

ORIENTACIONES SOBRE AGUA Y SANEAMIENTO PARA ZONAS RURALES

Teresa C. Lampoglia
Roger Agüero P.
Carlos Barrios N.

Asociación Servicios Educativos Rurales
2008



Documento preparado para la

Guía de orientación en saneamiento básico para alcaldes y alcaldesas de municipios rurales y pequeñas comunidades



Palabras clave

Agua y saneamiento. Zonas rurales. Fuentes de agua. Métodos de aforo. Sistemas rurales de abastecimiento de agua. Sistemas rurales de saneamiento. Control y vigilancia de la calidad del agua.

ORIENTACIONES SOBRE AGUA Y SANEAMIENTO PARA ZONAS RURALES

Teresa C. Lampoglia
Roger Agüero P.
Carlos Barrios N.

Asociación Servicios Educativos Rurales
2008

Este es un compendio de las orientaciones tecnológicas sobre agua y saneamiento que generalmente se proponen para las zonas rurales. Existe abundante información diseminada al respecto y, con este documento, se procura tener un extracto .

1 El agua y saneamiento en las zonas rurales

Se ha estimado que, en el área rural de América Latina y Caribe, 33.6 millones de personas (26.7%) no tenían acceso a agua potable y 64.3 millones (51%) no tenían acceso a saneamiento mejorado en el año 2004¹.

1.1 El reto en América Latina y el Caribe

1.1.1 Acceso al agua

En América Latina y el Caribe, el acceso a fuentes de agua mejorada aumentó de 83% en 1990 al 89% en 2002. Así, la cobertura ha aumentado en un 6 de los 8,5 puntos porcentuales necesarios a fin de cumplir el objetivo. En las zonas rurales, la cobertura aumentó en 11 puntos entre 1990 y 2002 (de 58% a 69%), de un total necesario aumento de 21 puntos en 2015. Habida cuenta de los progresos realizados en la ampliación de la cobertura de servicios de agua potable entre 1990 y 2002, muchos países de la región están en buena posición para satisfacer esta dimensión de la meta, si mantienen sus tasas anuales de la expansión de la cobertura durante la próxima década.

¹ OMS/UNICEF (2006) Joint Monitoring Program for Water Supply & Sanitation (JMP), *Water for Life: Making it Happen*, www.wssinfo.org.

1.1.2 Cobertura de saneamiento

En la región en su conjunto, entre 1990 y 2002, la cobertura de saneamiento aumentó del 69% en general y 35% en las zonas rurales y el 75% en general y 44% en las zonas rurales. Así, la cobertura en estos tres niveles se ha incrementado en un 6, 2 y 9 puntos porcentuales, respectivamente, sobre el total de los necesarios aumentos de 15,5, 9 y 32,5 puntos. Las perspectivas de alcanzar la meta, por lo tanto, es menos prometedora y varía ampliamente de un país a otro. Los países que tendrán que trabajar más duro en el fin de cumplir el objetivo de los servicios de saneamiento son Nicaragua, Haití, Santa Lucía, Bolivia y Guatemala.

1.1.3 Evaluación del avance

En promedio los países de la región han hecho importantes esfuerzos para ampliar la cobertura de agua potable y servicios de saneamiento. Se han logrado avances, pero la situación sigue siendo un serio motivo de preocupación en muchos países.

En general, la región cuenta con abundantes recursos de agua, pero carece de la infraestructura adecuada para proporcionar la cobertura de los servicios. Casi 80 millones de personas en la región carecen aún de acceso a agua potable, y más de 100 millones no tienen acceso a servicios de saneamiento. En ambos casos, los campesinos pobres son el grupo más afectado. Las poblaciones que carecen de estos servicios están obligadas a buscar soluciones alternativas, muchas de las que resultan poco fiables en la calidad del agua, así como altos costos para los consumidores y los impactos ambientales negativos.

1.1.4 Requerimientos

En términos de las necesidades de inversión como porcentaje del producto interno bruto (PIB), los países de América Latina y el Caribe que deberán hacer los mayores esfuerzos para lograr las Metas del Milenio son Nicaragua, Haití, Paraguay, Honduras, Santa Lucía, Bolivia, Guatemala, Guyana, Ecuador, la República Dominicana, El Salvador y Colombia². Según parece, algunos de ellos no podrán alcanzar dichas metas, aún si se modificaran las actuales condiciones por otras más favorables.

Una dificultad adicional se relaciona con el hecho de que, una buena parte de las necesidades de inversión se requiere para ampliar la cobertura de los servicios a segmentos más pobres de la población; es decir, muchas de las nuevas inversiones tendrían que ser financiadas por los grupos de bajos ingresos o, en su defecto, por los gobiernos, lo cual da una idea del nivel de los subsidios a ser requerido.

Lo que subyace a cada uno de estos problemas es que las personas más afectadas por la crisis del agua y el saneamiento (la población pobre en general y las mujeres pobres en particular) carecen con frecuencia de la voz política necesaria para hacer valer sus reivindicaciones sobre el agua.

² Andrei Jouravlev (2004) "Los servicios de agua potable y saneamiento en el umbral del siglo XXI". Cepal - Serie Recursos Naturales e Infraestructura N°74. Chile. BIBLIOGRAFIA

1.2 La respuesta sanitaria

1.2.1 Complejidad de los problemas

En zonas rurales y pequeñas localidades con mayor densidad poblacional, el problema del abastecimiento de agua y disposición de excretas es complejo, debido a dificultades que son comunes en esas áreas:

- bajo nivel socio económico de los beneficiarios;
- viviendas aisladas o pequeños núcleos urbanos, no permite economía de escala de las soluciones propuestas;
- limitado acceso a nuevas tecnologías;
- limitado o nulo acceso a recursos financieros;
- los sistemas son operados a través de juntas conformadas por miembros de la comunidad, lo que resulta en bajo nivel técnico de los operadores; y
- carencia de supervisión, control y apoyo técnico de instituciones públicas o empresas de agua y saneamiento de mayor tamaño.

La complejidad del sistema de abastecimiento de agua en esas zonas está vinculada a factores locales, como las fuentes de abastecimiento disponibles, la oferta de agua, la dispersión de las viviendas, factores climáticos, etc. En algunos casos la solución adoptada es única, no existiendo alternativas más simplificadas.

La disposición de excretas también es compleja. En la medida que el tamaño de la comunidad aumenta y la dispersión de las viviendas disminuye, será necesario recurrir a una solución centralizada (red de alcantarillado y tratamiento de los desagües).

El sistema de agua debe ser de uso fácil por parte de los beneficiarios, de modo que no se favorezca el uso de fuentes alternativas de dudosa calidad.

Es importante buscar alternativas de pequeña escala que atiendan a las necesidades específicas de cada comunidad. Éstas deben ser fáciles de operar, no deben requerir mano de obra especializada, ni involucrar altos costos de mantenimiento.

Adicionalmente, es necesario desarrollar en la comunidad el sentido de la necesidad del servicio que se está implementando. La experiencia muestra que aún los sistemas más simples quedan inoperantes en poco tiempo por la falta de interés que tienen los beneficiarios y responsables por desarrollar las tareas mínimas de mantenimiento requeridas.

<p>El rol de la comunidad es fundamental para la sostenibilidad del sistema, mediante el buen uso y el mantenimiento preventivo permanente.</p>
--

1.2.2 Líneas de acción

Por el tipo de problemas de agua y saneamiento que se tienen en localidades rurales, la solución debe basarse en dos ejes principales:

1. **Técnico**, que involucra la búsqueda de una solución adecuada a la realidad local y la formación de una estructura para la administración, operación y mantenimiento.
2. **Social**, que involucra el desarrollo de una conciencia en los beneficiarios que genere la demanda por una buena operación del sistema implantado.

1.2.3 Factores de sostenibilidad

Los factores que se consideran clave para lograr la sostenibilidad de una infraestructura de agua y saneamiento en zonas rurales son:

- Baja complejidad del sistema.
- Capacidad de los beneficiarios para la administración, operación y mantenimiento de la solución adoptada.
- Demanda del sistema por la comunidad.
- Tamaño de la comunidad.
- Solución adecuada al problema.
- Calidad del diseño y de la obra.
- Apoyo externo para solución de problemas fuera del alcance de la capacidad local.

El componente social del proyecto (capacitación en la operación y mantenimiento, promoción social para la generación de la demanda) favorece el desarrollo de capacidades de la comunidad, pero no es suficiente para garantizar la sostenibilidad. Si no se cumplen con los demás requisitos, difícilmente se logrará la sostenibilidad esperada. En algunas situaciones específicas, será necesario un apoyo externo que pueda contrarrestar los efectos negativos encontrados.

2 Fuentes de agua y métodos de aforo

2.1 Tipos de fuentes

Las fuentes de abastecimiento de agua pueden ser ³:

- subterráneas: manantiales, pozos, nacientes;
- superficiales: lagos, ríos, canales, etc.; y
- pluviales: aguas de lluvia.

³ file:///E:/bvsatp/e/tecnoapro/agua.html#e107-04disenomanant.pdf Guía para el diseño y construcción de captación en manantiales – CEPIS / OPS / COSUDE 2004. Capítulo II. Fuentes de abastecimiento, tipos de sistemas y periodos de diseño

Para seleccionar la fuente de abastecimiento deben considerarse los requerimientos de la población, la disponibilidad y la calidad de agua durante todo el año, así como todos los costos involucrados en el sistema, tanto de inversión como de operación y mantenimiento.

El tipo de fuente de abastecimiento influye directamente en las alternativas tecnológicas viables. El rendimiento de la fuente de abastecimiento puede condicionar el nivel de servicio a brindar. La operación y el mantenimiento de la alternativa seleccionada deben estar de acuerdo a la capacidad de gestión de los beneficiarios del proyecto, a costos compatibles con su perfil socio económico.

Las principales fuentes de abastecimiento son de aguas superficiales o subterráneas. Las aguas pluviales también pueden ser una fuente de agua de buena calidad a considerar, en caso de que no exista otra alternativa.

2.1.1 Fuentes subterráneas

La captación de aguas subterráneas se puede realizar a través de manantiales, galerías filtrantes y pozos, excavados y tubulares.

Las fuentes subterráneas protegidas generalmente están libres de microorganismos patógenos y presentan una calidad compatible con los requisitos para consumo humano. Sin embargo, previamente a su utilización es fundamental conocer las características del agua, para lo cual se requiere realizar los análisis físico-químicos y bacteriológicos correspondientes.

La exploración de las aguas subterráneas dependerá de las características hidrológicas y de la formación geológica del acuífero.

2.1.2 Fuentes superficiales

Las aguas superficiales están constituidas por los ríos, lagos, embalses, arroyos, etc.

La calidad del agua superficial puede estar comprometida por contaminaciones provenientes de la descarga de desagües domésticos, residuos de actividades mineras o industriales, uso de defensivos agrícolas, presencia de animales, residuos sólidos y otros. Asimismo es importante conocer las particularidades de la cuenca, y determinar la existencia probable de fuentes de contaminación, sea urbana, industrial o agrícola.

En caso de la utilización de aguas superficiales para abastecimiento, además de conocer las características físico químicas y bacteriológicas de la fuente, será preciso definir el tratamiento requerido en caso que no atiendan a los requerimientos de calidad para consumo humano.

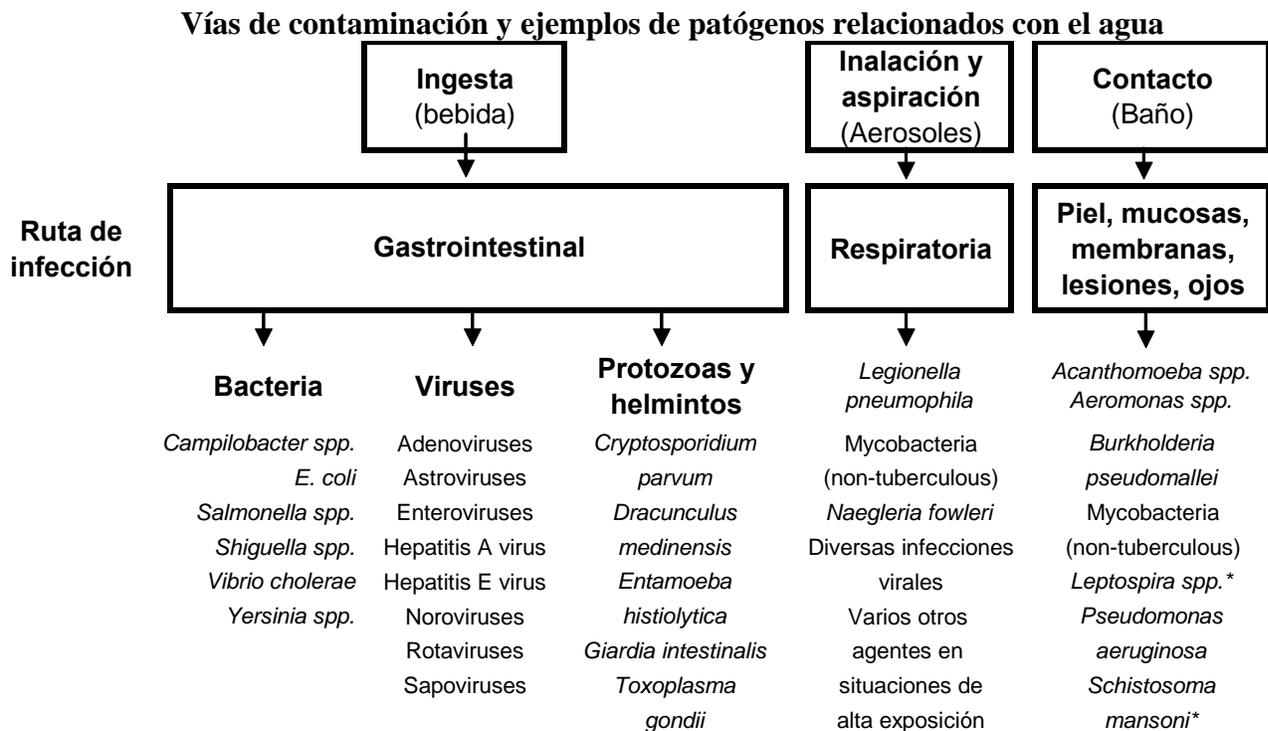
2.2 Calidad del agua en la fuente

2.2.1 Calidad requerida para que sea potable

La calidad del agua debe ser evaluada antes de la construcción del sistema de abastecimiento. El agua en la naturaleza contiene impurezas, que pueden ser de naturaleza físico-química o bacteriológica y varían de acuerdo al tipo de fuente. Cuando las impurezas presentes sobrepasan los límites recomendados, el agua deberá ser tratada antes de su consumo. Además de no contener elementos nocivos a la salud, el agua no debe presentar características que puedan rechazar el consumo.

Se define como agua potable aquella que atiende a los siguientes requisitos:

- libre de microorganismos que causan enfermedades;
- libre de compuestos nocivos a la salud;
- aceptable para consumo, con bajo contenido de color, gusto y olor aceptables; y
- exenta de compuestos que causen corrosión o incrustaciones en las instalaciones sanitarias.



2.2.2 Límites de tolerancia

El agua para consumo humano debe cumplir los estándares de calidad establecidos por las normas vigentes de cada país. Estos estándares son valores establecidos legalmente que definen la cantidad máxima esperada de dichos elementos en el agua.

Las “Guías para la Calidad del Agua de Consumo Humano” de la Organización Mundial de Salud establecen las recomendaciones de los valores límites para los diferentes contaminantes que pueden ser encontrados en el agua de consumo humano. Estos valores deben ser considerados conjuntamente con las condiciones específicas locales para el establecimiento de los estándares de calidad por parte de la autoridad sanitaria del país. Algunos de los valores guía, recomendados por la OMS se presentan en los siguientes cuadros.

