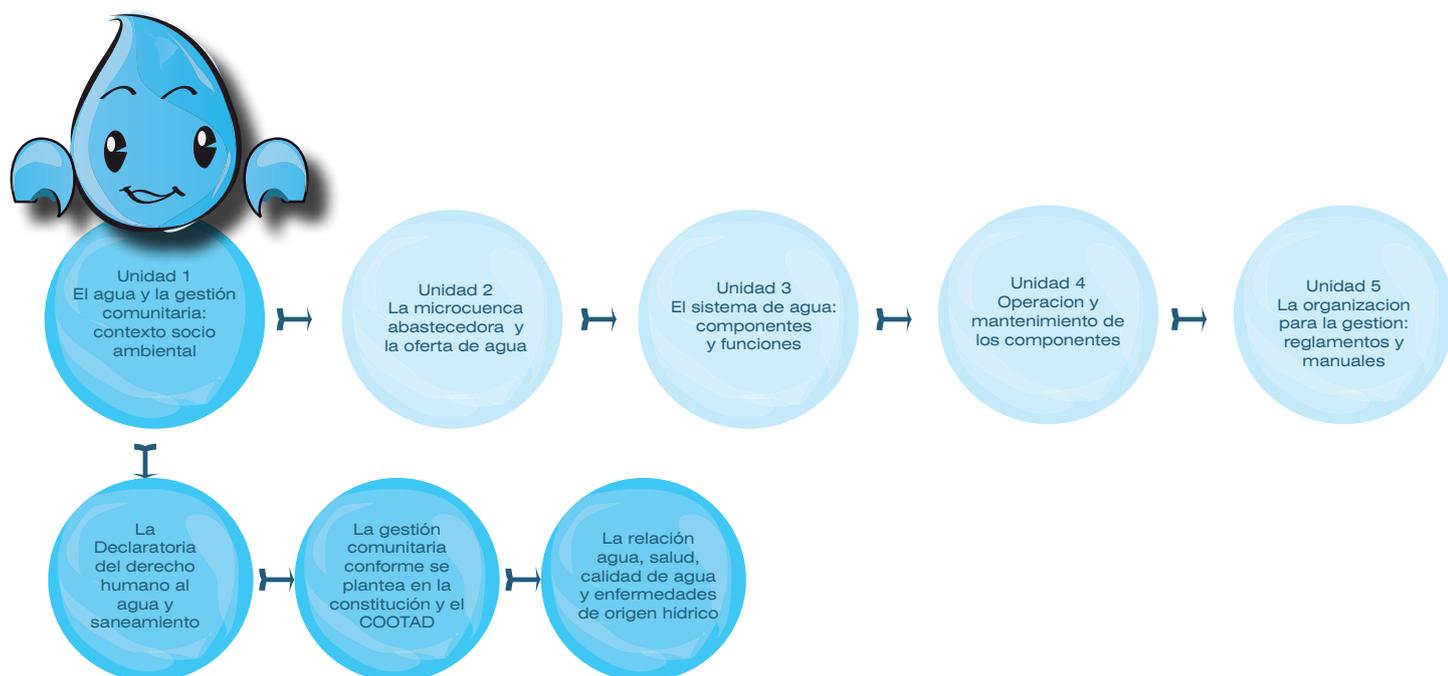
### Facilitador o Facilitadora:

Realizar una presentación sobre el derecho al agua, sus principales proveedores, coberturas, y el marco legal que ampara la gestión comunitaria en poblaciones urbanas y rurales.

### Participantes:

- Conocen sobre el derecho humano al agua.
- Están informados sobre la cobertura de agua en su comunidad, parroquia y cantón.
- Están informados sobre las principales enfermedades que afectan a la comunidad.

# Mapa de la unidad



## II. Desde la experiencia



Le invitamos a pensar en el agua de su comunidad, pero... desde tiempos atrás.

Por favor, conteste las siguientes preguntas:

¿En su comunidad, cómo se abastecían de agua sus padres?

---

---

---

¿Cómo se abastece usted de agua?

---

---

---



¿El agua que usted consume es potable?

---

---

---

¿Quién o quiénes administran el Sistema de Agua Potable (SAP), en su comunidad?

---

---

---

Escriba lo que considera bueno y lo que considera malo del SAP de su comunidad. Y qué es lo que necesita mejorar. Use el cuadro siguiente:

Cosas que están bien	Cosas que están mal	Lo que se necesita mejorar

## III. Conceptualizando

### 1.1. La Declaratoria del Derecho Humano al Agua y Saneamiento, primero en la Constitución y luego en las Naciones Unidas.

Documentos de referencia: COOTAD<sup>2</sup>, Constitución, Declaratoria de las Naciones Unidas.

### 1.2. La gestión comunitaria conforme se plantea en la Constitución y en el Código Orgánico de Ordenamiento Territorial Autonomía y Descentralización (COOTAD).

Documentos de referencia: COOTAD, Constitución, Yakukamay.

### 1.3. La relación agua, salud, calidad de agua y enfermedades de origen hídrico.

El agua fue considerada desde siempre principio y sostén de la vida. Los grupos humanos se desarrollaron junto a manantiales, ríos y lagos, que les permitían tener alimento y agua cada día.

Con el pasar del tiempo, las personas hemos comprendido que la salud depende, en gran medida, de la calidad del agua que consumimos a diario, tanto para beber como para preparar los alimentos.

Pero... las poblaciones han crecido de tal manera que ya no es posible que todas estén cerca de las fuentes de agua. O si lo están, la calidad del agua está deteriorada por la contaminación de las fuentes, por lo que es necesario traer agua de lugares distantes y purificarla. Por eso, se construyen obras que permiten tener agua de calidad en la cantidad necesaria. Estas obras construidas para obtener agua potable son los Sistemas de Agua Potable (SAP).

Muchas comunidades peri-urbanas y rurales en todos los países latinoamericanos carecen de sistemas de agua adecuados. Ya sea porque no disponen de una fuente de calidad, o porque la cantidad del agua no alcanza para abastecer las necesidades de todo el año.

Muchas veces, frente a las necesidades de agua en las comunidades, son ellas mismas las que se organizan —algunas veces con apoyo de organismos nacionales e internacionales— para la construcción de sus propios sistemas de agua potable,

---

<sup>2</sup> En el caso de Ecuador las competencias que asumen los gobiernos locales están señaladas en el Código Orgánico de Ordenamiento Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD). En cada país se hará referencia a la normativa específica sobre el tema.

operados y administrados por la misma Comunidad bajo un modelo de autogestión. Esto es lo que llamamos el Manejo Comunitario del Agua, el cual se organiza por medio de Organizaciones Comunitarias de Servicios de Agua Potable y Saneamiento (OCSAS), que dependiendo de cada país se llaman: Juntas de Agua, Comités de Agua Potable, Acueductos Comunes, Asociaciones Administradoras, Cooperativas de Agua, entre otras. Aquí es importante señalar que, generalmente, las personas creen que el agua de la lluvia o la que sale de un manantial es pura y se puede tomar directamente. Pero no es siempre así.

El agua en la naturaleza no se encuentra en estado de pureza total, si no que contiene una serie de elementos disueltos que no se pueden ver a simple vista. El pasaje normal del agua por el suelo —correr por lechos lodosos, saltar por entre piedras y follaje— la contamina, incorporando en ella elementos físicos (ramas, piedras, papeles, latas), químicos (sales) y bacteriológicos (desperdicios).

Los científicos que estudian el agua, dicen que algunos minerales y sales disueltas en el agua no son malos para la salud y que, en poca cantidad, hasta son beneficiosos. Pero, cuando esas sales o minerales provocan olores o sabores en el agua... ¡hay que desconfiar! Si al probar el agua, ésta tiene gusto desagradable, está avisando que es dañina para el ser humano. Por ejemplo: si tiene mucha cantidad de magnesio, produce fuertes diarreas.

En los últimos años, las personas, sobre todo las de las grandes ciudades, contaminamos el agua con residuos industriales, químicos y orgánicos, muy dañinos para la vida. ¡Los ríos están tan sucios que dan lástima!

Por otro lado, las fumigaciones que se usan para la agricultura en nuestros países, contienen pesticidas altamente peligrosos, que acaban con el suelo y con las fuentes de agua.

Pero así como nuestras actividades impactan la calidad del agua, el agua también puede impactar nuestra existencia. Así, el agua, reconocida siempre como elemento fundamental para la vida, suele a veces convertirse en una verdadera amenaza. Cuando está contaminada, provoca graves enfermedades. Cuando se enoja, es capaz de arrasarse con poblaciones enteras, destruyendo todo a su paso. Eso lo saben muy bien muchos habitantes de nuestros países, quienes han tenido que sufrir las terribles consecuencias por la tala indiscriminada — la cual acelera la erosión de los suelos, aumenta la escorrentía y daña cultivos, infraestructura y poblaciones—, así como fenómenos meteorológicos de grandes magnitudes (altas precipitaciones, tormentas tropicales, huracanes, etc.).

Pero el agua también es vida. En ella se desarrolla una gran cantidad de microorganismos, que no se ven porque son muy, muy pequeños para ser identificados por el ojo humano. No se ven, pero muchas veces se sienten, porque producen enfermedades.

Si bien se sabe que no todos los microorganismos son peligrosos para la salud de las personas, algunas bacterias y especialmente algunos virus, son los causantes de cerca de ochenta enfermedades, algunas de ellas muy graves, como el cólera, la hepatitis y la fiebre tifoidea; que pueden hasta causar la muerte a los seres humanos.

## Las características del agua potable

Para tratar de evitar que el agua contaminada dañe la salud de las personas se han dictado normas de calidad que establecen las principales características físicas, químicas y bacteriológicas que debe tener el agua para ser potable.

Recordamos que el agua es potable cuando:

- No tiene color (incolora).
- No tiene olor (inodora).
- No tiene sabor (insípida).
- Está libre de contaminantes químicos y microbiológicos.

Por eso es necesario analizar el agua. Estos análisis se realizan en laboratorios especializados. Si después de un análisis físico, químico y bacteriológico realizado al agua se comprueba que el agua no es apta para consumo humano, hay que establecer qué es lo que la contamina, para determinar si se puede hacer un tratamiento para purificarla.



## El agua para consumo humano<sup>3</sup>

Donde hay agua hay vida, hay alimento, hay salud. Hay comodidad para vivir y progresar.

El agua ayuda a mantener estable la temperatura del cuerpo; por ejemplo, a través del sudor nos protegemos del calor y cuando respiramos producimos vapor de agua.

El agua hace parte de los múltiples procesos químicos que ocurren en nuestro cuerpo. Cuando decimos que estamos deshidratados es porque nuestro cuerpo ha perdido mucha agua, y esto nos puede causar la muerte en corto tiempo si no lo remediamos.

Los animales y vegetales de los que nos alimentamos también necesitan del agua para su existencia y desarrollo.

En el agua que consumimos se encuentran disueltas muchas sustancias minerales que el cuerpo requiere para su funcionamiento.



<sup>3</sup> Agua, salud y vida. Restrepo, Claudia P., et ál. 2 ed. Bogotá, D.C.: Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Viceministerio de Agua y Saneamiento. 2008. 52 p. (Serie Jornadas Educativas: La Cultura del Agua #1).



## La calidad del agua

Las aguas destinadas para consumo humano no deben tener organismos, sustancias químicas, minerales o impurezas que puedan causarnos enfermedades.

El agua posee características físicas, químicas y bacteriológicas que definen su calidad.

Para purificar o potabilizar el agua es necesario someterla a uno o varios procesos de tratamiento dependiendo de la calidad del agua cruda.

Estos procesos son: la clarificación, la filtración y la desinfección. Para llevarlos a cabo consulte al técnico de saneamiento de su municipio o de las entidades encargadas.



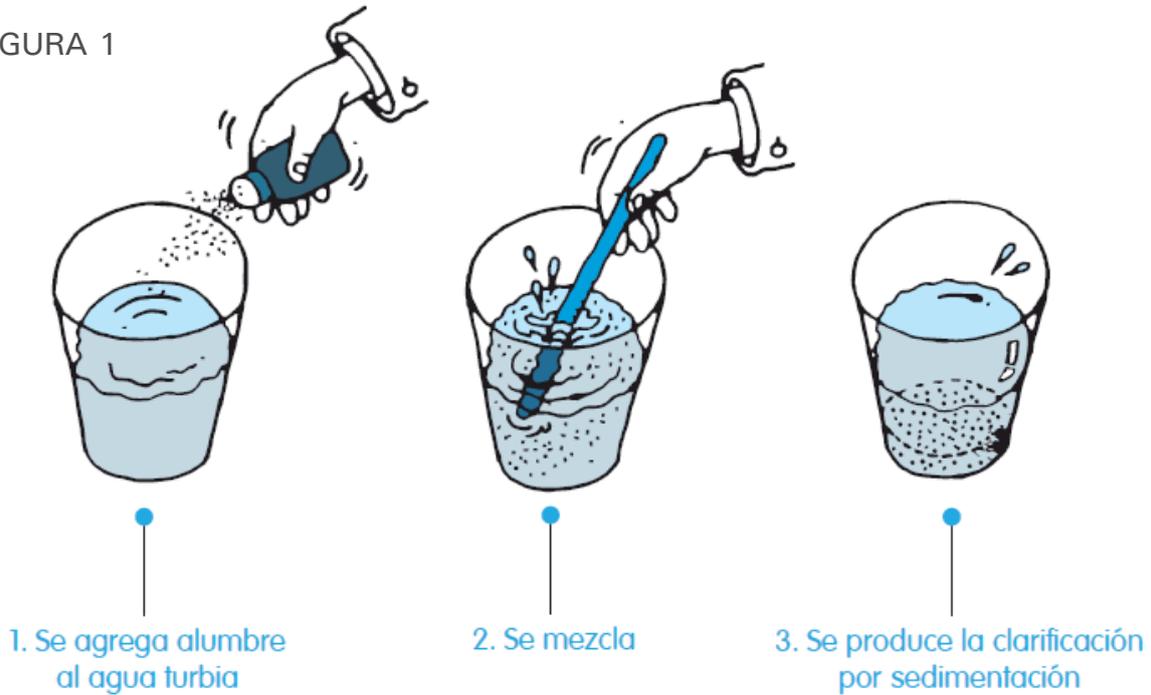
- ✓ Las características físicas se refieren al color, olor, turbiedad y sabor del agua.
- ✓ Las características químicas se refieren a la concentración de minerales presentes en el agua.
- ✓ Las características biológicas tienen en cuenta la presencia de organismos como bacterias, virus, hongos y parásitos, los cuales pueden producir enfermedades.



## La clarificación

Es un proceso para remover las partículas suspendidas en el agua turbia para hacerla clara (Figura 1).

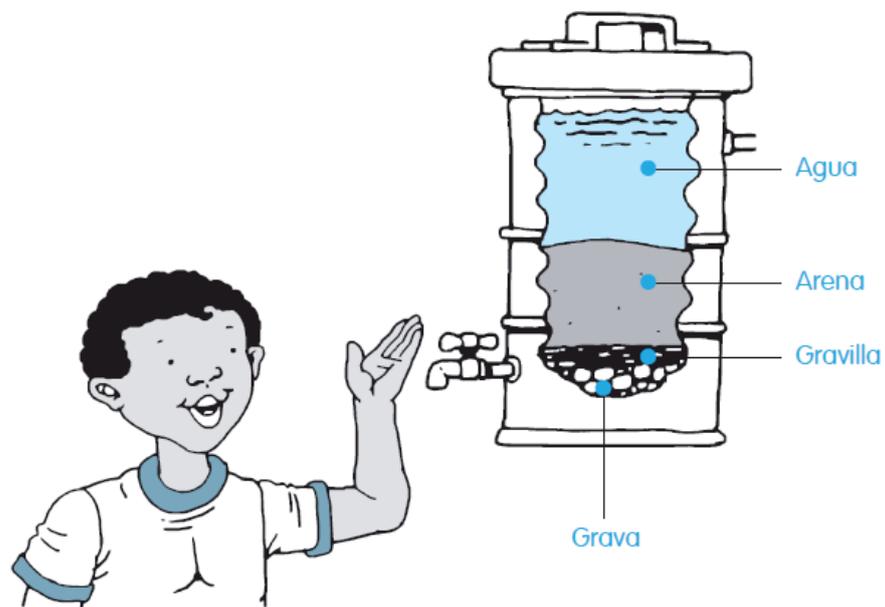
FIGURA 1



## La filtración

Es un proceso que consiste en pasar el agua a través de varias capas de material poroso con el fin de retener algunas bacterias y partículas suspendidas en el líquido (Figura 2).

FIGURA 2



## La desinfección o eliminación de organismos

El proceso de desinfección se realiza con cloro y ayuda a eliminar gran cantidad de microorganismos.

Sin embargo, la aplicación de cloro en el agua requiere mucho cuidado ya que una dosis insuficiente no produce la desinfección total, y una dosis excesiva produce efectos negativos para la salud.



## Hervir el agua

Es una práctica segura y tradicional, siempre y cuando se efectúe por un tiempo no inferior a 15 minutos. Destruye microorganismos patógenos como bacterias.

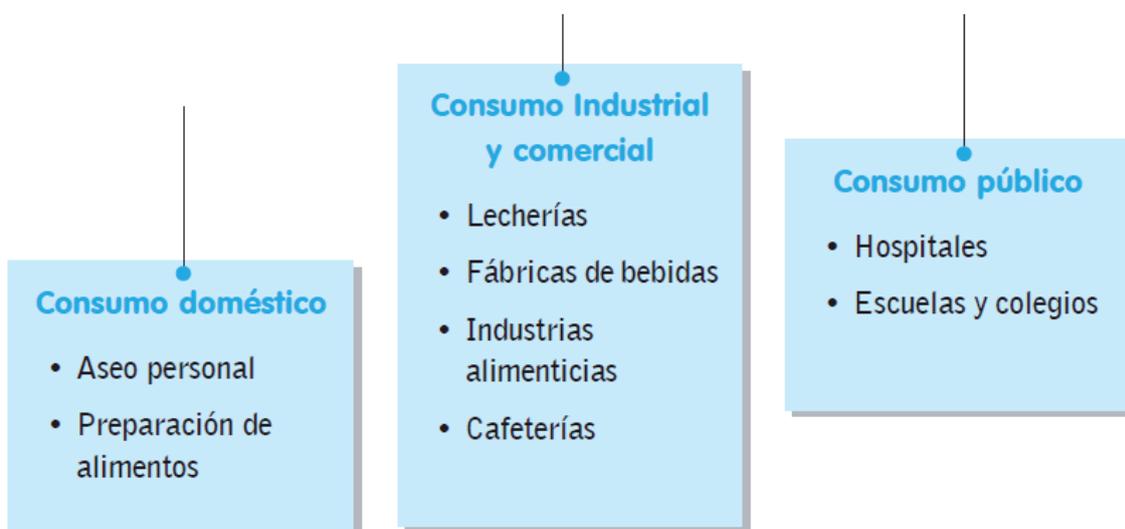


## ¿Cómo se usa el agua potable?

El agua potable se usa para consumo doméstico, en determinados procesos industriales y comerciales y para consumo público.



Estos son algunos ejemplos:



En el consumo doméstico se debe incluir el aseo del hogar y el lavado de ropa.

El tratamiento que se le da al agua para hacerla potable es costoso, por eso debemos tener cuidado de no malgastar el agua tratada.

El agua cruda (o sea no tratada o desinfectada) se usa para regar cultivos, controlar el polvo en las calles y lavar carros, entre otros.

## Las enfermedades de origen hídrico

Cuando tomamos agua sin tratar (cruda o im potable) pueden surgir muchas enfermedades, a las que se denomina enfermedades de origen hídrico y que son causadas por virus, bacterias o parásitos que se multiplican en aguas mal almacenadas, sin tratamiento, o por prácticas higiénicas deficientes.

En general, las enfermedades de origen hídrico son causadas principalmente por:

- Utilizar agua de mala calidad.
- Un mal almacenamiento del agua.
- Servicio de agua no continuo y malos hábitos de higiene.



La utilización y consumo de agua de mala calidad produce enfermedades como:

- ✗ Cólera
- ✗ Tifoidea
- ✗ Amebiasis
- ✗ Hepatitis
- ✗ Diarreas

Hablamos de agua de mala calidad cuando tiene bacterias, hongos, parásitos o sustancias químicas que la contaminan.



Podemos adquirir estas enfermedades al tomar agua cruda o no tratada, al consumir alimentos preparados o lavados con ella o al bañarnos con agua contaminada.

El almacenamiento inadecuado del agua o las aguas estancadas también favorecen el crecimiento de insectos, como moscas y zancudos, que transmiten el paludismo, la fiebre amarilla y el dengue.

Cuando no contamos con agua suficiente en nuestros hogares, o ésta no llega de manera continua, se dificultan nuestras prácticas higiénicas. Esta situación favorece la presencia de piojos y sarna, así como otras enfermedades de la piel, parásitos y lombrices.

Algunos parásitos que crecen en el agua pueden producir enfermedades intestinales en las personas cuando consumen el agua sin purificar.

Las plantas de tratamiento o dispositivos de cloración se utilizan para potabilizar el agua y evitar que se produzcan las enfermedades de origen hídrico.

Cuando no existen sistemas de tratamiento o de cloración de aguas, podemos purificarla con métodos caseros o, como mínimo, debemos hervirla.

## Normativa y características del agua<sup>4</sup>

Para proteger la salud pública no basta con confiar en la determinación de la calidad del agua. Puesto que no es físicamente posible ni económicamente viable analizar todos los parámetros de calidad del agua, se deben planificar cuidadosamente las actividades de monitoreo y los recursos utilizados para ello, que deben centrarse en características significativas o de importancia crítica.

También pueden resultar de importancia ciertas características no relacionadas con la salud, como las que afectan significativamente a la aceptabilidad del agua. Cuando las características estéticas del agua (por ejemplo, su aspecto, sabor y olor) sean inaceptables, podrá ser necesario realizar estudios adicionales para determinar si el agua presenta problemas relevantes para la salud.

El control de la calidad microbiológica y química del agua de consumo requiere el desarrollo de planes de gestión. Y su aplicación constituye la base para proteger el sistema y los procesos con el fin de garantizar que las concentraciones de agentes patógenos y sustancias químicas existentes ocasionen mínimos riesgos para la salud pública. Con ello, el agua puede ser considerada aceptable para los consumidores.

El nombre más oportuno para los planes de gestión desarrollados para los proveedores de agua es «Plan(es) de Seguridad del Agua» (PSA)<sup>5</sup>. Un PSA engloba la evaluación y el diseño del sistema, los planes de gestión y el monitoreo operativo, incluidas la documentación y la comunicación.

Los componentes de un PSA se basan en el principio de las barreras múltiples, los Principios del Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (APPCC) y otros métodos de gestión sistemáticos. Los planes deben contemplar todos los aspectos del sistema de abastecimiento de agua de consumo y centrarse en el control de la captación o extracción, el tratamiento y el suministro del agua de consumo.

Muchos sistemas de abastecimiento de agua de consumo proporcionan agua inocua y de calidad adecuada sin contar con un PSA formal. Las principales ventajas del desarrollo y la aplicación de un PSA en estos sistemas de abastecimiento son la evaluación y clasificación, de forma sistemática y detallada, del grado de prioridad de los peligros, así como el monitoreo operativo de las barreras o medidas de control. Además, un PSA comprende un sistema organizado y estructurado que reduce la probabilidad de fallos debidos a descuidos u omisiones de la gestión, así como planes de contingencia para responder a fallos del sistema o a sucesos peligrosos imprevistos.

---

<sup>4</sup> Guías para la calidad del agua potable: Recomendaciones. Vol. 1. Tercera edición. Organización Mundial de la Salud. 2006. [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/guidelines/es/](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/guidelines/es/)

<sup>5</sup> Manual sobre Planes de Seguridad del Agua para sistemas comunales de agua. Versión en español del "Water Safety Plan Manual for Small Community Water Supplies" de la OMS (Organización Mundial de la Salud), octubre 2009.

Un Plan documenta y describe las medidas que hay que adoptar durante el funcionamiento normal y cuando se producen «incidentes» en los que el sistema puede dejar de estar bajo control. El plan también debe definir los procedimientos y otros programas complementarios necesarios para garantizar el funcionamiento óptimo del sistema de abastecimiento de agua de consumo.

Es fundamental documentar todos los aspectos relativos a la gestión de la calidad del agua de consumo. Los documentos deben describir las actividades realizadas y el modo en que se llevan a cabo los procedimientos, y deben incluir también información detallada sobre:

- La evaluación del sistema de abastecimiento de agua de consumo.
- Las medidas de control, el plan de monitoreo operativo y la verificación.
- Los procedimientos rutinarios de operación y gestión.
- Los planes de respuesta ante incidentes y situaciones de emergencia.
- • La identificación de grupos vulnerables ante la falta de abastecimiento y un plan de contingencia.
- Las medidas complementarias incluyen:
  - o Programas de formación
  - o Investigación y desarrollo
  - o Procedimientos de evaluación de resultados y presentación de informes
  - o Evaluaciones de la eficacia, auditorías y exámenes
  - o Protocolos de comunicación
  - o Consulta a las comunidades desde una mirada de inclusión considerando género y representación de las diversidades.

Los sistemas de documentación y registro deben ser lo más sencillos y concretos que sea posible.

Asimismo, deben documentarse y notificarse adecuadamente los incidentes o situaciones de emergencia. La organización debe aprender todo lo posible de los incidentes, con el fin de mejorar la planificación y estar mejor preparada para acontecimientos futuros. El examen de un incidente puede poner de manifiesto la necesidad de modificar los protocolos existentes.

## Vigilancia de la calidad del agua de consumo

La Organización Comunitaria de Servicio de Agua Potable es responsable en todo momento de realizar controles de calidad con regularidad, del monitoreo operativo y de garantizar que se aplican prácticas adecuadas de operación del sistema. Asimismo, en cada país existe un organismo encargado de la vigilancia de la calidad del agua, responsable de realizar un examen independiente (externo) y periódico de todos los aspectos relativos a la seguridad.

La vigilancia ayuda a proteger la salud pública mediante la evaluación de la conformidad de los PSA y el fomento de la mejora de la calidad, la cantidad, la accesibilidad, la cobertura, la asequibilidad y la continuidad de los sistemas de abastecimiento de agua de consumo.

La vigilancia requiere un programa sistemático de inspecciones, que puede incluir auditorías de los PSA, análisis, inspecciones sanitarias y aspectos institucionales y comunitarios. Debe abarcar la totalidad del sistema de abastecimiento de agua, incluidas las fuentes y las actividades en la cuenca de captación, las infraestructuras de conducción (con o sin tuberías), las plantas de tratamiento, los embalses de almacenamiento y los sistemas de distribución.

### Calidad microbiológica del agua

En la mayoría de los casos, conllevará el análisis de microorganismos indicadores de contaminación fecal, pero también puede incluir, en algunas circunstancias, la determinación de las concentraciones de patógenos específicos. La verificación de la calidad microbiológica del agua de consumo puede realizarla la misma OCSAS, los organismos responsables de la vigilancia o una combinación de ambos.

La verificación conlleva el análisis del agua de origen, del agua inmediatamente después de ser tratada, del agua en los sistemas de distribución o del agua almacenada en los hogares. La verificación de la calidad microbiológica del agua de consumo incluye el análisis de la presencia de *Escherichia coli* (E.coli), un indicador de contaminación fecal cuya presencia constituye una prueba concluyente de contaminación reciente. En la práctica, el análisis de la presencia de bacterias coliformes termotolerantes puede ser una alternativa aceptable en muchos casos.

E. coli es un indicador útil, pero tiene limitaciones. Los virus y protozoos entéricos son más resistentes a la desinfección; por tanto, la ausencia de E. coli no implica necesariamente que no haya presencia de estos organismos. En ciertos casos, puede ser deseable incluir en los análisis microorganismos más resistentes, como bacteriófagos o esporas bacterianas, por ejemplo cuando se sabe que el agua de origen que se usa está contaminada con virus y parásitos entéricos, o si hay una incidencia alta de enfermedades virales y parasitarias en la comunidad.

