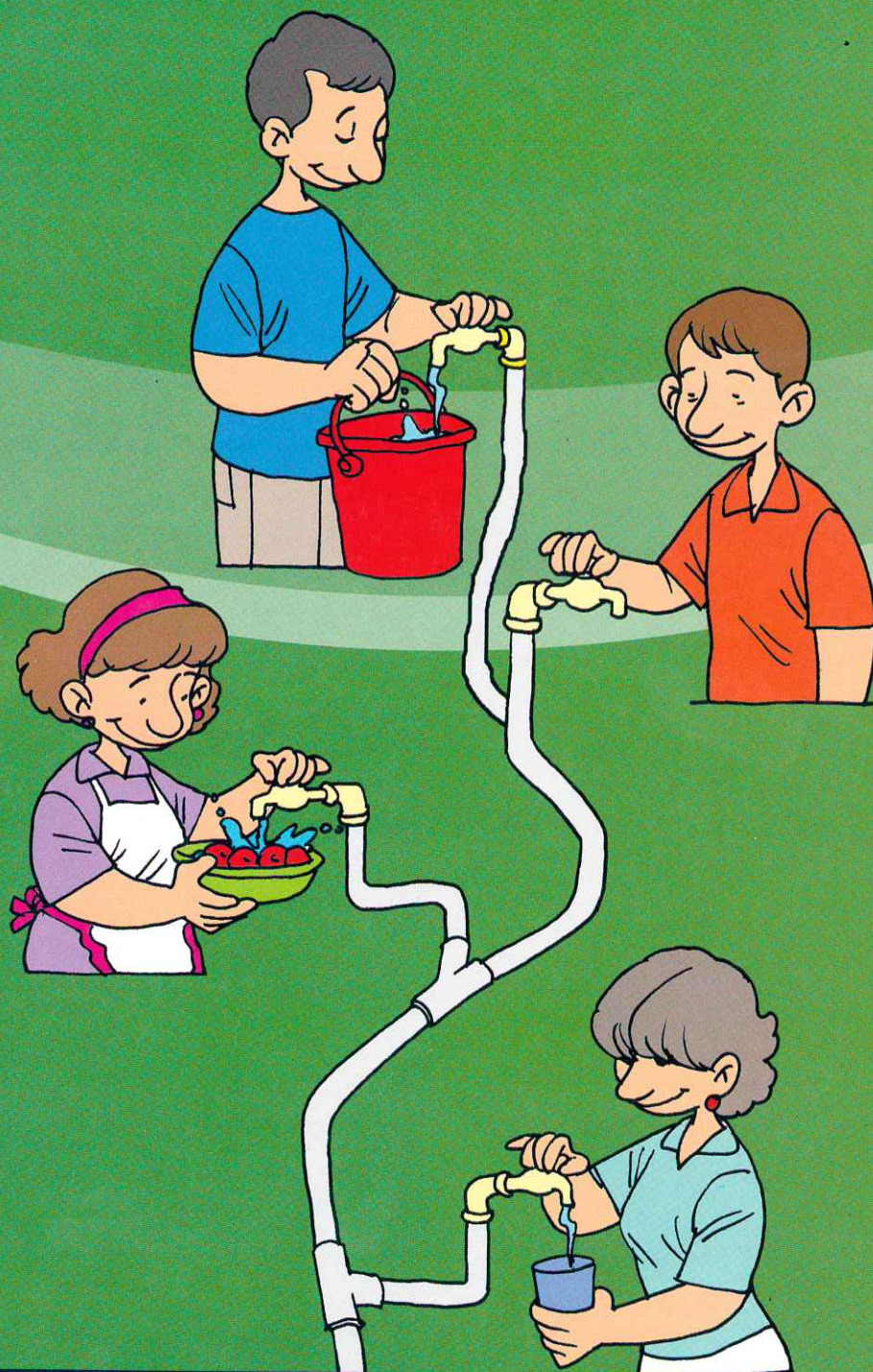


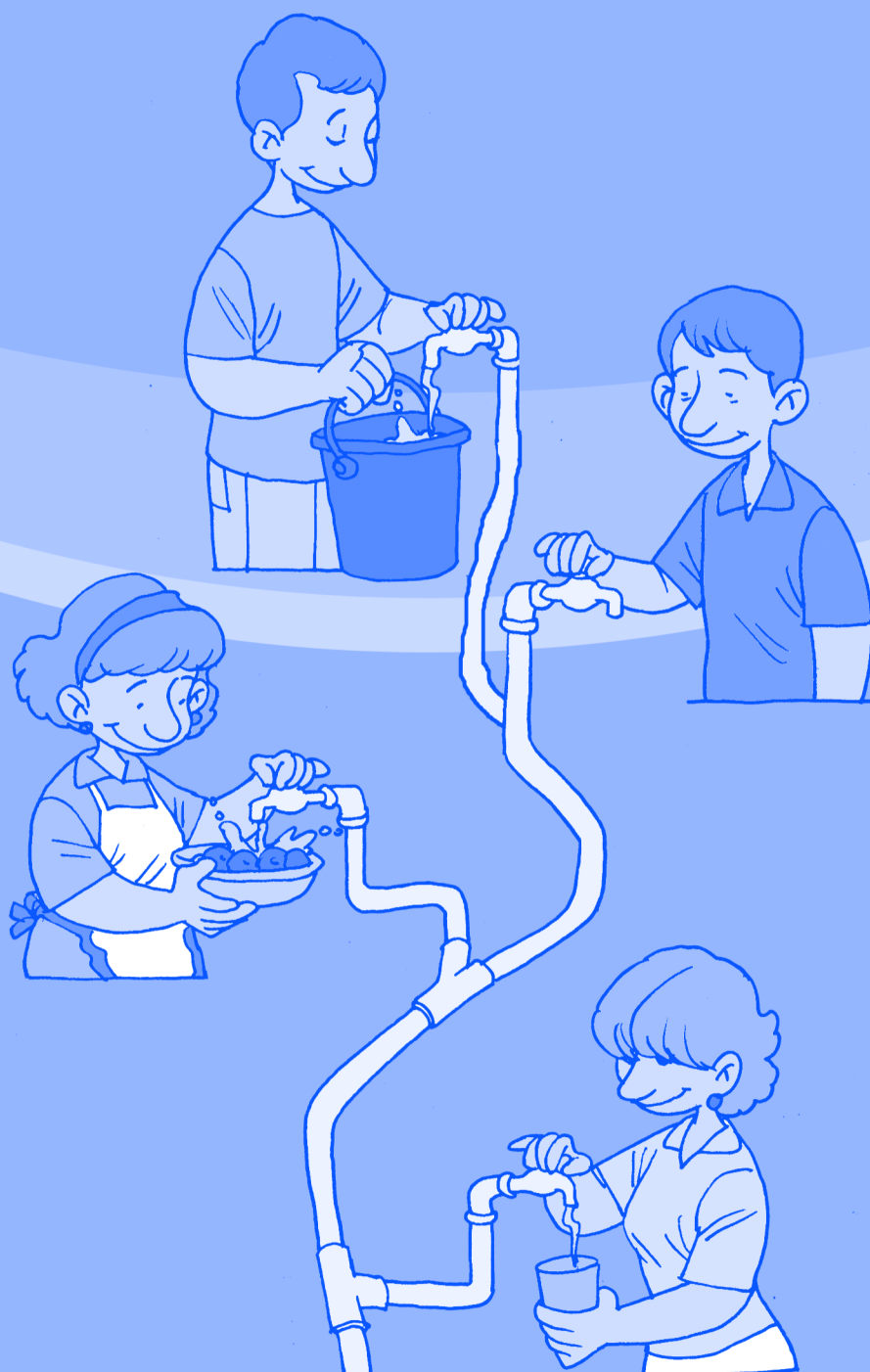
FORTALECIMIENTO DE LAS JUNTAS DE SANEAMIENTO



ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS

Agua y Saneamiento para la zona rural

FORTALECIMIENTO DE LAS JUNTAS DE SANEAMIENTO



ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS

Agua y Saneamiento para la zona rural

Fortalecimiento de las juntas de saneamiento: Alternativas tecnológicas. Agua y saneamiento para zona rural.
Asunción. Paraguay: OPS, 2011, 99 p. — (Serie ÑAMOMBARETE Y ME'ÊHÀRAPE 5)

ISBN 978-99967-636-2-5

1. ABASTECIMIENTO DE AGUA 2. AGUA POTABLE 3. MANUALES
2. PARAGUAY
- I. Título. II (serie)

614.7

FERNANDO ARMINDO LUGO MÉNDEZ
Presidente de la República

ESPERANZA MARTINEZ
Ministra de Salud Pública y Bienestar Social

EFRAÍN ALEGRE SASIAN
Ministro de Obras Públicas y Comunicaciones

BERNARDO ESQUIVEL VAESKEN
Secretario Ejecutivo-Ministro de la Secretaría
Técnica de Planificación

OSMAR LUDOVICO SARUBBI
Presidente del Comité de Administración del Ente
Regulador de los Servicios Sanitarios

LORENZO JIMÉNEZ DE LUIS
Coordinador Residente del Sistema de Naciones