Valores guía para verificación de la calidad microbiana

	Organismos	Valor guía
Toda agua destinada a consumo humano(b,c)	E. Coli o coliformes termotolerantes	No detectable en ninguna muestra de 100 ml.
Agua tratada ingresando al sistema de distribución (b)	E. Coli o coliformes termotolerantes	No detectable en ninguna muestra de 100 ml.
Agua tratada en el sistema de distribución (b)	E. Coli o coliformes termotolerantes	No detectable en ninguna muestra de 100 ml.

Fuente: WORLD HEALTH ORGANIZATION (2006).

Elaboración propia.

Notas:

- (a) En caso de detección de E. Coli, deben ser previstas acciones inmediatas de investigación
- (b) A pesar de E. Coli ser un indicador más preciso de la contaminación fecal, el conteo de coliformes termotolerantes es una alternativa aceptable. Si es necesario, deben ser realizadas pruebas confirmatorias. Coliformes totales no son un indicador aceptable de la calidad sanitaria de sistemas de abastecimiento, particularmente en áreas tropicales, donde varias bacterias sin significado sanitario existen en la mayoría de las fuentes sin tratamiento.
- (c) Se reconoce que en la gran mayoría de sistemas rurales de agua, especialmente en países en desarrollo, la contaminación es diseminada. Especialmente en estas circunstancias, deben ser establecidas metas de mediano plazo para el mejoramiento de los sistemas de abastecimiento de agua.

Valores guía para elementos químicos de importancia a la salud presentes naturalmente en el agua potable

Químico	Valor guía (1) (mg/litro)	Observaciones
Arsénico	0.01 (P)	
Bario	0.7	
Boro	0.5 (T)	
Cromo	0.05 (P)	Para cromo total

Químico	Valor guía (1) (mg/litro)	Observaciones
Fluoruro	1.5	Volumen de agua consumido e ingesta por otras fuentes deben ser considerados para el establecimiento de estándares nacionales.
Manganeso	0.4 (C)	
Molibdeno	0.07	
Selenio	0.01	
Uranio	0.015 (P,T)	Apenas dirigido a aspectos químicos de uranio.

Fuente: WORLD HEALTH ORGANIZATION (2006)

Elaboración propia

Nota (1):

P = valor guía provisional, ya que existe evidencia del riesgo, pero la información disponible sobre los efectos a la salud son limitados

T = valor guía tentativo; el valor guía calculado es inferior al nivel que es posible obtener a través de métodos prácticos de tratamiento, protección de fuentes, etc.

C = concentración del elemento menor o igual al valor guía basado en salud puede afectar la apariencia, gusto u olor del agua, resultando en reclamos del consumidor

Valores guía para elementos químicos provenientes de fuentes industriales o residenciales de importancia a la salud en el agua potable

Químico	Valor guía (1) (mg/litro)	Observaciones
Cadmio	0.003	-
Cianuro	0.07	-
Mercurio	0.006	Para mercurio inorgánico

Fuente: WORLD HEALTH ORGANIZATION (2006)

Elaboración propia

Valores guía para elementos químicos provenientes de actividades agrícolas de importancia a la salud en el agua potable

Químico	Valor guía (1) (mg/litro)	Observaciones
Nitrato (como NO ₃ ⁻)	50	Exposición de corto plazo
Nitrito (como NO ₂ ⁻)	3	Exposición de corto plazo
	0.2 (P)	Exposición de largo plazo

Fuente: WORLD HEALTH ORGANIZATION (2006).

Elaboración propia

Nota (1):

P = valor guía provisional, ya que existe evidencia del riesgo, pero la información disponible sobre los efectos a la salud son limitados

Valores guía para elementos químicos utilizados en el tratamiento del agua de importancia a la salud en el agua potable

Químico	Valor guía (1) (mg/litro)	Observaciones
Cloro	5 (C)	Para desinfección efectiva, es necesario un residual de cloro libre ≥ 0.5 mg/litro después de un tiempo de contacto mínimo de 30 minutos, a un pH < 8.0
Monocloramina	3	

Fuente: WORLD HEALTH ORGANIZATION (2006).

Elaboración propia

Nota:

C = concentración de la sustancia menor o igual al valor guía puede afectar la apariencia, gusto u olor del agua, generando reclamos del consumidor.

2.3 La protección de las fuentes

El crecimiento urbano, la tala indiscriminada de bosques, la industrialización, las actividades agropecuarias o mineras, y otras actividades humanas, pueden generar alteraciones en la cuenca que afecten tanto la cantidad como la calidad de la fuente de agua. Es necesario prever medidas para evitar que estas acciones provoquen la reducción de la cantidad de agua disponible o el deterioro de su calidad con el tiempo. Cuando se planifica una obra de abastecimiento de agua, es importante conocer la situación de la cuenca de abastecimiento y evaluar las medidas que deben ser tomadas para reducir los impactos en la fuente de abastecimiento.

La protección de fuentes de agua o nacimientos es un conjunto de prácticas que se aplican para mejorar las condiciones de producción de agua, en calidad y cantidad, reducir o eliminar las posibilidades de contaminación y optimizar las condiciones de uso y manejo. Estas prácticas pueden ser⁴:

- En el área de recogimiento de la fuente. Para aumentar la infiltración de agua en el suelo y recargar la capa freática que la sostiene y evitar la contaminación.
- En el afloramiento del agua. Para mejorar la captación y eliminar la contaminación local.
- En el uso y manejo del agua. Para evitar los desperdicios y la contaminación, tanto local como aguas abajo.

⁴ Vieira, M.J (2002). Protección y Captación de Pequeñas Fuentes de Agua. CENTA – Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal / Proyecto CENTA – FAO – Holanda. El Salvador.

2.3.1 Formas de contaminación de agua

En el caso de las fuentes de abastecimiento de agua, uno de los principales problemas observados es el deterioro progresivo de la calidad, aumentando los requerimientos de tratamiento y en algunos casos imposibilitando su uso para consumo doméstico.

Las formas de contaminación del agua se dividen en dos tipos:

- Puntuales.
- No puntuales.

Formas puntuales

Son las descargas en puntos definidos, como las descargas de emisores de desagües, industrias, etc.

Los desagües domésticos presentan una gran cantidad de contaminantes que pueden provocar daños al ambiente, por ese motivo deben ser tratados antes de su disposición final. En el caso específico de la disposición final en los cuerpos de agua, el grado de tratamiento debe ser el requerido para proteger su calidad.

Los efluentes industriales pueden contener cantidades razonables de contaminantes que afectan la calidad de los cuerpos de agua, el desempeño de los sistemas públicos de tratamiento de desagües o que perjudican el reuso del desagüe tratado.

No solo son las zonas industriales y las grandes urbes las que sufren de contaminación. En zonas rurales, también se observan contaminaciones puntuales por la práctica existente del lavado de ropa directamente en los ríos y quebradas.

Formas no puntuales

La contaminación no puntual está asociada a las aguas de lluvia, deshielo, percolación, etc.

La contaminación difusa es la que está asociada a fuentes no puntuales. La contaminación difusa es transportada por la lluvia, por el deshielo, o por movilidad en el suelo. A medida que la lluvia cae, acarrea contaminantes naturales o producidos por el hombre, presentes en el aire o en el suelo, que son finalmente conducidos a los cuerpos de agua. Tales contaminantes pueden ser:

- exceso de fertilizantes, herbicidas e insecticidas, provenientes de usos agrícolas o domésticos;
- aceites, grasas y contaminantes tóxicos transportados por el arrastre de agua de lluvia en zonas urbanas;
- sedimentos provenientes de construcciones, zonas agrícolas o erosión;
- drenaje ácido de minas abandonadas;
- materia orgánica y microorganismos provenientes de zonas de ganadería;

- arrastre de basura;
- contaminantes en la atmósfera (material en partículas y otros compuestos); entre otros.

Tienen un impacto significativo en los problemas de calidad del agua, sin embargo, normalmente son de difícil definición y cuantificación, por ese motivo muchas veces los programas de control no las tienen en consideración adecuadamente. Es sabido que los contaminantes provenientes de fuentes no puntuales pueden tener efectos dañinos a las fuentes de abastecimiento de agua, aguas de recreación, vida acuática, animales, etc.

2.3.2 Prácticas de protección

La protección de las fuentes es de importancia fundamental para garantizar el abastecimiento de agua de buena calidad. Es importante evitar la contaminación, ya que el tratamiento puede tener un costo muy elevado.

Las fuentes de agua subterránea, como manantiales y pozos, deben estar protegidas contra las inundaciones y aguas superficiales. Se recomienda establecer un perímetro de protección para que el acceso de personas y animales esté restringido. Deben restringirse o prohibirse las actividades o instalaciones que puedan contaminar las aguas subterráneas, o que afecten el caudal realmente aprovechable para el abastecimiento a la población.⁵

Para la prevención de la contaminación de las fuentes, se debe dar atención especial a las medidas para controlar la contaminación puntual y no puntual, tal como se señala a continuación:

- Prevención de la **contaminación por actividades agrícolas**
 - Gestión de los residuos sólidos animales para evitar la contaminación del agua superficial y subterránea.
 - Reducción del uso indiscriminado de pesticidas y fertilizantes.
 - Eliminar el uso de pesticidas de elevada toxicidad, dando prioridad al uso de productos de origen biológico menos contaminantes.
 - Reducción de la erosión a través del empleo de prácticas conservativas.
 - Disposición adecuada de los envases de pesticida, contenedores, agua de limpieza, etc.
- Prevención de la **contaminación por arrastre de agua de lluvia en centros poblados urbanos o en urbanización**

⁵ Espinoza, C., Muñoz R., Lobo, G. (2004). Hacia una propuesta de zonas de protección de captaciones en Chile. IV Seminario –Taller Protección de Acuíferos frente a la Contaminación: Protección de la Calidad del Agua. Lima, Perú.

- Disponer de un sistema de recolección adecuada y oportuna de basura.
 - Mantener calles y patios de las casas libres de basura, hojas, botellas, etc.
 - Evitar la defecación en zonas abiertas y sujetas a arrastre. Disposición adecuada de heces.
 - Disponer adecuadamente restos de pintura, aceite usado, productos químicos domésticos, etc., nunca echar a la calle o a los desagües.
 - Los aceites usados deben ser recolectados, de ninguna manera esos productos deben ser descargados en los desagües o en las calles.
 - Controlar zonas de erosión con adecuada protección.
 - Adecuada operación y limpieza de tanques sépticos.
 - Utilizar detergentes con bajo contenido de fósforo, para reducir la cantidad de nutrientes descargada en lagos y ríos.
- Prevención de la **contaminación por actividades mineras**

Con relación a las actividades industriales o mineras, es necesario evaluar previamente a su implantación los impactos ambientales que pueden ser generados a lo largo de su operación, previéndose las medidas mitigadoras correspondientes, tales como

- el tratamiento de las aguas residuales generadas,
- la disposición adecuada de los residuos sólidos,
- el reciclaje de aguas.

2.4 Métodos de aforo

Es necesario medir la cantidad de agua de las fuentes, para saber la cantidad de población para la que puede alcanzar. El aforo es la operación de medición del volumen de agua, esto es, el caudal que pasa por una sección de un curso de agua en un tiempo determinado.

Lo ideal sería que los aforos se efectúen en las temporadas críticas de los meses de seca (estiaje) y de lluvias, para conocer los caudales mínimos y máximos. El valor del caudal mínimo debe ser mayor que el consumo máximo diario con la finalidad de cubrir la demanda de agua de la población futura.

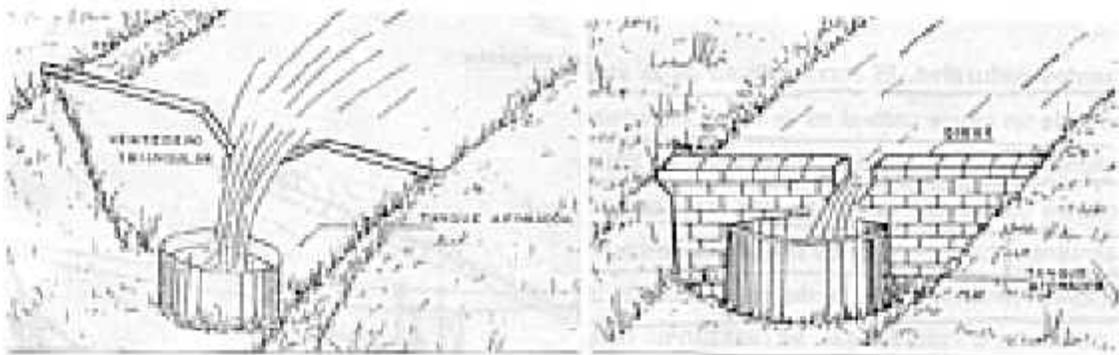
Existen varios métodos para determinar el caudal de agua y los más utilizados en los proyectos en zonas rurales son los métodos volumétrico y de velocidad-área. El primero es utilizado para calcular caudales hasta con un máximo de 10 lts./seg. y el segundo para caudales mayores a 10 lts./seg..

Se recomienda preguntar a los pobladores de mayor edad acerca del comportamiento y las variaciones del caudal que pueden existir en la fuente, ya que ellos conocen con mayor certeza si la fuente de agua se seca o no.

2.4.1 Método volumétrico

Para aplicar este método es necesario encauzar el agua generando una corriente de fluido de tal manera que pueda provocar un chorro.

El método consiste en tomar el tiempo que demora en llenarse un recipiente de volumen conocido. Posteriormente se divide el volumen en litros entre el tiempo promedio en segundos, obteniéndose el caudal en lts./seg. Para definir el tiempo promedio se recomienda realizar, como mínimo, cinco mediciones.

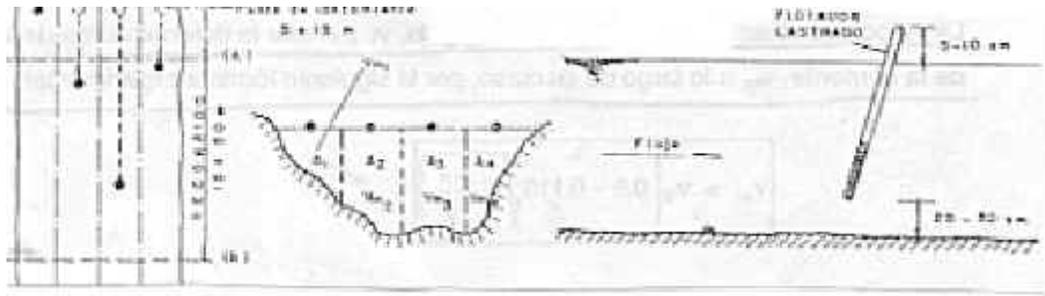


2.4.2 Método de velocidad – área

Con este método se mide la velocidad del agua superficial que discurre de la fuente tomando el tiempo que demora un objeto flotante en llegar de un punto a otro en una sección uniforme.

El método consiste entonces en medir la sección del curso y la velocidad en la misma. Primeramente se establece la distancia entre ambos puntos. Luego se mide el área transversal de la sección. Cuando la profundidad del agua es menor a un metro, la velocidad promedio del flujo se considera al 80% de la velocidad superficial.

Para la ejecución del aforo se procede de la siguiente forma. Se toma un trecho de la corriente de longitud L ; se mide el área A , de la sección; se lanza un cuerpo que flote, aguas arriba de primer punto de control, y al paso del cuerpo por dicho punto se inicia la toma del tiempo que dura el viaje hasta el punto de control corriente abajo.