La calidad del agua puede variar con gran rapidez y todos los sistemas pueden presentar fallos ocasionales. Por ejemplo, la lluvia puede hacer aumentar en gran medida la contaminación microbiana en aguas de origen, y son frecuentes los brotes de enfermedades transmitidas por el agua después de periodos de lluvias. Esta circunstancia debe tenerse en cuenta a la hora de interpretar los resultados de los análisis.

## Calidad química del agua

En el caso de los aditivos (sustancias procedentes en su mayoría de los materiales y productos químicos utilizados en la producción y distribución del agua de consumo), la atención se centra en el control directo de la calidad de estos productos. Los procedimientos de análisis cuyo objeto es controlar la presencia de aditivos en el agua de consumo suelen determinar sus concentraciones en el agua y tener en cuenta su evolución para calcular un valor que puede compararse con el valor de referencia.

La mayoría de los productos químicos que pueden estar presentes en el agua de consumo sólo constituyen un peligro si se produce una exposición prolongada; sin embargo, algunos pueden producir efectos peligrosos tras múltiples exposiciones en un periodo corto. Si la concentración del producto químico en cuestión sufre grandes fluctuaciones, es posible que incluso una serie de resultados analíticos no permita determinar ni describir completamente el riesgo que supone para la salud pública (por ejemplo, los nitratos, que se asocian con la metahemoglobinemia en lactantes alimentados con biberón).

Para controlar estos peligros, es preciso conocer los factores causantes —como el uso de fertilizantes en la agricultura— y la evolución de las concentraciones detectadas, ya que pueden indicar un posible problema importante en el futuro. Otros peligros pueden surgir de forma intermitente, generalmente asociados a las actividades o circunstancias estacionales. Un ejemplo es la aparición de floraciones de cianobacterias tóxicas en aguas superficiales.

Un valor de referencia es la concentración de un componente que no ocasiona un riesgo para la salud superior al tolerable cuando se consume durante toda una vida. Los valores de referencia de algunos contaminantes químicos (por ejemplo, el plomo y el nitrato) se fijan de modo que protejan a subgrupos de población vulnerables. Estos valores protegen también a la población general que consume el agua durante toda la vida.

Es importante que los valores de referencia recomendados sean tales que su aplicación sea práctica y factible, así como que proteja la salud pública. No suelen establecerse valores de referencia en concentraciones inferiores a los límites de detección alcanzables en las condiciones operativas rutinarias de laboratorio. Además, al establecer los valores de referencia se tienen en cuenta las técnicas

disponibles para controlar, eliminar o reducir la concentración del contaminante hasta el nivel deseado. Por lo tanto, en algunos casos se han fijado valores de referencia provisionales para contaminantes de los que se dispone de información sujeta a cierta incertidumbre o cuando no es posible, en la práctica, reducir la concentración hasta los niveles de referencia calculados.

## **Políticas nacionales relativas al agua de consumo**

El objetivo de las leyes y normas nacionales relativas al agua de consumo no debe ser clausurar los sistemas de abastecimiento deficientes, sino garantizar que el consumidor tenga acceso a agua potable inocua. Idóneamente, el control eficaz de la calidad del agua de consumo se apoya en la existencia y aplicación de leyes, normas y códigos adecuados. La naturaleza específica de la legislación de cada país dependerá de consideraciones de carácter nacional, constitucional y supranacional. Las normas nacionales, adaptadas según sea necesario, deben ser aplicables a todos los sistemas de abastecimiento de agua. Normalmente, se aplicarán diferentes planteamientos para situaciones en las que la responsabilidad oficial de la calidad del agua de consumo recae en una entidad definida y para situaciones en las que prevalece la gestión comunitaria.

En principio, la legislación en cada país contempla el establecimiento y modificación de normas y directrices sobre calidad del agua, así como al diseño de reglamentos relativos al desarrollo y la protección de las fuentes de agua. Igualmente hace referencia al tratamiento, mantenimiento y distribución de agua potable.

Así, la legislación establece las funciones y responsabilidades jurídicas del proveedor del agua; generalmente, determinará que el proveedor es el responsable jurídico en todo momento de la calidad del agua que suministra al consumidor, así como de la correcta supervisión, inspección, mantenimiento y funcionamiento seguro del sistema de abastecimiento de agua de consumo.

El proveedor de agua es quien proporciona efectivamente agua a la población (el «consumidor») y quien debe ser el responsable jurídico de su calidad e inocuidad. El proveedor es el responsable de la garantía y control, de forma continua y eficaz, de la calidad de los sistemas de abastecimiento de agua. Comprende la inspección, supervisión, mantenimiento preventivo y análisis sistemático de la calidad del agua y las medidas correctoras pertinentes.

Sin embargo, normalmente el proveedor es responsable de la calidad del agua sólo hasta un punto determinado del sistema de distribución y puede no tener ninguna responsabilidad sobre el deterioro de la calidad del agua como consecuencia del mal estado de la instalación de plomería o del uso de depósitos de agua inadecuados en hogares y edificios.

En países en los que no se ha logrado el acceso universal al agua potable con un nivel de servicio aceptable, las políticas deben contemplar metas explícitas para

umentar el nivel de acceso. Estas declaraciones de objetivos políticos deben ser coherentes con la consecución de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (<http://www.developmentgoals.org/>) de la Declaración del Milenio de las Naciones Unidas y deben tener en cuenta los niveles de acceso aceptables que figuran en el Comentario General n° 15 sobre el Derecho al agua del Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales de las Naciones Unidas (<http://www.unhchr.ch/html/menu2/6/cescr.htm>) y los documentos asociados.

En el desarrollo de normas nacionales sobre el agua de consumo será preciso tener en cuenta diversas circunstancias ambientales, sociales, culturales, económicas y alimentarias, así como otros factores que afectan a la exposición potencial. Un programa basado en objetivos modestos pero realistas (que incluya un menor número de parámetros de calidad del agua, pero garantice la protección de la salud pública en términos de reducción de la incidencia de enfermedades o del riesgo de contraerlas) puede resultar más eficaz que uno demasiado ambicioso, sobre todo si las metas se amplían periódicamente.

Por lo general, sólo unos pocos componentes serán potencialmente peligrosos en una circunstancia determinada. En ese sentido, es fundamental establecer valores de referencia para los componentes del agua potencialmente peligrosos, en los que se basa la evaluación de la calidad del agua de consumo. Así, para mejorar y proteger la salud pública puede ser preciso establecer diferentes prioridades de gestión para parámetros diferentes.

Por lo general, se establece el orden de prioridad siguiente:

- Garantizar un suministro adecuado de agua microbiológicamente inocua y mantener su calidad; así se disuade a los consumidores de utilizar agua potencialmente menos segura desde el punto de vista microbiológico;
- Controlar los principales contaminantes químicos reconocidos como causantes de efectos adversos para la salud; y
- Gestionar otros contaminantes químicos.

## **Estrategias de gestión de los riesgos del agua**

### **Riesgos microbianos**

El riesgo para la salud más común y extendido relativo al agua de consumo es la contaminación microbiana, cuyas consecuencias son tales que su control debe ser siempre un objetivo de importancia primordial. Debe darse prioridad a la mejora y el desarrollo de los sistemas de abastecimiento de agua que planteen un riesgo mayor para la salud pública.

La contaminación microbiana en los grandes sistemas de abastecimiento urbano puede causar grandes brotes de enfermedades transmitidas por el agua. Por lo

tanto, garantizar la calidad del agua en dichos sistemas es prioritario. No obstante, la mayoría de la población mundial (alrededor del 80%) sin acceso a sistemas mejorados de abastecimiento de agua de consumo vive en zonas rurales. De forma similar, en la mayoría de los países la contaminación presente en los sistemas de abastecimiento pequeños y comunitarios suele agravar los problemas generales de calidad del agua de consumo. Este tipo de factores deben tenerse en cuenta al determinar las prioridades locales y nacionales.

### **Riesgos químicos**

No todas las sustancias químicas para las que se han establecido valores de referencia estarán presentes en todos los sistemas de abastecimiento de agua, ni tampoco en todos los países. Si lo están, es posible que sus concentraciones no sean preocupantes. A la inversa, algunas sustancias para las que no se han establecido valores de referencia, sí suponen un motivo legítimo de preocupación local en determinadas circunstancias.

Las estrategias de gestión de riesgos (reflejadas en las normas nacionales y en las actividades de monitoreo) y la asignación de los recursos deben dar prioridad a las sustancias químicas que constituyan un riesgo para la salud de las personas, o bien a las que afecten de forma significativa a la calidad del agua.

Son pocas las sustancias químicas de las que se haya comprobado que causan efectos extendidos sobre la salud de las personas como consecuencia de la exposición a cantidades excesivas en el agua de consumo. Entre ellas se incluyen fluoruros, el arsénico y el nitrato. También se han comprobado en algunas zonas efectos sobre la salud cuando existe contacto con plomo, sobre todo a través de las instalaciones de plomería y domésticas. Asimismo, existe preocupación por el grado potencial de exposición a concentraciones de selenio y uranio significativas para la salud. El hierro y el manganeso generan preocupación generalizada debido a sus efectos sobre la aceptabilidad del agua, y deben tenerse en cuenta cuando se fijan prioridades. En algunos casos, la evaluación indicará que no existe riesgo de exposición significativa en los ámbitos nacional o regional, o en sistemas de abastecimiento específicos.

La contribución del agua de consumo en la ingesta de una sustancia química concreta puede ser poco importante con respecto a la cantidad total ingerida y, en algunos casos, el control de la concentración en el agua de consumo puede suponer un gasto considerable y producir un efecto escaso en la exposición general. Por lo tanto, al considerar las estrategias de gestión de los riesgos del agua de consumo deben tenerse también en cuenta otras posibles fuentes de exposición de las personas.

La elaboración de una lista de sustancias químicas peligrosas puede reducirse inicialmente a una clasificación de las sustancias en función de su nivel de riesgo (alto o bajo) para identificar problemas de tipo general. Dicha lista puede perfeccionarse con información de evaluaciones y análisis más detallados, y puede tener en cuenta los incidentes poco frecuentes, la variabilidad y la incertidumbre.

## IV. Recreando conocimientos

ACTIVIDAD: Le invitamos a reunirse en grupos de tres y reflexionar nuevamente sobre algunos temas:





¿El agua que usted consume es potable o tiene contaminación o desconoce de qué calidad es?

---

---

---

---

¿En su comunidad se garantiza el derecho humano al agua para todas las personas?

---

---

---

---

¿Qué seguimiento se hace a la calidad de agua en su comunidad y quién lo hace?

---

---

---

---

Escriba lo que considera bueno y lo que considera malo del SAP de su comunidad. Y qué es lo que necesita mejorar. Use el cuadro siguiente y compárelo con el cuadro inicial.

---

---

---

---



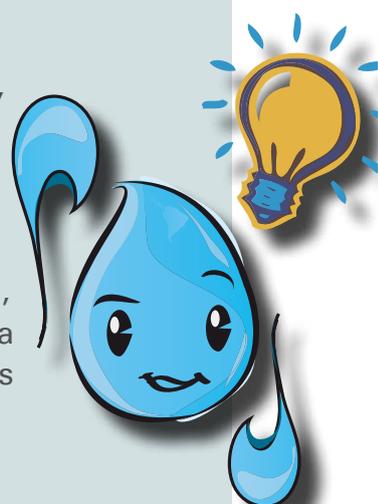
## V. Sintetizando

La declaración del derecho humano al agua y al saneamiento básico es un gran avance para las personas en todo el mundo ya que fortalece los compromisos de los países con los Objetivos del Milenio y obliga a los estados a garantizar este derecho.

Esto significa que en los estados los gobiernos deben planificar e invertir para que las personas gocemos de acceso a agua potable y saneamiento. Para garantizar que el agua sea potable, es decir que no tenga color (incolora), olor (inodora), sabor (insípida) y que esté libre de contaminantes químicos y microbiológicos se realizan varios procesos de filtración y desinfección que la hacen adecuada para el consumo de las personas.

### Plan de seguridad del agua (PSA):

Se trata de un programa para la vigilancia y control integral, tanto de la prestación del servicio como de la calidad del agua. Este es un enfoque para reducir, en primer lugar, el riesgo de entrada de contaminantes a los sistemas de abastecimiento de agua y está basado en una gestión preventiva. Bajo ese enfoque, los riesgos para la seguridad del agua son identificados, priorizados y manejados para proteger la calidad del agua para consumo antes de que ocurran los problemas. El enfoque es desarrollado y documentado en un plan de seguridad de agua.



## VI. Aplicando conocimientos

### Cuestionario de autoevaluación - Unidad 1

Responda las siguientes preguntas en sus propios términos.

- 1.-¿En su país está vigente la declaración del derecho humano al agua y al saneamiento?
- 2.- ¿Qué implica la declaración de derecho humano al agua?
- 3.- ¿Qué quiere decir que un agua es potable?
- 4.- ¿Cuál es la relación entre el consumo de agua y la salud de las personas?





## Unidad 2

# La micro cuenca abastecedora y la oferta de agua

### I. Introduciéndonos en el tema

Nuestros sistemas de agua tienen relación con una cuenca hidrográfica que es necesario que podamos ubicar, pues lo que pase en esta cuenca podrá afectar positiva o negativamente a nuestra provisión de agua. Por eso, entender esta relación es muy importante. Asimismo, el modo en que tratemos nuestra agua en el sistema, el uso que le demos y la forma en la que tratamos nuestras descargas puede afectar la calidad del agua que consumen otras comunidades.

Los sistemas no están aislados, son parte de un conjunto de relaciones sociales ambientales y económicas, que pueden afectar la disponibilidad y calidad de agua que consumimos.

Los tipos de fuentes que se pueden encontrar así como sus principales características también serán presentados en esta unidad.

Al final de esta unidad, las y los participantes deberán:

### **Conocimiento**

Conocer la relación de su sistema con la micro cuenca que los abastece del recurso.

### **Destreza**

Ser capaces de identificar las opciones de fuentes de agua que existen en su entorno.

### **Actitud**

Valorar la importancia que tiene la mantención y respeto del caudal ecológico.

## **Prerrequisitos**

### **Facilitador:**

Identificar un escenario en el que se puedan evidenciar las distintas fuentes de contaminación que afectan al agua.

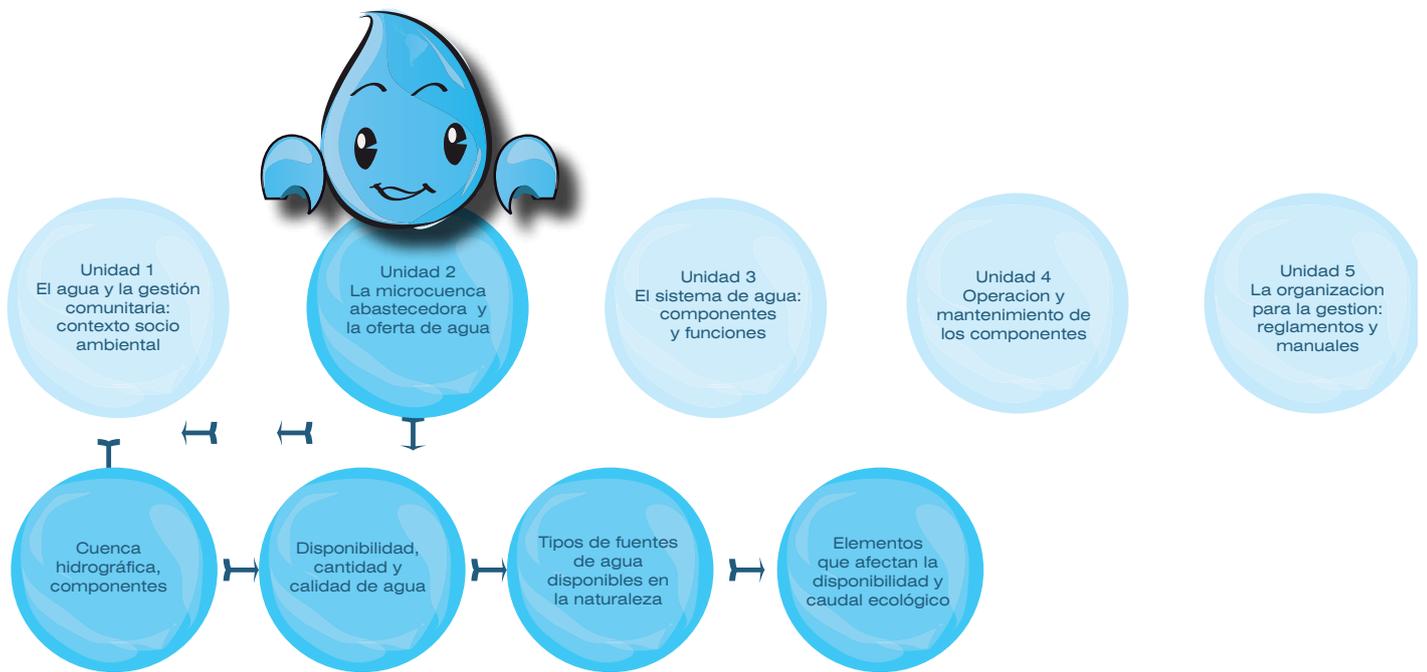
### **Participantes:**

Identifican su micro cuenca y cuenca hidrográfica y cuáles son los principales problemas que afectan su cantidad y calidad.

### **Recursos:**

Recursos: Mapas en los que se puedan ubicar las cuencas hidrográficas y las micro cuencas, en especial las de los participantes.

# Mapa de la unidad



## II. Desde la experiencia



### Prueba de entrada - Unidad 2

Actividad. En un papelógrafo, y usando toda su imaginación, ubique los elementos y la información que obtenga con la siguiente guía de trabajo.

Hagamos la recolección y el análisis de información para una mejor comprensión de las situaciones problemáticas en nuestra región.

Escribamos las actividades que realizamos en la localidad que no son benéficas para la conservación del agua, y las que ayudan a protegerla.

Podemos escribir otras que realizamos y que no se han tenido en cuenta en los ejemplos anteriores.

Actividades que realizamos y afectan el recurso hídrico

---

---

---

---

Actividades que realizamos y protegen el recurso hídrico

---

---

---

---

Preguntemos a los técnicos de saneamiento o a los funcionarios de la entidad prestadora del servicio de acueducto, qué tratamiento le hacen al agua en la localidad.

Identifiquemos dos actividades en nuestra casa que nos permitan reutilizar el agua.

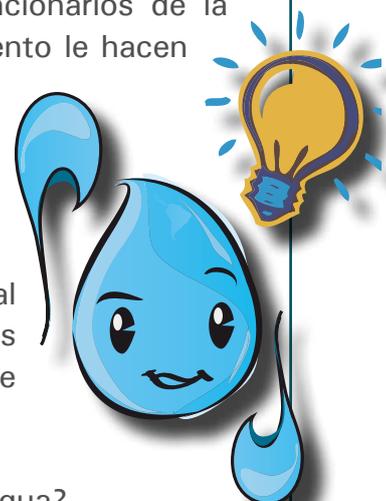
Preguntemos a los técnicos/as o especialistas en el hospital o en el centro de salud, sobre las principales enfermedades de las niñas y los niños durante los últimos tres años. ¿Se presentan enfermedades de origen hídrico?

¿Cuáles enfermedades son causadas por mala calidad del agua?

---

---

---



# III. Conceptualizando

## 2.1. Cuenca hidrográfica: componentes

### El ciclo hidrológico <sup>6</sup>

El ciclo hidrológico es un proceso continuo que no tiene principio ni fin porque representa una transferencia de agua en forma líquida, sólida o gaseosa de los cuerpos de agua en la naturaleza. La energía para esta transformación proviene del calor del sol y de los esfuerzos de la gravedad y el viento. Este ciclo incluye la precipitación, interceptación, infiltración, evaporación, transpiración, percolación y escorrentía.

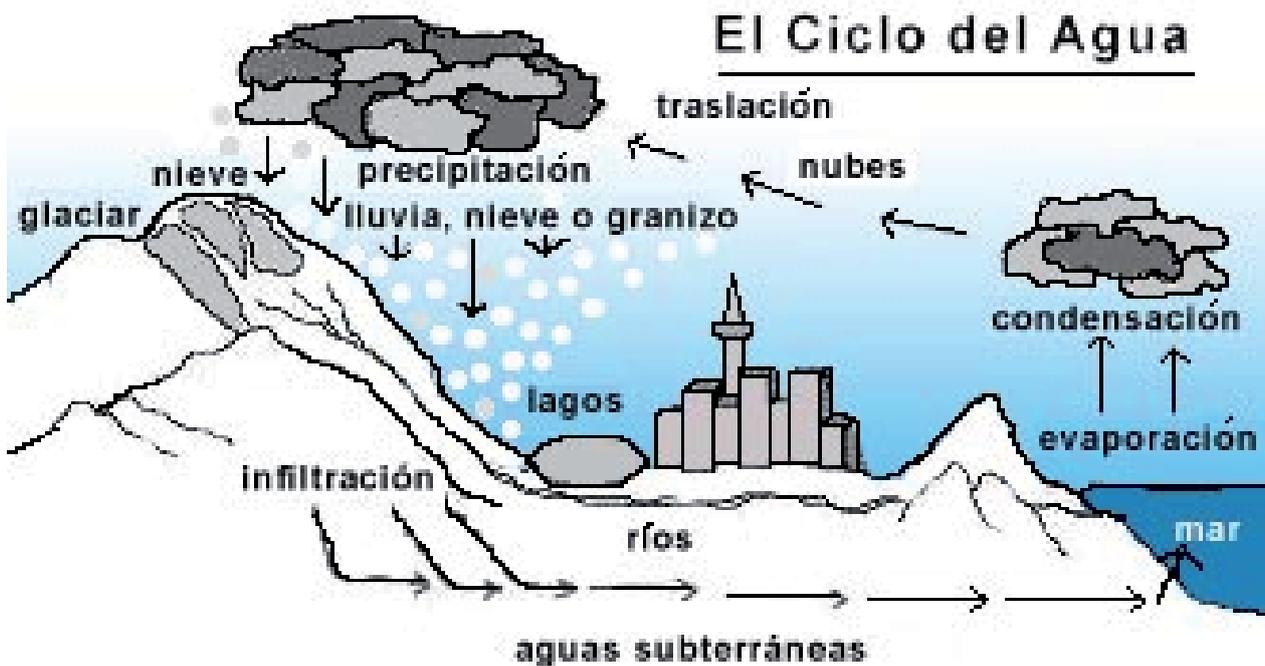
El agua pasa a la atmósfera por los procesos de **evaporación y transpiración** y cae a la tierra como **precipitación** (lluvia, nieve o granizo). Algo de esta agua cae directamente a los cuerpos de agua como mares, lagos y ríos, otra a la tierra y otra a las hojas de la vegetación. Otra parte es evaporada inmediatamente o antes de que pueda llegar a la tierra. De la parte que llega a la tierra, si la superficie tiene capacidad de captarla, se infiltrará. Pero si la superficie es de arcilla, roca u otro material muy denso o poco profundo se satura rápidamente. Si la superficie está congelada o si ha habido precipitación anterior que haya mojado el suelo, el agua no se infiltrará y formará **escorrentía** superficial.

Dependiendo del lugar donde se origine y las condiciones de las laderas aguas abajo, esa escorrentía superficial podría llegar hasta un río o quebrada o **infiltrarse** en el suelo. De esa agua que se infiltra en el suelo, parte se queda en el subsuelo -lo que aumenta la humedad y abastece la vegetación- y otra parte pasa por el subsuelo hasta el suelo profundo o la roca, a través del proceso de **percolación**. Si hay una zona impermeable abajo, el agua podría encontrar la zona saturada dentro de la tierra que se llama la zona freática, donde los poros de la materia están completamente llenos. Cuando el agua encuentra este nivel, comienza entonces un movimiento lateral en forma de corrientes subterráneas desde las partes más altas a las más bajas.

Cuando existe suficiente agua infiltrada y percolada, lo cual hace crecer el nivel freático o de agua subterránea hasta el punto de alcanzar la superficie de la tierra, esa agua se exfiltra, produciendo entonces un humedal, un lago, río o una serie de manantiales, dependiendo de la estructura de la roca y suelo y la topografía propia de cada zona .

---

<sup>6</sup> Gran parte de las informaciones para esta parte inicial han sido tomadas del documento "Gestión de Cuencas Hidrográficas", de Pablo Lloret (2005), publicado por el Consorcio CAMAREN (Sistema de Capacitación para el Manejo de los Recursos Naturales Renovables), Universidad de Cuenca - Ecuador.



Al observar el ciclo hidrológico podríamos decir que la mayor parte del agua que llega a la tierra se queda en el suelo y después se evapora. Pero en cualquier paisaje hay zonas con características preferenciales que aumentan ciertos elementos y procesos del ciclo hidrológico, por ejemplo:

- En cuencas hidrográficas de la zona tropical, las carreteras, caminos y en general las zonas urbanizadas aumentan en forma considerable la escorrentía superficial, impermeabilizando el suelo y concentrando la escorrentía rápidamente. En el mejor de los casos la escorrentía se aloja en quebradas o drenaje artificial y en el peor, se convierte en torrentes que desbordan y causan inundaciones.
- Los bosques con una vegetación densa, superficie de hojas colectivamente grande y acumulación de materia orgánica bajo sus copas, son importantes elementos de infiltración de agua al suelo. Estos bosques capturan por interceptación mucha lluvia y actúan como condensadores de "precipitación oculta" en zonas altas donde las nubes tocan la superficie del suelo, plantas y árboles. Debido a que el suelo en esas áreas cuenta con protección vegetativa, suelo profundo, orgánico y bajo sombra, la infiltración y percolación de agua es generalmente alta, produciéndose con esto poca escorrentía.
- En el caso de zonas agrícolas libres de vegetación, en ciertas épocas del año el suelo no tiene el amortiguamiento de la vegetación. Al llegar las lluvias

no tiene defensa contra los impactos de las gotas de agua y tampoco una estructura fracturada por las raíces de las plantas. Consecuentemente, no puede prevenir la escorrentía superficial generada, ya que no tiene capacidad de infiltración.

Un factor a considerar en el ciclo hidrológico y el balance hídrico es el impacto o la afectación que podría tener el cambio climático, dado que la evidencia científica indica que este implica cambios en la precipitación y los patrones de escurrimiento. En el caso de América Latina y el Caribe, esto significa un aumento en la magnitud y la frecuencia de eventos hidro-meteorológicos extremos —sequías e inundaciones—, así como una variabilidad en patrones tradicionales de precipitación y escurrimiento.

Los impactos que trae consigo el cambio climático sobre la dinámica natural de los ecosistemas y de las cuencas imponen nuevos retos que deberá enfrentar el sector hídrico. En ese sentido, la adecuada gestión del riesgo ante las condiciones esperadas bajo el cambio climático en el sector hídrico debe estar orientada a prevenir desastres y encaminar acciones que promuevan la seguridad hídrica a lo largo de la región. Ello implica planear el desarrollo en concordancia con los límites que impone la naturaleza y considerar aspectos como el ordenamiento ecológico-territorial, el caudal ecológico, la restauración de ecosistemas y el mantenimiento de la dinámica natural.

### La microcuenca abastecedora<sup>7</sup>

Pequeña cuenca de primer o segundo orden, en donde vive un cierto número de familias (comunidad) utilizando y manejando los recursos del área, principalmente el suelo, agua, vegetación (incluyendo cultivos y vegetación nativa) y fauna (como animales domésticos y silvestres). Desde el punto de vista operativo, la microcuenca posee un área que puede ser planificada por un técnico contando con recursos locales y/o un número de familias que pueda ser tratado como un núcleo social que comparte algunos intereses comunes

La microcuenca es el área que rodea la fuente de agua que abastece a una comunidad.

Toda microcuenca es parte de una cuenca, un área geográfica más grande conformada por varias fuentes de aguas superficiales o subterráneas que corren hacia un río principal. Éste, a su vez, puede desembocar en una corriente de agua mayor, como un río, una ciénaga o en el mar.

7 "Gestión de Cuencas Hidrográficas", de Pablo Lloret (2005), publicado por el Consorcio CAMAREN (Sistema de Capacitación para el Manejo de los Recursos Naturales Renovables), Universidad de Cuenca – Ecuador.