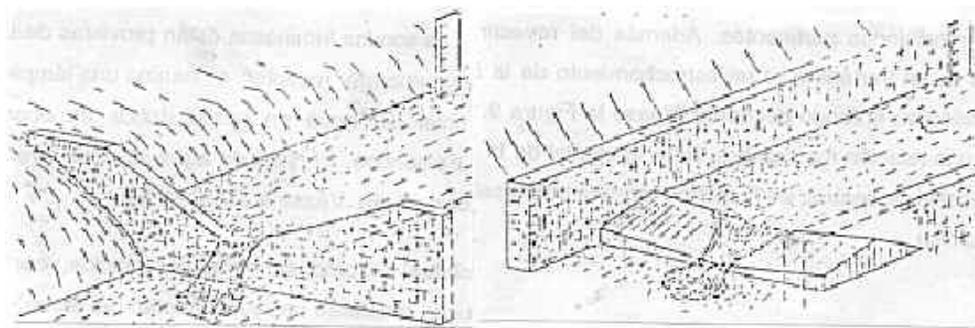


Esquema ilustrativo para aforo con flotador (método velocidad-área)

2.4.3 Método de vertedero y canaletas

Aforo con vertedero es otro método de medición de caudal, útil en caudales pequeños. El caudal está en función de la altura de la lámina de agua sobre el vertedero, tomada antes de la depresión del nivel producida por la caída del agua.

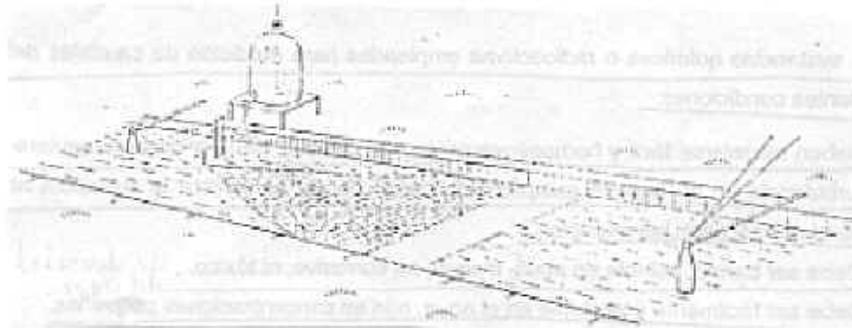
Su uso en corrientes naturales es muy restringido. Un funcionamiento típico de un vertedero para aforar corrientes naturales se muestra en la siguiente figura.



Secciones de control artificiales para aforar corrientes naturales

2.4.4 Aforo con trazadores

El empleo de colorantes para medir la velocidad del flujo en corrientes de agua es uno de los métodos más sencillos y de mayor éxito. Una vez elegida la sección de aforo, en la que el flujo es prácticamente constante y uniforme se agrega el colorante en el extremo de aguas arriba y se mide el tiempo de llegada al extremo de aguas abajo. Conocida la distancia entre los dos extremos de control, se puede dividir esta por el tiempo de viaje del colorante, obteniéndose así la velocidad superficial o subsuperficial de la corriente líquida. La velocidad media de flujo se obtendrá dividiendo la distancia entre los dos extremos o puntos de control, por el tiempo medio de viaje.



Procedimiento de inyección y hago un muestreo en un aforo con trazador

2.4.5 Aforo con correntómetro

El correntómetro es un instrumento apto a medir la velocidad de corrientes en ríos, arroyos, estuarios, puertos, modelos físicos en laboratorio, etc., que mide la velocidad en un punto dado de la masa de agua.

Existen varios tipos de correntómetros, siendo los más empleados los de hélice de los cuales hay de varios tamaños; cuando más grandes sean los caudales o más altas sean las velocidades, mayor debe ser el tamaño del aparato.

Cada correntómetro debe tener un certificado de calibración en el que figura la formula para calcular la velocidad sabiendo él numero de vueltas o revoluciones de la hélice por segundo. Su modalidad de registro puede ser papeleta inscriptora, cinta magnética o memoria de estado sólido.

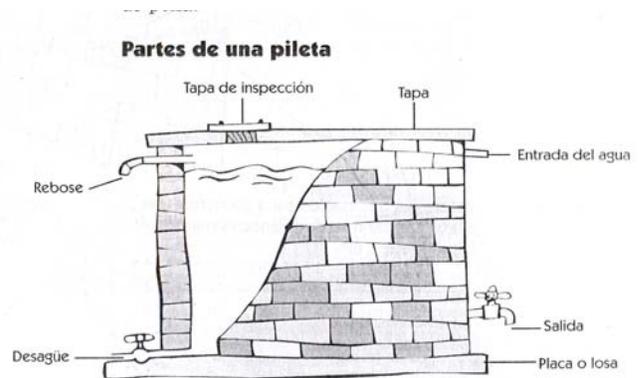
3 Principales sistemas rurales de abastecimiento de agua

3.1 Niveles de servicio en abastecimiento de agua

Se define “nivel de servicio” a la forma como se brinda el servicio al usuario. Los niveles de servicio pueden ser público o por conexión domiciliaria.

3.1.1 Público o multifamiliar

Reciben el servicio a través del acceso a pequeñas fuentes de abastecimiento de agua de uso exclusivo, o partir de piletas públicas abastecidas por una red. Las familias deben transportar el agua hasta su domicilio.





Nivel de servicio con conexión domiciliaria fuera de la vivienda

3.1.2 Conexión domiciliaria o familiar

Reciben el servicio individualmente en sus viviendas, por medio de conexiones domiciliarias conectadas a una red pública. Ésta puede estar ubicada:

- fuera de la vivienda (un punto de agua al exterior de la vivienda) o
- dentro de la vivienda (conexión con módulos sanitarios).

El nivel de servicio debe ser de acuerdo a las necesidades de las familias, pero se ve influenciado por la capacidad de la fuente, el monto de la inversión disponible, los costos de operación y mantenimiento y la capacidad técnica y económica de los usuarios para la gestión de los servicios.

El nivel de servicio con conexión domiciliaria dentro de la vivienda es el que proporciona mayor garantía sanitaria al usuario, ya que disminuye el requerimiento de almacenamiento intradomiciliario del agua y los riesgos de contaminación asociados a esa práctica.

3.2 Opciones tecnológicas en abastecimiento de agua

Las opciones tecnológicas son las diferentes soluciones de ingeniería que se ajustan a las características físicas, económicas y sociales de las poblaciones⁶. Permiten seleccionar la manera óptima de dotar servicios de calidad de agua potable y saneamiento a un costo compatible con la realidad local.

Las opciones tecnológicas para abastecimiento de agua están condicionadas por el rendimiento y la ubicación de las fuentes, por el tamaño y dispersión de la población, por su ubicación geográfica, condiciones climáticas, etc. Estas condiciones determinarán que la opción tecnológica sea "convencional " o "no convencional".

Para las poblaciones rurales, en la mayoría de los casos es posible utilizar sistemas de tecnología simple, que no demandan personal calificado o altos costos operativos. En su mayoría se constituyen de captaciones directas de las fuentes de abastecimiento; en algunos casos será necesario implantar una planta de tratamiento de agua, generalmente por proceso de filtración directa.

⁶ OPS – OMS. GTZ – Cooperación Alemana al Desarrollo. Tecnologías apropiadas en Agua y Saneamiento – Curso de Auto instrucción. Lima, Perú

A mayor demanda de agua, será necesario recurrir a opciones de abastecimiento más complejas, de mayor costo de inversión, operación y mantenimiento y que requieren personal especializado.

Factores a considerar en la selección de opciones tecnológicas

Tipo de población	Concentrada
	Dispersa
Características locales	Clima
	Topografía
	Accesibilidad
Fuentes de abastecimiento disponibles	Subterránea
	Superficial
	Protección de la fuente
Caudal disponible	Cantidad
	Permanente
	Variable
Conducción del agua	Por gravedad
	Por bombeo
Calidad de la fuente / tratamiento requerido	Desinfección
	Tratamiento simplificado/desinfección
	Tratamiento químico/ desinfección
Mantenimiento requerido	Simple
	Intermedio
	Complejo
Niveles de pobreza	Muy pobre
	Pobre
	Regular
Capacidades locales	Muy baja
	Regular
	Buena

Los tipos de fuentes de abastecimiento de agua disponibles varían según la ubicación geográfica. Asimismo, la dotación de agua para el dimensionamiento de la infraestructura básica varía según la ubicación geográfica de la comunidad (costa, sierra o selva).

Hay que tener en cuenta que el tamaño y dispersión de la población afecta considerablemente los costos de inversión de los sistemas, en particular de comunidades rurales, siendo notoria la economía de escala en sistemas que atienden comunidades de mayor tamaño

3.2.1 Sistemas convencionales de abastecimiento de agua

Son sistemas que son diseñados y construidos a partir de criterios de ingeniería claramente definidos y tradicionalmente aceptados, con un resultado preciso para el nivel de servicio establecido por el proyecto, ya sea a nivel de vivienda mediante conexiones domiciliarias o a nivel comunitario con piletas públicas.

Los sistemas convencionales están conformados por una combinación de unidades, de acuerdo a las características de la fuente de abastecimiento y de la población que se va abastecer. Las unidades son:

- Captación.
- Línea de conducción o impulsión.
- Estación de bombeo de agua.
- Planta de tratamiento de agua.
- Reservorio.
- Línea de aducción.
- Red de distribución.
- Conexiones domiciliarias y/o piletas públicas.

La estación de bombeo de agua y planta de tratamiento de agua se tendrán según el requerimiento.

Para zonas rurales, es usual denominar los “sistemas por gravedad”, cuando la fuente de agua se encuentra a más altitud que los usuarios; y “sistemas por bombeo”, cuando la fuente se encuentra más abajo y se requiere el uso de bombas para entregar el agua a los usuarios⁷.

GST: Sistema de abastecimiento por gravedad sin tratamiento

⁷ Fuente: OPS – OMS. GTZ – Cooperación Alemana al Desarrollo. Tecnologías apropiadas en Agua y Saneamiento – Curso de Auto instrucción. Lima, Perú

Son sistemas donde la fuente de abastecimiento de agua es de buena calidad y no requiere tratamiento complementario previo a su distribución; adicionalmente, no requieren ningún tipo de bombeo para que el agua llegue hasta los usuarios.

Las fuentes de abastecimiento son aguas subterráneas o subálveas. Las primeras afloran a la superficie como manantiales y la segunda es captada a través de galerías filtrantes.

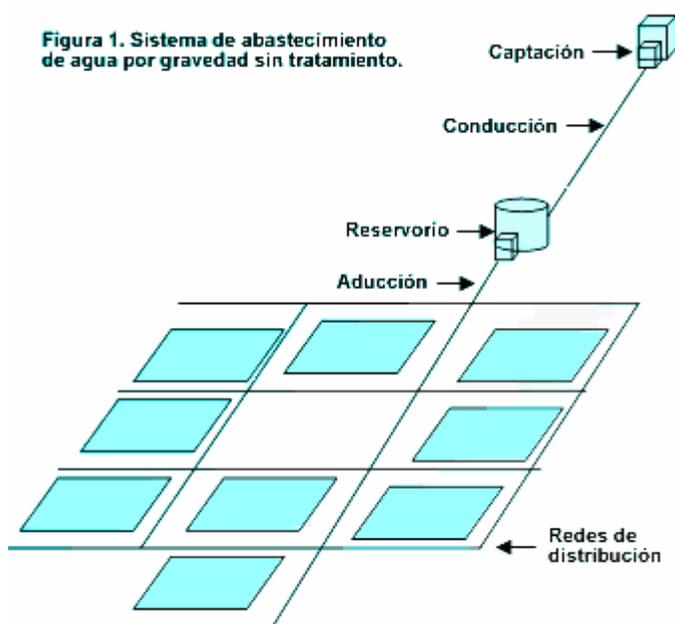
La captación, de manantiales puede ser de ladera o de fondo, y para galerías filtrantes por drenes sub superficiales.

En estos sistemas, la desinfección no es muy exigente, ya que el agua que ha sido filtrada en los estratos porosos del subsuelo, presenta buena calidad bacteriológica. Los sistemas por gravedad sin tratamiento tienen una operación bastante simple, sin embargo, requieren un mantenimiento mínimo para garantizar el buen funcionamiento.

Las ventajas de los sistemas de gravedad sin tratamiento son:

- Bajo costo de inversión, operación y mantenimiento.
- Requerimientos de operación y mantenimiento reducidos.
- No requiere operador especializado.
- Baja o nula contaminación.

GCT: Sistema de abastecimiento por gravedad con tratamiento



Cuando las fuentes de abastecimiento son aguas superficiales captadas en canales, acequias, ríos, etc., requieren ser clarificadas y desinfectadas antes de su distribución. Cuando no hay necesidad de bombear el agua, los sistemas se denominan “por gravedad con tratamiento”.

Las plantas de tratamiento de agua deben ser diseñadas en función de la calidad física, química y bacteriológica del agua cruda.

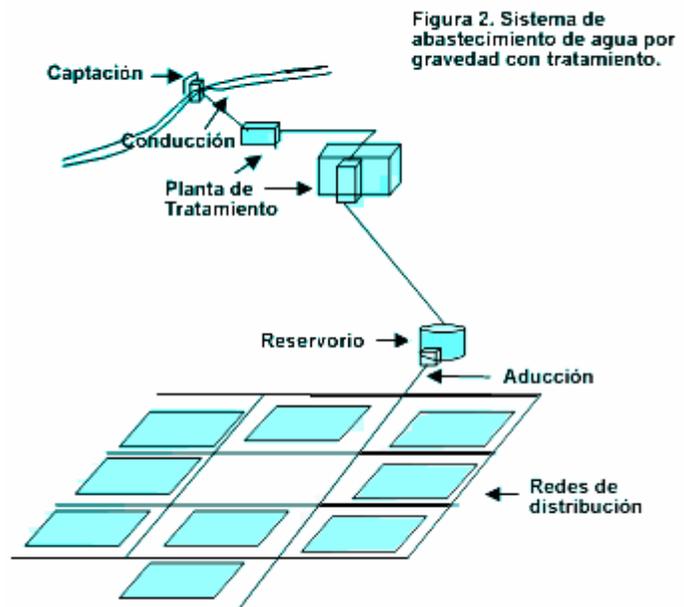


Figura 2. Sistema de abastecimiento de agua por gravedad con tratamiento.

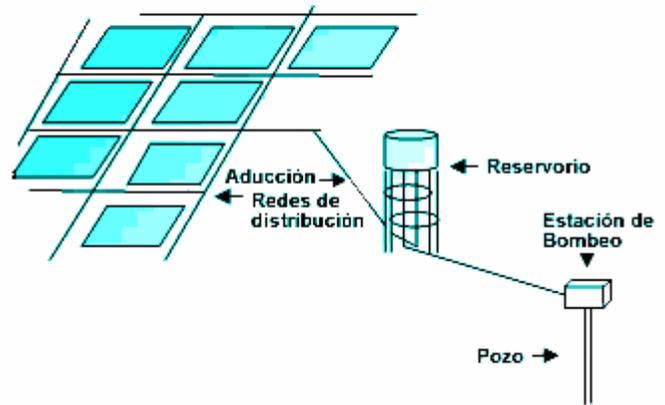
Estos sistemas tienen una operación más compleja que los sistemas sin tratamiento, y requieren mantenimiento periódico para garantizar la buena calidad del agua.

Al instalar sistemas con tratamiento, es necesario crear las capacidades locales para operación y mantenimiento, garantizando el resultado esperado.

BST: Sistema de abastecimiento por bombeo sin tratamiento

Estos sistemas también se abastecen con agua de buena calidad que no requiere tratamiento previo a su consumo. Sin embargo, el agua necesita ser bombeada para ser distribuida al usuario final. Generalmente están constituidos por pozos.

Figura 3. Sistema de abastecimiento de agua por bombeo sin tratamiento.