Para los sistemas de agua potable, la microcuenca abastecedora es sumamente importante para promover usos del suelo que propician la infiltración durante la época lluviosa y prevenir la escorrentía superficial, por ejemplo a través del mantenimiento de la cobertura forestal natural. Por definición, los sistemas de agua miden sus caudales o productividad hídrica del sistema (aforos) en la estación seca. Si hay suficiente agua en la estación seca también habrá suficiente en la época de lluvias. Aquí es importante señalar que en una cuenca la agricultura orgánica, con cobertura de vegetación completa y obras de retención de agua en el campo, es probablemente de igual valor que un bosque denso.

Es importante reconocer la funcionalidad o valor múltiple de árboles y vegetación e igualmente reconocer que su labor debe ser permanente. Por ejemplo, en el caso de ser necesarios esfuerzos de reforestación, el sembrar árboles maderables para la protección de fuentes de agua puede crear problemas a futuro porque de no ser en una zona legalmente protegida, la protección de esos árboles puede ser puesta en riesgo para fines de la explotación maderera, con todos los impactos que involucra. De igual modo, es importante seleccionar especies de árboles que sean autóctonas y se caractericen por no requerir de mucha agua.

Es necesario detenerse a pensar la instauración de sistemas silvopastoriles (árboles y animales) en las zonas de recarga de tomas de agua, ya que este hecho podría causar contaminación de agua por las heces de los animales. Asimismo sería necesario prevenir la instauración de sistemas agroforestales (cultivos y árboles) en las zonas de recarga si los cultivos requieren uso de agroquímicos, ya que podrían causar contaminación química del agua.

## **2.2. Disponibilidad, cantidad y calidad de agua**

### **Problemas de disponibilidad, cantidad y calidad del agua**

El hecho de que se presenten problemas en la operación y el mantenimiento de los sistemas de abastecimiento de agua potable está ligado a la gestión de la cuenca. Dado que está de por medio la salud de los beneficiarios del sistema, su abordaje merece importancia.

La confiabilidad o sustentabilidad de un sistema de abastecimiento de agua potable está ligado a la cobertura del sistema, continuidad del servicio, calidad del producto (el agua) así como a ciertas condiciones específicas como presión, cantidad, etc.

Todas estas características tienen un vínculo muy fuerte con la matriz productora del agua, la cuenca, por lo tanto de su gestión depende el funcionamiento del sistema total. En el caso de tomas de agua, conducciones, plantas potabilizadoras, pozos, bombas, tanques de almacenamiento y otros, estos sufrirán si en ciertas épocas del año tienen que tratar agua con excesiva presencia de sedimentos o contaminantes o simplemente si hay escasez.

La operación y mantenimiento está en función de la calidad del sistema comunitario. Esto se refiere a cuidar la inversión de capital que se desarrolló durante el proyecto de captación y aprovechamiento de recursos de la cuenca. El mantenimiento es un costo a largo plazo y está bajo la responsabilidad de la comunidad.

El mal funcionamiento de sistemas de agua potable tiene un costo financiero y social en términos de trabajo perdido y enfermedades, cuando los beneficiarios deben abastecerse de fuentes contaminadas o sacrificar su higiene básica por cortes en el servicio. Este tipo de problemas incide directamente en la salud de la población y en los costos sociales y económicos que esto conlleva.

## **Cantidad**

Cuando hablamos de la disponibilidad del recurso agua en el tiempo, nos referimos a dos factores que son la cantidad y la calidad. En la gestión integrada de cuencas hidrográficas, muchas veces el balance hídrico, o sea la cantidad de agua disponible, es el factor que más mueve y convoca a las comunidades cuando se trata de problemas o de la solución a los mismos.

Es importante por lo tanto enfocar el manejo integrado de cuencas con el hecho de mantener el balance hídrico adecuado de forma que las cantidades de agua abastezcan las necesidades de todos los usuarios de la cuenca a lo largo del año. Con ello se busca un equilibrio entre los y las usuarias aguas abajo con las y los usuarios aguas arriba, así como con las necesidades ecosistémicas.

Bajo este enfoque, se necesita conocer los conflictos biofísicos del uso de la tierra que pueden tener influencia significativa sobre la entrada de agua a la cuenca (lluvia) y el agua retenida y luego utilizada para diversos usos.

Las modificaciones o conflictos típicos que se presentan en una cuenca, y que producen el desbalance hídrico pueden ser:

### **Directos**

Conflictos de demanda: cuando en la parte alta de la cuenca se produce un aumento en la demanda, por ejemplo a través de la extracción.

### **Indirectos**

Conflictos en el uso de la tierra que afectan en general el balance hídrico: se generan básicamente por la modificación de elementos del ciclo hidrológico. Sus efectos son diversos pero en general afectan de manera significativa a todos los y las usuarias de la cuenca y poseen una inercia muy grande. Es decir que pueden fácilmente causar daño, pero su solución toma mucho tiempo y esfuerzo.

## Calidad

Aún si se asegura la cantidad de agua, no podemos decir que se tiene asegurada la disponibilidad del recurso. Es necesario que esa cantidad de agua que se va a “tomar” esté en buenas condiciones, lo cual quiere decir asegurar la calidad.

Según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), en Latinoamérica se contamina las fuentes de agua dulce once veces más por persona que en Europa. Esto se comprueba cuando menos del 10% de las municipalidades grandes en Latinoamérica y el Caribe procesan sus aguas antes de devolverlas a los cuerpos de agua.

Las cuatro formas más importantes de contaminación para la calidad del agua son:

1. El desecho de aguas residuales (urbanas e industriales), heces de saneamiento urbano, letrinas y tanques sépticos rurales en cuerpos de agua.
2. Las descargas de grandes cantidades de sedimentos suspendidos, que resultan de la erosión de los suelos en las laderas de las cuencas.
3. Procesos extractivos, la minería por ejemplo.
4. Procesos productivos agropecuarios extensivos.

Estos dos últimos son una realidad en la mayor parte de países y afectan considerablemente las fuentes de agua comunitarias

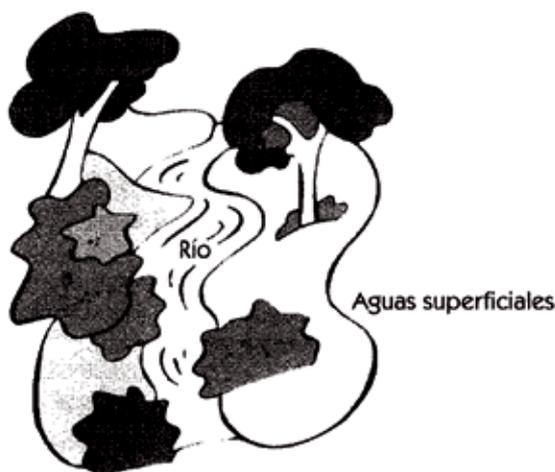
Los sedimentos, no solamente producen daño físico a los sistemas de aprovechamiento de agua a través de sus efectos de sedimentación, sino que también afectan la calidad, debido a su aspecto, su sabor y olor, además de que transportan y protegen otros contaminantes (encapsulados) entre ellos plaguicidas, materia orgánica, bacterias y metales pesados. Además, la presencia de sólidos en suspensión puede afectar substancialmente la capacidad de los sistemas de purificación (especialmente la desinfección), a pesar de su buen funcionamiento.

Este efecto múltiple es una de las razones principales por la que muchas veces se utiliza agua subterránea (que tiene poco sedimentos suspendidos), proveniente sobre todo de manantiales y pozos. En caso contrario, es necesario remover los sólidos suspendidos en el agua antes de abastecer a las y los usuarios.

## 2.3. Tipos de fuentes de agua disponibles en la naturaleza

### Aguas superficiales

Se encuentran en quebradas, ríos o lagos y están sujetas a contaminación, tanto por medios naturales como por las actividades humanas. El agua superficial debe ser protegida para evitar que se convierta en un medio de transporte de agentes causantes de enfermedades. Para su utilización es necesario su tratamiento.



### Aguas subterráneas

Son las aguas que brotan o se filtran del subsuelo. Generalmente, su calidad es mejor que las fuentes superficiales ya que el agua, al ir pasando por las diferentes capas de la tierra, se va filtrando. Así se hace más pura y libre de materia orgánica y bacterias.

Principios básicos para la selección de fuentes de agua:

- Captar el agua en el punto más alto posible en la cuenca hidrográfica (balanceando la necesidad de tener el mayor caudal posible durante todo el año).
- Seleccionar microcuencas hidrográficas con la menor presencia humana posible.
- Seleccionar fuentes de agua que demuestren, en forma consistente, que siempre tienen bajos niveles de contaminación.
- Seleccionar los puntos de toma mejor protegidos, con mayor cobertura vegetal y menor accesibilidad posible.
- Una vez seleccionado el sitio es importante darle protección física y legal lo más rápidamente posible hasta la construcción del sistema.

## 2.4. Elementos que afectan la disponibilidad y caudal ecológico

### El caudal ecológico<sup>8</sup>

La expresión caudal ecológico, referida a un manantial, río o a cualquier otro cauce de agua corriente, es una expresión que puede definirse como el agua necesaria para preservar los valores ecológicos en el cauce del mismo.

#### Para tener en cuenta:

Todo proyecto que conlleve la derivación de agua de cauces hídricos naturales (agua potable, riego, hidroeléctricas, etc.), debe considerar la conservación del caudal ecológico aguas abajo de las obras, para evitar la alteración de los corredores ecológicos constituidos por estos cauces hídricos.



Un caudal ecológico es la cantidad de agua que corre de un manantial, río o de cualquier otro cauce de agua corriente, preservando el caudal o flujo de agua en las condiciones ambientales adecuadas. La evaluación de los caudales ecológicos se basa en la suposición de que en manantiales y ríos hay una cierta cantidad de agua “de sobra” que puede utilizarse sin afectar de manera inaceptable los servicios que ese manantial o río aporta como ecosistema.

Los caudales ecológicos no se limitan a establecer un nivel “mínimo” para el caudal en manantiales y ríos. Todos los elementos de un régimen de caudales naturales, incluyendo las inundaciones y las sequías, son importantes para controlar las características de un determinado ecosistema acuático y de las comunidades naturales que lo habitan. Por ejemplo, los ríos con un régimen de caudales constante pueden ser rápidamente invadidos por especies que se convierten en plagas.

La Gestión Integral de los Recursos Hídricos (GIRH), aborda un enfoque integrador de las dos facetas de un manantial, río o curso de agua como reserva hídrica y ecológica, compatibilizando el aprovechamiento racional y eficiente del recurso hídrico con el mantenimiento de una integridad ecológica aceptable del ecosistema fluvial. Este es un elemento fundamental a considerar e incorporar en la elaboración de los Planes de Ordenamiento de Cuencas.

<sup>8</sup> Cómo conservar los ríos vivos. Guía sobre los caudales ecológicos. Jay O’Keeffe, Tom Le Quesne. 2010. Serie Seguridad Hídrica de WWF – 2. WWF-World Wide Fund For Nature (Formerly World Wildlife Fund).

## IV. Recreando conocimientos



Actividad. Hagamos la recolección y el análisis de información para una mejor comprensión de las situaciones problemáticas en nuestra región.

- Escribamos las actividades que realizamos en la localidad que no son benéficas para la conservación del agua, y las que ayudan a protegerla. Podemos escribir otras que realizamos y no se han tenido en cuenta en los ejemplos anteriores.

Actividades que realizamos y afectan el recurso hídrico

Niñas, niños:

---

---

---

Varones:

---

---

---

Mujeres:

---

---

---

Actividades que realizamos y protegen el recurso hídrico

Niñas, niños:

---

---

---

Varones:

---

---

---

Mujeres:

---

---

---

- Preguntemos a técnicas o técnicos de nuestra región cuáles son las especies arbóreas nativas y su proceso de siembra.
- Tomemos muestras de semillas, flores y frutos de las especies nativas. Hagamos un herbario que sirva de guía para todas las personas que deseen sembrar árboles en la localidad. Invitemos a participar a las maestras, maestros, niños y niñas de la escuela. Esta puede ser una buena actividad ecológica.

- Preguntemos a los técnicos de saneamiento o a los funcionarios de la entidad prestadora del servicio de acueducto, qué tratamiento dan al agua en la localidad.

- Identifiquemos dos actividades en nuestra casa que nos permitan reutilizar el agua.

- Divulguemos, compartamos la información.

- Preguntemos a técnicas, técnicos o especialistas en el hospital o en el centro de salud, sobre las principales enfermedades de las niñas y los niños durante los últimos tres años. ¿Se presentan enfermedades de origen hídrico?

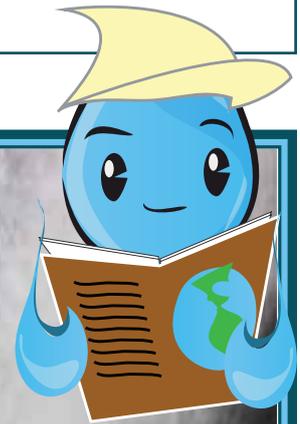
- ¿Qué enfermedades son causadas por mala calidad del agua?

-----

-----

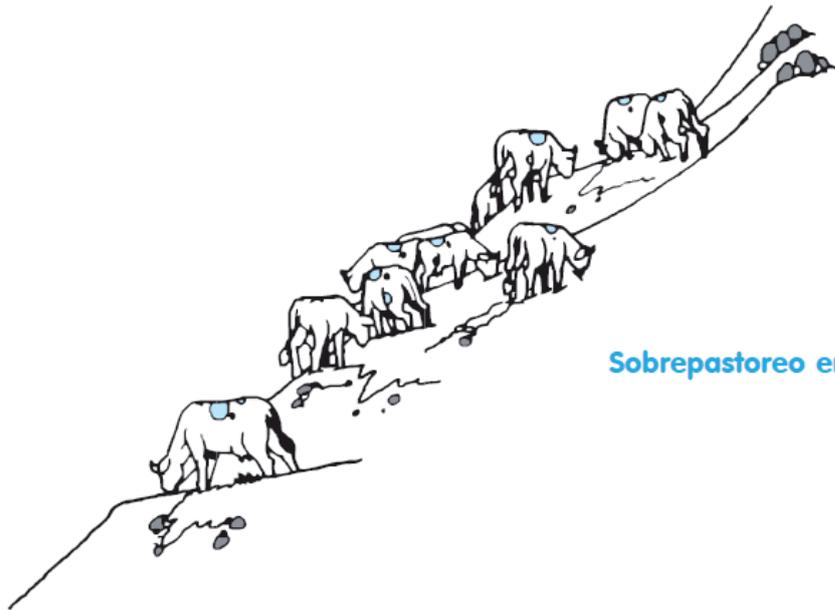
-----

-----



## Analicemos las siguientes actividades:

- 1) Señalemos con una X cuáles permiten proteger y cuáles deterioran el recurso hídrico.
- 2) Subrayemos las que se practican en la localidad.



Sobrepastoreo en las laderas



Reforestacion



Tala



2. El siguiente cuadro nos puede ayudar a organizar nuestro plan de trabajo:

<b>¿Qué vamos a hacer?</b>	<b>¿Con quiénes? (Escuela Puesto de Salud Vecinos Comunidad)</b>	<b>¿Qué necesitamos?</b>	<b>¿Cómo podemos conseguir lo que necesitamos?</b>	<b>Responsables</b>	<b>¿Cuándo?</b>

## V. Sintetizando

En el ciclo hidrológico el agua pasa a la atmósfera por los procesos de evaporación y transpiración y cae a la tierra como precipitación (lluvia, nieve o granizo). Algo de esta agua cae directamente a los cuerpos de agua como mares, lagos y ríos, otra a la tierra y otra a las hojas de la vegetación. El ciclo del agua es un proceso continuo que no se detiene.

En la velocidad a la que el agua se desplaza tienen mucho que ver las pendientes y la cobertura vegetal, pues en los suelos desnudos el agua se escurre más rápidamente.

La calidad y cantidad del agua se ven afectadas por todas las actividades que se desarrollan en la cuenca. Las formas más importantes de contaminación para la calidad del agua son el desecho de aguas residuales (urbanas e industriales), las descargas de grandes cantidades de sedimentos, los procesos extractivos como la minería y los procesos productivos agropecuarios. Las acciones que se desarrollan pueden afectar tanto a las aguas superficiales como a las aguas subterráneas.

La salud del ecosistema es fundamental para mantener o mejorar la calidad y disponibilidad de agua para los diversos usos. Por eso el respeto del caudal ecológico es indispensable, para que se mantengan los procesos biológicos asociados a los cauces de los ríos.

## VI. Aplicando conocimientos

Con sus propias palabras haga un cuadro de síntesis de los siguientes elementos

- ¿Qué es el ciclo hidrológico?
- ¿Qué factores pueden afectar el agua en las cuencas?
- ¿Qué factores afectan en mi cuenca la calidad y cantidad de agua?
- ¿Por qué es importante el caudal ecológico?



# Unidad 3: El sistema de agua: componentes y funciones

## I. Introduciéndonos en el tema

### Resumen:

En esta unidad se presentan los principales procesos técnicos que se deben llevar a cabo en una OCSAS, de manera de hacer una inspección preventiva y correctiva de las obras y de la red que asegure la cantidad, la calidad y continuidad de los servicios.

Se presentará igualmente todo el procedimiento básico para que los miembros de la OCSAS y el operador u operadora puedan realizar un proceso técnico de cloración, aspecto fundamental en la calidad de los servicios que se brindan a una comunidad.

### Objetivo pedagógico:

Al final de esta unidad, las y los participantes deberán:

#### Conocimiento:

Conocer los distintos componentes que pueden tener los sistemas dependiendo de su ubicación geográfica.

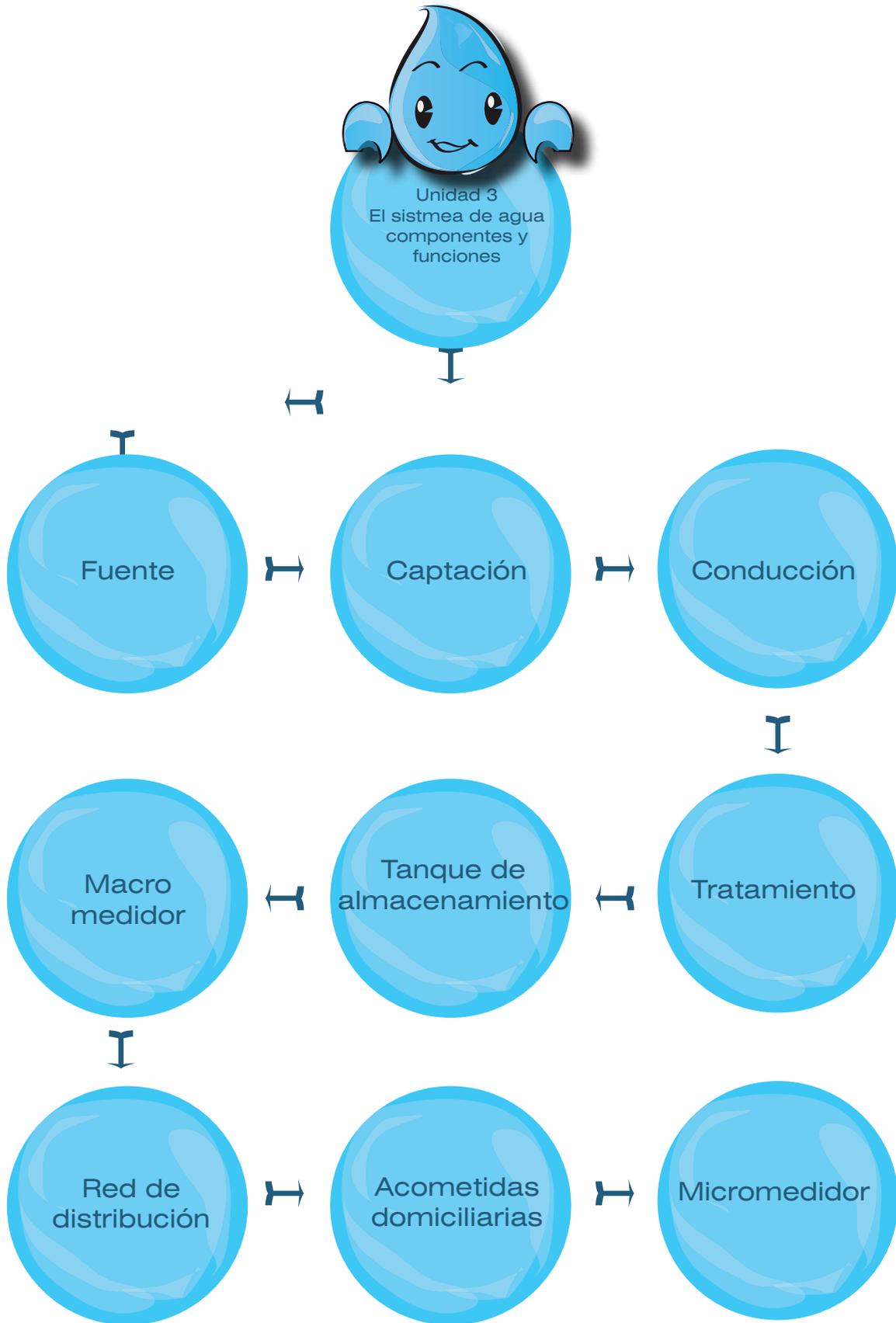
#### Destreza:

Reconocer estos componentes y su importancia en los sistemas a los que están vinculados.

#### Actitud:

Valorar de manera positiva el rol que cumplen las personas responsables de la OM en sus sistemas.

# Mapa de la Unidad



## Prerrequisitos de la unidad

### Facilitador:

Realizar una explicación detallada de los distintos componentes de un sistema, sus opciones, límites, y potencialidades previo al trabajo en campo.

### Participantes:

Recorrer todo su sistema desde la fuente de la que captan el agua y reconocer las distintas partes que lo integran.

## II. Desde la experiencia

### Prueba de entrada - Unidad 3

Ejercicio individual previo a la presentación del facilitador y recorrido en campo. En un papelógrafo cada participante dibuja su sistema con el mayor nivel de detalle y se presentan tres o cuatro ejemplos.

Veamos hasta dónde conoce el sistema de agua potable de su comunidad. Por favor responda a las siguientes preguntas:

¿De qué tipo de fuente es captada el agua?

---

---

---

Describa el tipo de captación

---

---

---

¿Qué tipo de tubería de conducción se utiliza?

---

---

---

¿Qué tipo de desinfección se realiza?

---

---

---

¿Cómo es y dónde está ubicado el tanque de almacenamiento o de reserva?

---

---

---

¿Cuáles son las características de la Red de Distribución? (tipo de material, distancia que recorre, etc.)

---

---

---

¿Cuántas acometidas o tomas domiciliarias existen? ¿Todas tienen medidor?

---

---

---

¿En qué estado están las unidades del sistema de agua potable de su comunidad?

---

---

---

¿Cómo participa la comunidad en el mantenimiento?

---

---

---

En su opinión, ¿Qué hay que hacer para mejorar el funcionamiento del sistema de agua potable?

---

---

### Para tener en cuenta

Si no pudo contestar todas las preguntas, le recomendamos que, en cuanto le sea posible, vuelva a visitar el sistema de agua potable de su comunidad para obtener los datos que necesita y completar el trabajo.



## III. Conceptualizando

### El sistema de agua

El sistema de agua potable es el conjunto de instalaciones y equipos utilizados para abastecer de agua a una población en forma continua, en cantidad suficiente y con la calidad y la presión necesarias para garantizar un servicio adecuado a los usuarios y usuarias.<sup>9</sup>

Según la topografía del terreno y la diferencia de altura entre el sitio de donde se toma el agua y la comunidad que la va a consumir, en muchos países de Latinoamérica se puede distinguir principalmente dos tipos de sistemas de agua potable:

**Sistemas de agua potable por gravedad:** Se encuentran principalmente en zonas montañosas. Se aprovecha la topografía del terreno para llevar por gravedad el agua desde la captación, en la zona más alta, hasta las viviendas, en las zonas más bajas.

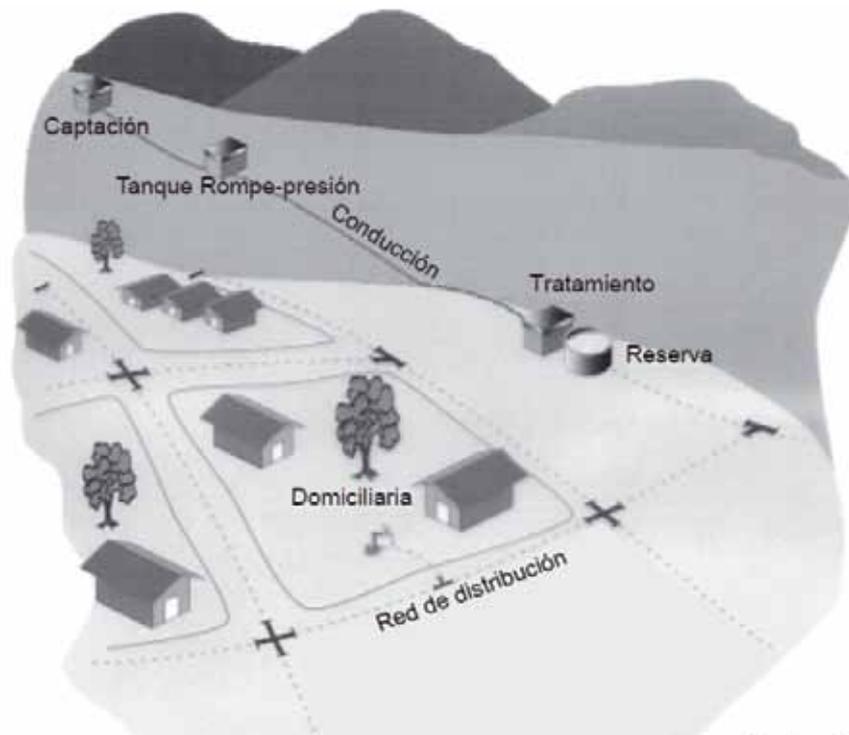
**Sistemas de agua potable por bombeo:** Existen a su vez de dos tipos de captación por bombeo: aquellos que utilizan como fuente las aguas superficiales como ríos y lagos, y los que usan aguas subterráneas (pozos). Ambos emplean equipos de bombeo para elevar el agua desde la captación o desde la capa freática hasta la planta potabilizadora, así como tanques de almacenamiento o de reserva, generalmente situados en un sitio estratégico por su elevación con respecto al poblado o la comunidad a servir. Desde ese tanque, el agua llega a las viviendas por gravedad.

En general un sistema de agua potable está formado por las siguientes partes:

1. Fuente
2. Captación
3. Conducción
4. Tratamiento
5. Tanque de almacenamiento
6. Macro medidor
7. Red de distribución
8. Acometidas domiciliarias
9. Micromedidor

---

<sup>9</sup> Fontanería Rural. Programa Cultura Empresarial 9. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. USAID. 2006. Colombia.



### 3.1. Fuente

Es el depósito de agua superficial o subterráneo, natural o artificial, utilizado en un sistema de suministro de agua potable. Según la zona, puede ser un manantial (afloramiento, naciente, nacimiento), o bien un pozo o la derivación de agua de un curso de agua como un río o lago.