BCT: Sistema de abastecimiento por bombeo con tratamiento

Los sistemas por bombeo con tratamiento requieren tanto la planta de tratamiento de agua para adecuar las características del agua a los requisitos de potabilidad, como un sistema de bombeo para impulsar el agua hasta el usuario final.

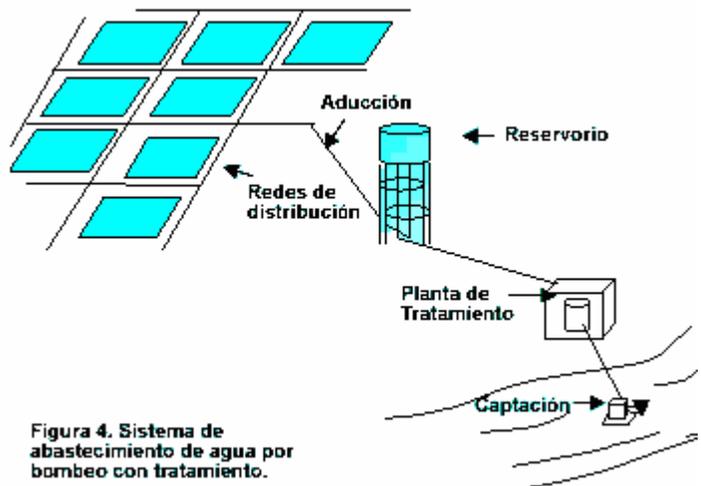


Figura 4. Sistema de abastecimiento de agua por bombeo con tratamiento.

3.2.2 Selección de tecnologías para el abastecimiento del agua

Para seleccionar la opción tecnológica que corresponde aplicar en una comunidad, la primera pregunta es si esta cuenta con una fuente superficial de abastecimiento de agua.

3.2.3 Posibles tratamientos de agua en los sistemas convencionales

Cuando el agua presenta impurezas que impiden su consumo directo deberá ser previamente tratada. Los procesos de tratamiento deben ser definidos de acuerdo a la calidad del agua cruda y al tipo de impureza que se quiere remover. Para definir los requerimientos de tratamiento, es necesario conocer la calidad del agua durante un período mínimo de un año, ya que ocurren variaciones en los períodos de sequía y de lluvia. Para ello, deberán realizarse los análisis físico-químicos y bacteriológicos correspondientes. Muchos sistemas de tratamiento no funcionan adecuadamente porque la calidad del agua no ha sido evaluada correctamente.

En la selección de la fuente de abastecimiento, es necesario considerar la característica del agua y los requerimientos de tratamiento, asimismo, la capacidad local para el manejo de las unidades de tratamiento. De ser posible, deben ser evitados los procesos con coagulación química, que requieren insumos químicos y personal especializado para operación y mantenimiento. El diseño de una instalación de tratamiento de agua debe efectuarse de la manera más simplificada posible, evitándose equipamientos mecanizados o controles especializados.

Para el tratamiento en la localidad puede usarse:

- Filtro lento de arena
- Filtro rápido
- Tratamiento químico
- Desinfección

La filtración es el proceso físico mediante el cual se hace pasar el agua por lechos filtrantes, compuestos de diferentes materiales, los cuales retienen las partículas sólidas en suspensión, y los microorganismos, y remuevan color y turbidez del agua.

Filtro lento de arena

El filtro lento de arena es el sistema de tratamiento de agua más antiguo del mundo.

Copia el proceso de purificación que se produce en la naturaleza cuando el agua de lluvia atraviesa los estratos de la corteza terrestre y forma los acuíferos o ríos subterráneos.

El agua cruda que ingresa a la unidad permanece sobre el medio filtrante tres a doce horas, dependiendo de las velocidades de filtración adoptadas. En ese tiempo, las partículas más pesadas que se encuentran en suspensión se sedimentan y las partículas más ligeras se pueden aglutinar, lo que facilita su remoción posterior.



Filtro lento de arena en una zona rural

Durante el día, bajo la influencia de la luz solar, se produce el crecimiento de algas, las cuales absorben bióxido de carbono, nitratos, fosfatos y otros nutrientes del agua para formar material celular y oxígeno. El oxígeno así formado se disuelve en el agua, entra en reacción química con las impurezas orgánicas y hace que éstas sean más asimilables por los microorganismos.

Comparado con el filtro rápido, requiere de áreas más grandes para tratar el mismo caudal y, por lo tanto, tiene mayor costo inicial. Sin embargo, su simplicidad y bajo costo de operación y mantenimiento lo convierte en un sistema ideal para zonas rurales y pequeñas comunidades.

Filtro rápido

Los filtros de gravedad están constituidos por un lecho filtrante de arena con un espesor de 0.6 m a 2.0 m. El agua fluye a través de la arena, y en ese recorrido los sólidos se quedan atrapados en la arena. El agua filtrada es recogida en el fondo del filtro a través de un sistema de recolección. Los sólidos retenidos deben ser periódicamente removidos invirtiendo el flujo de agua. El lavado se realiza a intervalos de uno a dos días.

Es usual el empleo de filtros con dos capas filtrantes. La velocidad de filtración en el filtro rápido normalmente está entre 4 y 20 m³/m²/h. Los filtros rápidos son más comúnmente utilizados para remoción de los flocs formados en el tratamiento químico con un coagulante.

La operación de estos filtros es más sensible, siendo necesario contar con atención permanente por operadores capacitados.

Los filtros rápidos de gravedad o de presión también pueden ser usados para filtración directa del agua, sin pre-tratamiento, cuando el agua tiene baja turbiedad.

- Filtro de arena a presión

La figura representa un filtro típico de arena, a presión, utilizado para la filtración del agua de alimentación de los generadores de vapor o para necesidades similares.

En el fondo del depósito, montados sobre un falso fondo o conectados a unas tuberías de distribución envueltas en cemento, hay un cierto número de coladores; que están contruidos en bronce y llevan unas ranuras estrechas en la cabeza. Sobre los coladores hay una capa de algunos centímetros de grava de un tamaño moderado y sobre ésta va otra de arena que forma el filtro propiamente dicho. Esta capa de arena suele ser de 0,60 a 1,20 m de alta. Durante la operación, el agua que ha de filtrarse se introduce por la parte superior, donde choca con la pantalla con objeto de impedir que la arena se revuelva. El agua filtrada se extrae por el fondo a través de los coladores.

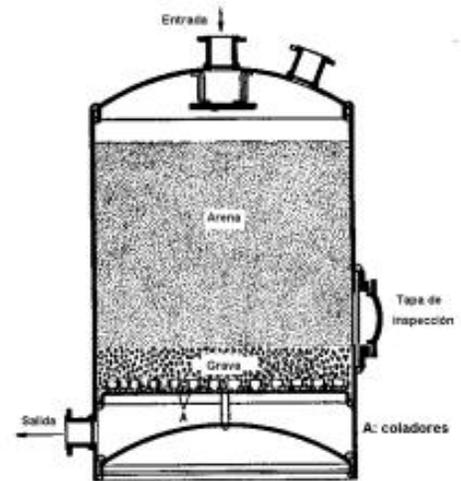


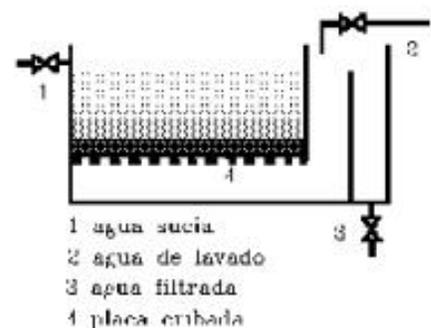
Fig 1: Filtro a presión de arena

Cuando el flujo de agua disminuye, significa que las partículas sólidas obstruyen el filtro, por lo que se procede al lavado del filtro haciendo ingresar agua ya filtrada por la parte inferior del filtro en contracorriente a través del lecho de arena y sale por donde normalmente es la entrada. Esta agua se desecha.

La disposición de las válvulas de un filtro de arena a presión, esta normalizada y se representa en la figura. La capacidad media de un filtro de arena con materiales tales como el agua de alimentación de calderas va de 8 a 16 litros por minuto y metro cuadrado de superficie filtrante. Para cantidades muy grandes de agua filtrada, el número de filtros de presión necesarios puede llegar a ser excesivo, por lo que se ha desarrollado otro tipo denominado filtro rápido de arena o abierto.

- Filtro rápido de arena o abierto.

La forma general de operar de un filtro de este tipo es semejante a la del filtro anterior, diferenciándose en que la arena en lugar de estar contenida en un depósito para resistir la presión, esta contenida en unos grandes depósitos abiertos de hormigón. Este tipo de filtros se emplea principalmente en los servicios municipales de filtración de agua, donde se necesitan cantidades enormes de agua muy limpia, también se utilizan estos filtros.



- Utilización de coagulantes

Ocurre con frecuencia que la cantidad de material a eliminar es tan pequeña o el material esta tan subdividido, que el filtro de arena no es capaz de separar el sólido. En los procesos en que

se manejan material orgánicas, puede existir el peligro de infección por un suministro de agua infectada y el filtro de arena no elimina las bacteria como tales. Cuando se presentan estos problemas, es costumbre agregar un coagulante al agua antes de la filtración. Este coagulante puede ser el sulfato ferroso o de aluminio, que por hidrólisis dan un precipitado en flóculos de hidróxidos ferroso o aluminio; este precipitado adsorbe la materia suspendida finamente dividida así como también las bacterias, aunque se agregue al agua en cantidades muy pequeñas. Los flóculos que resultan, aunque finos, se eliminan por el filtro de arena.

Tratamiento químico

En localidades mayores, muchas veces las fuentes de agua disponibles no cumplen con los requisitos de calidad para un tratamiento simplificado, siendo necesario recurrir a un tratamiento químico.

Cuando el agua presenta muchas impurezas y elevada turbiedad con presencia de materia en suspensión y coloidal, no es posible utilizar la filtración directa, siendo necesario emplear un tratamiento químico con coagulantes para la remoción de las impurezas presentes. El coagulante más comúnmente utilizado es el sulfato de aluminio. El proceso de tratamiento incluye la coagulación, floculación, sedimentación y filtración.

Es fundamental que los sistemas de tratamiento químico cuenten con operadores debidamente capacitados, así como con los insumos y materiales requeridos para el adecuado funcionamiento y su control.

Desinfección

La desinfección final del agua distribuida es necesaria para garantizar una barrera contra la presencia de los organismos patógenos responsables por la transmisión de las enfermedades.

Si la fuente de agua está protegida y sin presencia de microorganismos, la cloración ayuda a prevenir la posible contaminación en el sistema de distribución. Cuando la fuente de agua es superficial, la desinfección es esencial para la eliminación de los microorganismos presentes en el agua. La desinfección es efectiva si el agua tiene baja turbiedad y se garantiza un tiempo mínimo de contacto del desinfectante con el agua.

**El desinfectante más comúnmente utilizado es el cloro.
En pequeños sistemas es usual el uso de hipoclorito de calcio o sodio.
Aunque el agua sea de buena calidad, se recomienda su cloración con el propósito de prevenir la contaminación en la red de distribución y reducir las posibilidades de contaminación en los reservorios intradomiciliarios.**

3.2.4 Sistemas no convencionales de abastecimiento de agua

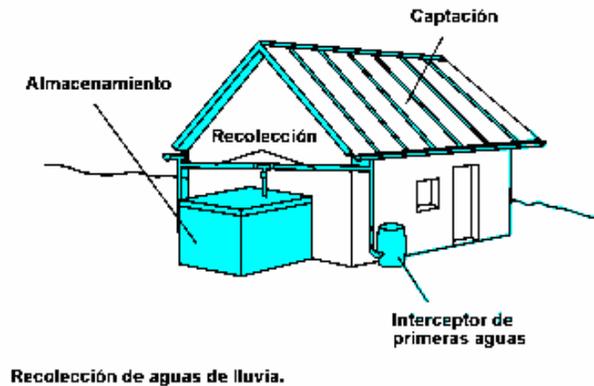
Estas opciones tecnológicas se refieren a soluciones individuales o multifamiliares dirigidas al aprovechamiento de pequeñas fuentes de agua. Están compuestas por los siguientes tipos de sistemas de abastecimiento de agua:

- Captación de agua de lluvia.
- Pozos protegidos con bombas manuales.
- Manantiales con protección de vertiente.

Captación de agua de lluvia

En regiones con elevados índices pluviométricos, el agua de lluvia puede ser una fuente potencial de abastecimiento de agua.

El agua de lluvia puede ser captada en lagunas de acumulación para su posterior uso. También se captan directamente en los techos de las viviendas y se acumulan en tanques de almacenamiento. El agua deberá ser desinfectada previamente a su consumo.



La ventaja de este sistema es su simplicidad y bajo costo de implementación, sin embargo, el suministro se queda condicionado a la variabilidad de la precipitación, resultando en discontinuidad del servicio. Los componentes de estos sistemas son:

- Captación.
- Canaletas de recolección.
- Interceptor de primeras aguas.
- Almacenamiento.

Pozos con bombas manuales

Soluciones compuestas por pozos perforados o excavados debidamente protegidos, que pueden ser del tipo familiar o multifamiliar.

Dependiendo del tipo de protección del pozo y de la presencia de puntos de contaminación, el agua debe ser desinfectada antes de ser destinada al consumo humano directo.



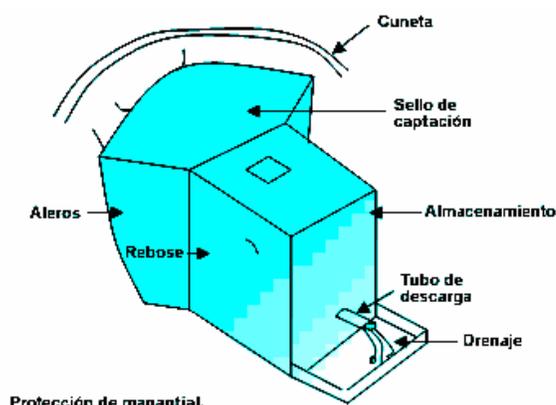
Manantiales con protección de vertiente

Se constituyen en sistemas de abastecimiento de agua a partir de la captación segura de pequeñas fuentes de agua subterránea ubicadas cerca de la vivienda o grupo de viviendas.

La construcción es simple y no se requiere el uso de equipamientos especiales o mano de obra calificada.

Esta solución se compone de captación y surtidor, en el lugar donde se ubica la fuente o con conducción a los usuarios mediante tuberías de pequeño diámetro.

El nivel de servicio puede ser del tipo familiar o multifamiliar, según la capacidad de la fuente y del número de usuarios.



3.3 La operación y el mantenimiento de los sistemas convencionales de agua potable

Para que las unidades instaladas trabajen adecuadamente y se asegure el suministro de agua de acuerdo a lo planificado, tanto en calidad como en cantidad, son necesarias acciones rutinarias de operación, además del mantenimiento periódico de las instalaciones.

La operación varía según los componentes instalados en el sistema de abastecimiento de agua. Las acciones generales consisten en la apertura o cerrado de válvulas según lo definido en el proyecto, cloración del agua, control de cloro residual según el plan de muestreo elaborado, y otras que así lo determine el tipo de instalación.

- Si el sistema es por bombeo (BST o BCT), el operador será responsable de prender y apagar las bombas, controlar los niveles de agua en los reservorios, etc.
- Cuando el sistema incluye una planta de tratamiento de agua (GCT o BCT), el operador realizará las actividades requeridas para el funcionamiento adecuado de la planta según lo establecido en el manual de operación de la instalación.

Asimismo es de su responsabilidad, mantener todas las instalaciones limpias y exentas de basuras o malezas. En cada caso, el operador debe ser adecuadamente capacitado para las acciones que va a realizar. Los materiales e insumos requeridos para esas tareas deberán ser adquiridos por los operadores locales, utilizando los fondos recaudados mensualmente a través del pago de las cuotas por los usuarios del sistema. El manual de operación y las herramientas necesarias para la operación y el mantenimiento deben ser previstos dentro del proyecto.