### 3.2. Captación

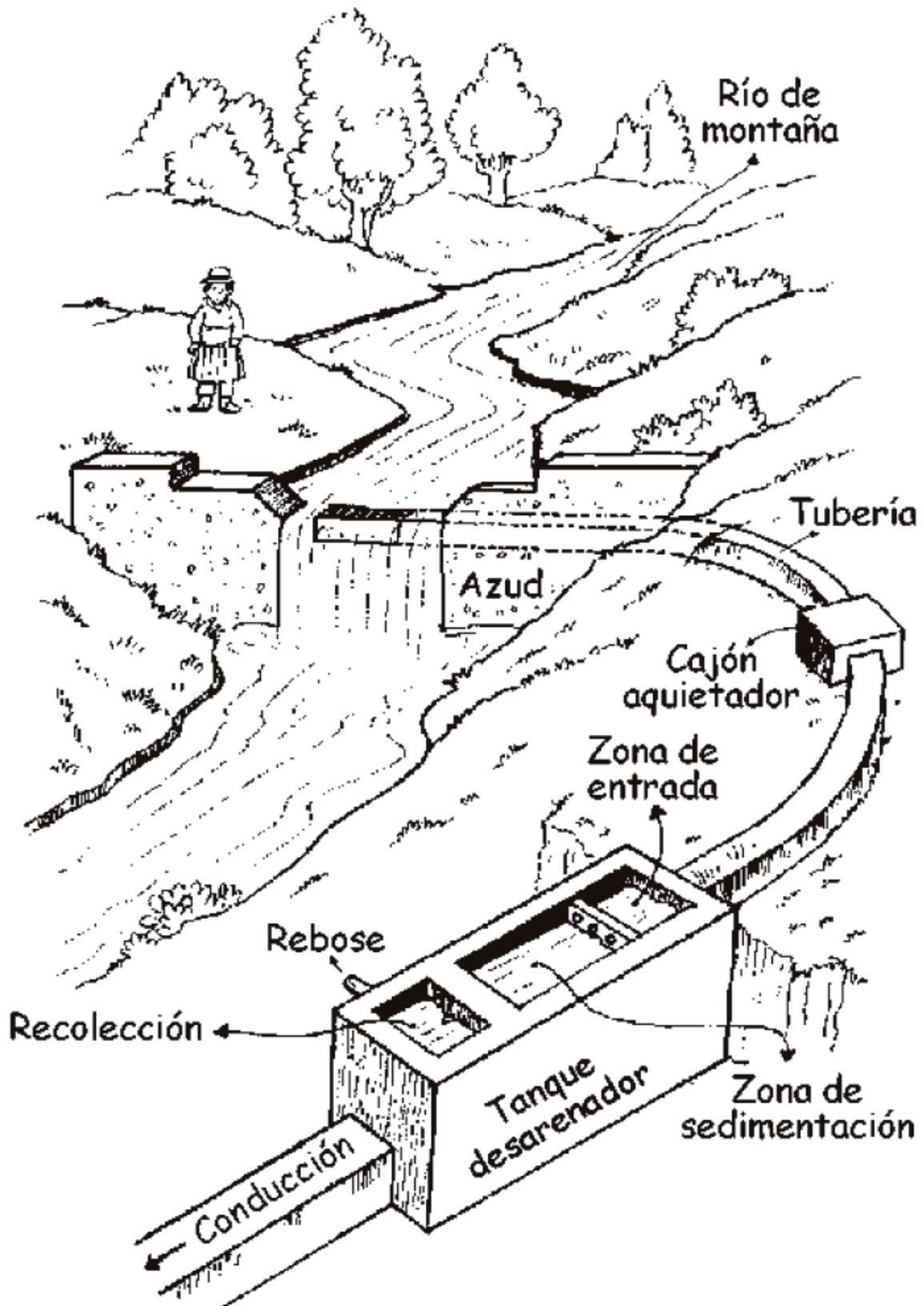
Es el conjunto de obras o estructuras necesarias para obtener o "captar" el agua de una fuente de abastecimiento de agua.

De acuerdo con el tipo de fuente, pueden existir captaciones superficiales o subterráneas, pero también puede captarse el agua de lluvia.

De acuerdo con el tipo de fuente, existen captaciones superficiales o subterráneas.

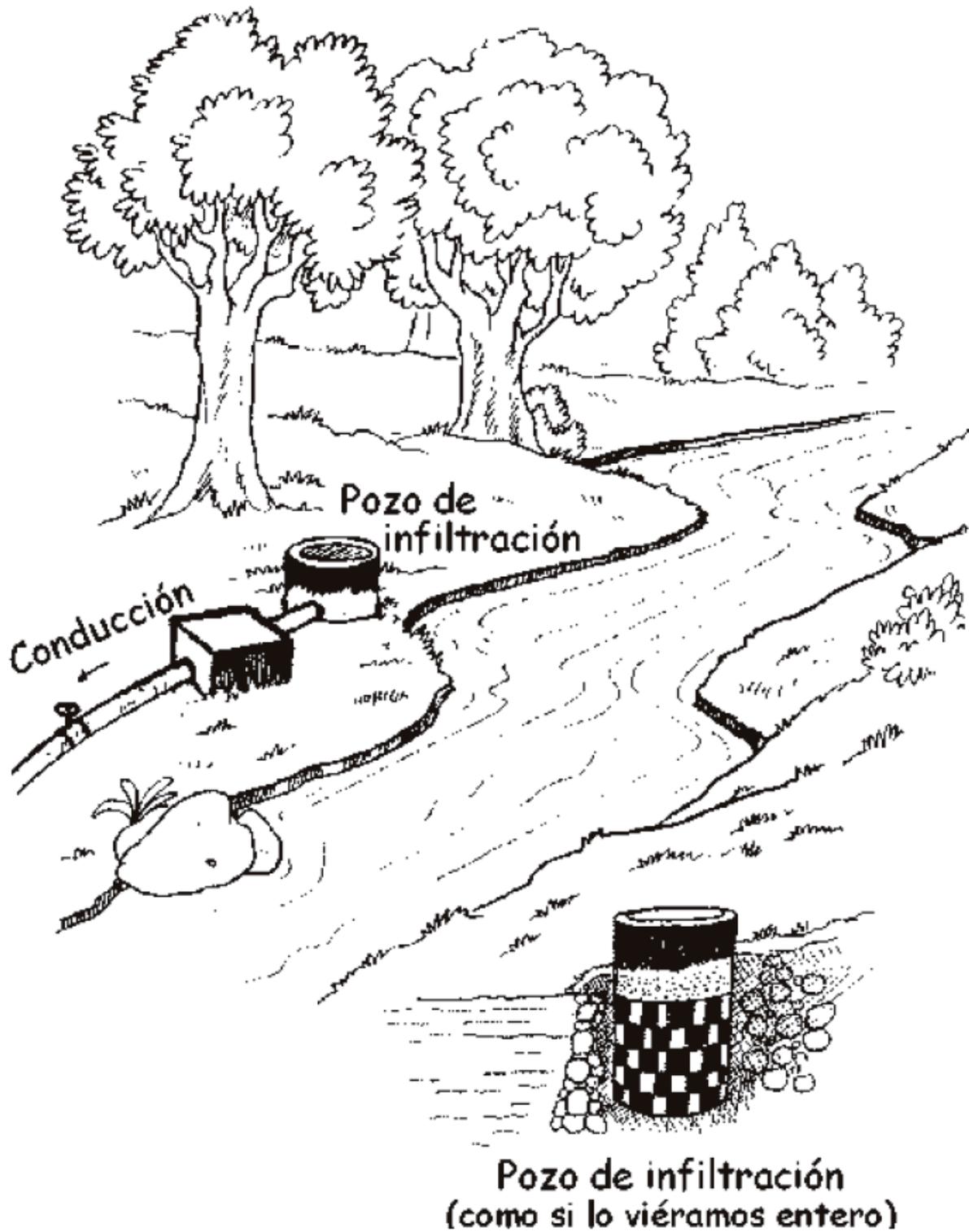
## Azud

Permite captar el agua desde una fuente de agua superficial (río de montaña, por ejemplo). El agua ingresa por la rejilla y de allí es llevada a un tanque desarenador.



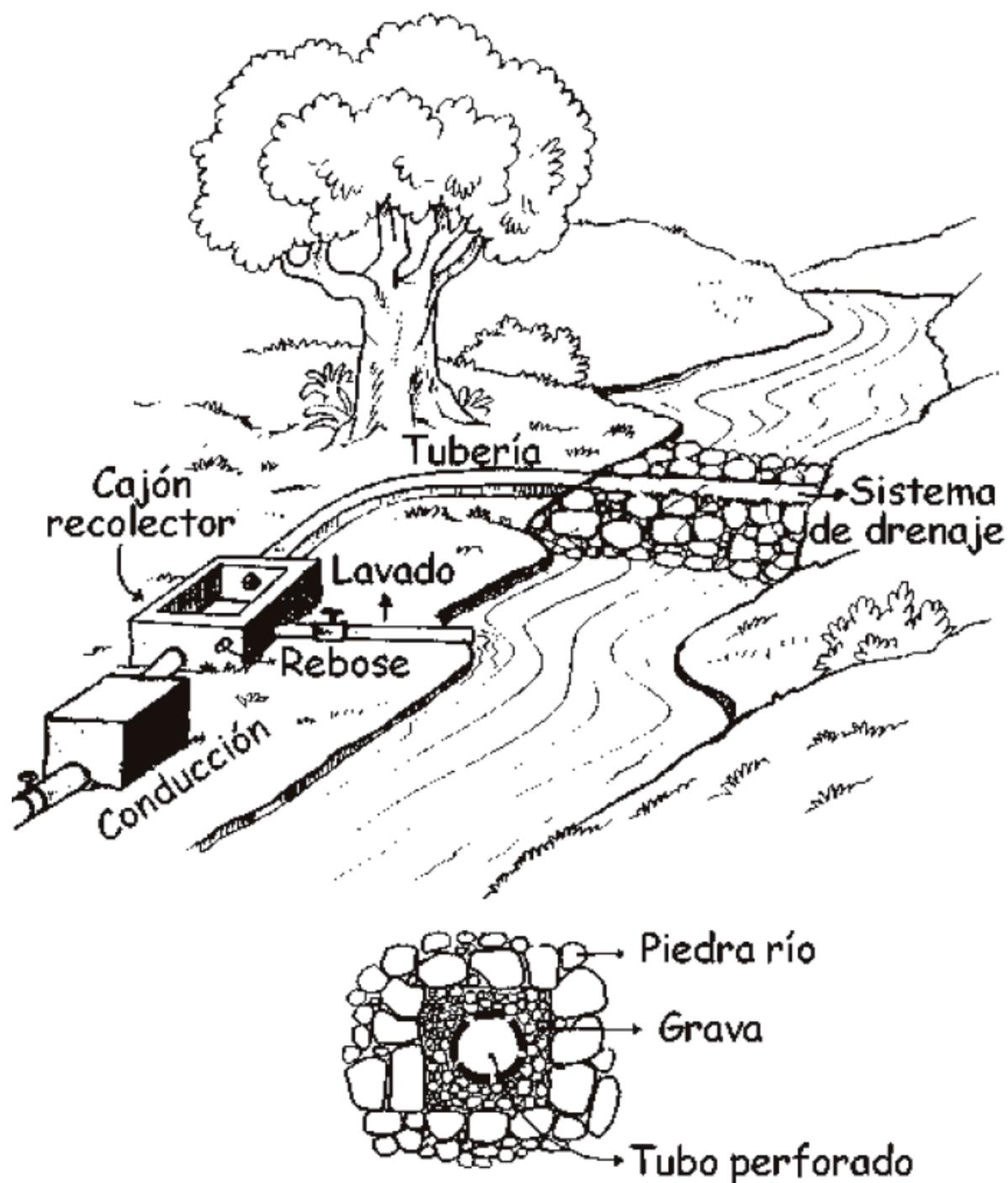
## Pozos de infiltración

Captan el agua de una fuente superficial (lago, río, estero). El agua se infiltra en los pozos perforados que están localizados a un costado del lecho, de allí sale directamente a la conducción.



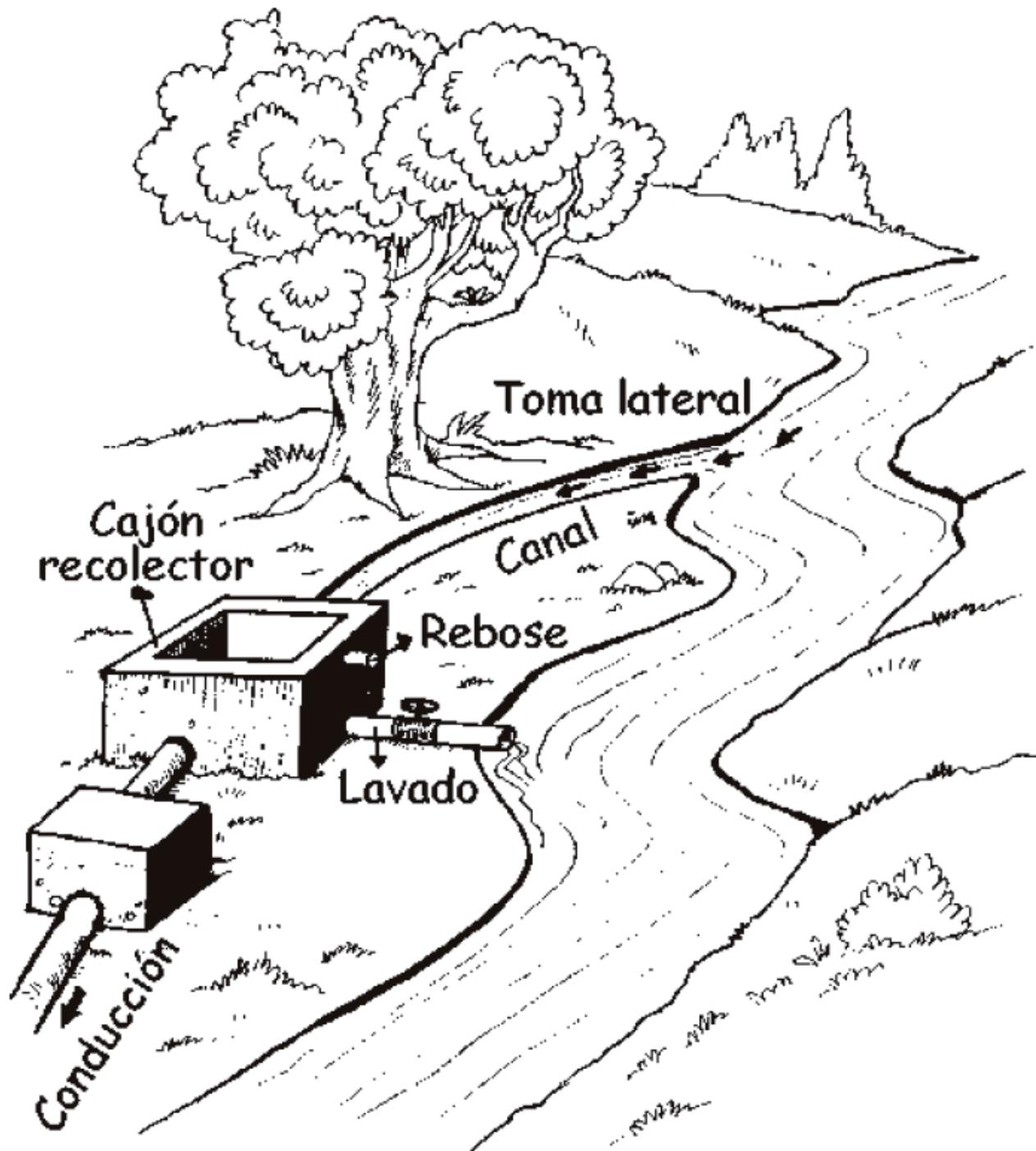
## Galerías de infiltración

Son obras construidas en el lecho de una quebrada, estero o río. El agua se infiltra a través de material granular natural, es recogida mediante un sistema de drenaje y conducida a un tanque recolector.



## Toma lateral

Se construye en la orilla de los ríos, cuando son caudalosos y tienen poca variación de nivel. Una parte de la corriente de agua superficial es encauzada hacia un costado. Pueden ser muros laterales con rejillas y compuertas que impiden el paso de sólidos flotantes y permiten regular la entrada del agua al canal o tubería. El agua es recogida por un tubo o canal revestido y es conducida hacia un tanque recolector.



## **Captación de fondo**

Se construye en ríos y quebradas poco profundos y de gran velocidad. Generalmente se construye una pequeña presa de ancho menor o igual que el río. Sobre la presa se construye un canal para desviar el agua y en el fondo del canal se coloca una rejilla.

## **Captación flotante**

Se construye en ríos, lagos y represas que tienen variaciones de nivel. Se instala sobre estructuras flotantes ancladas al fondo y en una de las orillas. Este tipo de captación necesita equipos de bombeo.

## **Captación móvil**

Se construye sobre estructuras móviles a la orilla de los ríos con importantes variaciones de nivel. Igual que las captaciones flotantes, trabaja con equipos de bombeo.

Una captación móvil puede estar constituida por una plataforma de madera armada sobre barriles o toneles metálicos o plásticos vacíos que sirven de flotador. Sobre la plataforma se instala el equipo de bombeo protegido por una caseta. El puente de acceso a la plataforma, la conexión eléctrica y la tubería de impulsión son extensibles en la medida que es necesario empujar la captación móvil de la orilla por cambios de nivel del río o del embalse.

## **Captación de agua de lluvia**

En regiones con largos períodos de sequía entre épocas de lluvia, se recomienda construir tanques para almacenar el agua que cae. El agua puede ser captada desde los techos de las casas y conducida por canaletas laterales que van a depositar el agua en un tanque de almacenamiento o cisterna.

Para que la captación de aguas de lluvia sea eficiente, los techos deben ser contruidos con materiales apropiados que no permitan obstrucción del recorrido del agua, con suficiente área y adecuada pendiente.

Para evitar la entrada de las primeras aguas de lluvia al tanque o cisterna (aquellas que generalmente acarrearán cantidad de residuos o sedimentos acumulados en el techo) se recomienda construir una pequeña caja sobre la tapa del tanque donde las aguas de lluvia se van a depositar directamente.

Esta caja posee una llave de salida. En el momento de iniciar la lluvia se deja abierta. A los cinco minutos aproximadamente, se cierra y se permite el ingreso del agua de

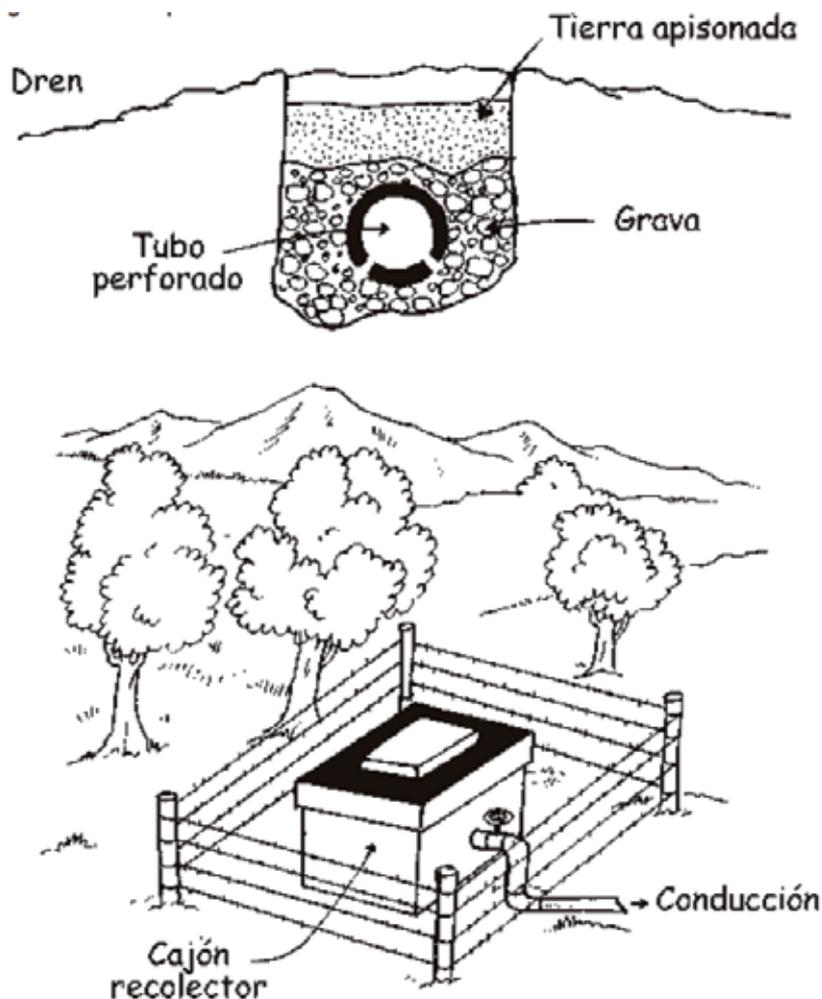
lluvia al tanque de almacenamiento por medio del tubo de conexión que inicia en la parte superior de la caja.

También puede utilizarse un dispositivo de filtro que permite brindar un tratamiento primario a las aguas de lluvia. Este puede ser un filtro lento de arena en la parte superior del tanque o cisterna. De esta forma se garantiza agua almacenada de buena calidad. Si el agua es para consumo humano, puede hervirse o desinfectarse con cloro.

## Captaciones subterráneas

### Galerías de infiltración o dren

Esta captación es utilizada para fuentes subterráneas. Son estructuras en forma de túnel o tuberías con ranuras o perforaciones, construidas por debajo del nivel freático o por debajo del nivel del agua de un río o quebrada para captar el agua infiltrada en el subsuelo. En general, el túnel o tubería perforada se rodea o envuelve con material granular (grava y arena), que permite mejorar la infiltración. El agua así recogida va a un tanque recolector.



## Pozos

Son perforaciones a determinada profundidad, que se hacen en un terreno para captar aguas subterráneas. Pueden ser profundos. Los pozos poco profundos (menos de 10 metros), se conocen con el nombre de aljibes. Este tipo de captación necesita equipos de bombeo.

### 3.3.- Conducción

Es el componente mediante el cual se transporta "agua cruda", ya sea a flujo libre o presión. Dependiendo del caudal de agua y de la topografía del terreno, se utilizan canales o tuberías. El agua cruda es la que proviene directamente de una fuente superficial o subterránea en estado natural; es decir, que no ha sido sometida a ningún proceso de tratamiento, desinfección o potabilización.

La conducción refiere a las obras o red de tuberías que permiten llevar el agua desde el lugar de tratamiento o potabilización hasta el tanque de almacenamiento o de reserva, pero también directamente hasta la red de distribución.

Tanto la aducción como la conducción son tuberías o canales por donde se transporta agua, pero mientras la aducción transporta agua cruda a presión o a flujo libre, la conducción transporta agua a presión ya tratada desde el lugar de tratamiento o potabilización hasta el tanque de almacenamiento o de reserva o directamente hasta la red de distribución.

Para las tuberías de aducción y conducción se debe tener en cuenta que el diámetro mínimo utilizado debe ser de dos (2) pulgadas, cuando las tuberías trabajan a presión. La profundidad mínima de excavación para enterrarlas debe ser de 60 centímetros desde la superficie hasta el lomo de la tubería.

#### ¿Cómo fluye el agua por las tuberías de aducción y conducción?

Puede hacerlo a flujo libre, es decir por la acción de la gravedad, como es el caso del agua que se transporta por un canal abierto.

También lo puede hacer a presión, es decir que el agua no está en contacto con la atmósfera y tiene una presión mayor que la presión atmosférica, como por ejemplo cuando el agua fluye por la tubería de conducción o distribución.

#### ¿Cómo son los principales componentes de las líneas de aducción y conducción?

Una red de aducción o de conducción no está compuesta únicamente por tuberías sino que también tiene otras estructuras y accesorios. En terrenos quebrados, esas tuberías, para su buen funcionamiento, requieren la instalación de:

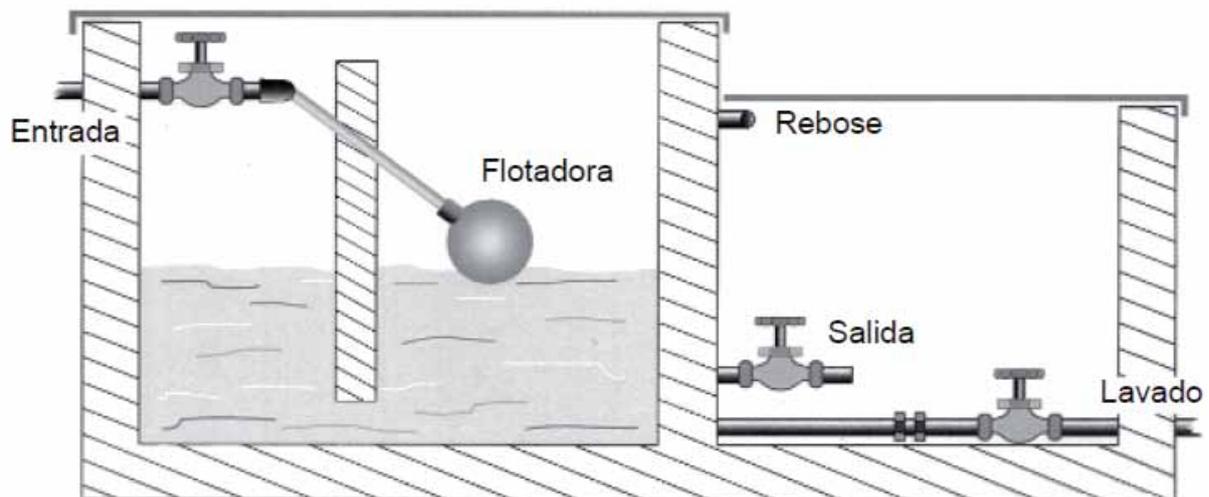
- Cámaras de quiebre de presión o tanques rompe presión.
- Válvulas reductoras y reguladoras de presión.
- Válvulas de aire o ventosas.
- Válvulas de purga.

### ¿Qué es una cámara de quiebre de presión o tanque rompe presión?

Esta es una estructura en forma de cámara o tanque utilizada para bajar la presión del agua que a veces llega con mucha fuerza. Así se evitan altas presiones en las instalaciones ubicadas aguas abajo.

El material del que están fabricadas las tuberías muchas veces se rompe por el peso o la presión del agua. Dependiendo del material del que están construidas las tuberías y de su espesor, el fabricante recomienda la presión máxima que puede soportar el tubo. Con esta información, los ingenieros pueden colocar, de ser necesario, una o varias cámaras de quiebre de presión o tanques rompe presión a lo largo de la conducción.

La cámara de quiebre de presión o tanque rompe presión es una estructura pequeña, que puede ser de un metro por cada lado; tiene una tubería de entrada localizada en la parte superior y una tubería para la salida en la parte inferior. El agua, al caer en el tanque, pierde su presión. Por eso se le llama “cámara de quiebre de presión o tanque rompe presión”.



## ¿Qué son las válvulas que alivian la presión?

Son válvulas que alivian la presión en las tuberías, protegiendo las instalaciones ubicadas aguas abajo. Cumplen la misma función que las cámaras de quiebre de presión o tanques rompe presión. La ventaja es que requieren poco espacio para ser instaladas; la desventaja es que son dispositivos de alto precio. Sin embargo, la tendencia va hacia la adquisición de este tipo de válvulas.

Las válvulas reguladoras de presión se usan para mantener una presión constante y controlada a un valor previamente fijado a la salida de estos aparatos.

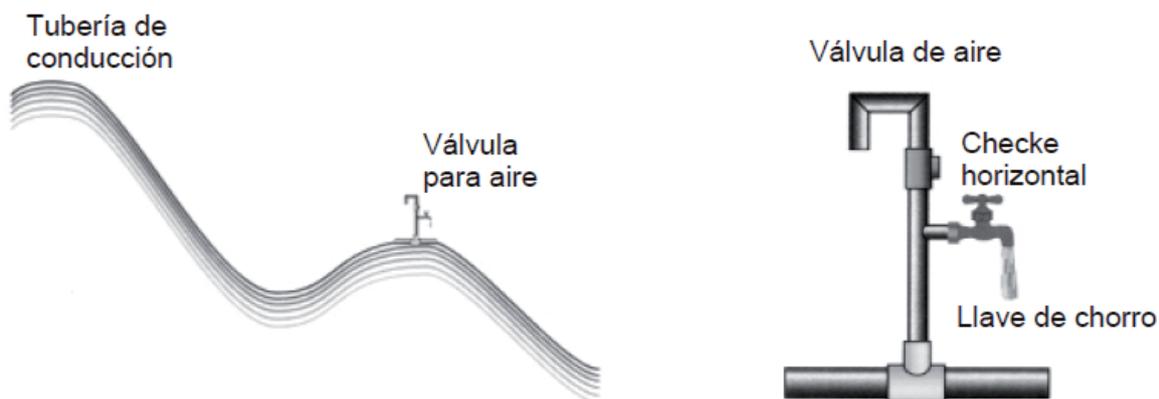
## ¿Qué son las ventosas o válvulas para aire?

Son dispositivos que dejan salir el aire para que no impida que el agua siga su curso. A lo largo de los puntos altos de las líneas de aducción o conducción, suele acumularse aire en la parte superior de la tubería, lo cual cambia la velocidad del agua en el interior del tubo y forma bolsas de aire.

El aire, que es más liviano que el agua, forma un tapón que impide su paso. Si ese aire no se expulsa, junto con obstruir el correcto paso del agua, puede provocar un rápido deterioro de las tuberías.

Tradicionalmente, los operadores de OCSAS hacen un hueco en la tubería para que ese aire salga. Sin embargo, esta es una práctica arcaica no recomendada, puesto que además de deteriorar la tubería, permite que entren al sistema desde sedimentos hasta impurezas. Este hecho, al mismo tiempo que puede obstruir o deteriorar el sistema también representa un riesgo sanitario importante.

El sistema automático o manual de la válvula de aire o ventosa, permite que el aire salga. Mediante este dispositivo, el aire se expulsa a través unas cámaras metálicas conectadas a la tubería y tiene un orificio superior que está sellado por una esfera metálica o flotador. Cuando la cámara se llena de aire, el flotador cae y deja salir el aire por el orificio.



## ¿Qué son las válvulas de limpieza o de purga?

Son accesorios que permiten:

- Desalojar o “purgar” el material acumulado en el interior de los tubos.
- La normal circulación del agua y descargue de tubería

El agua puede arrastrar tierra, arena e inclusive piedras dentro de la tubería de conducción. En los sitios más bajos ese material se sedimenta, obstruyendo el tubo.

Estos accesorios se colocan lateralmente en los puntos más bajos de las redes, para que al abrirlas permitan la salida de los sedimentos acumulados en las tuberías.



### 3.4. Tratamiento

Se llama tratamiento al proceso del sistema de agua potable donde se llevan a cabo las diferentes acciones y procesos para mejorar las características físico - químicas y bacteriológicas del agua volviéndola potable, o sea, apta para el consumo humano.

El conjunto de estructuras, obras, equipos y materiales necesarios para los procesos necesarios en el tratamiento que logra la potabilización del agua se debe ver como una industria que utiliza como materia prima principal el agua cruda y cuyo producto final es el agua potable.

Dependiendo de la calidad del agua que sea captada para el tratamiento existen diferentes procedimientos físicos y químicos.

## Tratamiento por medios físicos

Un sistema de tratamiento que utiliza procedimientos físicos es muy fácil de operar y de mantener al interior de comunidades urbano-marginales y rurales.

Si por ejemplo se deja reposar el agua en un tanque durante algún tiempo, la arena y la tierra que enturbian el agua se asientan y el agua se aclara. Algunos materiales que son muy pequeños y que no sedimentan pueden ser retenidos por filtración.

Dependiendo del grado de contaminación del agua se necesitarán una o varias unidades de tratamiento. Por ejemplo:

### Sedimentador o desarenador

Un sedimentador o desarenador constituye la primera unidad de tratamiento. Es una estructura vital en las captaciones superficiales, sobre todo cuando la corriente de agua arrastra mucho sedimento. Puede ser un tanque rectangular, mucho más largo que ancho, dentro del cual el agua circula a muy poca velocidad. Debido a este hecho las partículas se asientan en el fondo, por acción de la fuerza de gravedad que las atrae.

### El sedimentador o desarenador está dividido en cuatro componentes (Figura 3):

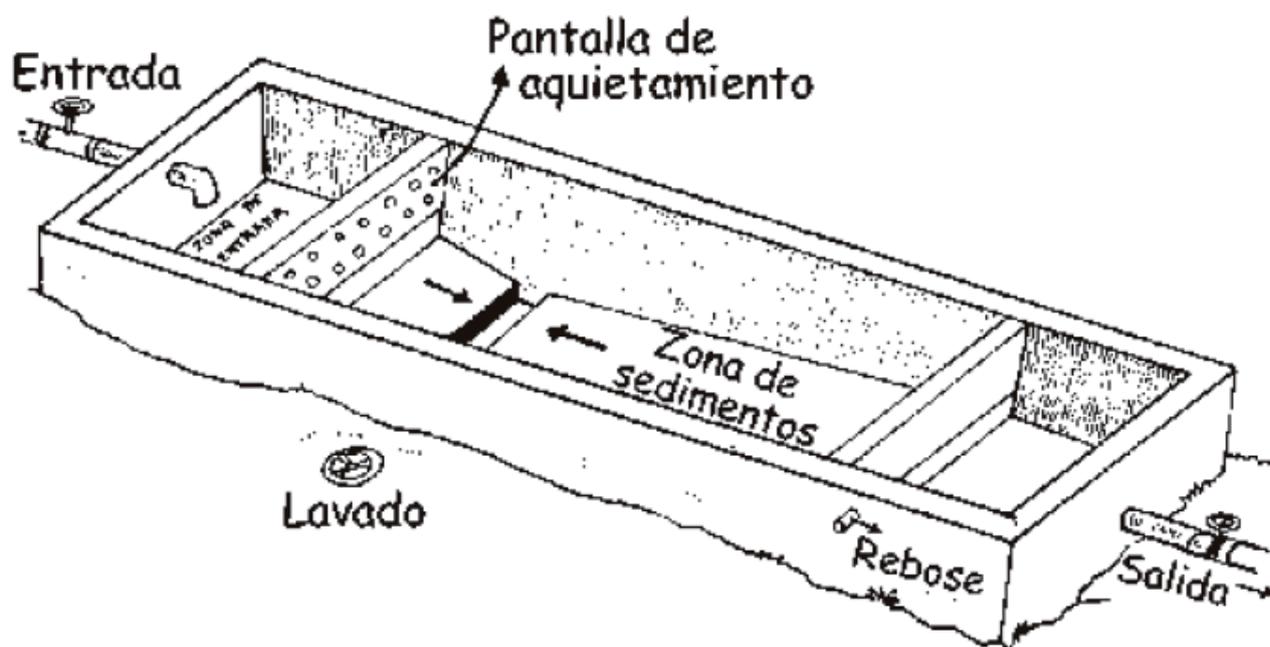
**Zona de entrada:** Su función principal es reducir la velocidad que trae el agua desde la captación, mediante una pantalla deflectora o de aquietamiento, para facilitar la eliminación de las partículas. Aquí puede haber lateralmente un vertedero o tubería de rebose, que devuelve el caudal sobrante al río.

**Zona de sedimentación o de sedimentos:** En esta zona las partículas pueden llegar al fondo del sedimentador o desarenador y asentarse. El agua debe estar en reposo.

**Zona de lodos:** Es donde se deposita y almacena los lodos sedimentados.

**Zona de salida:** Recoge el agua clarificada. Está constituida por una pantalla sumergida, un vertedero de salida y un canal de recolección. Esta zona debe estar cubierta con una tapa, para evitar una posible contaminación. Antes de la salida, también puede haber lateralmente un vertedero o tubería de rebose, que devuelve el caudal sobrante al río.

FIGURA 3



En el desarenador es conveniente instalar una tubería de paso directo, con válvulas de cierre en cada extremo, que conecte a la tubería de entrada con la tubería de salida. A este tipo de instalación se le conoce como "by-pass" (por su nombre en inglés) y se pronuncia "Baipas".

Si va a lavar el desarenador, cierre la válvula de entrada y abra las válvulas del paso directo o by-pass, para no suspender el suministro de agua a la comunidad. Comience el lavado abriendo la válvula de desagüe, lo que permite desocupar el desarenador. Aproveche la presión del agua para remover el lodo acumulado y cepille las paredes para remover el lodo atrapado.

Cuando no se haya previsto la tubería de paso directo, tenga cuidado en no demorar mucho la operación de lavado para que la tubería no se desocupe completamente. Evite que la tubería de aducción se llene de aire, poniendo a funcionar las válvulas de purga y las ventosas (más adelante se explicará cómo funcionan esas válvulas).

La limpieza debe ser periódica, dependiendo del deterioro de la calidad del agua, principalmente en invierno. El mantenimiento que se debe realizar en el desarenador se presenta más adelante.

## ¿Qué se debe hacer con los sedimentos acumulados en el desarenador?

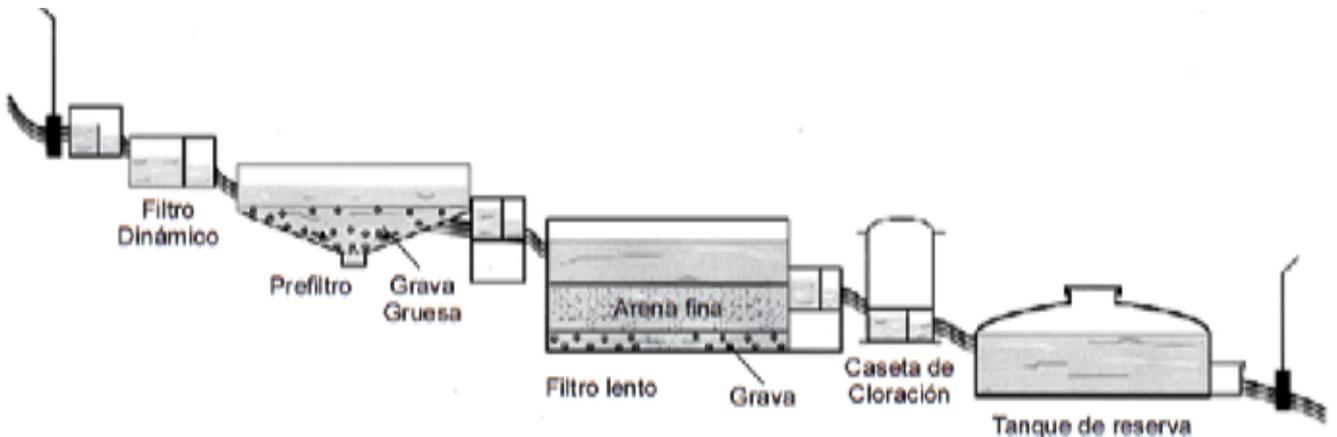
Estos sedimentos deben retornar al río o a la fuente de agua, aguas debajo de la estructura de captación, siempre y cuando esto no cause daño alguno y lo permita la ubicación del desarenador y las normas ambientales específicas.

Otra alternativa para el manejo de los lodos es depositarlos en lechos de secado y llevarlos a disposición a otro sitio, debidamente autorizado por la autoridad ambiental pertinente.

Desde hace algunos años, en el caso de Ecuador se viene utilizando un sistema de tratamiento por medios físicos que se llama Filtración en Múltiples Etapas (FIME), que consiste en procesos de:

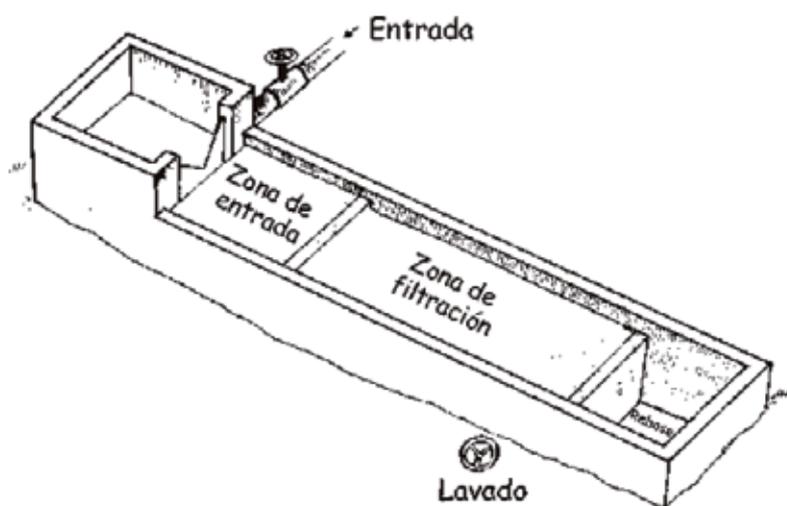
- Filtración dinámica
- Pre-filtración
- Filtración lenta

### Tratamiento para consumo humano Pequeñas y medianas comunidades.



**FILTRO DINAMICO:** Es un tanque rectangular, poco profundo, lleno de material granular (arena y grava), con un sistema de drenaje en el fondo que recoge el agua filtrada. Se construye generalmente al costado de un río, de montaña o de una quebrada.

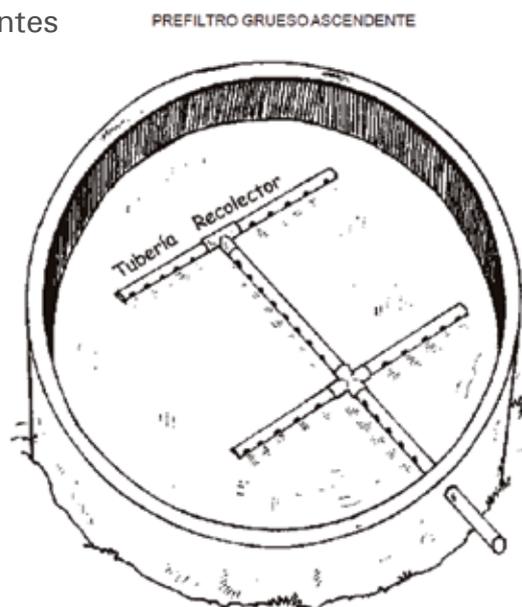
Cuando el agua está muy turbia, el filtro dinámico se tapa automáticamente y protege al resto de los filtros.



**PRE-FILTRO:** Un pre-filtro es un tanque lleno de grava... El agua, en su interior, disminuye la turbiedad, porque la tierra es retenida por la grava a través de varios procesos físicos.

Dependiendo del sentido en el que circula el agua se clasifica en:

- Pre-filtros ascendentes
- Pre-filtros descendentes

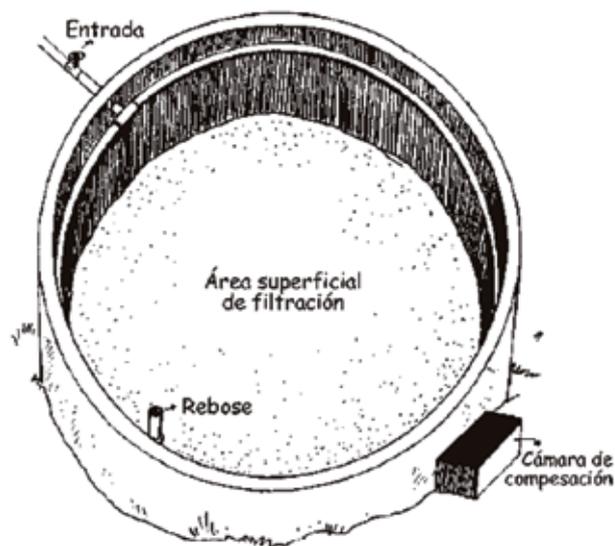


FILTRO LENTO: por lo general está armado en un tanque grande, con una capa de arena de un metro de alto. Las aguas con poca turbiedad -aguas claras- pueden ser tratadas mediante un filtro lento.

En la superficie del filtro, en los primeros 20 cm, aunque no se ve nada, se produce una lucha sin descanso, una actividad biológica intensa: algunos microorganismos se alimentan de otros, eliminando inclusive a los virus que son peligrosos para los seres humanos.

Dependiendo del sentido en el cual circula el agua, se los denominan:

- Filtros ascendentes
- Filtros descendentes.



### Para no olvidar:

El filtro lento elimina la turbiedad en casi un 100% y elimina también hasta el 99.99% de los microorganismos dañinos para el ser humano que puedan estar en el agua.

## Tratamiento por medios químicos

El tratamiento o la desinfección por medios químicos controla la contaminación que se puede dar en el agua desde que sale de la unidad de tratamiento físico (desarenador o filtros), hasta que es utilizada en las casas.

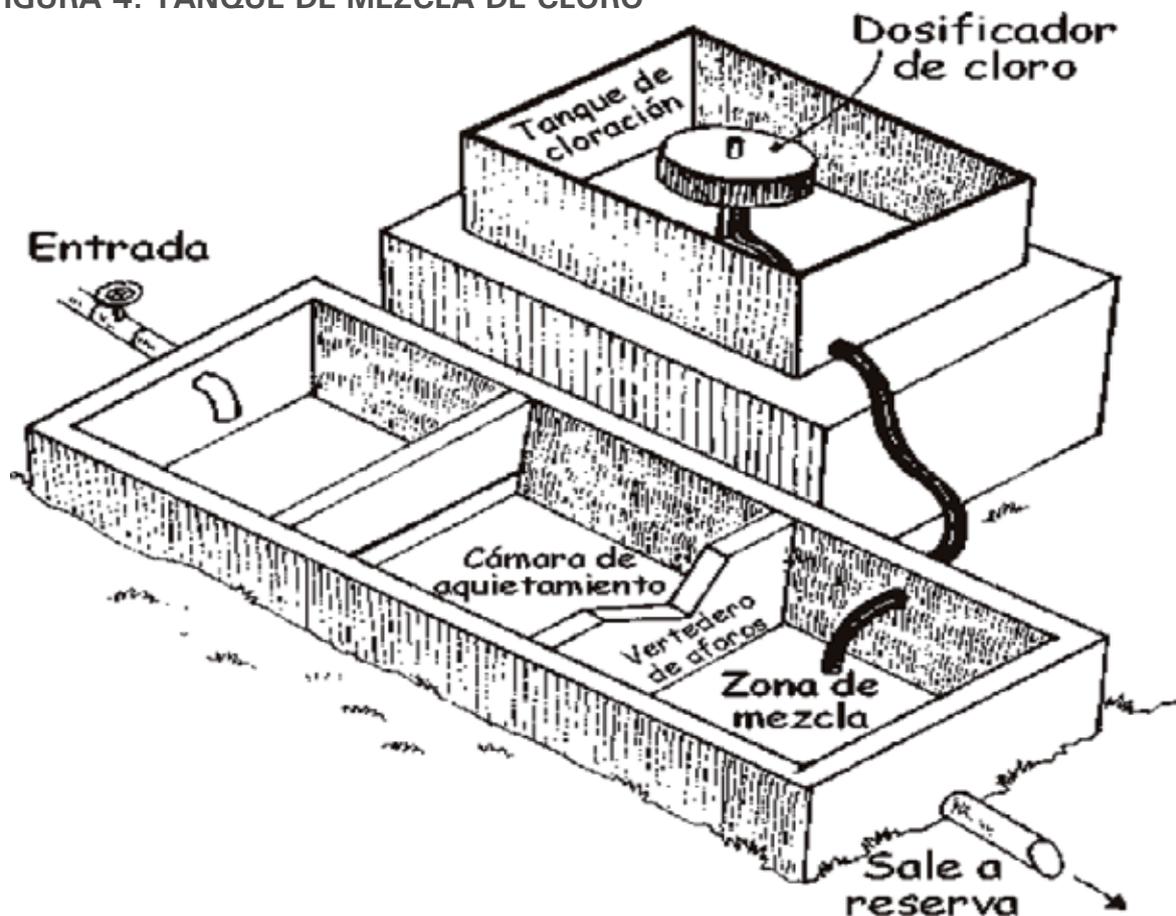
En el medio rural, para la desinfección lo más utilizado es el cloro (Figura 4). Un producto con gran poder bactericida, capaz de matar las bacterias o impedir su desarrollo. Además es barato y de fácil manejo.

El cloro se usa en dos de sus presentaciones:

- Granular (Hipoclorito de calcio)
- Líquido (Hipoclorito de sodio)

La cantidad o dosis de cloro que se debe aplicar depende de la cantidad y de la calidad del agua. Por su gran efectividad como desinfectante, una pequeña dosis (apenas un miligramo de cloro) puede desinfectar un litro de agua. A manera de comparación, un miligramo es como un cristal de azúcar.

FIGURA 4: TANQUE DE MEZCLA DE CLORO



### 3.5. Tanque de almacenamiento

Es una estructura para almacenar agua, que puede ser construida con hormigón o ferrocemento, pero también de acero vitrificado o bien de plástico de alta resistencia. Puede tener forma cuadrada, rectangular o redonda y siempre cubierto.

El tanque de almacenamiento o reserva garantiza la cantidad de agua requerida por la población en las horas de mayor consumo. El tanque almacena el agua durante la noche y en las horas de menor consumo, por lo cual su volumen depende del tamaño de la población.

El tanque de almacenamiento es útil para compensar las variaciones de consumo en el día, mantener y compensar las presiones en la red, así como para almacenar cierta cantidad de agua que permita atender situaciones de emergencia como incendios o interrupciones provocadas por daños del acueducto aguas arriba del tanque.

El tanque de almacenamiento se ubica en un punto alto de la población. En poblaciones grandes o de topografía muy irregular, puede existir más de un tanque de reserva.

#### ¿Cuáles son los principales elementos de un tanque de almacenamiento?

Un tanque de almacenamiento, además de la estructura para almacenar, debe tener siempre los siguientes elementos:

1. Tubería de entrada con su correspondiente válvula de cierre, para suspender o permitir la entrada de agua al tanque, según se requiera; tubería de salida con su correspondiente válvula de control; tubería para lavado del tanque, con válvula de control; tubería de paso directo o by-pass; tubería de rebose y tubería de drenaje con válvula de control, utilizada durante el lavado del tanque.
2. Una tapa o cubierta superior para prevenir la caída de hojas y otros objetos dentro del tanque. Si el tanque no tiene cubierta, debe construirse un techo para controlar el ingreso de vectores y la caída de elementos volátiles con basura y hojas secas.
3. Una tapa o compuerta de inspección para facilitar el acceso al interior del tanque.
4. Escalera de acceso al tanque, tanto externa como interna, para facilitar las labores de limpieza.
5. Tubos de ventilación o respiradores (con rejilla en su extremo para impedir la entrada de elementos o insectos al tanque).

6. Una tubería de rebose o de desfogue, para que el agua salga cuando el tanque se llena.
7. Un sistema para medir el nivel de agua en el tanque, que puede ser una manguera transparente pegada por fuera a una regla marcada con el cero (0) coincidiendo con el fondo.
8. Una tubería de salida, con su correspondiente válvula para permitir o impedir la salida de agua del tanque.
9. Una tubería de drenaje con su correspondiente válvula para evacuar el agua de lavado del tanque.
10. Una tubería de derivación o tubería de paso directo (by-pass) que conecta directamente la tubería de entrada a la tubería de salida, sin pasar por el tanque, para no interrumpir el servicio cuando el tanque esté en mantenimiento.

### Explicación sobre el cloro:

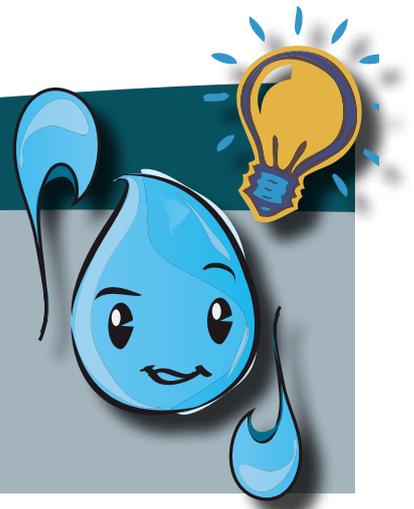
El hipoclorito de calcio es un producto sólido en forma de gránulos blancos. Debe almacenarse en un recipiente oscuro y bien tapado, a la sombra, para evitar que con el tiempo pierda su potencia. Generalmente el hipoclorito de calcio viene empacado en cubetas o recipientes de 50 libras o 25 kilos, en una concentración del 70% como cloro. De todas maneras, es importante tener siempre presente la concentración del cloro en el hipoclorito que viene marcada en el envase.

Ejemplo: ¿Cuánto hipoclorito de calcio con concentración del 70% como cloro se necesita para desinfectar un tanque de 100 m<sup>3</sup> de capacidad?

Respuesta: Las normas técnicas establecen que la concentración debe ser de 50 partes por millón de cloro, o sea 50 miligramos/litro, que es lo mismo que 50 gramos de cloro por metro cúbico de agua. Si la capacidad del tanque es de 100 m<sup>3</sup> de agua, entonces se necesita 100 m<sup>3</sup> x 50 gramos de cloro = 5.000 gramos de cloro, o sea 5 kilogramos de cloro. Pero como el hipoclorito tan solo tiene una concentración del 70% de cloro, entonces se necesitan 5 kilogramos ÷ 0.7 = 7.1 kilogramos de hipoclorito de calcio que se deben ir diluyendo con la ayuda de un balde en la medida en que se va llenando el tanque.

## Para no olvidar:

El cloro debe ser manejado con mucha precaución. Es una sustancia corrosiva y peligrosa que puede causar daño a las personas.



### ¿Cómo se mide el cloro residual?

El cloro residual se puede medir en campo utilizando para ello un comparador o dispositivo de medición de cloro para agua potable, con la ayuda de una sustancia llamada DPD. Cuando esta sustancia se aplica al agua clorada hace que tome un color rosado. La intensidad del color es proporcional a la cantidad de cloro que tenga el agua.

Procedimiento para determinar la concentración de cloro en tanques, tuberías y llaves domiciliarias

1. Enjuague tres veces el comparador o dispositivo de medición de cloro para agua potable con la muestra y llene la celda marcada con  $Cl_2$  que corresponde al cloro residual.
2. Agregue al compartimiento de cloro residual una pastilla de DPD; el agua tomará una tonalidad rosada; agite, tape y ajuste. Espere unos segundos a que se disuelva la pastilla.
3. Observe el color obtenido y compárelo con la escala de colores y valores de cloro ( $Cl_2$ ) que tiene el comparador hasta encontrar un cloro igual. El valor que corresponde al color igual al de la muestra es el del cloro residual. Registre el resultado en mg/L en el formato de control que se lleve.

Recomendaciones:

1. No agite la muestra antes de agregar el reactivo, ya que se libera el cloro presente en el agua.
2. Evite que la muestra sea expuesta a demasiada luz.
3. No guarde la muestra para más tarde; el análisis se debe realizar de inmediato.
4. Mantenga limpio el comparador.

### 3.6. Red de distribución

La red de distribución es cerrada en el caso de poblaciones con un desarrollo urbano en manzanas o cuadras, cuando se instalan matrices formando un circuito cerrado. El agua dentro de las tuberías puede circular en las dos direcciones -de ida y vuelta podemos decir- lo que garantiza una mejor distribución del agua.

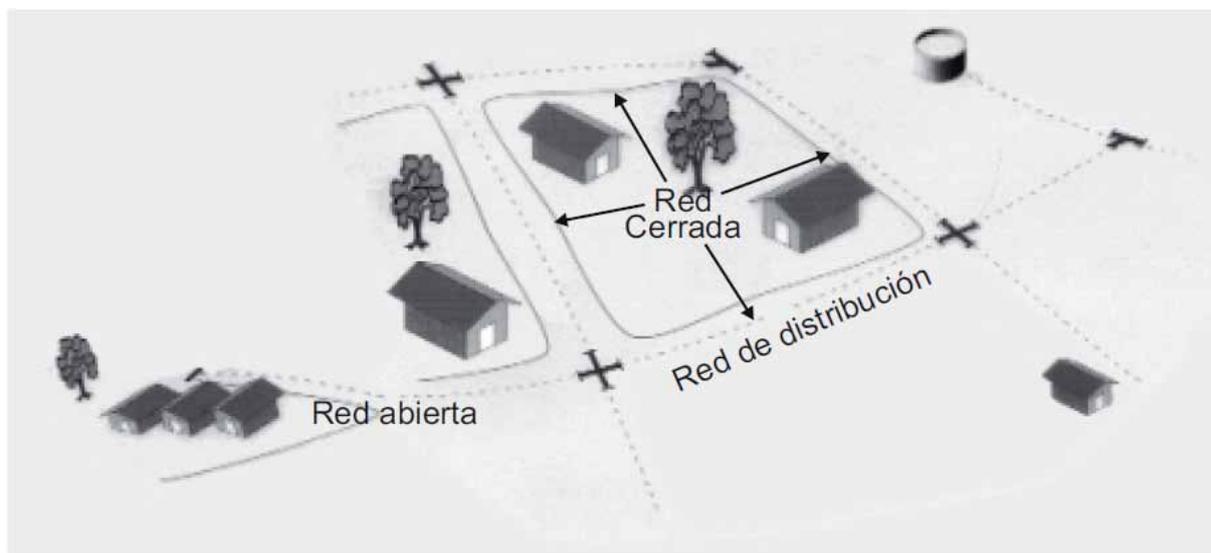
La función de la red de distribución es repartir agua potable a los domicilios o puntos de consumo. Dependiendo de la forma y el tamaño de la población, la red de distribución puede ser una instalación lineal abierta (para poblaciones desarrolladas a lo largo de una vía o poblaciones dispersas), o cerrada en forma de malla, conformada por tubos y accesorios conectados en forma continua de diferentes diámetros.