El mantenimiento periódico de las instalaciones de agua potable garantiza su funcionamiento adecuado y la vida útil del sistema, además de asegurar el suministro del agua con la calidad requerida.

Las actividades básicas sugeridas para el mantenimiento de instalaciones de agua, la frecuencia mínima sugerida y las herramientas, equipos e insumos básicos necesarios se presentan en los siguientes cuadros.

**Frecuencia de mantenimiento de estructuras e instalaciones
Sistemas de agua potable rural**

INSTALACIÓN / ACTIVIDAD	FRECUENCIA				
	Semanal	Mensual	Trimestral	Semestral	Anual
Captación					
Inspección sanitaria de las instalaciones (*)		X			
Inspección y limpieza de los canales	X				
Limpieza exterior – remoción de malezas		X			
Limpieza del canal de desagüe			X		
Abrir y cerrar válvulas para verificar su funcionamiento		X			
Lubricar válvulas				X	
Pintar las compuertas con pintura anti corrosiva				X	
Pintar las válvulas con pintura anti corrosiva				X	
Limpieza y desinfección de las instalaciones				X	
Pintar tapas metálicas					X
Pintar las paredes exteriores y techo					X
Sedimentador					
Inspección de la estructura			X		
Retirar algas y residuos flotantes	X				
Medición de la altura de lodos			X		
Limpieza y remoción de sedimentos				X	

INSTALACIÓN / ACTIVIDAD	FRECUENCIA				
	Semanal	Mensual	Trimestral	Semestral	Anual
Limpieza exterior – remoción de malezas			X		
Filtro lento					
Inspección sanitaria del filtro (1)		X			
Limpieza interna del filtro y remoción de la arena superficial				(1)	
Lavado de la arena superficial				(1)	
Lavado completo del filtro					cada 5 años
Limpieza externa del filtro				X	
Pintado externo del filtro					X
Tubería de conducción					
Girar válvulas de purga o aire	X				
Inspeccionar tuberías para detectar fugas	X				
Inspeccionar válvulas para detectar fugas			X		
Limpieza de caja de válvulas			X		
Lubricar válvulas				X	
Reservorio					
Limpiar y desinfectar instalaciones				X	
Pintar las válvulas con pintura anti corrosiva				X	
Pintar tapas metálicas					X
Pintar las paredes exteriores y techo					X
Inspeccionar sanitaria (tapas y ventilación) (1)		X			
Inspección de la estructura (infiltraciones)				X	
Girar válvulas para que no se oxiden	X				
Limpieza exterior para remoción de malezas		X			
Limpieza y desinfección del reservorio				X	

INSTALACIÓN / ACTIVIDAD	FRECUENCIA				
	Semanal	Mensual	Trimestral	Semestral	Anual
Lubricar válvulas				X	
Pintar las válvulas con pintura anti corrosiva				X	
Pintar tapas metálicas					X
Pintar las paredes exteriores y techo					X
Redes de distribución					
Girar válvulas para que no se oxiden	X				
Inspeccionar tuberías para detectar fugas	X				
Verificar funcionamiento de válvulas de purga y aire		X			
Efectuar purga de redes				X (2)	
Desinfectar redes				(3) ; (4)	
Lubricar válvulas				X	
Pintar las válvulas con pintura anti corrosiva				X	
Conexiones domiciliarias					
Examinar válvula de paso		X			
Inspeccionar tuberías para detectar fugas		X			

Fuente: Adaptado de PROAGUA/GTZ (2006).
Elaboración propia

NOTAS:

- (*) La inspección sanitaria tiene el objetivo de evaluar los riesgos de contaminación del agua
- (1): verificar riesgos de ingreso de animales o suciedad
- (2): verificar la reducción de la tasa de filtración
- (3): efectuar la purga y desinfección cuando se detecte contaminación
- (4): efectuar la desinfección cuando se efectúe alguna reparación o mantenimiento en la red.

DE EQUIPOS, HERRAMIENTAS E INSUMOS BÁSICOS PARA MANTENIMIENTO DE SISTEMAS RURALES DE AGUA Y ALCANTARILLADO

Ítem	Descripción	Ítem	Descripción
1	Llave Stilson 14"	25	Escobillón plástico
2	Lima Nicholson 14"	26	Cordel de nylon
3	Cinzel Stanley 1" x 12"	27	Escobilla para ropa, plástico
4	Escobilla de fierro 4 x 14	28	Hojas para sierra Sanflex
5	Wincha Stanley 5 m	29	Tela esmeril n° 60
6	Zapapico Bellota con mango	30	Cinta teflón
7	Arco de sierra Stanley	31	Guantes de jebe largos
8	Badilejo Nicholson 6"	32	Grifo tipo trompito ½"
9	Palana Bellota liviana (cuchara)	33	Trompitos y empaquetaduras
10	Palana Bellota liviana (recta)	34	Pastillas DPD
11	Alicate Stanley 8"	35	Hipoclorito de calcio a 30%
12	Comba 4 lb. Herragro	36	Pegamento para tubos PVC
13	Desarmador plano grande Stanley	37	Palana cuchara perforada para recolección de natas
14	Desarmador plano mediano Stanley	38	Botas canilleras de jebe
15	Llave francesa 14" Stanley	39	Rastrillo Tramontana 8"
16	Martillo Stanley ½ kg	40	Varillas flexibles para desatoro de alcantarillado
17	Comparador colorimétrico cloro residual	41	Tirabuzón para varilla de desatoro 2"
18	Carretilla tipo Bugui	42	Tirabuzón para varilla de desatoro 4"
19	Llanta de repuesto para carretilla		
20	Linterna		
21	Mascarilla de 1 filtro		
22	Balanza de mesa 5 kg		
23	Balde graduado 20 l, con tapa		
24	Caja para herramientas D'Walt 24" plástica		

Fuente: PROAGUA/GTZ (2006).
Operación y Mantenimiento de Sistemas de Agua y Saneamiento – Compendio de Manuales. Lima, Perú

3.4 Tratamiento intradomiciliario del agua

No basta que el agua sea tratada y llegue a la vivienda con buena calidad. Las condiciones de higiene y almacenamiento intradomiciliario afectan la calidad y muchas veces es donde se contamina. La materia particulada en suspensión presente en el agua puede ser removida por procesos de filtración.

A nivel domiciliario, para pequeños volúmenes de agua, es posible mejorar la calidad del agua aplicando procesos de tratamiento de agua específicos de acuerdo a la calidad del agua y los contaminantes presentes. Los procesos más utilizados son⁸:

Para remoción de:	Tratamiento utilizado:
Turbiedad	Filtración
Desinfección	Radiación solar Calor Productos químicos

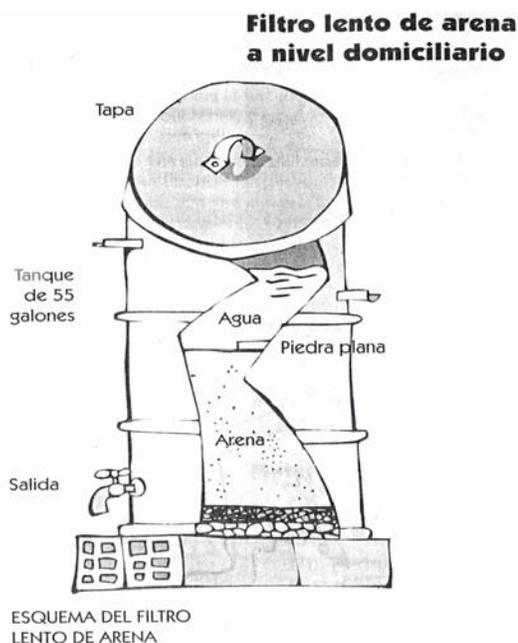
3.4.1 Remoción de turbiedad

Filtro lento de arena a nivel domiciliario

Consiste en un tanque con una capa de arena clasificada (diámetro efectivo entre 0.15 y 0.30 mm) con espesor entre 0.15 y 1.5 m. El agua cruda fluye verticalmente en la arena, siendo las partículas en suspensión y las bacterias removidas en ese recorrido, mayormente en la camada superior de la arena.

En la superficie de la arena se desarrolla una capa biológica que es muy efectiva para la remoción de las bacterias. La velocidad de filtración usualmente está entre 0.1 y 0.3 m³/m²/h.

El agua filtrada es recolectada en el fondo del filtro. Periódicamente, la capa superior de la arena que contiene los sólidos debe ser removida, lavada y repuesta.



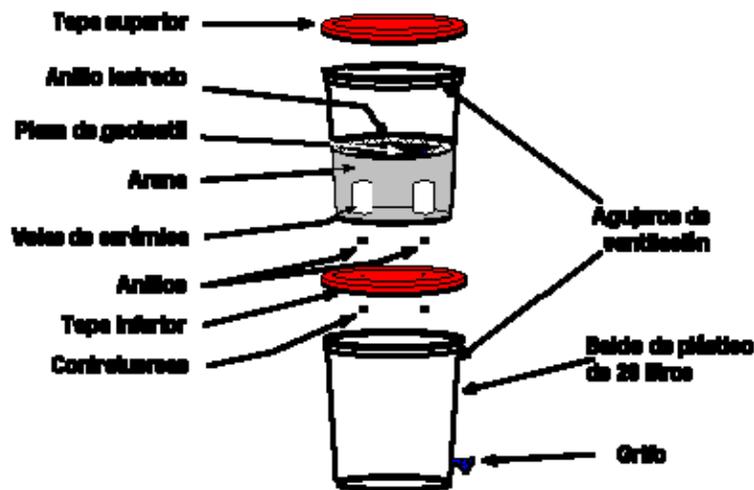
⁸ Guía para el mejoramiento de la calidad del agua a nivel casero – CEPIS / OPS – COSUDE. 2005

Este proceso sólo se aplica para aguas con turbiedad baja, usualmente pre filtrada. El proceso es efectivo también para remoción de compuestos orgánicos, incluyendo algunos pesticidas ⁹.

Filtros de mesa

Para remoción de turbiedad del agua a nivel domiciliario se utilizan los filtros de mesa. Estos filtros se componen de dos baldes de PVC de 20 litros cada. El balde superior contiene el elemento filtrante y el inferior se utiliza para el almacenamiento del agua filtrada. Los tipos de filtros utilizados son:

- filtros de mesa con velas filtrantes
- filtros de mesa de arena.



Filtro de mesa con velas filtrantes de cerámica y pre filtro de arena

3.4.2 Desinfección

Desinfección solar del agua

Los microorganismos son eliminados a altas temperaturas, en general entre 40 y 100 °C. La radiación solar también inactiva los microorganismos, por efecto de los rayos ultravioletas. Por ese motivo, una de las maneras más sencillas de garantizar la calidad del agua a nivel domiciliario es utilizando la desinfección solar del agua.

Esto es ideal para desinfectar pequeñas cantidades de agua con baja turbiedad. Se utilizan botellas plásticas transparentes que son llenadas con agua y expuestas al sol, durante seis

⁹ WORLD HEALTH ORGANIZATION (2006). Guidelines for Drinking-water Quality. First Addendum to Third Edition. Vol 1 Recommendations.

horas, para alcanzar la desinfección esperada. Para acortar los tiempos de irradiación, o cuando la radiación solar no es suficientemente elevada, puede utilizarse una base semicilíndrica forrada con papel de aluminio, o pintar de negro la parte inferior externa de la botella.

Destiladores solares

Los destiladores solares consisten en unidades de destilación utilizando la energía solar para producción de agua potable para consumo humano.

En este sistema, utilizase la energía solar para incrementar la temperatura del agua y evaporarla; luego el vapor producido es recolectado y condensado en un condensador.

Ebullición

Otro método utilizado para garantizar la calidad bacteriológica del agua de consumo humano a nivel doméstico es la ebullición.

El agua debe ser hervida en un recipiente tapado, por un tiempo entre 5 y 15 minutos contados a partir del inicio de la ebullición vigorosa. Luego de hervida, el agua debe enfriarse naturalmente para su posterior consumo, evitándose introducir recipientes en el agua que puedan provocar la recontaminación.

3.4.3 Productos químicos

Además de todo lo anterior, para tener agua segura, se debe almacenar el agua en recipientes con tapa, que no presenten óxido ni sedimentos. No se usan recipientes que hayan contenido productos tóxicos o estén revestidos por brea.

Para desinfectar el agua se aplica 1 gota de lejía (de marca reconocida) por cada litro de agua y se deja reposar de 20 a 30 minutos en un recipiente con tapa o se hace hervir.

4 Principales sistemas rurales de saneamiento

4.1 Niveles de servicio en saneamiento

Los niveles de servicio en saneamiento se refieren a las necesidades atendidas por el sistema implantado.

Pueden ser a nivel unifamiliar y multifamiliar. En el cuadro siguiente se muestran los niveles de servicio para las opciones tecnológicas en saneamiento.

NIVEL DE SERVICIO	
Multifamiliar	Disposición de excretas y de aguas residuales
Unifamiliar	
Unifamiliar	Disposición de excretas

4.2 Opciones tecnológicas en saneamiento

Opción tecnológica en saneamiento comprende la solución de ingeniería que se ajusta a las características físicas locales y a las condiciones socio-económicas de la comunidad. Permiten seleccionar la manera óptima de dotar servicios de calidad de saneamiento a un costo compatible con la realidad local.

Las opciones tecnológicas en saneamiento están divididas en dos grupos y tienen correspondencia con los niveles de servicio:

- Soluciones con recolección por red de tuberías.
- Soluciones sin red de recolección (disposición in situ).

OPCIÓN TECNOLÓGICA		NIVEL DE SERVICIO	
CON SISTEMA DE RECOLECCIÓN	Alcantarillado convencional	Multifamiliar	Disposición de excretas y de aguas residuales
	Alcantarillado condominial		
	Alcantarillado de pequeño diámetro		
SIN SISTEMA DE RECOLECCIÓN	Unidad sanitaria y pozo séptico	Unifamiliar	Disposición de excretas y de aguas residuales
	Baños ecológicos con biodigestor		
	Letrina de hoyo seco ventilado	Unifamiliar	Disposición de excretas
	Letrina de pozo anegado		
	Letrina de cierre hidráulico		
	Letrina compostera		

La dispersión de la población en pequeñas comunidades rurales prácticamente restringe la oferta de saneamiento a la disposición de excretas in situ (en el lugar mismo), quedando prácticamente no viable la implantación de sistemas con recolección por tuberías. A medida que aumenta el tamaño de la población, es posible adoptar sistemas de alcantarillado, complementados con plantas de tratamiento de desagüe. Aún cuando se opte por tecnologías simplificadas, como sistemas condominiales de alcantarillado y lagunas de estabilización para el tratamiento de desagües, los costos de inversión y los requerimientos de operación y mantenimiento se incrementan considerablemente.

Las soluciones sin red de recolección, en su mayoría, se limitan a resolver el problema de la disposición de excretas, mientras la recolección con red de tuberías permite además dar una solución a las aguas residuales generadas en todas las actividades domésticas.

La selección de una u otra opción tecnológica debe considerar los siguientes factores:

- Tamaño de la comunidad.
- Dispersión de las viviendas.
- Disponibilidad de agua.
- Recursos disponibles.
- Capacidad de los beneficiarios para la operación y mantenimiento.