Conduce el agua a lo largo de caminos, calles y cuadras o manzanas y desde donde se conectan las acometidas domiciliarias.

En la red de distribución se debe garantizar la calidad del agua, la cantidad y las presiones adecuadas.

Integrados a la red de distribución se encuentran los hidrantes, las válvulas de limpieza en los puntos bajos (llamadas válvulas de purga) y las válvulas de cierre, que permiten aislar tramos de la red durante labores de reparación o cuando se necesita regular el servicio.

Las redes de distribución pueden estar conformadas por una red matriz o principal y por redes secundarias. La red matriz distribuye el agua procedente de la conducción, planta de tratamiento o tanques de almacenamiento a las redes secundarias. Se encarga de mantener las presiones básicas de servicio para el funcionamiento correcto de todo el sistema y generalmente no reparte agua en ruta.



Las redes secundarias se derivan de la red principal y distribuyen el agua a los barrios o sectores de una población. En lo posible, las conexiones domiciliarias se deben instalar desde las tuberías de la red secundaria y no de la tubería principal o matriz.

Existen dos tipos básicos de red de distribución:

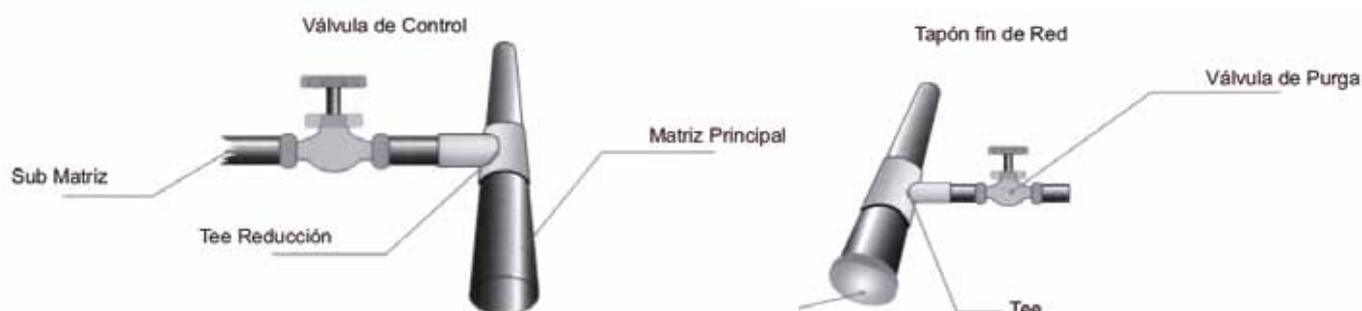
**RAMIFICADA:** Es la red que está compuesta por una tubería principal y una serie de ramificaciones que terminan en puntos ciegos o pequeñas mallas. Se conoce también como configuración de espina de pescado.

Este tipo de red se emplea por lo general en caminos o veredas, donde por razones topográficas no es económico ni técnico conectar los ramales. También se adapta a las poblaciones que se desarrollan a lo largo de una vía o de un río.

**MALLADA:** Es la red que está conformada por tuberías donde el agua circula a través de circuitos cerrados, lo cual produce un servicio más eficiente en presión y caudal.

### Tipos de tuberías

Las tuberías o tubos que se utilizan para transportar agua vienen en diferentes materiales y diámetros, tal como se detalla en la tabla que figura en la página siguiente<sup>10</sup>:



<b>TIPOS DE TUBERÍA</b>	
<b>Material</b>	<b>Hierro acerado (HA)</b>
Presentación	Tramos de 6 a 12 m de longitud de 6 a 24 pulgadas.
Características	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gran resistencia mecánica.</li> <li>2. Soporta grandes deformaciones antes de romperse.</li> <li>3. Tolera fuertes presiones.</li> <li>4. Se usa para transportar enormes caudales a altas presiones.</li> <li>5. No se usa en redes de distribución.</li> <li>6. Se oxida fácilmente, requiere revestimiento interno y externo apropiado.</li> </ol>
Instalación	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Unión espigo y campana.</li> <li>2. Brida roscada.</li> <li>3. Espigo doble para soldar a tope.</li> <li>4. Unión Dresser o unión roscada.</li> </ol>
<b>Material</b>	<b>Hierro dúctil (HD)</b>
Presentación	Tramos de 6 m de longitud, diámetros de 4 a 6 pulgadas.
Características	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Es una tubería de hierro dúctil con revestimiento interior y externo en Zinc.</li> <li>2. Alta resistencia a presión interior.</li> <li>3. Buen comportamiento en condiciones de enterrado.</li> <li>4. Aptitud de corte y perforación con herramientas simples.</li> <li>5. Resistencia a choques por manipulación e instalación.</li> <li>6. Fácil transporte.</li> </ol>
Instalación	Unión universal manual conjunta-espigo campana susceptible de instalación superficial sin adaptación especial.
<b>Material</b>	<b>Hierro fundido (HF)</b>
Presentación	Tramos de 6 m de longitud, diámetros de 3 a 36 pulgadas.
Características	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tubería frágil.</li> <li>2. Poca resistencia a los golpes.</li> <li>3. No se puede soldar en sitio.</li> <li>4. Sensible a corrosión por suelos ácidos e incrustaciones con aguas alcalinas.</li> <li>5. Cuando está protegida internamente tiene muy buena duración.</li> </ol>
Instalación	Unión espigo campana con plomo o mediante bridas o flanges a tuberías de extremos lisos.
<b>TIPOS DE TUBERÍA</b>	
<b>Material</b>	<b>Polivinilo de cloruro (PVC)</b>
Presentación	Tramos de 6 m de longitud, diámetros de ½ a 12 pulgadas.
Características	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tubería liviana.</li> <li>2. Fácil de instalar.</li> <li>3. Inerte a corrosión química.</li> <li>4. Superficie interior lisa, bajas pérdidas.</li> <li>5. Los rayos ultravioleta la degradan y pierde resistencia, debe estar protegida contra la radiación solar.</li> <li>6. Alta resistencia a la tensión y al impacto.</li> </ol>
Instalación	<p>Unión mecánica espigo-campana, con empaque de caucho. Esta unión es movable y permite mantenimiento fácil.</p> <p>Unión soldada con soldadura líquida. Esta unión, una vez terminada, es rígida y hace difícil el mantenimiento.</p>

<b>Material</b>	<b>Polietileno de alta densidad (PEAD)</b>
Presentación	Rollos de 100 metros y 2 ½ y 3 pulgadas. Distintivo azul para uso de un sistema de agua potable.
Características	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Excelente resistencia a la corrosión.</li> <li>2. Muy flexible, se acomoda al terreno; puede curvarse horizontal y verticalmente sin necesidad de codos.</li> <li>3. Ideal para la zona rural siempre y cuando sea para un sistema de agua potable. La tubería de riego no sirve.</li> <li>4. Liviana y de fácil manejo.</li> <li>5. Cuando el ensamble de la tubería se hace fuera de la zanja, se necesitan menos excavaciones que cuando se instalan tuberías de otros materiales.</li> <li>6. Las redes de tuberías de polietileno tienen muy buenas condiciones hidráulicas, pocas uniones que produzcan fugas y menores riesgos de desempates con los asentamientos de terreno.</li> <li>7. Para su instalación requiere equipo especial para soldar con calor.</li> <li>8. El material se aprovecha mejor porque como viene en rollos se puede cortar a la longitud que se necesite, eliminando los desperdicios.</li> </ol>
Instalación	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Termofusión a tope, es la más usada.</li> <li>2. Termofusión a socket.</li> <li>3. Electrofusión.</li> <li>4. Unión mecánica espigo-campana.</li> </ol>
<b>Material</b>	<b>Tubería de cobre (Cu)</b>
Presentación	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se fabrica en diámetros de 3/8 hasta 2 pulgadas.</li> <li>2. Se presenta en dos tipos: flexible y rígida.</li> <li>3. El tipo M es el que se usa para instalaciones de agua fría y caliente.</li> <li>4. En 3/8 y ½ pulgada se usa en acometidas e instalaciones internas de sistemas de agua.</li> </ol>
Características	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Resistente a la oxidación e incrustaciones.</li> <li>2. Superficie interior muy lisa, pocas pérdidas por rozamiento.</li> <li>3. Alta resistencia a la presión interna y externa.</li> <li>4. Puede ser flexible o rígida, según el tipo de aleación.</li> <li>5. Alto costo, por eso se usa poco.</li> </ol>
Instalación	Se puede empalmar abocinando los extremos y utilizando acople en bronce. Para tubería rígida incluye accesorios de campana que se empalman con soldadura de estaño.

TIPOS DE TUBERÍA	
Material	Plástico flexible (PF+UAD)
Presentación	Diámetros de ½ y ¾ de pulgada. Rollos de 90 metros. Distintivo azul para uso en sistemas de agua potable.
Características	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. En algunos países como Colombia viene reemplazando a las tuberías de cobre en las acometidas domiciliarias.</li> <li>2. Es fabricada en PEAD.</li> <li>3. Resiste presiones internas altas.</li> <li>4. Resiste a la corrosión interna y externa.</li> <li>5. Puede curvarse sin que se rompa.</li> <li>6. Es liviana, de fácil transporte, almacenamiento e instalación.</li> <li>7. Resiste cargas externas altas.</li> <li>8. Se degrada con la luz solar.</li> <li>9. No confundirla con la que se utiliza para riego.</li> </ol>
Instalación	<p>Unión mecánica espigo-campana, con empaque de caucho. Esta unión es movable y permite mantenimiento fácil.</p> <p>Unión soldada con soldadura líquida. Esta unión, una vez terminada, es rígida y hace difícil el mantenimiento.</p>

### Para no olvidar:

Las tuberías de plástico, como el PVC y el PEAD, son muy resistentes a la corrosión proveniente de suelos ácidos. Las de polietileno (PEAD) son además flexibles y de fácil instalación. No se debe confundir las tuberías de polietileno (PEAD) con las utilizadas en riego agrícola porque estas son de baja presión y no apropiadas para ser instaladas en sistemas de agua potable.



## ¿Cómo se transportan y almacenan las tuberías?

Existen recomendaciones para el almacenaje y transporte de tuberías, de acuerdo con el material de que están hechas y sus características:

<b>TUBERÍA PVC</b>	
Transporte	<ol style="list-style-type: none"><li>1. En camiones de por lo menos 6 m de longitud.</li><li>2. Colocada en forma horizontal, en arrumes o acumulaciones que no sobrepasen 1.5 m de altura.</li><li>3. Debe evitarse que las hileras se golpeen entre sí, se rueden o resbalen.</li><li>4. Evitar arrastrar por el suelo o golpear la tubería durante el cargue y descargue.</li></ol>
Almacenamiento	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Almacenarlas por diámetro.</li><li>2. Colocarlas siempre sobre piso nivelado.</li><li>3. Ubicarlas en hiladas, haciendo que queden “al aire” las campanas de unión para evitar que se deterioren. Esto puede hacerse colocando las hiladas sobre tarimas o plataformas o si están directamente en el suelo, haciendo dos zanjas para proteger las campanas de la primera hilada de tuberías (ver dibujo).</li><li>4. Máxima altura de almacenamiento en arrumes o acumulaciones: 1.5 m.</li><li>5. Amarrar los arrumes o acumulaciones entre 4 parales, para evitar que se deslicen.</li><li>6. No deben estar a la intemperie.</li><li>7. No es recomendable guardar las tuberías en sitios cerrados donde se acumule demasiado calor, puesto que pueden deformarse.</li></ol>
<b>TUBERÍA DE POLIETILENO (PEAD)</b>	
Transporte	Es fácil porque la tubería es liviana.
Almacenamiento	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Protegida de la intemperie.</li><li>2. No es recomendable guardar las tuberías en sitios cerrados donde se acumule demasiado calor, puesto que pueden deformarse.</li></ol>
<b>TUBERÍA DE PLÁSTICO FLEXIBLE (PF+UAD)</b>	
Transporte	Su presentación en rollos de 90 metros permite versatilidad en el transporte.
Almacenamiento	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Protegida de la intemperie.</li><li>2. No es recomendable guardar las tuberías en sitios cerrados donde se acumule demasiado calor, puesto que pueden deformarse.</li></ol>

## ¿Qué son los accesorios?

Los accesorios son elementos que sirven para ensamblar y reparar las tuberías y son generalmente fabricados del mismo tipo de material.

## ¿Qué función tienen los accesorios?

Hacen más fácil la instalación de las tuberías del sistema de agua potable. Por lo general son del mismo material de las tuberías y tienen las mismas especificaciones de presión. Para diámetros superiores o iguales a 6 pulgadas, se utilizan accesorios en hierro dúctil (HD).

El diámetro y diseño de los accesorios se adaptan a las condiciones de las tuberías a las cuales se conectan. Para el caso de las tuberías de PVC, los accesorios vienen para presión y unión mecánica.

## ¿Cuáles son los accesorios que se utilizan en los sistemas de agua potable?

Entre los accesorios más comunes están:

**Uniones:** También se llaman juntas. Se utilizan para empatar, prolongar o cambiar la dirección de las tuberías. También hay uniones de reparación.

**Reducción:** Se utiliza para cambiar de un diámetro mayor a uno menor o viceversa en un mismo tramo de tubería.

**Tapón:** Los tapones se usan para cerrar el extremo de una tubería o de un accesorio. Existen de dos clases:

- Tapones machos: Son roscados. Cierran la boca o campana de un accesorio o el extremo de una tubería, la cual también debe ser roscada (niple).
- Tapones hembra: Son lisos. Cierran el extremo de un espigo.

Los tapones para tubería de PVC de diámetros mayores de dos (2) pulgadas son instalados con soldadura líquida.

Para obtener mayor resistencia a las presiones de la red se deben instalar, si los hay disponibles por el fabricante del tubo, tapones roscados. De lo contrario, siempre que se instale un tapón y para evitar que la presión del agua lo desaloje, debe construirse un anclaje en concreto o ladrillo pegado. Debidamente apoyado y lo suficientemente pesado. De esta forma se evita que la presión del agua dispare el tapón.

**Tés o T:** Sirven para unir entre sí tres tramos de tubería que se cortan formando dos ángulos rectos. Su objetivo principal es el de efectuar derivaciones en el sistema de agua potable, dependiendo de su trazado. Se consiguen en diferentes diámetros y materiales.

Hay tres tipos de Tés o T: Con campana, con bridas y con extremos lisos. El tipo se selecciona según el extremo de la tubería o el accesorio que se quiera empatar. Si el accesorio termina en una brida, se necesita una T con brida.

**Codos:** Son accesorios destinados a efectuar cambios de dirección en la tubería, ya sea horizontal o vertical, o bien curvas a diferentes grados: 90°, 45°, 22½°, 11½°. Son de radio corto o de radio largo y sus extremos vienen con campana y espigo, doble campana, extremo liso, con brida o roscados.

Con la tubería de AC o PVC, se utilizan codos de HD y PVC, adaptados para ser instalados con campana, unión o soldados. Esto último en el caso de la tubería de PVC.

### 3.7. Acometidas domiciliarias

La acometida domiciliar es un conjunto de tuberías y accesorios que llevan el agua desde la red de distribución hasta el punto de registro (micromedidor) de un usuario o usuaria o casa de habitación.

De acuerdo con las normas técnicas, las acometidas domiciliarias para viviendas residenciales son de media pulgada (½"). No se deben instalar diámetros mayores, a menos que exista alguna justificación técnica de la OCSAS para autorizar su instalación.

Toda acometida domiciliar consta de los siguientes elementos:

**Collar de derivación:** Se ubica sobre la tubería de distribución. Su diámetro varía de acuerdo al diámetro del tubo del que se va a conectar. Estos collares de derivación vienen desde 2 pulgadas, con diámetro del orificio de salida hacia la tubería domiciliar de ½ pulgada.

**Adaptador macho:** Es un accesorio con espigo roscado para conectar con un accesorio hembra, también roscado, del mismo diámetro de la tubería de conexión.

**Registro de incorporación:** Es una válvula de cilindro de bronce con rosca en el extremo que entra a la silla o collar y en el otro extremo permite roscar el acople. Se utiliza para conexión en tuberías que se encuentran a presión y debe ser instalado para perforar la tubería con herramienta especializada.

**Llave de registro de corte:** Es una válvula de cilindro en bronce, que se instala antes del medidor. Su función es la de permitir la suspensión del servicio de agua.

**Medidor:** Aparato de medida de consumo de agua del usuario/a.

**Cajilla:** Es la caja protectora dentro de la cual se coloca el medidor. Generalmente es metálica y tiene una tapa de hierro forjado que se abre, ya sea por medio de una bisagra o bien por medio de una llave maestra. Permite leer el medidor y darle mantenimiento.

**Tee o T:** Es de hierro galvanizado y es el punto donde termina la acometida y comienza la instalación interna del usuario o usuaria.

**Tapón:** cierra una de las salidas de la Tee anterior. Debe quedar a la vista y su función principal es verificar la presión de servicio, antes de atender un reclamo por falta de agua o baja de presión. También sirve para sondear la instalación interna cuando se presentan obstrucciones.

### ¿Cómo se instalan las acometidas domiciliarias?

1. Determine o localice en el plano de la red de distribución la vivienda o el predio donde se realizará la conexión.
2. Localice la tubería en el terreno y haga una excavación lo suficientemente amplia alrededor del tubo: al menos unos 10 centímetros por debajo del fondo del tubo y un mínimo de 15 centímetros a cada lado del tubo.
3. Si la acometida debe cruzar por vía pavimentada y la red se encuentra a una profundidad de 0,80 metros, se deben hacer dos excavaciones enfrentadas; desde la excavación más cercana a la tubería de distribución se pasa una sonda hacia la excavación de la vivienda, incluyendo a la sub-base para que no destruya las redes de otros servicios.
4. Limpie la tubería para colocar el collar de derivación; quite la tuerca y el buje del collar.
5. Instale la abrazadera del collar en el tubo sin golpearlo. Gírelo suavemente sin forzarlo y ubíquelo en un ángulo de aproximadamente 45° hacia donde va a quedar la caja del medidor.
6. Ajuste el collar, acomodándolo con las guías que incluye; coloque cinta teflón y gire la tuerca hasta el buje con la mano hasta que esté bien apretado. Ajústelo con una llave cuidando de no reventarlo.

7. Instale el registro de incorporación en el collar de derivación con cinta de teflón. Antes afloje la tuerca para que abra y cierre fácilmente. Ajuste suavemente el registro.

8. En el registro de incorporación utilice un berbiquí o taladro con broca para perforar el orificio en el tubo. Perfore con cuidado, evitando que ingresen a la tubería residuos de la perforación. Una vez perforado el tubo cierre el registro; retire el berbiquí o taladro y verifique que el tubo esté bien perforado. De lo contrario, repita el procedimiento.

9. Revise que la tubería no tenga cortaduras o que no esté deteriorada por el manejo, almacenamiento o transporte.

10. Instale el tubo de PVC para acometida hasta la cajilla del medidor.

11. Verifique que no hay fugas en las conexiones. Si no hay fugas, abra el registro, deje salir un poco de agua para purgar y lavar la tubería. Cierre el registro y tape la tubería con tierra, compactando manualmente por encima de la tubería.

12. Arme el medidor dentro de la cajilla.



### **Reparaciones de las conexiones domiciliarias**

Para la reparación de la tubería de acometidas domiciliarias, se llevan a cabo las siguientes operaciones:

1. Una vez identificado el daño y descubierta la tubería, suspenda el servicio desde el registro de incorporación instalado cerca del collar de derivación o del medidor, o bien de la válvula de control más cercana a la casa de habitación.
2. Proceda a realizar las reparaciones necesarias.
3. Reconecte el agua, verifique que no hay fugas y que el daño ha sido reparado.
4. Vuelva a enterrar la tubería y deje el sitio en el estado en que se encontraba.

### **Asesorios de control**

**Válvulas de corte:** Se utilizan para aislar tramos de tuberías en caso de posibles daños o reparaciones. Se deben instalar al comienzo y al final de la conducción y a cada 1.000 metros de tubería. Existen diferentes tipos de válvulas de corte, las cuales se describen a continuación:

**Válvulas de compuerta:** Estas válvulas tienen uno o dos discos de bronce dentro de una carcasa de hierro fundido. Se deslizan transversalmente a la dirección del flujo, regulando el paso de agua. La carcasa tiene unas guías internas de asiento del mismo diámetro de la tubería, para que los discos encajen en ellas cuando la válvula está completamente cerrada. Los discos o compuertas se suben o bajan mediante un vástago de tornillo y una tuerca, que giran. Por lo general tienen extremos lisos con diámetros exteriores para usar con unión mecánica, en el caso de la tubería PVC. Hay también válvulas de brida o campana.

Estas válvulas son de construcción sencilla, de apertura y cierre lento. Esto evita golpes de ariete. Pueden ser reparadas en el sitio sin necesidad de retirarlas.

Son muy comunes a la salida de las plantas de tratamiento y en la red de distribución. Permiten regular el caudal según la necesidad.

**Válvulas de mariposa:** Se instalan para el cierre o apertura del paso de agua dentro de tuberías de diámetro entre 2 y 24 pulgadas (tuberías de conducción o redes matrices).

Consisten en una carcasa, generalmente de hierro fundido, con el mismo diámetro de la tubería y dentro de la cual va instalada una lenteja circular que gira 90° alrededor de su eje. Estas válvulas se ubican dentro de cajas de concreto.

Para que el movimiento de la lenteja sea lento y así evitar golpes de ariete, las válvulas tienen piñones que reducen la velocidad del movimiento. Para su reparación y mantenimiento debe acudir a personal especializado.

**Válvulas de globo:** El principio de funcionamiento de estas válvulas es el que se aplica en los grifos de los lavamanos, duchas, etc. Se utilizan generalmente para tuberías con diámetros menores a 4 pulgadas de diámetro.

Una válvula globo está compuesta por un disco que, cuando se da vueltas a la manija, se dirige hacia abajo y cierra el paso del agua.

Este tipo de válvulas presentan fugas por la manija cuando se desgasta el empaque que está en el eje de la válvula. Para cambiar el empaque realice los siguientes pasos:

- Suspnda el flujo de agua.
- Afloje la manija y saque el casquete donde está el empaque.
- Deslice el nuevo empaque alrededor del tallo de la válvula.
- Ajuste nuevamente y ponga en servicio la válvula.

**Válvulas de retención:** Se usan para evitar que el agua se devuelva por la misma tubería. Su construcción es muy sencilla; consta de una cámara con una aleta que se abre al entrar el agua y se cierra cuando el agua trata de devolverse.

**Válvulas de flotador:** La función principal de una válvula de flotador es mantener un nivel fijo de agua en una estructura, bien sea un tanque de almacenamiento o una cámara de quiebre de presión.

Cuando el agua ha llegado al nivel de control, la válvula cierra el paso de agua. Cuando el nivel de agua baja, la válvula se abre y permite el paso de agua.

**Válvula reguladora de presión (VRP):** La función principal de una válvula reguladora es disminuir la presión en los sitios donde ésta se encuentra por encima de su valor permitido; es decir, que no sobrepase su nivel máximo de 60 m.c.a.

Estas válvulas se requieren en los sitios de topografía quebrada o de pendientes fuertes y se instalan en las tuberías principales. Se ubican principalmente entre el desarenador y el tanque de almacenamiento o entre el tanque de almacenamiento y la red, cuando el tanque está ubicado en sitios muy altos.

La revisión de la presión a la salida de la válvula debe hacerse con ayuda de un manómetro.

Estas válvulas deben instalarse en cámaras cerradas, protegidas para evitar que personas ajenas las manipulen. La reparación de estas válvulas la debe hacer personal especializado.

### **3.8. Micro medidor**

La acometida domiciliaria con micromedidor permite establecer el consumo de cada familia y mejora la distribución de agua a la población. El micromedidor es el aparato

que mide la cantidad consumida por el usuario o usuaria del sistema de agua potable en un determinado tiempo, que por lo general es un mes.

### Tipos de medidores

En un sistema de agua potable es muy importante elegir cuidadosamente los medidores, para obtener la máxima precisión posible en la medición del consumo. Existen dos tipos de medidores en el mercado: los medidores de velocidad y los medidores volumétricos.

**Medidores de velocidad:** El principio de funcionamiento de estos medidores consiste en hacer pasar el agua por una cámara dentro de la cual se coloca una turbina. El agua, al golpear la turbina en uno o varios puntos, la hace girar. La velocidad de giro de la turbina es proporcional a la cantidad de agua que pasa a través del medidor.

**Medidores volumétricos:** Registran el número de veces que el agua llena una cámara de volumen determinado. Son muy eficientes y sensibles para registrar los caudales altos y bajos. Requieren de agua libre de impurezas, especialmente arenas.

La calidad del agua en la red de distribución es importante para determinar la duración y la sensibilidad del medidor. Entre más sedimentos tenga el agua, más expuesto está el medidor a frenarse.

A pesar de que el agua sea de buena calidad, los medidores sufren un desgaste natural por el uso y deben cambiarse periódicamente.

### Para no olvidar:

Se estima que un medidor debe cambiarse cuando registre un volumen acumulado entre 2.500 y 3.000 m<sup>3</sup>, lo cual equivale a un tiempo de uso aproximado de 9 años de estar instalado para medir el volumen en una vivienda.



## Recomendaciones para instalar los medidores:

- Los medidores deben ubicarse en zonas públicas de fácil acceso para efectuar las lecturas de consumo y el mantenimiento respectivo. En lo posible se debe evitar que el operario/a tenga que entrar a las propiedades para efectuar estas labores.
- Conservar tramos rectos de 2 a 5 metros antes y después del medidor.
- El medidor debe estar protegido contra condiciones climáticas extremas.
- Se debe instalar en sitios rígidos y estables.
- No instale los medidores en zonas húmedas o pantanosas.
- Cada medidor debe estar ubicado dentro de una caja protectora.

## IV. Recreando conocimientos

En parejas respondamos a las siguientes preguntas:

1. ¿Describa cuáles son los componentes de su sistema?

---

---

---

2. ¿Cuáles de los elementos planteados no están presentes en su sistema y por qué cree que esto se da?

---

---

---

3. ¿Cuáles de los componentes de su sistema no funcionan adecuadamente y a qué se deben estos problemas?

---

---

---

En el grupo presentamos los resultados del trabajo en parejas y con el apoyo del facilitador/a se ubican cuáles son las estructuras que no se encuentran presentes y los principales problemas que enfrentan los sistemas de la localidad o país.



## V. Sintetizando

Un sistema de agua no se refiere exclusivamente a la infraestructura que ha sido instalada para proveer el servicio de agua a las familias. Se refiere también a todos los acuerdos y reglas que la comunidad estableció para el funcionamiento de esta infraestructura y que son fundamentales en la durabilidad del servicio.

Los principales componentes de un sistema de agua son:

1. Fuente
2. Captación
3. Conducción
4. Tratamiento
5. Tanque de almacenamiento
6. Macro medidor
7. Red de distribución
8. Acometidas domiciliarias
9. Micromedidor

Hay varios elementos que pueden hacer que estos componentes varíen, así por ejemplo:

- Si las condiciones de topografía no dan las facilidades, como en la mayoría de sistemas de la costa, será necesario que incluyan sistemas de bombeo.
- Si la calidad del agua es muy mala se necesitará un mayor número de infraestructuras de tratamiento.
- Dependiendo del caudal y de la cantidad de personas que se beneficiarán del servicio los tanques de reserva serán de mayor o menor capacidad.

## VI. Aplicando conocimientos

Haga un dibujo en una hoja A4 de cómo se encuentra su sistema y ubique los nombres adecuados de los distintos componentes.

1. Identifique qué tipo de captación existe en su comunidad.
2. Qué tratamiento se hace al agua en su sistema y por qué razón.
3. Cómo se controla si existe pérdidas.