4.2.1 Sistemas con recolección en tuberías

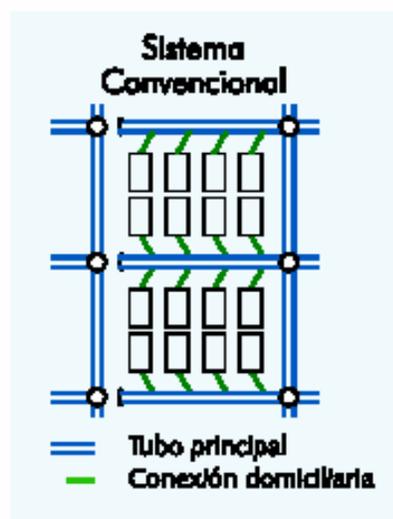
Alcantarillado convencional

En zonas rurales y pequeñas localidades, cuando el número de viviendas aumenta y se reduce la dispersión, y cuando las viviendas están dotadas de unidades sanitarias, es necesario proveer un sistema para recolección de las aguas residuales generadas.

El alcantarillado convencional es el sistema usualmente utilizado en zonas urbanas, siendo también empleado en algunos casos en zonas rurales o pequeñas comunidades.

Es un sistema por arrastre hidráulico, por lo tanto, el sistema de abastecimiento de agua debe prever la dotación de agua suficiente para su funcionamiento adecuado.

Sistema de alcantarillado convencional



La red de alcantarillado se asienta en el centro de las calles a una profundidad mínima de 1.20 m. Las aguas residuales provenientes de los módulos sanitarios son recolectadas en las cajas de registro, de ahí descargan en la red de alcantarillado por medio de las conexiones domiciliarias. El diámetro mínimo de las redes es de 200 mm., excepcionalmente 150 mm., y el de las conexiones domiciliarias, 150 mm.

El alcantarillado convencional solo considera la implantación de la infraestructura, no estando prevista la participación de los beneficiarios en las diferentes etapas de implantación del proyecto. El resultado observado en muchos casos es el poco interés de los beneficiarios por conectarse al sistema.

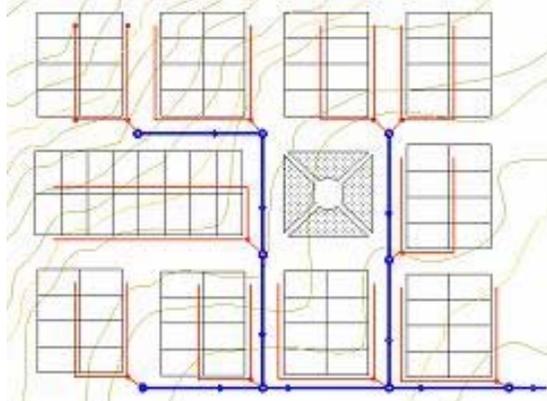
Las aguas servidas recolectadas deben ser conducidas a un sistema de tratamiento antes de la disposición final en el ambiente, para evitar la contaminación. El grado de tratamiento debe ser definido de acuerdo a la disposición final.

Alcantarillado condominial

El sistema de alcantarillado condominial es una propuesta de infraestructura de bajo costo, que considera la integración de aspectos técnicos y sociales en su implementación. Con relación al sistema convencional, el alcantarillado condominial permite un ahorro en los costos de inversión alrededor de 40% y hasta más. Por otro lado, la incorporación del componente social resulta en mayor uso de la infraestructura, garantizando la rentabilidad económica y social para el proyecto.

Desde el punto de vista técnico, el sistema condominial divide la red de alcantarillado en dos componentes: el *ramal condominial* y las *redes públicas*. El ramal condominial atiende a un *condominio* (una manzana o un grupo de viviendas), y consiste en una red de menor diámetro (usualmente 100 mm) asentada en zonas protegidas alrededor de la manzana (veredas o jardines) o al interior de los lotes; como no recibe grandes esfuerzos externos (cargas vehiculares), puede asentarse a menor profundidad. La reducción del diámetro de la tubería y de su profundidad permite ahorros considerables en el costo de ejecución de la obra. Los domicilios se conectan a los ramales condominiales por medio de cajas condominiales por medio de conexiones domiciliarias, que a la vez tienen la función de elemento de inspección para mantenimiento.

Sistema de alcantarillado condominial



Leyenda:

Ramal condominial
Red pública

Los ramales condominiales se conectan a la *red pública* en un solo punto, quedando definido de esa manera el *condominio* como una unidad de atención al usuario. La red pública conduce los desagües hasta el *sistema de tratamiento de desagües* previo a su disposición final.¹⁰

**Características técnicas – sistemas convencional y condominial
(cuadro comparativo)**

Convencional	Condominial
Constituido por redes y conexiones domiciliarias. La unidad de atención es cada conexión.	Constituido por ramales condominiales y red principal. La unidad de atención es el condominio.
Diámetro mínimo de redes colectoras: 200 mm; excepcionalmente de 150 mm. Conexión domiciliaria: 150 mm.	Diámetro mínimo de los ramales condominiales: 100 mm.; de redes públicas: 150 mm.
Trazado de las redes de alcantarillado: por los ejes de las pistas, recubrimiento mínimo 1,20 m por la carga vehicular que soportan.	Los ramales condominiales se extienden en zonas protegidas, como veredas, jardines, etc. Por estar más protegidas pueden asentarse a menores profundidades (recubrimiento mínimo 0,30 m ó 0,60 según ubicación).
Las redes siguen el trazado de las calles. Hay poca flexibilidad para los casos de ocupación desordenada o topografías accidentadas.	Mayor flexibilidad en el trazado de los ramales condominiales, principalmente en zonas de ocupación desordenada y accidentadas.
Elementos de inspección (buzones) grandes y de elevado costo de construcción.	Elementos de inspección livianos, posibilidad de ser pre-fabricados, facilita la ejecución de la obra en menor tiempo.
Las redes conforman una sola unidad, en casos de problemas todo el sistema queda afectado.	Los ramales condominiales son independientes, en la ocurrencia de problemas estos se quedan restringidos al condominio.

El componente social busca incorporar a los futuros usuarios en todas las etapas del proyecto, desde la definición de la ubicación del ramal hasta el tipo de gestión a ser implementado. Estas decisiones se toman tanto a nivel individual (ubicación de las instalaciones intradomiciliarias y su conexión al ramal condominial) como a nivel colectivo (la ubicación del ramal y el tipo de gestión a implementar). El resultado observado es el mejor funcionamiento y utilización de la infraestructura construida.

¹⁰ Lampoglia, T.C., Mendonça, S.R. (2006) Alcantarillado Condominial - Una Estrategia de Saneamiento para Alcanzar los Objetivos del Milenio. CEPIS/OPS – OMS. Lima, Perú

**Participación social – Sistemas convencional y condominial
(cuadro comparativo)**

Convencional	Condominial
Es un proyecto de infraestructura. La participación social no es parte del proyecto.	El sistema condominial agrega el componente social a todas las etapas del proyecto.
Se limita a la instalación de una infraestructura de saneamiento exterior a la vivienda. No hay intervención del proyecto en la promoción para la implementación de las conexiones intradomiciliarias.	Su implementación considera la promoción para las instalaciones intradomiciliarias. En algunos casos, es obligatorio tener la instalación intradomiciliaria para poder conectarse al sistema.
El proyecto de un sistema convencional no considera la educación sanitaria a los usuarios.	La educación sanitaria del usuario es parte del componente social de los sistemas condominiales y está dirigida principalmente al buen uso de los sistemas.

**Mantenimiento – Sistemas convencional y condominial
(cuadro comparativo)**

Convencional	Condominial
Normalmente se limita a actividades correctivas. La mayoría de las veces la causa de los atoros es la disposición de residuos sólidos. Los usuarios confunden el tamaño de las redes con el tamaño de los sólidos que pueden ser arrojados en su interior, lo que resulta en atoros en el sistema.	Se enfoca en actividades preventivas; la promoción social y la educación sanitaria como partes del proyecto favorecen el uso correcto del sistema y fomentan su buena utilización.
Requiere equipos pesados y de costo elevado. Tienen mayor dificultad de desplazamiento en zonas de tráfico intenso y no pueden moverse en zonas de urbanización desordenada o topografía accidentada.	Utiliza equipos de menor porte y menor costo. Circulan más fácilmente en zonas urbanas de tráfico intenso o zonas de difícil acceso.
Todas las actividades de mantenimiento las realiza la organización responsable por los servicios.	Todas las actividades de mantenimiento las realiza la organización responsable por los servicios. La participación del usuario en el mantenimiento de los ramales condominiales es opcional.

**Costos - Sistemas convencional y condominial
(cuadro comparativo)**

Convencional	Condominial
Utiliza tuberías de mayores diámetros asentadas a mayores profundidades, requiriendo más inversiones en excavación y materiales.	Utiliza tuberías de menores diámetros asentadas a menores profundidades; por lo tanto, los requerimientos de excavación son menores y se reducen las inversiones en materiales.
Los elementos de inspección son mayores y de costo más elevado.	Los elementos de inspección son menores y de costos más reducidos. Pueden ser prefabricados y facilitan el control de calidad y la ejecución de la obra.
Requiere equipos pesados y de costo elevado.	Utiliza equipos de menor dimensión y menor costo.

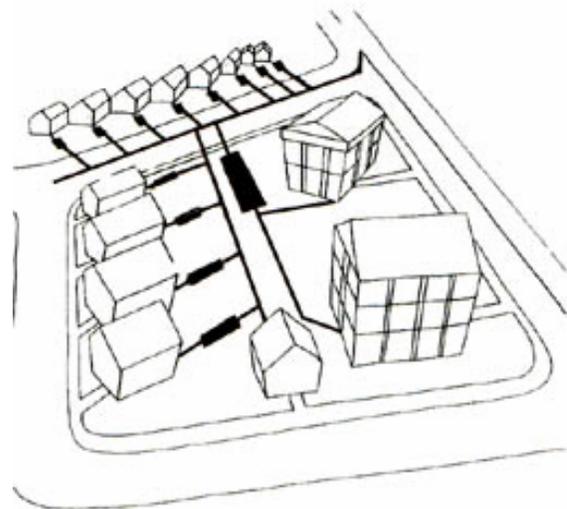
Alcantarillado de pequeño diámetro

En el sistema de alcantarillado de pequeño diámetro, las aguas residuales son previamente sedimentadas en un tanque séptico unifamiliar, instalado a la salida de la caja de registro. La descarga del tanque se conecta a la red de alcantarillado, que tiene un diámetro mínimo de 100 mm.

El diseño de este sistema resulta más económico que el convencional. Cuando los tanques sépticos están situados en la parte trasera de las propiedades, los colectores pueden ser asentados en áreas protegidas, a menores profundidades, reduciéndose aún más el costo del sistema.

Como se efectúa la remoción de sólidos previamente a la descarga a la red de alcantarillado, los requerimientos de mantenimiento se reducen significativamente en la red. La reducción de la carga orgánica en el desagüe recolectado también se reflejará en una economía en el sistema de tratamiento.

Alcantarillado de pequeño diámetro



Sin embargo, es necesario prever la limpieza y el mantenimiento periódico de los tanques sépticos, la que estará a cargo de cada usuario.

4.2.2 Tratamiento en tuberías de desagües

Biofiltros

El biofiltro es un humedal artificial de flujo superficial o subterráneo sembrado con plantas de pantano en la superficie del lecho filtrante, por donde las aguas residuales pre tratadas fluyen en forma horizontal o vertical.

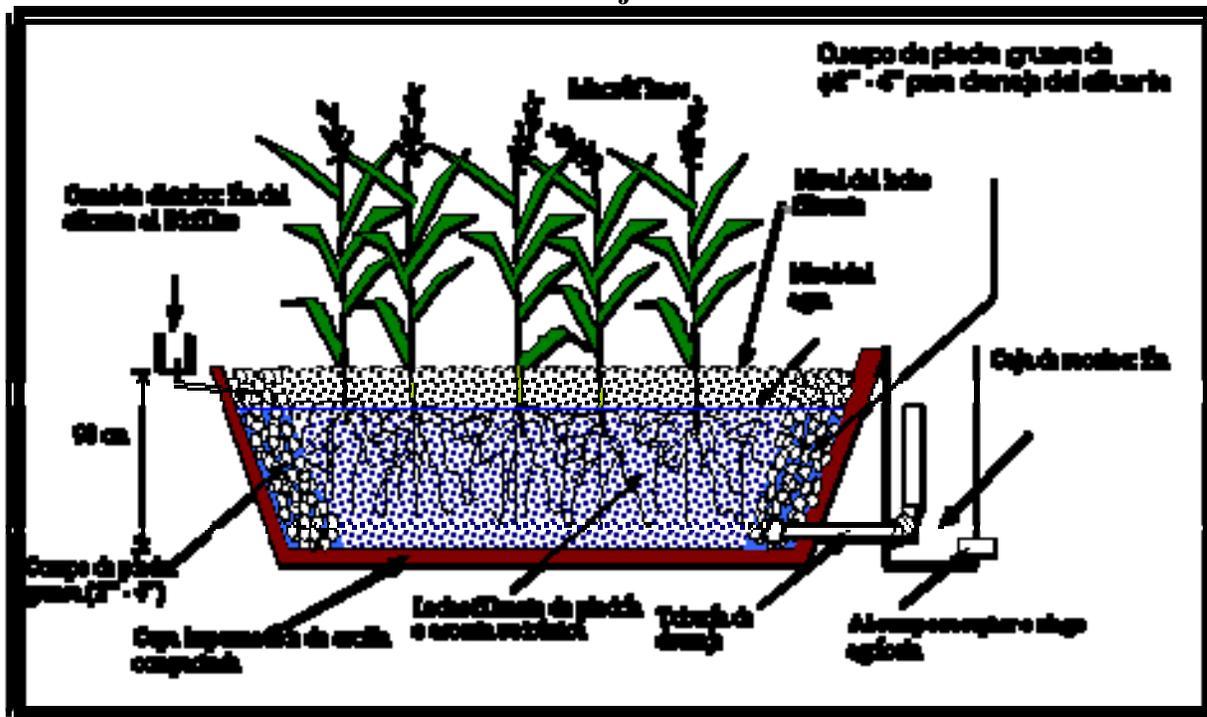
Durante su paso a través de las diferentes zonas del lecho filtrante, el agua residual es depurada por la acción de microorganismos que se adhieren a la superficie, y por otros procesos físicos como la filtración y la sedimentación.

El desagüe afluente al biofiltro debe pasar por un pre tratamiento, usualmente un desarenador y un tanque Imhoff.

El efluente del biofiltro, cuando bien operado, normalmente es adecuado para disposición final en el ambiente o el reuso para riego en una gran variedad de productos agrícolas. El tratamiento en biofiltros resulta en elevada remoción de microorganismos.

El área superficial requerida para el biofiltro está situada entre 1.5 y 5 m² por habitante. Usualmente, los biofiltros son utilizados para poblaciones hasta 10.000 habitantes.

Biofiltro de flujo horizontal



El costo de construcción está directamente relacionado a la disponibilidad de terreno y a la disponibilidad de materiales para el lecho filtrante e impermeabilización.