# Unidad 4: Operación y mantenimiento de los componentes

## I. Introduciéndonos en el tema

### Resumen:

En esta unidad se desarrollará la importancia de la operación y mantenimiento para el funcionamiento y la adecuada prestación de agua potable en su comunidad, así como una explicación detallada de las acciones que se deben desarrollar en cada componente tratado en la unidad anterior.

El rol de la organización, así como la importancia de un operador/a que realice las acciones están tratadas en esta unidad ubicando la necesaria complementariedad de tareas.

### Objetivo pedagógico:

Al final de esta unidad, las y los participantes deberán:

#### **Conocimiento.**

Conocer las acciones que se deben realizar en cada componente para el adecuado funcionamiento de un sistema.

#### **Destreza.**

Realizar las acciones rutinarias de OM de un sistema similar al de su localidad.<sup>10</sup>

#### **Actitud.**

Valorar el cuidado y mantenimiento preventivo como elemento básico de la sostenibilidad.

<sup>10</sup> Esta destreza se desarrollará si dentro de la ejecución del módulo se puede contar con un trabajo de campo de manera directa en uno o varios sistemas.

### Prerrequisitos del módulo.

Facilitador:

Seguir las instrucciones de la Unidad 3 con respecto a las acciones de OM

### Participantes:

Entrevistar al operador de su sistema e identificar las principales tareas que realiza

## II. Desde la experiencia

### Ejercicio individual

En el mismo papelógrafo del ejercicio anterior cada participante ubica los principales problemas de su sistema y como se los resuelve habitualmente.

Se hace en plenaria una presentación de algunos ejemplos considerando que correspondan a distintas realidades geográficas.

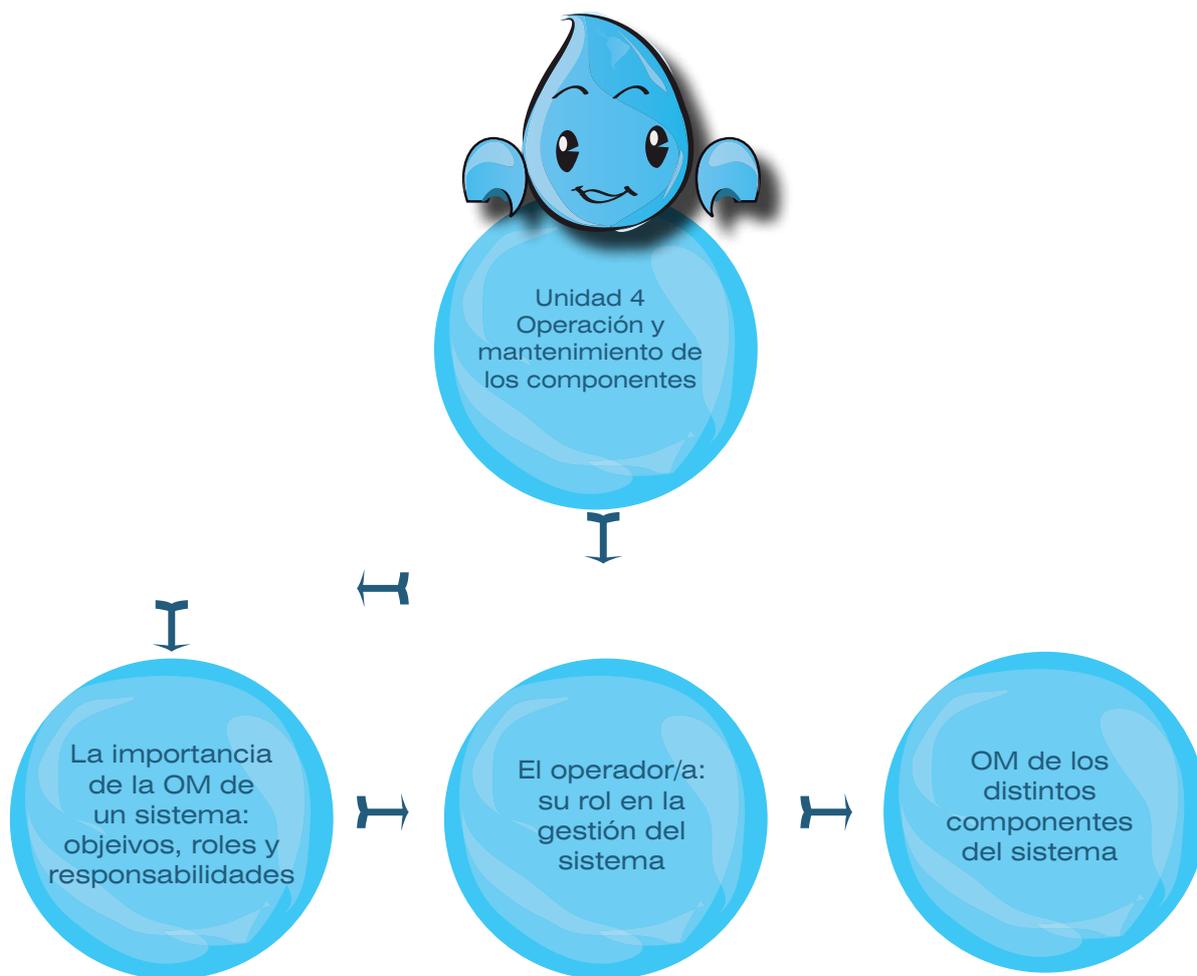
Para facilitar el ejercicio podemos usar la siguiente tabla:

Elementos del sistema	Problemas	Soluciones en la comunidad
1. Fuente		
2. Captación		
3. Conducción		
4. Tratamiento		
5. Tanque de almacenamiento		
6. Macro medidor		
7. Red de distribución		
8. Acometidas domiciliarias		
9. Micromedidor		

Conjuntamente con el facilitador/a reflexionamos sobre el rol que tiene la comunidad y el operador/a en la solución de los problemas y en las tareas de operación y mantenimiento.



# Mapa de la Unidad



# III. Conceptualizando

## 4.1. Captación

¿Cuáles son las actividades de operación y mantenimiento (OM) preventivo en las captaciones?

Para captaciones laterales y de fondo pueden realizarse las siguientes actividades de mantenimiento preventivo.

- Limpiar las rejillas retirando hojas, troncos o cualquier residuo presente.
- Lavar y limpiar el tanque recolector para remover los sólidos y la suciedad acumulados en las paredes y en el fondo.
- Abrir la válvula de limpieza del tanque recolector y dejar salir los sedimentos acumulados en su interior.
- Abrir o cerrar las compuertas, según el caudal de agua que necesite.
- Verificar el funcionamiento de las válvulas y lubricarlas, de ser necesario.
- Tener en cuenta los cambios en la calidad del agua cruda, especialmente relacionados con el caudal, la turbiedad y los sedimentos de gran tamaño.
- Interrumpir el servicio cuando el agua esté muy turbia o tenga mucho lodo y avisar al operador de planta sobre esta situación, si hay planta.

Para captaciones flotantes o móviles se llevan a cabo las siguientes actividades:

- Encender y apagar los equipos de bombeo según la programación establecida.
- Realizar el cebado de los equipos de bombeo colocando agua para que no arranquen en seco.
- Realizar labores de mantenimiento de los equipos de bombeo según las recomendaciones de los manuales de operación y mantenimiento que suministra el fabricante.

A continuación se citan las principales actividades para el mantenimiento de la captación y la frecuencia con la que se deben realizar.

<b>CAPTACIÓN LATERAL Y DE FONDO</b>	
<b>Frecuencia</b>	<b>Cada 15 días</b>
<b>Actividad</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Limpie la rejilla. Esta actividad se debe realizar dependiendo de la calidad del agua cruda; si en época de lluvias la rejilla se obstruye rápidamente, debe limpiarse de manera frecuente. Si la captación es de difícil acceso, busque ayuda con personas que vivan cerca de ella para realizar esta actividad. En zonas remotas o que presenten algún grado de peligrosidad se debe ir acompañado, pues puede contar con ayuda en caso de algún accidente.</li> <li>2. Realice la revisión de la estructura para encontrar fugas, daños o deterioro de la infraestructura.</li> <li>3. Revise si hay tomas presuntamente no autorizadas aguas arriba de la captación actual. En caso afirmativo, debe informarse inmediatamente a su superior y a la autoridad ambiental o reguladora encargada de otorgar las concesiones de agua para que sea verificada su situación legal.</li> <li>4. Revise si hay descargas de aguas residuales presuntamente no autorizadas aguas arriba de la captación. En caso afirmativo, debe informarse inmediatamente a su superior y a la autoridad ambiental pertinente.</li> <li>5. Limpie la cámara de derivación.</li> </ol>
<b>Materiales requeridos</b>	Hágalo manualmente con pala, rastrillo o recogedor y cepillo. Utilice guantes y botas.
<b>Frecuencia</b>	<b>Cada mes</b>
<b>Actividades</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mida el caudal del agua.</li> <li>2. Mida la turbiedad del agua.</li> </ol>
<b>Materiales requeridos</b>	Instrumentos para aforo o medición de caudal, cronómetro y turbidímetro.
<b>Frecuencia</b>	<b>Cada tres meses</b>
<b>Actividades</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verifique el funcionamiento de las válvulas y lubríquelas.</li> <li>2. Verifique y lubrique cualquier dispositivo de apertura y cierre de compuertas de seguridad de los diferentes dispositivos en la captación como picaportes, aldabas, bisagras, candados, etc.</li> <li>3. Verifique el estado del metal o de la pintura anticorrosiva de las estructuras metálicas, y de ser necesario proceda a retirar cualquier corrosión. Limpie y aplique de nuevo pintura anticorrosiva.</li> <li>4. Verifique la presencia de algas, musgos y organismos vivos en el interior de la captación y retírelos.</li> </ol>
<b>Materiales requeridos</b>	Aceite y grasas lubricantes. Cepillo metálico, brochas y pintura anticorrosiva.
<b>CAPTACIÓN FLOTANTE Y MÓVIL</b>	
<b>Frecuencia</b>	<b>Diaria</b>
<b>Actividad</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Encienda y apague los equipos de bombeo según la programación establecida.</li> <li>2. Ceba los equipos de bombeo, colocando agua para que no arranquen en seco.</li> </ol>
<b>Frecuencia</b>	<b>Según manuales de bombeo o fabricantes de los mismos</b>
<b>Actividad</b>	1. Realice el mantenimiento preventivo y periódico de los mismos.
<b>Observaciones</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Comprobar si hay evidencias de acceso a la captación de personas ajenas a la OCSAS, ganado o animales mayores. En caso de comprobarlo, verifique el estado de las cercas de aislamiento y reparar cualquier daño encontrado.</li> <li>2. Deje registro escrito de todas las actividades de mantenimiento realizadas a la captación.</li> <li>3. Informe al administrador/a o Junta Administradora de la OCSAS sobre las actividades realizadas y sobre cualquier novedad o daño encontrado que no se haya podido reparar.</li> </ol>

<b>CAPTACIÓN DE GALERÍAS DE INFILTRACIÓN</b>	
<b>Frecuencia</b>	<b>Cada 15 días</b>
<b>Actividad</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Limpie la estructura. Si la captación es de difícil acceso, busque ayuda con personas que vivan cerca de ella para realizar esta actividad. En zonas remotas o que presenten algún grado de peligrosidad no se debe ir solo, así se puede contar con ayuda en caso de algún accidente.</li> <li>2. Realice la revisión de la estructura para encontrar fugas, daños o deterioro de la infraestructura.</li> <li>3. Revise una inspección en los alrededores para identificar cualquier problema. En caso afirmativo, debe informarse inmediatamente a su superior o directamente a la Junta Administradora de la OCSAS.</li> </ol>
<b>Materiales requeridos</b>	Hágalo manualmente con pala, rastrillo o recogedor y cepillo. Utilice guantes y botas.
<b>Frecuencia</b>	<b>Cada mes</b>
<b>Actividades</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mida el caudal del agua.</li> <li>2. Mida la turbiedad del agua.</li> </ol>
<b>Materiales requeridos</b>	Instrumentos para aforo o medición de caudal, cronómetro y turbidímetro.
<b>Frecuencia</b>	<b>Cada tres meses</b>
<b>Actividades</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verifique el funcionamiento de las válvulas y lubríquelas.</li> <li>2. Verifique y lubrifique cualquier dispositivo de apertura y cierre de compuertas de seguridad de los diferentes dispositivos en la captación como picaportes o aldabas, bisagras, candados, etc.</li> <li>3. Verifique el estado del metal o de la pintura anticorrosiva de las estructuras metálicas y de ser necesario proceda a retirar cualquier corrosión, limpie y aplique de nuevo pintura anticorrosiva.</li> <li>4. Verifique la presencia de algas, musgos y organismos vivos en el interior de la captación y retírelos.</li> </ol>
<b>Materiales requeridos</b>	Aceite y grasas lubricantes. Cepillo metálico, brochas y pintura anticorrosiva.
<b>CAPTACIÓN POR MEDIO DE POZO</b>	
<b>Frecuencia</b>	<b>Diaria</b>
<b>Actividad</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Encienda y apague los equipos de bombeo según la programación establecida.</li> <li>2. Ceba los equipos de bombeo, colocando agua para que no arranquen en seco.</li> </ol>
<b>Frecuencia</b>	<b>Según manuales de bombeo o fabricantes de los mismos</b>
<b>Actividad</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Realice el mantenimiento preventivo y periódico de los mismos.</li> </ol>
<b>Observaciones</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Comprobar si hay evidencias de acceso a la captación de personas ajenas a la OCSAS, ganado o animales mayores. En caso de comprobarlo, verificar el estado de las cercas de aislamiento y reparar cualquier daño encontrado.</li> <li>2. Deje registro escrito de todas las actividades de mantenimiento realizadas a la captación.</li> <li>3. Informe al administrador/a o Junta Administradora de la OCSAS sobre las actividades realizadas y sobre cualquier novedad o daño encontrado que no se haya podido reparar.</li> </ol>

## 4.2. Conducción

### ¿Cuáles son las actividades de operación y mantenimiento preventivo de las tuberías de aducción y conducción?

Los principales problemas en las tuberías de aducción y conducción ocurren debido a obstrucciones por material que llega desde la captación cuando no hay desarenador, planta de tratamiento o filtros. Además, se pueden presentar fallas por asentamiento o deslizamiento del suelo que los soporta; también por la presencia de aire, cuando la aducción es demasiado larga. Por último, se puede presentar rotura por debilitamiento de las tuberías, cuando quedan expuestas al ambiente, especialmente si son de plástico. Cuando las tuberías quedan expuestas, pueden igualmente ser objeto de vandalismo o de roturas por realización de trabajos u otros.

Para las tuberías de aducción y conducción se deben realizar las siguientes actividades de mantenimiento preventivo:

1. Mantener despejada el área adyacente a la tubería. Esto facilita su inspección.
2. Hacer recorridos frecuentes a lo largo de las tuberías para verificar su estado y detectar riesgos de inestabilidad del terreno.
3. Debe evitarse que queden tramos de tubería expuestos al sol, sobre todo si son de plástico o polietileno. El sol daña la superficie de las tuberías, afecta su flexibilidad y las hace menos resistentes. Si esta situación se presenta, hay que cubrir la tubería a una altura mínima de 60 centímetros por encima del lomo del tubo.
4. Detectar fugas, filtraciones y roturas y repararlas de inmediato. Recuerde que las fugas producen exceso de humedad en el suelo, lo que a su vez puede provocar derrumbes o asentamientos del terreno alrededor de las tuberías, con el consecuente daño de la tubería o de otro tipo de infraestructura / instalación como calles, carreteras, muros, casas, etc.
5. Revisar periódicamente que las válvulas para aire o ventosas tengan un funcionamiento correcto, es decir que expulsen el aire contenido en las tuberías. La válvula de conexión entre la tubería de conducción y la ventosa debe permanecer siempre abierta.
6. Abrir periódicamente las válvulas de purga y drenar los sedimentos acumulados en el fondo de las tuberías. Durante esta operación, las válvulas se deben abrir y cerrar lentamente, con el fin de evitar sobrepresiones en las tuberías (golpe de ariete).

7. Verificar que el chorro en la cámara de quiebre de presión o tanque rompedor de presión esté sumergido.
8. Revisar periódicamente el funcionamiento de las válvulas y lubricarlas.
9. Detectar y eliminar conexiones no autorizadas.

<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE TUBERÍAS DE ADUCCIÓN Y CONDUCCIÓN</b>	
<b>Frecuencia</b>	<b>Diaria</b>
<b>Actividad</b>	1.Revise la tubería para detectar fugas y daños y repárela de inmediato. 2.Verificar que las válvulas estén funcionando en forma adecuada. Si no es así, repárelas.
<b>Materiales requeridos</b>	1.Tubería, pala, pico, segueta, balde, guantes, pegamento, uniones, etc. 2.Cepillo y aceite lubricante.
<b>Frecuencia</b>	<b>Cada mes</b>
<b>Actividad</b>	1.Revise la colocación de los puntos de referencia del trazado de la tubería (indicadores o mojones), importantes para saber por donde pasa enterrada la tubería; si no están, colóquelos nuevamente. 2.Drenar las tuberías para eliminar sedimentos e incrustaciones que se hayan formado. Para realizar esta actividad, se deben abrir las válvulas de purga principalmente en las horas de bajo consumo y procurando que el tanque esté con alto nivel. El tiempo que tarde en mantener la purga abierta depende de la cantidad de sedimentos que exista en la aducción y conducción.
<b>Materiales requeridos</b>	1.Estacas, mazo o martillo, machete. 2.Llave maestra para abrir las purgas.
<b>Observaciones</b>	1.Deje registro escrito de todas las actividades de mantenimiento realizadas en las tuberías de aducción y conducción. 2.Informe al administrador/a o Junta Administradora de la OCSAS sobre las actividades realizadas y sobre cualquier novedad o daño encontrado que no se haya podido reparar.

### Para no olvidar:

Recuerde siempre actualizar los planos de las tuberías de aducción, conducción y distribución, de acuerdo con las reparaciones, cambios y ampliaciones que se realicen.

### 4.3. Tratamiento

#### ¿Cuáles son las actividades de operación y mantenimiento preventivo del desarenador?

1. Regular el caudal de entrada.
2. Abrir periódicamente la válvula de limpieza, especialmente después de las crecidas de caudal. Esto con la finalidad de evacuar los lodos depositados en el fondo.
3. Retirar cualquier material flotante.
4. Mantener limpia el área cercana al desarenador.
5. Limpiar la estructura (por dentro y por fuera) con agua y cepillo, cada vez que sea necesario.
6. Revisar el funcionamiento de las válvulas.
7. Lubricar las válvulas.

En el desarenador es conveniente instalar una tubería de paso directo con válvulas de cierre en cada extremo, que conecte a la tubería de entrada con la tubería de salida. A este tipo de instalación se le conoce como "by-pass" (por su nombre en inglés).

Si va a lavar el desarenador, cierre la válvula de entrada y abra las válvulas del paso directo o by-pass para no suspender el suministro de agua a la comunidad. Comience el lavado abriendo la válvula de desagüe, lo que permite desocupar el desarenador. Aproveche la presión del agua para remover el lodo acumulado y cepille las paredes para remover el lodo atrapado.

Cuando no se haya previsto la tubería de paso directo, tenga cuidado de no demorarse mucho en la operación de lavado, para que la tubería no se desocupe completamente. Evite que la tubería de aducción se llene de aire, poniendo a funcionar las válvulas de purga y las ventosas (más adelante se explicará cómo funcionan esas válvulas).

La limpieza debe ser periódica dependiendo del deterioro de la calidad del agua, principalmente en invierno. El mantenimiento que se debe realizar en el desarenador se presenta más adelante.

#### ¿Qué se debe hacer con los sedimentos acumulados en el desarenador?

Estos sedimentos deben retornar al río o a la fuente de agua, aguas debajo de la

estructura de captación, siempre y cuando esto no cause daño alguno y lo permita la ubicación del desarenador, así como las normas ambientales.

Otra alternativa para el manejo de los lodos es depositarlos en lechos de secado y llevarlos a disposición a otro sitio, debidamente autorizado por la autoridad ambiental pertinente.

Desde hace algunos años, en el caso de Ecuador se viene utilizando un sistema de tratamiento por medios físicos que se llama Filtración en Múltiples Etapas (FIME), que consiste en procesos de:

- Filtración dinámica.
- Prefiltración.

Filtración lenta. <b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE DESARENADOR Y FILTROS</b>	
<b>Frecuencia</b>	<b>Diaria</b>
<b>Actividad</b>	1.Revise la estructura para encontrar fugas, daños o deterioro del conjunto. 2.Verificar la estabilidad de la zona donde se encuentra ubicada la estructura. Si encuentra alguna inestabilidad, avisar de inmediato a la Junta Administradora para buscar una solución. 3.Verificar que las válvulas estén funcionando en forma adecuada.
Materiales requeridos	Se hace de forma manual.
<b>Frecuencia</b>	<b>Cada semana</b>
Actividades	1.Evaluación de los lodos acumulados. La frecuencia puede variar, dependiendo de la calidad de agua o según el criterio del operador/a. 2.Comprobar si hay evidencias de acceso a la estructura de personas ajenas a la OCSAS, ganado o animales mayores. En caso de comprobarlo, verificar el estado de las cercas de aislamiento y reparar cualquier daño encontrado.
Materiales requeridos	1.Se realiza en forma manual. 2.Alicates, alambre de púa, postes, martillo, grapas, pala, etc.
<b>Frecuencia</b>	<b>Cada mes</b>
Actividades	1. Limpieza completa de la estructura.
Materiales requeridos	1.Cepillo, guantes, botas, pala. 2.Ayudante.
<b>Frecuencia</b>	<b>Cada año</b>
<b>Actividad</b>	1.Mantenimiento de todos los elementos que conforman el desarenador como compuertas, válvulas, desfogue, etc. 2.Retoque y pintura general.
Materiales requeridos	1.Equipo especializado. 2.Cepillo metálico, guantes, botas, balde. 3.Pintura anticorrosiva, brocha. 4.Ayudante.
<b>Frecuencia</b>	<b>Cada dos años</b>
<b>Actividad</b>	1.Recubrimiento de las paredes exteriores del tanque con mortero. 2.Impermeabilizado, cuando se requiera.
Materiales requeridos	1.Mortero, arena y herramientas específicas.
<b>Observaciones</b>	1.Deje registro escrito sobre todas las actividades de mantenimiento realizadas. 2.Informe al administrador/a o Junta Administradora de la OCSAS sobre las actividades realizadas y sobre cualquier novedad o daño encontrado que no se haya podido reparar.

## 4.4. Tanque de almacenamiento

### ¿Cuáles son las actividades de operación y mantenimiento preventivo de los tanques de almacenamiento?

1. Limpie el área circundante y elimine cualquier foco de suciedad o contaminación.
2. Revise si existen fugas o grietas en el tanque y repárelas.
3. Inspeccione la presencia de sedimentos en el fondo del tanque. Si los hay brinde mantenimiento requerido. Avise a la comunidad que el servicio se va a suspender mientras se lava el tanque. Para lavarlo, cierre la válvula de entrada de agua al tanque y la salida hacia la comunidad. Abra la válvula de desagüe; si hay tubería de paso directo (by-pass), abra la válvula para que la comunidad no se quede sin agua. Deje que el tanque baje de nivel y con ayuda de botas limpias, escoba y cepillo limpios, saque el lodo que está en el fondo del tanque. Aproveche para lavar las paredes con cepillo. Para el lavado, ayúdese de una manguera a presión conectada a la entrada del tanque o de un balde. Una vez limpio el tanque, cierre la válvula de desagüe, la de la tubería de derivación y abra la válvula de entrada de agua al tanque y luego abra la válvula de la tubería de salida a la comunidad. Cuando esté manipulando las válvulas hágalo suavemente, para evitar el golpe de ariete y que se reviente la tubería. Saque el aire que queda atrapado en la red con las válvulas de purga, válvulas para aire o hidrantes existentes.
4. Limpie periódicamente el interior del tanque. La frecuencia depende de la calidad del agua y de las condiciones del ambiente. Esta limpieza debe efectuarse con espátula y cepillo, eliminando con cuidado toda suciedad del piso y de las paredes; hay que lavar el interior del tanque sin usar jabón.
5. Las válvulas de entrada, salida, desagüe y de paso directo deben cuidarse de la corrosión. Por lo tanto, periódicamente se las debe proteger con pintura anticorrosiva y lubricarlas cuando se requiera.
6. Programar la limpieza del tanque de tal forma que no afecte la presión en la red de distribución, ni se suspenda totalmente el servicio de agua a la población.

Las actividades de mantenimiento preventivo que el operador o operadora debe hacer al tanque de almacenamiento y la frecuencia con que debe realizarlas se describen a continuación:

MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO	
Frecuencia	Diaria
<b>Actividad</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Revise que las tapas o compuertas de las cámaras de válvulas estén bien cerradas y aseguradas.</li> <li>2. Observe si existen grietas, fugas y rajaduras para corregirlas.</li> <li>3. Revise si el tanque tiene sedimentos.</li> <li>4. Proteja el agua del tanque de la entrada de la presencia de agentes extraños. Instale tapas o compuertas o cambie los empaques protectores.</li> </ol>
Materiales requeridos	Mortero, arena y herramientas apropiadas.
Frecuencia	Cada dos semanas
<b>Actividad</b>	1. Limpie los sedimentos manipulando la válvula de desagüe sin ingresar al tanque. En temporada de lluvias, realice toda la actividad dependiendo del volumen de lodos acumulados.
Materiales requeridos	Cepillo, balde, manguera, botas, llaves.
Frecuencia	Cada mes
<b>Actividad</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Limpie los sedimentos. ingrese al tanque para evaluar si requiere ser lavado. Antes de ingresar al tanque quite todas las tapas y déjelo ventilar por lo menos durante una hora. Revise la escalera de acceso al tanque, verifique que las tuercas y los tornillos estén bien ajustados.</li> <li>2. Revise en el interior del tanque si existen grietas, fugas o desprendimientos de la pared y realice los correctivos necesarios. <b>Recuerde que, por su seguridad, siempre que ingresa a un tanque otra persona debe quedar afuera pendiente de su actividad.</b></li> </ol>
Materiales requeridos	Cepillo, balde, manguera, botas, llaves.
Frecuencia	Cada año
<b>Actividad</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pinte las escaleras de acceso al tanque.</li> <li>2. Retoque, resane y pinte el tanque externamente.</li> </ol>
Materiales requeridos	Pintura anticorrosiva, brocha, balde.
Frecuencia	Cada dos años
<b>Actividad</b>	1. Recubra las paredes interiores del tanque con mortero impermeabilizado.
Materiales requeridos	Mortero, arena y herramientas apropiadas.
<b>Observaciones</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Deje registro escrito de todas las actividades de mantenimiento realizadas en el tanque.</li> <li>2. Informe al administrador/a o Junta Administradora de la OCSAS sobre las actividades realizadas y sobre cualquier novedad o daño encontrado que no se haya podido reparar.</li> </ol>



## ¿Cómo se limpia y desinfecta un tanque de almacenamiento?

Para realizar la operación de limpieza y desinfección del tanque de almacenamiento, debe seguirse el procedimiento indicado a continuación:

1. Programar de antemano la limpieza y avisar a los y las usuarias en caso de que sea necesaria una suspensión del servicio.
2. Desocupar el tanque y limpiar los sedimentos acumulados.
3. Restregar las paredes y el piso del tanque con un cepillo de cerda gruesa o grata metálica, para eliminar la suciedad adherida. No usar detergente.
4. Enjuagar el tanque con suficiente agua.
5. Llenar el tanque con una mezcla de agua e hipoclorito de calcio con 70% en forma de cloro, para que el resultado sea una concentración de 50 partes por millón (50 g/m<sup>3</sup>) de cloro en el agua de llenado (ver explicación sobre el cloro).
6. Dejar actuar la mezcla durante un mínimo de 24 horas.
7. Vaciar el tanque totalmente. Permitir el desalojo del agua en el alcantarillado, si existe.
8. Medir el cloro residual con el comparador o dispositivo de medición. Si el cloro residual resulta inferior a 0,4mg/L repetir la operación pero con la mitad del cloro utilizado en el paso número 5.

## 4.5. Red de distribución

### ¿Cuál es la actividad más frecuente que realiza un operador en un sistema de agua potable?

El operador o la operadora emplea una gran parte de su tiempo en reparar daños en las tuberías, sus accesorios y conexiones domiciliarias.