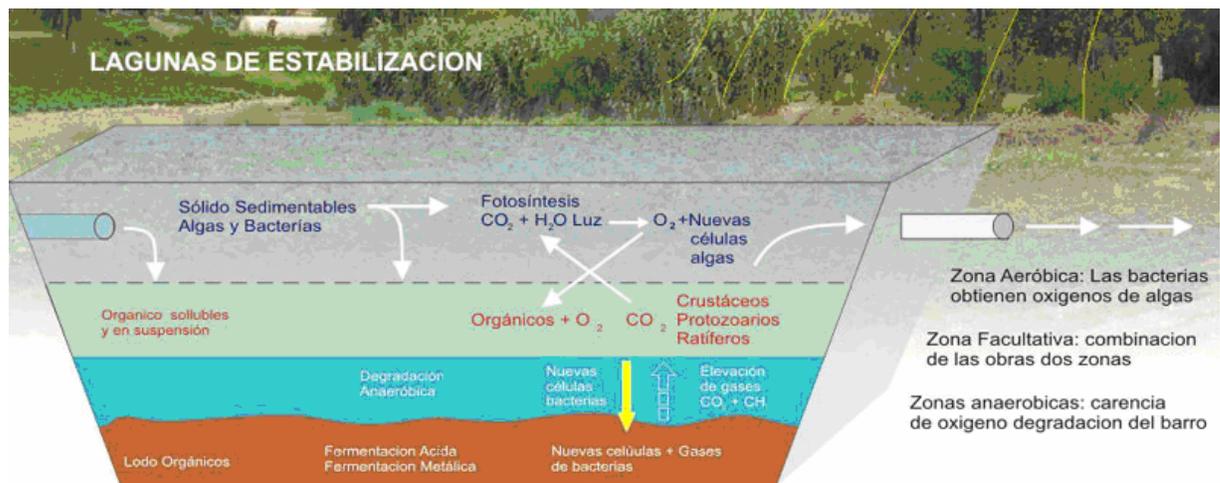
Aún cuando los requerimientos de operación y mantenimiento son bajos, es fundamental que estas tareas se ejecuten de acuerdo a lo planificado para garantizar el buen funcionamiento del sistema. Periódicamente será necesario efectuar el corte de las plantas, la limpieza de la superficie del filtro o el cambio del material filtrante.

Lagunas de estabilización

Las lagunas de estabilización son el proceso de tratamiento de desagües más comúnmente utilizado para pequeñas comunidades.

Es un proceso de estabilización natural, que consiste en mantener el desagüe en las lagunas por un período de retención suficientemente elevado hasta lograr la estabilización de la materia orgánica, a través de la actividad bacteriana. Un sistema de lagunas de estabilización opera bajo condiciones totalmente naturales.

De acuerdo a sus condiciones de operación, las lagunas pueden ser anaerobias, aerobias o facultativas.



En las lagunas anaerobias predominan los procesos anaeróbicos. La materia orgánica presente en el desagüe afluente es descompuesta por los microorganismos presentes generando ácidos orgánicos, metano y gas carbónico. El grado de tratamiento obtenido es equivalente al tratamiento primario.

En las lagunas facultativas se desarrollan condiciones anaerobias en el fondo y aerobias en la parte superior. Los microorganismos aerobios se desarrollan utilizando el oxígeno generado por las algas presentes en la laguna. Las bacterias presentes en las lagunas metabolizan la materia orgánica presente (disuelta, coloidal y en suspensión) produciendo CO₂. Las algas metabolizan el CO₂ en materia celular y liberan oxígeno, que será utilizado por las bacterias en el proceso de estabilización de la materia orgánica. Los sólidos en suspensión se depositan en el fondo formando una camada anaerobia. El efluente tratado contiene una gran cantidad de algas.

Cuando se requiere una alta remoción de microorganismos, se utilizan las lagunas de maduración. El efecto bactericida en las lagunas de maduración se debe a:

- decaimiento natural
- radiación ultravioleta
- temperaturas elevadas
- baja disponibilidad de alimentos y nutrientes
- alto pH

A pesar de su simplicidad, las lagunas de estabilización requieren un mínimo de operación y mantenimiento. Para garantizar el buen funcionamiento, es necesario remover la materia flotante de las lagunas facultativas, retirar las malezas que crezcan en los taludes y eliminar la vegetación en el interior de los estanques. En casos de sobrecarga y mal funcionamiento, es necesario desviar el desagüe de la laguna hasta su recuperación. En cuanto al mantenimiento, los lodos acumulados en el fondo de las lagunas deben ser removidos periódicamente. La limpieza se efectúa retirando la laguna de operación, drenando su contenido y secando el lodo antes de su remoción. Durante estos períodos, el desagüe debe ser desviado a otra unidad.

El efluente tratado de las lagunas facultativas presenta un elevado contenido de nutrientes y puede ser reutilizado en agricultura en cultivos específicos de acuerdo a la concentración de coliformes en el efluente final.

4.2.3 Sistemas sin red de tuberías de recolección

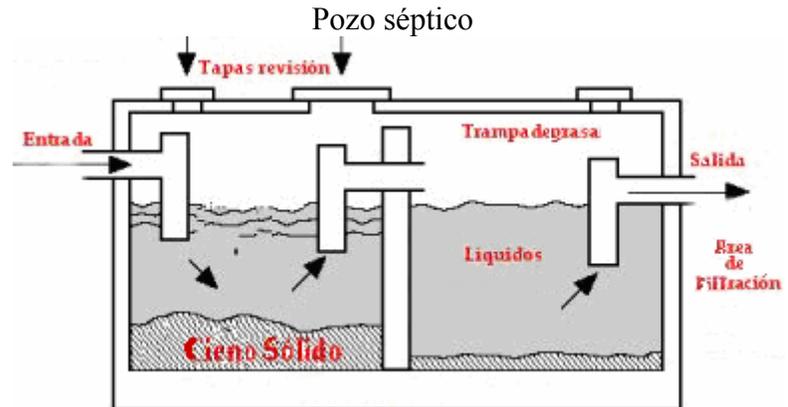
Unidades sanitarias y pozos sépticos

El sistema es adecuado para viviendas con conexiones domiciliarias cuando el suelo es permeable y no sujeto a inundaciones.

Las unidades sanitarias están conformadas por duchas, lavaderos e inodoro. Cuando se instalan esas unidades, las aguas residuales generadas deben ser tratadas antes de la disposición al ambiente. El tratamiento puede ser en unidades unifamiliares o multifamiliares.

Un sistema muy común para tratar aguas residuales, tanto en zonas rurales, como urbanas (cada vez menos) es la fosa séptica o pozo séptico, a veces unido con un sistema de filtración añadido.

Pueden ser contruidos para recibir los desagües de una o más viviendas.



Las fosas sépticas quitan materia sólida por decantación, al detener agua residual en el tanque, que permite que se hundan los sedimentos y que flote la capa de impurezas. Para que esta separación ocurra, agua residual debe detenerse en el tanque por un mínimo de 24 horas.

Luego el agua sale de la cámara para infiltración en el suelo mediante un sistema de absorción, o un sistema de filtración que puede ser una red de riego para cultivos de tallos altos o para sembríos no comestibles, como el grass de una cancha de fútbol.

Dentro del pozo séptico, hasta el 50 por ciento de los sólidos retenidos en el tanque se descomponen. La materia sólida restante se acumula en el tanque. No se necesitan aditivos biológicos ni químicos para ayudar o acelerar la descomposición.

El cieno continúa acumulándose en el fondo de la fosa séptica mientras se usa el sistema séptico, sin ningún tipo de intervención. Los pozos diseñados debidamente cuentan con espacio seguro para la acumulación de al menos, tres años de cieno. Cuando el nivel del cieno sobrepasa este punto, las aguas negras tienen menos tiempo para separar la materia sólida del agua antes de salir del tanque, por lo que el proceso deja de realizarse con eficacia. Si el cieno se acumula durante demasiado tiempo, no ocurre ninguna separación de materia sólida del agua y aguas negras entran directamente en el área de filtración. Para prevenir esto, el tanque tiene que ser vaciado de cieno, normalmente con una bomba de un vehículo especial para el vaciado de Pozos Sépticos.

Una Norma Municipal Importante:
Ningún poblador debe entrar al interior de un pozo septico
Conviene que la limpieza se haga debidamente supervisada.

Es muy recomendable contratar a una empresa especializada, que vacíe el pozo mediante bombeo. Para sacar todo el material del pozo, se tiene que dispersar la capa de impurezas y

mezclar las capas de cieno con la parte líquida del tanque, para facilitar su vaciado lo más completo posible. Por lo usual esto se logra alternativamente sacando el agua del tanque con una bomba y reinyectándola, a presión, en el fondo del tanque. La fosa séptica debe limpiarse a través de la boca central de acceso y no por los portillos de inspección de los desviadores., ya que esto puede dañar los desviadores internos del pozo, fundamentales para su buen funcionamiento.

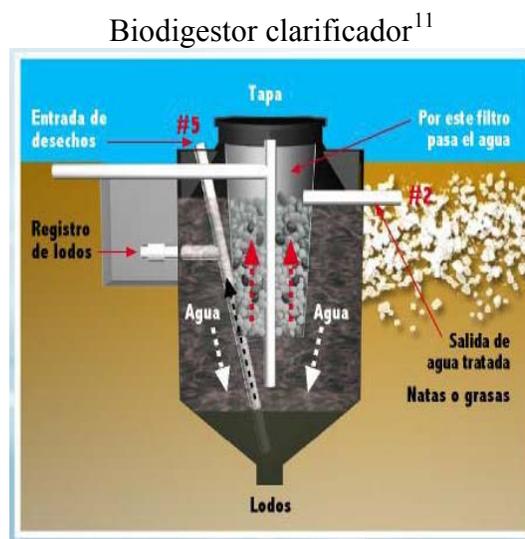
Baños ecológicos con biodigestor

Este sistema considera la construcción de un módulo sanitario, con un biodigestor y zanja de infiltración para el tratamiento de las aguas residuales producidas.

El módulo sanitario consiste en la construcción de un ambiente en ladrillo con piso de concreto y la instalación de un inodoro, un lavadero, un lavamanos multiuso y una ducha, abastecidos por un tanque de agua de 250 litros, instalado en el techo de esa construcción.

Las aguas residuales generadas son conducidas a un biodigestor pre-fabricado con capacidad de 600 litros y posteriormente transferidas a una zanja de infiltración.

Los desagües provenientes del módulo sanitario ingresan a través de una tubería al fondo del biodigestor. La materia orgánica más pesada se acumula en el fondo, donde se degrada por proceso anaerobio. Las grasas se acumulan en la superficie, y la fase líquida pasa por un filtro y de ahí descargada al medio ambiente a través de las zanjas de infiltración.



Periódicamente, los lodos acumulados en el fondo deben ser removidos. Para tal, se abre la válvula de descarga de lodos, permitiendo que el lodo fluya por gravedad. Se recomienda también efectuar la limpieza del filtro con agua, cada vez que se realice la extracción de lodos.

Estos sistemas han sido utilizados masivamente en México y Cuba, y actualmente se viene empleando en Perú, en escala piloto.

¹¹ Sistema implantado por SER en Pachacútec, Lima.

Letrinas de hoyo seco ventilado

Consiste en un hoyo excavado para la acumulación de las heces, cubierto con una losa sanitaria. Todo el conjunto está protegido por una caseta. La función de la losa es aislar el pozo y también soportar la caseta, el tubo de ventilación y el usuario. Generalmente está fabricada en hormigón armado. Su dimensión usual es de 1 m². La losa cuenta con dos orificios, uno para la disposición de las excretas y otro donde se inserta un tubo de ventilación. El agujero para disposición de excretas no debe ser muy grande, para evitar la caída de un niño.

La ventilación del pozo ayuda a reducir los olores y la presencia de moscas. El tubo de ventilación debe estar protegido por una malla en la parte superior. La necesidad de revestimiento del hoyo excavado dependerá de la característica del terreno. En terrenos inestables, las paredes verticales del hoyo deben ser protegidas con otros materiales para evitar su desmoronamiento.

La caseta tiene la función de proporcionar privacidad al usuario y evitar el ingreso de animales. Para su construcción, deberán ser utilizados materiales de la zona.

Deben ser instaladas en zonas libres de inundación, manteniéndose una distancia mínima de las fuentes de agua.

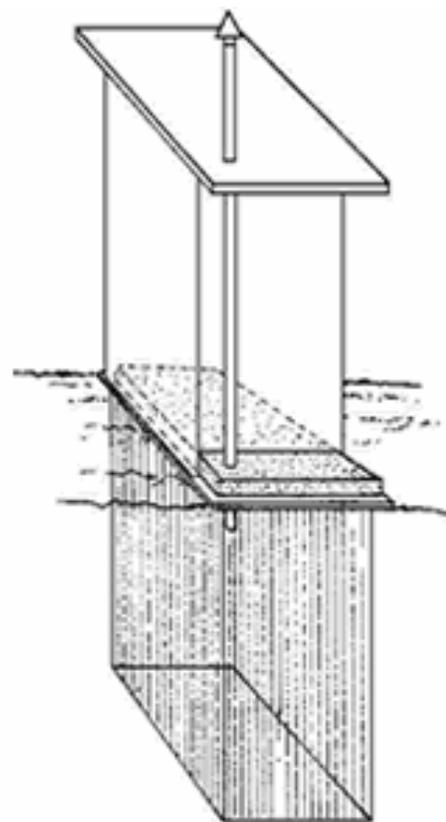
El tamaño del pozo dependerá de la vida útil prevista para la letrina. Cuando el pozo se encuentre lleno hasta aproximadamente 75 % de su profundidad, será necesario cavar otro hoyo, trasladándose la losa, la caseta y el tubo de ventilación.

Las excretas acumuladas en el primer foso pueden ser utilizadas como abono, luego de un período de digestión de aproximadamente un año.

En terrenos con declive, la letrina deberá ubicarse en la parte más alta. Se deben evitar lugares que se inundan en época de lluvias.

La distancia mínima entre la letrina y alguna fuente de agua será:

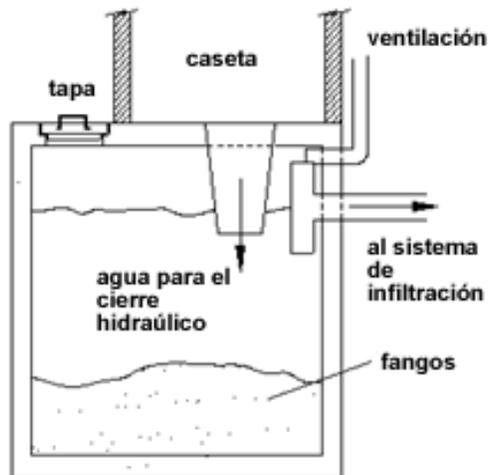
- 15.0 m en forma horizontal
- 1.5 m del fondo del foso al nivel freático



Letrina de hoyo seco ventilado

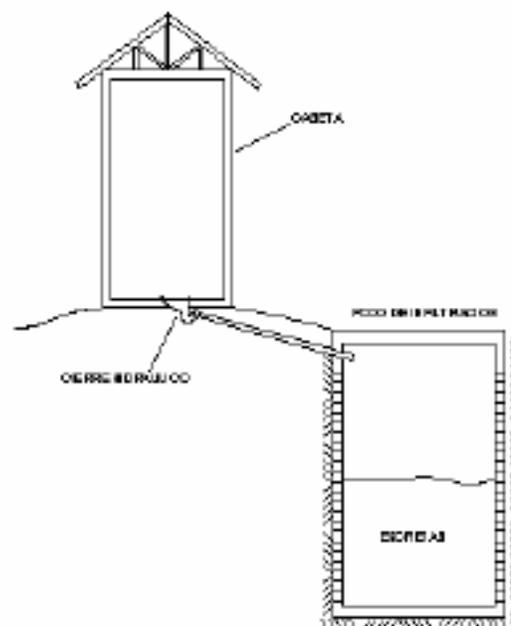
Letrinas de pozo anegado

En estas unidades, las excretas son conducidas por un ducto de defecación directamente a un tanque lleno de agua, donde se procesa la digestión húmeda. El extremo del ducto debe estar inmerso en el agua de 10 a 15 cm., formando un cierre hidráulico para evitar la proliferación de olores. El arrastre de las heces se realiza con ayuda de agua, que también sirve para mantener el nivel dentro del tanque. Un tubo de rebose conduce el líquido excedente a un pozo o zanja de percolación. Periódicamente, los sólidos acumulados en el tanque deben ser removidos y adecuadamente dispuestos.