### ¿Cuáles son las principales causas de los daños?

En un sistema de agua potable, los daños más frecuentes se presentan por las siguientes causas:

- Asentamiento o desplazamiento del terreno donde están cimentados o enterrados los sistemas.

- Desalojo a través de las raíces de árboles que finalmente parten la tubería.
- Fracturas por expansión o contracción de los suelos.
- Tráfico pesado. Cuando las tuberías están instaladas en las vías, el impacto y el asentamiento producido por las ruedas de los vehículos hace que se partan las tuberías cuando no están cimentadas a una buena profundidad.
- Estallido de tuberías por exceso de presión; cambios bruscos y golpe de ariete.
- Mala calidad o fatiga de los materiales.
- Movimientos sísmicos y otros desastres naturales como exceso de lluvia, inundaciones o crecidas.
- Daños por vandalismo.

### El golpe de ariete:

Es el aumento brusco de la presión de agua que se produce dentro de la tubería.

Se produce cuando una válvula o llave se cierra rápidamente. El agua circulante golpea de forma brusca la válvula o llave cerrada y rebota como una onda. Este rebote continúa hasta que el agua golpea un punto de impacto, que puede estar en una conexión o junta del sistema, provocando el sonido “estrepitoso” que a veces se oye en las tuberías.

Aunque en general las tuberías, válvulas y accesorios están diseñados para funcionar y resistir cierta presión, una medida fácil de prevención contra el golpe de ariete es cerrar siempre las válvulas y llaves muy lentamente.

## ¿Cómo se reparan los daños?

Se reparan según el tipo de daño y el material de la tubería y accesorios averiados. Cuando es necesario reemplazar un tramo de la tubería, por más pequeño que sea, deben seguirse los procedimientos descritos en los manuales de instalación y mantenimiento de los fabricantes de tuberías. Se considera que una reparación es similar a la instalación de un tubo de muy poca longitud.

A continuación se presentan algunas recomendaciones generales para la reparación de daños:

1. Si es necesario suspender el servicio, se debe informar a los y las usuarias afectadas.
2. El operador u operadora deben tener siempre su caja de herramientas con todos los elementos necesarios, incluyendo algunos repuestos y accesorios menores, de uso frecuente en la reparación de daños.
3. Todo daño reportado debe ser reparado en el menor tiempo posible.
4. Se deben aislar y señalizar los sitios de trabajo. Especialmente cuando las reparaciones se hacen en la calle.
5. Dejar constancia escrita de la reparación en un formulario para ese fin.

## ¿Cuál es el procedimiento para instalar tuberías y accesorios?

El procedimiento depende del tipo de tuberías y accesorios que se quiera ensamblar.

## ¿Cómo se instalan las tuberías PVC?

La profundidad mínima para la instalación de las tuberías en vías públicas debe ser de por lo menos 0,60 metros de la superficie del terreno hasta el lomo del tubo, considerando apropiada una profundidad de 0,80 metros.

En áreas de cultivo, cruces con carretes o vías de tráfico pesado, la profundidad mínima debe de ser mayor. Se recomienda instalarla bajo los 1,20 metros de profundidad.

Cuando la tubería se instala en suelos inestables o sometidos a tráfico pesado, deben tomarse las medidas de protección necesarias, tales como revestimientos de concreto simple o mediante "encamisado" de la tubería con tubos de acero.

La tubería nunca debe quedar expuesta a la superficie. Cuando esto sea imposible, como por ejemplo en un cruce u orilla de quebrada o río, así como en pasos especiales, debe contar con las protecciones adecuadas.

Las reparaciones de tramos de tubería deben hacerse en ambiente seco., Se debe sacar primero el agua acumulada en la zanja y levantar la tubería unos 10 centímetros por encima del fondo de la zanja para evitar el ingreso de lodo a la red.

### Para no olvidar:

Las tuberías rotas o en mal estado pueden permitir el ingreso de agentes contaminantes a la red, sobre todo cuando hay pérdida de presión o se suspende el servicio. Para evitar eso, repare lo más pronto posible los daños de las tuberías o accesorios que produzcan fugas.



Antes de rellenar la zanja con la tubería instalada o reparada, compruebe que todo esté funcionando bien, es decir que no existan fugas. El relleno no se debe hacer con piedras o rocas, porque pueden deteriorar la tubería.

## Ensamble y reparación de tuberías

### Tuberías PVC (unión mecánica)

- Antes de unirlos, limpie cuidadosamente tanto el interior de la campana como el espigo.
- Coloque el lubricante indicado de manera pareja hasta alcanzar la mitad de la longitud del espigo. Mueva el espigo de tal forma que gire y “riegue” el lubricante. Nunca use jabón, manteca u otra sustancia diferente del lubricante indicado.
- Asegúrese de que las tuberías estén alineadas. Nunca trate de introducir el espigo en ángulo.

### Tuberías PVC presión (unión soldada)

- Corte el tubo con una segueta y asegúrese de que éste quede a escuadra, es decir que el corte debe ser parejo en la “boca” del tubo. Si en el primer intento no lo logra, repita la operación. Quite las marcas de la segueta para que la superficie quede bien lisa
- Limpie las superficies que va a unir (tanto el tubo como el accesorio), usando un trapo humedecido con limpiador PVC.

- Pruebe la unión entre el tubo y el accesorio antes de aplicar la soldadura líquida. El tubo debe penetrar dentro del accesorio entre 1/3 y 2/3 de la longitud de la campana. Cuide que el tubo y el accesorio no queden fijos en esta prueba, de tal manera que se suelten fácilmente.

- Aplique una ligera capa de soldadura líquida en el interior de la campana del accesorio. Una el tubo con el accesorio hasta que exista un buen ensamble y gire  $\frac{1}{4}$  de vuelta para distribuir la soldadura; mantenga firmemente la unión por 30 segundos.

- Evite que la soldadura penetre en el interior del tubo. Si esto sucede, seque rápidamente.

## Recomendaciones:

- Nunca utilice empaques de neumático amarrados con alambre para reparar fugas. Estas soluciones temporales terminan siendo permanentes y causan muchas pérdidas de agua y pueden provocar contaminación del agua en la red.

- Siempre utilice tubería de PVC para agua potable. Nunca utilice tubería sanitaria para aguas de lluvia, riego, redes eléctricas o cualquier otro uso diferente del sistema de agua potable.

- Utilice accesorios para cambios de dirección; nunca caliente la tubería para doblarla y evitar el uso del codo.

- No haga una unión si la tubería está húmeda (aunque ahora existen tipos de soldadura líquida para PVC que permiten trabajar aún cuando la tubería esté húmeda o mojada).

- No trabaje bajo la lluvia.

- No permita que el agua entre en contacto con la soldadura líquida. Esta solo debe abrirse durante la aplicación a la tubería.

- Desde la aplicación de la soldadura hasta la terminación de la unión no debe demorarse más de un minuto. Por lo tanto, aplique la soldadura solo cuando haya realizado todos los pasos anteriores.

## ¿Cómo se instalan las tuberías de polietileno?

Las tuberías de polietileno o baja densidad para ser usadas en sistemas de agua potable se pueden unir por termofusión a tope, termofusión a socket, electrofusión y unión mecánica.

El método más utilizado es el de termofusión a tope, lo que significa que los dos extremos de la tubería que se van a unir juntarse y se calentarse hasta que se fundan en una sola pieza.

## ¿Cuáles son las actividades de operación y mantenimiento de la red de distribución?

La red de distribución es uno de los componentes del sistema de agua potable al se debe prestar mayor atención. Debe funcionar en forma correcta para que el servicio sea prestado en las condiciones de calidad, cantidad, presión y continuidad requeridas por los usuarios y usuarias.

La operación de un sistema de agua potable consiste principalmente en abrir y cerrar válvulas a la entrada y salida del tanque de almacenamiento y en la red de distribución, con el fin de regular la cantidad de agua que pasa por la tubería y distribuir el flujo para que no se presenten deficiencias en ningún sector de la población.

También es necesario hacer toma de presiones en puntos altos, medios y bajos de la red. Tenga en cuenta que es recomendable que la presión mínima sea de 10 metros columna (m.c.a.), en los sitios más altos de la población y no mayor a 60 m.c.a. en los puntos más bajos.

Para esta actividad utilice los hidrantes o las conexiones domiciliarias con ayuda de un manómetro que puede ser adaptado a un punto terminal como una llave de horro o grifo, o bien a un adaptador hembra.

Periódicamente se deben revisar los accesorios para tener seguridad de su buen funcionamiento.



MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN	
Frecuencia	Trabajo a realizar
<b>Diario</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Compruebe si existen instalaciones clandestinas, ya sea por quejas o denuncias, por evidencias o rastros de su ejecución.</li> <li>2. Revise y repare fugas en todos los tramos para evitar el desperdicio de agua.</li> <li>3. Instruya a la comunidad para que informe oportunamente los daños o fugas a la OCSAS.</li> </ol>
<b>Semanal</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verifique si el terreno está cediendo en la zona donde está instalada la tubería. En caso de presentarse esta situación es necesario excavar porque esto generalmente señal de que existe una posible fuga en la tubería.</li> <li>2. Observe si las uniones están corridas.</li> <li>3. Observe si hay humedad o encharcamiento sobre la zona de la tubería.</li> <li>4. Determine si hay desplazamiento de la tubería por topografía quebrada.</li> <li>5. Se debe verificar que el nivel del tanque de almacenamiento no baje en las horas de la noche, cuando no existe consumo en las viviendas. Si esto sucede, verifique que no sea por causa de fugas en la red, desperdicio a nivel domiciliario o uso del agua para fines distintos del uso doméstico.</li> </ol>
<b>Quincenal</b>	Abra y cierre las válvulas con unas pocas vueltas para evitar que se peguen. Se recomienda aplicar, si es necesario, unas gotas de aceite lubricante.
<b>Mensual</b>	Por lo menos una vez al mes se deben lavar las tuberías para eliminar sedimentos que se hayan formado o acumulado. Para realizar esta actividad se deben abrir las válvulas de purga en la noche y en las horas de más bajo consumo. Sui hay hidrantes, deje salir el agua por estos aparatos durante un rato.

## 4.6. Acometidas domiciliarias

Elemento fundamental de las acometidas son las válvulas. Requieren los siguientes cuidados.

### Operación de válvulas

1. Abra y cierre lentamente cuando se requiera, para evitar golpes de ariete.
2. No permita que las válvulas se cierren forzosamente, evite que se peguen.
3. Las válvulas deben tener una tarjeta de control con los siguientes datos: sitio y fecha de instalación, tipo, marca, diámetro, fechas de mantenimiento y estado.

### Mantenimiento de válvulas

Si se necesita cambiar una válvula por presencia de fugas, daños o porque al cerrarlas deja pasar agua, se recomienda seguir el siguiente procedimiento:

1. Ubique en el plano la válvula que debe ser retirada.

2. Suspenda el servicio de agua en la zona donde está la válvula que va a ser retirada.
3. Excave alrededor de la caja para sacarla y así facilitar la reparación o cambio.
4. Retire de la válvula los accesorios que la ajustan, bien sea la unión de reparación, brida, niple etc.
5. Saque la válvula para su reparación. Si debe cambiar algún accesorio en el sitio, hágalo rápidamente; de lo contrario lleve la válvula al taller de reparación y coloque en su lugar una válvula de repuesto.
6. Aproveche para hacer una buena limpieza de la válvula y para aceitar sus componentes. Si durante esta labor encuentra algún otro componente dañado, cámbielo.
7. Coloque nuevamente la válvula en su lugar utilizando para ello cinta teflón, sellante o pegador.
8. En caso de que no exista válvula de repuesto para reemplazar la que se va a llevar al taller, instale en su lugar un accesorio (unión, niple, etc.) para continuar con el suministro de agua mientras la válvula es reparada. Instale el accesorio más adecuado, de acuerdo con los empates que tenga la válvula.

<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE VÁLVULAS</b>		
<b>Frecuencia</b>	<b>Trabajo a realizar</b>	<b>Herramientas</b>
<b>Diario</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Revise que no existan fugas; si las hay, repárelas.</li> <li>2. Si encuentra manijas trabadas o cabezotes faltantes, repóngalos.</li> <li>3. Retire los elementos extraños y la suciedad que encuentre dentro de la caja de operación de la válvula.</li> </ol>	Llave de boca fija, barra, pala, pico, llave inglesa. Llave para operar válvulas
<b>Mensual</b>	Drene y limpie las cajas que protegen las válvulas para evitar que se dañen.	Balde, cepillo. Llave para operar válvulas
<b>Trimestral</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verifique el estado, la apertura y el cierre de las válvulas.</li> <li>2. Engrase los mecanismos de operación y los tornillos de las uniones de montaje.</li> </ol>	Aceite, destornillador, llave de boca fija, llave inglesa. Llave para operar válvulas
<b>Anual</b>	Pinte las válvulas para evitar la corrosión, así como las tapas de la caja de protección.	Pintura anticorrosiva, brocha, tiñer, llaves para operar válvulas.

## 4.7. Micro medidor

MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS MEDIDORES	
Frecuencia	Trabajo a realizar
Cada vez que se realice la lectura	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Revise que no existan fugas, si las hay repárelas o programe su reparación.</li><li>2. Verifique que el medidor registre el consumo.</li><li>3. Observe que no existan elementos extraños dentro de la caja; límpiela.</li><li>4. Revise que no haya deterioro del medidor.</li><li>5. Registre en el formato apropiado lo que ha podido encontrar e infórmelo a la OCSAS.</li><li>6. Verifique que el consumo en la vivienda corresponda a lo real (una forma es consultando los registros que lleva la OCSAS); si hay dudas, identifique la causa y repórtela tanto al propietario como a la OCSAS.</li><li>7. Si se presenta una anomalía debido al deterioro del medidor, programe su retiro para llevarlo a reparación e instale un medidor provisional.</li><li>8. Si la anomalía se debe al daño del medidor programe su cambio.</li><li>9. Si se debe a una alteración en el funcionamiento normal del medidor por parte del usuario o por conexiones fraudulentas antes del medidor, informe a la OCSAS y actúe de acuerdo con el reglamento.</li><li>10. Si se debe a fugas al interior de la vivienda, recomiende al usuario/a que las corrija.</li></ol>
Cada dos años	Haga mantenimiento preventivo al medidor. De ser necesario calibrelo.



### Para no olvidar:

Cada usuario o usuaria es propietario/a de su medidor, por lo tanto es responsable de su cuidado.

## PROBLEMAS MÁS FRECUENTES EN LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE COMUNITARIOS Y FORMAS DE SOLUCIONARLOS

Problema	Solución
<b>1. Disminución de la cantidad de agua en la fuente.</b>	Haga una inspección de la microcuenca para identificar talas, construcciones nuevas, quemas, eliminación de la capa vegetal, etc. Identifique tomas de agua fraudulentas o represamientos aguas arriba de la captación. Informe a la administración de la OCSAS y a las autoridades ambientales pertinentes.
<b>2. La calidad del agua de la fuente se ha deteriorado. Presenta mayor turbiedad, aumento del color y sedimentos.</b>	Inspeccione la microcuenca para identificar talas, construcciones nuevas, cultivos, porquerizas, abrevaderos de animales, eliminación de la capa vegetal, actividades mineras o extractivas. Identifique vertidos de aguas residuales aguas arriba de la captación. Informe a la administración de la OCSAS y a las autoridades ambientales pertinentes.
<b>3. La captación se obstruye con frecuencia.</b>	Limpie periódicamente la rejilla. En lo posible proteja el área cercana a la captación. Informe a la administración de la OCSAS y si es necesario busque apoyo con otras instituciones o con las autoridades ambientales pertinentes.
<b>4. No llega la cantidad de agua necesaria al tanque de almacenamiento.</b>	Revise los componentes del sistema de agua potable desde la captación hasta el tanque de almacenamiento. Verifique: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fugas: si las hay, repárelas.</li> <li>2. Obstrucción en las tuberías o en las válvulas: si encuentra una obstrucción, introduzca una sonda para su limpieza. Opere o instale las válvulas de purga y las ventosas o válvulas para aire.</li> <li>3. Conexiones fraudulentas: si las hay, informe a la administración de la OCSAS para que tome los correctivos necesarios.</li> <li>4. Problemas en la microcuenca: lea las soluciones anteriores.</li> </ol>
<b>5. El desarenador no funciona porque hay turbulencia en el compartimiento principal.</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mida el caudal en la entrada del desarenador. Si es menor o igual al caudal de diseño, la estructura tiene problemas de construcción o diseño. Corrija con asesoría externa.</li> <li>2. Si el caudal medido es mayor al caudal de diseño, ajústelo.</li> <li>3. Ponga en marcha un programa de uso eficiente del agua y control de fugas.</li> <li>4. Si el caudal medido es mayor al caudal de diseño (pero es el que se necesita) haga gestiones para ampliar la estructura.</li> </ol>
<b>6. No es posible impedir la entrada de agua al sistema.</b>	Revise la válvula de entrada en la captación. Si es posible, de mantenimiento; si está en mal estado o no funciona, cámbiela. Si no existe válvula, realice gestiones para su instalación en caso de ser necesaria.
<b>7. El agua se rebosa por el desarenador, humedeciendo el terreno y desestabilizándolo.</b>	Se pueden presentar varios casos: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verifique que el rebosadero, ubicado a la entrada de la estructura, no haya sido obstruido.</li> <li>2. Si no hay rebosadero, hay que construirlo y conectar la salida de agua a la tubería de desagüe</li> <li>3. Si no hay tubería de desagüe hay que instalarla con descarga hacia la fuente de agua con apoyo de un maestro de obra.</li> </ol> <p>En todos los casos se debe pedir apoyo a la OCSAS para mejorar el desarenador.</p>
<b>8. Presencia de aire en las tuberías de aducción y conducción.</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verifique que las ventosas o válvulas para aire funcionen correctamente. En caso de que encuentre deficiencias, haga el mantenimiento respectivo o cambie la ventosa defectuosa.</li> <li>2. Compruebe que el nivel de agua en la cámara de salida del desarenador esté siempre por encima de la boca del tubo de salida; de lo contrario busque asesoría.</li> <li>3. Cuando haga mantenimiento al desarenador, en lo posible no deje la tubería sin agua. Debe cerrar primero la válvula de salida antes de desaguar el desarenador.</li> </ol>

## V. Sintetizando

### EN POCAS PALABRAS... UNIDAD 4

La unidad de conducción lleva el agua hasta la unidad donde se realizará el tratamiento. En terrenos quebrados las tuberías de conducción requieren para su buen funcionamiento:

- Tanques rompe presión
- Válvulas de aire
- Válvulas de purga.

En la unidad de tratamiento se producen los procesos para mejorar las condiciones del agua por medios químicos o físicos.

Cuando el tratamiento se hace por medios químicos se agregan al agua sustancias químicas. Cuando se usan medios físicos, son necesarios:

- Tanque sedimentador.
- Filtro dinámico.
- Prefiltros (ascendentes o descendentes).
- Filtro lento.
- Desinfección.

En el tanque de almacenamiento o de reserva, el agua se almacena durante las noches y las horas de menor consumo, para garantizar un caudal de agua apropiado en las horas de mayor consumo.

En la red de distribución, se reparte el agua a los domicilios. La red puede ser abierta o cerrada según la distribución de las viviendas.

Las acometidas domiciliarias son las cañerías que llevan el agua desde la red de distribución hasta los micromedidores de cada usuario/a.

El operador/a es la persona encargada del manejo y el mantenimiento del sistema de agua potable. Pero no es el único responsable.

Es importante que la comunidad entera colabore en su mantenimiento.

# VI. Aplicando conocimientos

Para culminar esta unidad vamos a recuperar el anterior trabajo y lo vamos a complementar con las acciones que deberíamos desarrollar con sus responsables y plazos, esto se constituirá en nuestro plan de operación y mantenimiento:

Componente.	Actividades de AOM que se desarrollan en nuestros sistemas	Actividades que se deben desarrollar, quien lo debe hacer y en que plazo.
Fuente		
Captación		
Conducción		
Tratamiento		
Tanque de almacenamiento		
Macro medidor		
Red de distribución		
Acometidas domiciliarias		
Micromedidor		





# Anexos

## Anexo 1. Prueba de salida del módulo

De manera individual responda las siguientes preguntas:

1.- Comente lo que conoce sobre el derecho humano al agua.

2.- ¿La legislación de su país reconoce la administración comunitaria del agua?	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
3.- ¿El agua potable ayuda a disminuir las enfermedades en la comunidad?	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
4. ¿Son las niñas y niños los más afectados y vulnerables a la contaminación del agua?	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>

5.- Señale qué problemas de salud se pueden producir por utilizar agua de mala calidad

6.- ¿Las acciones que se desarrollan en la cuenca hidrográfica pueden afectar a nuestro sistema?	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
7.- ¿La protección de las fuentes de agua es una acción que aporta a la sostenibilidad de nuestro sistema?	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
8.- ¿Se puede usar toda el agua de una fuente sin respetar el Caudal ecológico?	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
1. ¿Las acciones de cuidado de la fuente debe involucrar a hombres y mujeres por igual?	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>

10.- Señale los componentes de sus sistemas de agua potable


9.-Señale las acciones de operación y mantenimiento que se deben hacer en su sistema.


10.-¿La operación y el mantenimiento son acciones simples que las debe llevar a cabo solo el operador o operadora que está recibiendo un pago para eso?

SI		NO	
----	--	----	--

## Anexo 2. Matriz para plan de operación y mantenimiento

Acciones de operación y mantenimiento necesarias	Quién las realizará	Cuándo y con qué frecuencia	Qué materiales y recursos son necesarios



## Anexo 3. Diferentes modelos de formularios para recoger y organizar información:<sup>11</sup>

Formato de registro de acciones de vigilancia y protección en la microcuenca y fuentes de agua		
Frecuencia	Cada mes	
	Actividad	Observaciones
	1. Observar si hay cambios en las laderas o en el bosque que rodea la fuente.	
	2. Verificar que las cercas de protección estén en perfecto estado.	
	3. Observar si hay derrumbes, deslizamientos u otros cambios de suelo.	
	4. Identificar descargas de aguas residuales, residuos sólidos y nuevas instalaciones pecuarias como porquerizas y granjas avícolas e informar a autoridades pertinentes.	
	5. Actividades mineras. Detectar cambios visibles en calidad del agua como el color, la turbiedad, u olores extraños e informar sobre ello a las autoridades pertinentes.	
	6. Si es posible, tomar muestras de agua para análisis en laboratorio.	
	7. Prevenir incendios. Si encuentra señales de fogones u hogueras humeantes, debe apagarlos completamente y poner en sobre aviso a las autoridades pertinentes. También debe recoger botellas, vidrios u objetos brillantes que puedan concentrar los rayos del sol y causar incendios.	
	8. Verificar si hay nuevas construcciones como viviendas u otras o estructuras hechas por el hombre en los alrededores de la fuente.	
	9. Observar si hay aplicación de elementos nocivos para la salud (plaguicidas, herbicidas, pesticidas) en las cercanías de las fuentes de agua. Recoger los envases o empaques de estos productos abandonados en las orillas de los ríos o fuentes de abastecimiento.	
	10. Inspeccionar y cuidar los nuevos árboles sembrados para proteger la fuente.	
	Acciones	
	1. Informar a la Junta Directiva de la OCSAS sobre los resultados de cada inspección	
	2. Dejar constancia escrita de las actividades en el formato de inspección de la microcuenca.	
	3. Promover acciones de sensibilización para cuidado del agua en coordinación con autoridades comunitarias y parroquiales.	

Formato de registro de acciones de vigilancia y protección en la microcuenca y fuentes de agua		
Frecuencia	Cada seis meses	
	Actividad	Observaciones
	1. Organizar jornadas de siembra de árboles y otras especies vegetales nativas en el área de la microcuenca.	
	2. Promover acciones dentro de la comunidad para la vigilancia y cuidado de la microcuenca.	
	3. Promover visitas a los centros educativos para difundir e involucrar a niños, niñas, maestros y maestras en las acciones de cuidado.	
	Acciones	
	1. Buscar apoyo de los funcionarios de diferentes entidades municipales o estatales relacionadas con el ambiente, el agua y la salud, así como de centros educativos o grupos ambientales y de la comunidad.	
	2. Dejar constancia escrita de las actividades en el formato respectivo.	

<sup>11</sup> Fontanería Rural. Programa Cultura Empresarial 9. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. USAID. 2006. Colombia.

Formato de reporte de control de actividades de inspección en la microcuenca	
OCSAS	
FECHA	
ACTIVIDADES REALIZADAS	
SITUACIÓN ENCONTRADA	
ACCIONES TOMADAS	
CROQUIS O DIAGRAMA DE SITUACIÓN:	
OBSERVACIONES	

Formato de control de actividades de mantenimiento correctivo					
Fecha	Actividad realizada / daño reparado	Causa	Localización	Materiales y repuestos utilizados	Observaciones

Formato de control de actividades de mantenimiento preventivo			
Fecha	Actividad o Mantenimiento realizado	Materiales y repuestos utilizados	Observaciones
	Visita y observación de la microcuenca y entono a la fuente		
	Limpieza de la captación		
	Recorrido de las tuberías de aducción-conducción		
	Revisión de dispositivos de tratamiento		
	Revisión de válvulas, ventosas y purgas		
	Lavado de tanque de almacenamiento		
	Revisión y lavado de rompe gradiente		
	Revisión de hidrantes		
	Lavado de red mediante purga de hidrantes		
	Evacuación de aire por las ventosas		
	Purga de lodos o sedimentos acumulados en tuberías		



<b>Formato de reporte de mantenimiento de componentes del sistema de agua potable</b>	
<b>OCSAS</b>	
FECHA	
OPERADOR/A	
ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO EN LA CAPTACIÓN	
ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO EN LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO	
ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO EN EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO	
ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO EN LA RED DE ADUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN	
ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO EN VÁLVULAS	
ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO EN HIDRANTES	
OBSERVACIONES	

Formato de reporte de reparación de daños en el sistema de agua potable	
OCSAS	
FECHA	
LOCALIZACIÓN DE DAÑO	
CARACTERÍSTICAS DEL DAÑO	
CAUSA DEL DAÑO	
TIPO DE TRABAJO REALIZADO	
MATERIALES EMPLEADOS	
OBSERVACIONES	
TIEMPO EMPLEADO	
RESPONSABLE	

# Bibliografía



- Lloret, Pablo. 2005. Gestión de Cuencas Hidrográficas. Publicado por el Consorcio CAMAREN (Sistema de Capacitación para el Manejo de los Recursos Naturales Renovables), Universidad de Cuenca – Ecuador.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - USAID. 2006. Fontanería Rural. Programa Cultura Empresarial 9. Colombia.
- O’Keeffe, Jay; Le Quesne, Tom. 2010. Cómo conservar los ríos vivos. Guía sobre los caudales ecológicos. Serie Seguridad Hídrica de WWF – 2. WWF-World Wide Fund For Nature (Formely World Wildlife Fund).
- Organización Mundial de la Salud. 2006. Guías para la calidad del agua potable: Recomendaciones. Vol. 1. Tercera edición.  
[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/guidelines/es/](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/guidelines/es/)
- Organización Mundial de la Salud. 2009. Manual sobre Planes de Seguridad del Agua para sistemas comunales de agua. Versión en español del “Water Safety Plan Manual for Small Community Water Supplies” de la OMS.
- PNUD Cap—Net, GWP, EUWI. 2008. Aspectos económicos en la gestión sostenible del agua. Manual de capacitación y guía para moderadores.
- Restrepo, Claudia P., et ál. 2008. Agua, salud y vida. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Viceministerio de Agua y Saneamiento. 52 p. (Serie Jornadas Educativas: La Cultura del Agua #1). 2 ed. Bogotá, D.C.: Colombia.
- Reyes, Eugenio y Quezada, Gustavo. 2002. Operación y mantenimiento de sistemas de agua potable. Programa de capacitación a promotoras y promotores campesinos. Publicado por el Consorcio CAMAREN (Sistema de Capacitación para el Manejo de los Recursos Naturales Renovables), Universidad de Cuenca – Ecuador.
- <http://www.educarchile.cl/Portal.Base/>
- Objetivos de Desarrollo del Milenio (<http://www.developmentgoals.org/>)