Letrinas de cierre hidráulico

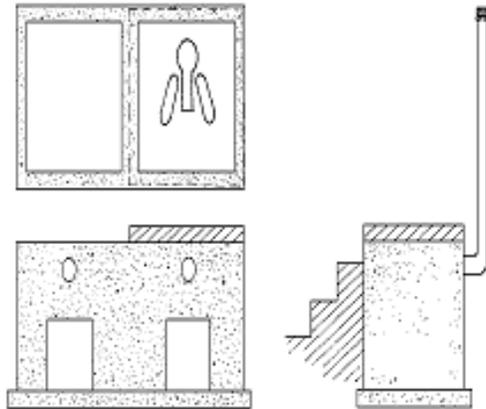
La letrina de cierre hidráulico es similar a la anterior, con la diferencia que la losa cuenta con un aparato sanitario dotado de un sifón. El pozo de digestión puede estar desplazado con relación a la caseta, conectándose los dos a través de un tubo. En este caso la taza puede estar apoyada directamente en el suelo y ubicada en el interior de la vivienda. La cantidad de agua necesaria para el arrastre de las heces depende del tipo tubo y de la ubicación del tanque, variando entre uno y tres litros.



Letrinas composteras

La letrina compostera está formada por dos cámaras impermeables e independientes, cada cámara con volumen de 1 m³ aproximadamente. Ahí se depositarán solo las heces, utilizándose una cámara a la vez. Se adiciona cal, cenizas o tierra, para promover el secado y minimizar los olores.

Cuando la primera cámara esté llena a aproximadamente dos tercios de su capacidad, debe ser completada con tierra, pasándose a utilizar la segunda cámara. El contenido de la primera cámara podrá ser utilizado como abono, luego del tiempo requerido para su estabilización.



La taza debe permitir separar la orina de las heces, para minimizar el contenido de humedad y facilitar el deshidratado de las heces. La orina es recolectada a parte, para ser utilizada como fertilizante.

4.3 El mantenimiento de los sistemas de saneamiento

El mantenimiento en los sistemas de saneamiento es necesario para mantener el sistema operando en buenas condiciones, sin insectos, olores u otras incomodidades.

Los responsables por el mantenimiento de los sistemas de saneamiento deben contar con las herramientas necesarias para las tareas que se van a ejecutar. Como los desagües contienen gérmenes patógenos, es fundamental que los operadores dispongan de los elementos de protección requeridos para evitar la contaminación.

4.3.1 El mantenimiento de sistemas de alcantarillado convencional

El siguiente cuadro presenta las tareas recomendadas para el mantenimiento de redes de alcantarillado convencional.

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA		
	Mensual	Semestral	Anual
Actividades de mantenimiento preventivo			
Red colectora			
Limpieza de redes de baja pendiente y zonas de atoro frecuente		X	
Inspección del estado de la red		X	
Identificación de conexiones clandestinas de aguas pluviales		X	
Limpieza preventiva total de las redes			X
Buzones			
Limpieza de buzones		X	
Actividades de mantenimiento correctivo	según requerimiento		

Fuente: Adaptado de PROAGUA/GTZ (2006)

Elaboración propia

Es necesario un cuidado especial para ingresar a los buzones u otras estructuras, ya que la presencia de gases tóxicos en esas unidades puede provocar accidentes fatales¹².

4.3.2 El mantenimiento de sistemas de alcantarillado condominial

El mantenimiento de los sistemas condominiales está basado principalmente en una estrategia de mantenimiento preventivo, donde la participación de los usuarios es esencial¹³. El usuario debe cuidar las instalaciones intradomiciliarias, evitando la descarga de residuos sólidos u otros desechos que puedan causar obstrucciones. También está vedada la descarga de aguas pluviales en el sistema, que sobrecargan los ramales provocando obstrucciones.

Las actividades de mantenimiento preventivo recomendadas son:

- Inspecciones periódicas de redes y ramales condominiales.
- Inspecciones periódicas para detectar conexiones clandestinas de aguas pluviales.
- Talleres de educación sanitaria reforzando el tema de buen uso de los sistemas.

El mantenimiento correctivo se realizará según los requerimientos. El cuadro a continuación presenta las frecuencias de mantenimiento recomendadas para sistemas condominiales.

Tipo de mantenimiento	Responsable	Frecuencia de Inspección
Preventivo intradomiciliario	Usuario	Semanal
Preventivo – ramales condominiales	Usuario – condominio	Mensual
Correctivo – ramales condominiales	Operador local	Según requerimiento
Correctivo – redes públicas	Operador local	Según requerimiento

Fuente: Adaptado de Lampoglia, T.C., Neder, K.D. (2003)

Elaboración propia

¹² PROAGUA/GTZ (2006). Operación y Mantenimiento de Sistemas de Agua y Saneamiento – Compendio de Manuales. Lima, Perú

¹³ Lampoglia, T.C., Neder, K.D. (2003) Guía de Implantación de la Tecnología Condominial por una Empresa de Saneamiento. PROAGUA/GTZ. Lima, Perú.

4.3.3 Mantenimiento de letrinas

Para letrinas de hoyo seco ventilado

Las letrinas deben ser mantenidas en buen estado, a fin de evitar la presencia de moscas y olores desagradables.

El control rutinario del estado de la letrina debe incluir las siguientes actividades:

- Verificar que las puertas, techo y paredes se encuentre en buen estado, haciendo las reparaciones de ser necesario.
- Mantener el aseo interno en la caseta, evitando la presencia de suciedad.
- Para controlar olores, cuando se generen, se recomienda agregar 200 grs. de estiércol todos los días, hasta que se eliminen los olores. De no ser posible, puede agregarse ceniza o cal, o una mezcla de ambos, para neutralizar el olor.
- Verificar que el tubo de ventilación esté con malla para evitar el ingreso de insectos. Además, debe estar protegido del ingreso de aguas de lluvia.
- Cuando en nivel de excretas en la letrina alcanzar el 75% de la profundidad del foso, será necesario trasladar la letrina a otro local. Para eso, se cavará otro foso, trasladándose la losa, la caseta y el tubo de ventilación. El foso anterior deberá ser clausurado, agregando primero una capa de cal y luego tierra hasta el nivel del terreno.

Para letrinas con arrastre hidráulico

El mantenimiento de estas letrinas es más complejo que el de las letrinas de hoyo seco.

Debe estar disponible en la caseta un envase con agua de lavado. Después de cada uso, se agrega agua al hoyo, evitando la formación de malos olores y la presencia de moscas. El hoyo de la losa debe permanecer tapado. La letrina debe mantenerse limpia, para eso se recomienda una vez a la semana efectuar la limpieza de la losa.

Periódicamente se debe examinar la letrina, para identificar daños, reparando lo que sea necesario. En letrinas húmedas con descarga directa al pozo, se debe verificar, una vez al año, el espesor de lodos, para determinar si necesita limpieza. Cuando se identifique la necesidad de limpieza, ésta deberá ser efectuada a la brevedad, evitando problemas de arrastre del lodo al pozo de percolación.

5 Control y vigilancia de la calidad del agua

El agua puede contener impurezas o microorganismos que provocan enfermedades por su consumo. Los estándares de calidad establecidos en la legislación correspondiente buscan definir límites que reduzcan el riesgo de contraer dichas enfermedades. Para que el resultado sea efectivo, es necesaria una verificación periódica permanente de que el agua cumple con los estándares de calidad definidos. Esa verificación se realiza a través de dos mecanismos: la vigilancia y el control de la calidad.

La vigilancia de la calidad del agua es el conjunto de acciones adoptadas por la autoridad sanitaria competente para evaluar el riesgo que representa a la salud pública la calidad del agua suministrada por los sistemas públicos y privados de abastecimiento de agua, así como valorar el grado de cumplimiento de la legislación vinculada con la calidad del agua¹⁴.

Los componentes de la vigilancia de la calidad del agua son:

- La correlación de la calidad física, química y microbiológica del agua con las enfermedades de origen hídrico, a fin de determinar el impacto en la salud;
- El examen permanente y sistemático de la información sobre la calidad del agua para corroborar la atención a los reglamentos establecidos.

Los programas de vigilancia de la calidad del agua apoyan a la autoridad sanitaria en el establecimiento de los valores límites de las diferentes impurezas que pueden estar presentes en el agua en las condiciones específicas locales, sin causar daño a los consumidores.

Por otro lado, el control de la calidad del agua corresponde a las acciones tomadas por el responsable por la producción y distribución del agua de consumo humano para garantizar que el agua cumpla con los estándares vigentes. Estas acciones incluyen la adecuada operación del sistema, la inspección periódica para evaluar los riesgos de contaminación, el mantenimiento preventivo y correctivo de las unidades del sistema, la desinfección, el muestreo y análisis del agua para verificar la calidad esperada, así mismo la implementación de las medidas correctivas cuando se identifique un problema.

En resumen, el control de la calidad lo debe realizar el abastecedor del agua potable, mientras que la vigilancia la realiza una institución independiente, por lo general la autoridad sanitaria correspondiente.

Caracterización de los sistemas de abastecimiento de agua basados en la conformidad y metas de seguridad¹⁵

Calidad del sistema de agua	% de muestras negativas para E. Coli		
	Tamaño de la población		
	< 5,000	5,000 – 100,000	> 100,000
Excelente	90	95	99
Bueno	80	90	95
Regular	70	85	90
Pobre	60	80	85

¹⁴ Rojas, Ricardo (2002). Guía para la Vigilancia y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano. CEPIS – OPS. Lima, Perú

¹⁵ WORLD HEALTH ORGANIZATION (2006). Guidelines for Drinking-water Quality. First Addendum to Third Edition. Vol 1 Recommendations.

Fuente: WORLD HEALTH ORGANIZATION (2006).

Elaboración propia

En el caso de sistemas rurales o pequeñas comunidades, donde los servicios de abastecimiento de agua son administrados a través de la propia comunidad, los programas de control y vigilancia de la calidad del agua tienen varias restricciones.

- Por un lado, la limitada capacidad de los responsables por el servicio de abastecimiento para cumplir con el control de la calidad, demandará una mayor vigilancia por la autoridad competente, tanto para verificar el funcionamiento de los sistemas como para efectuar las recomendaciones necesarias para el mejoramiento de la calidad.
- Por otro lado, debido al elevado número de comunidades y su dispersión, el aumento en la vigilancia significa un incremento significativo en el costo del programa. Adicionalmente, en estos sistemas es que se observan los mayores problemas de calidad del agua.

Por tales motivos, es importante construir un programa de vigilancia que no sólo esté dirigido a recoger la información sobre la situación existente, sino que principalmente apoye a las comunidades con las recomendaciones pertinentes para la superación de los problemas identificados y el mejoramiento de la calidad del agua.

Estos programas deben considerar la evaluación del funcionamiento del sistema, así como aspectos institucionales y de la comunidad. Dentro de la evaluación del sistema, las actividades a desarrollar incluyen

- la inspección sanitaria de fuentes,
- la eficacia del sistema de tratamiento, almacenamiento, desinfección y distribución del agua,
- los respectivos análisis del agua y
- la identificación de los riesgos de contaminación en todos los componentes del sistema.

El resultado debe ser reportado a los responsables por la administración y operación del sistema, indicando también las acciones correctivas a ser implementadas.

Asimismo es importante considerar las condiciones locales de la comunidad y los hábitos de higiene, para lo cual se realizarán visitas domiciliarias para conocer las condiciones de las instalaciones internas, almacenamiento intradomiciliario del agua, etc. De ser necesario, deben ser previstas actividades de educación sanitaria y promoción social.

La participación del municipio local en ese proceso es importante, ya que la capacidad de la autoridad sanitaria en muchos casos es limitada.

ORIENTACIONES SOBRE AGUA Y SANEAMIENTO PARA ZONAS RURALES

Índice

1	EL AGUA Y SANEAMIENTO EN LAS ZONAS RURALES	2			
1.1	El reto en América Latina y el Caribe.....	2		2.4	Métodos de aforo
1.1.1	Acceso al agua	2		2.4.1	Método volumétrico
1.1.2	Cobertura de saneamiento	3		2.4.2	Método de velocidad – área
1.1.3	Evaluación del avance	3		2.4.3	Método de vertedero y canaletas
1.1.4	Requerimientos	3		2.4.4	Aforo con trazadores
1.2	La respuesta sanitaria	4		2.4.5	Aforo con correntómetro
1.2.1	Complejidad de los problemas.....	4			
1.2.2	Líneas de acción	5			
1.2.3	Factores de sostenibilidad.....	5			
2	FUENTES DE AGUA Y MÉTODOS DE AFORO.....	5		3	PRINCIPALES SISTEMAS RURALES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
2.1	Tipos de fuentes	5		3.1	Niveles de servicio en abastecimiento de agua
2.1.1	Fuentes subterráneas.....	6		3.1.1	Público o multifamiliar.....
2.1.2	Fuentes superficiales.....	6		3.1.2	Conexión domiciliaria o familiar
2.2	Calidad del agua en la fuente.....	7		3.2	Opciones tecnológicas en abastecimiento de agua
2.2.1	Calidad requerida para que sea potable	7		3.2.1	Sistemas convencionales de abastecimiento de agua.....
2.2.2	Límites de tolerancia	7		•	GST: Sistema de abastecimiento por gravedad sin tratamiento
2.3	La protección de las fuentes....	10		•	GCT: Sistema de abastecimiento por gravedad con tratamiento
2.3.1	Formas de contaminación de agua.....	11		•	BST: Sistema de abastecimiento por bombeo sin tratamiento
•	Formas puntuales	11		•	BCT: Sistema de abastecimiento por bombeo con tratamiento
•	Formas no puntuales	11			
2.3.2	Prácticas de protección	12			

3.2.2	Posibles tratamientos de agua en los sistemas convencionales.....	23	4.2.1	Sistemas con recolección en tuberías	37
	• Filtro lento de arena	23		• Alcantarillado convencional	37
	• Filtro rápido	24		• Alcantarillado condominial	38
	• Tratamiento químico.....	26		• Alcantarillado de pequeño diámetro	41
	• Desinfección	26	4.2.2	Tratamiento en tuberías de desagües.....	42
3.2.3	Sistemas no convencionales de abastecimiento de agua	27		• Biofiltros.....	42
	• Captación de agua de lluvia.....	27		• Lagunas de estabilización.....	43
	• Pozos con bombas manuales	27	4.2.3	Sistemas sin red de tuberías de recolección.....	44
	• Manantiales con protección de vertiente	28		• Unidades sanitarias y pozos sépticos	44
3.3	La operación y el mantenimiento de los sistemas convencionales de agua potable	28		• Baños ecológicos con biodigestor	46
3.4	Tratamiento intradomiciliario del agua.....	33		• Letrinas de hoyo seco ventilado	47
3.4.1	Remoción de turbiedad.....	33		• Letrinas de pozo anegado	48
	• Filtro lento de arena a nivel domiciliario.....	33		• Letrinas de cierre hidráulico	48
	• Filtros de mesa.....	34		• Letrinas composteras	48
3.4.2	Desinfección	34	4.3	El mantenimiento de los sistemas de saneamiento.....	49
	• Desinfección solar del agua	34	4.3.1	El mantenimiento de sistemas de alcantarillado convencional.....	49
	• Destiladores solares	35	4.3.2	El mantenimiento de sistemas de alcantarillado condominial....	50
	• Ebullición.....	35	4.3.3	Mantenimiento de letrinas	51
3.4.3	Productos químicos.....	35		• Para letrinas de hoyo seco ventilado	51
				• Para letrinas con arrastre hidráulico	51
4	PRINCIPALES SISTEMAS RURALES DE SANEAMIENTO	36	5	CONTROL Y VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA.....	51
4.1	Niveles de servicio en saneamiento	36			
4.2	Opciones tecnológicas en saneamiento	36			