Unidas y Representante Residente de PNUD

RUBÉN FIGUEROA
Representante OPS/OMS en Paraguay

PAULO SASSARAO
Representante Residente de UNICEF

GUILLERMO MIRANDA
Director de la Oficina Subregional para el Cono Sur
de América Latina de OIT

SERVICIO NACIONAL DE SANEAMIENTO AMBIENTAL

ADA BEATRIZ VERNA ACOSTA
Directora General del SENASA

ILSE BEATRIZ PERALTA RESQUÍN
Directora de Asuntos Sociales y Organización Comunitaria - DASOC

PROGRAMA FORTALECIENDO JUNTAS DE SANEAMIENTO ÑAMOMBARETE Y ME'ÊHÁRAPE

Con el apoyo técnico y financiero del
PROGRAMA CONJUNTO "FORTALECIENDO CAPACIDADES PARA LA DEFINICIÓN Y APLICACIÓN DE POLÍTICAS DE
AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO" - PNUD, UNICEF, OPS/OMS Y OIT

ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS DE AGUA Y SANEAMIENTO RURAL

Elaborado por:

Ing. William Carrasco Mantilla, Consultor Internacional OPS/OMS - Paraguay
Ing. Carlos G. Pavón Cano, Consultor AIDIS Paraguay
Abog. Mónica Mariza Portillo y Abog. Julio Cesar Villanueva. Asesores Jurídicos del SENASA:

Desarrollo metodológico y pedagógico del Programa:

Ing. William Carrasco Mantilla, Consultor OPS/OMS - Paraguay

Coordinadores Técnicos:

Ing. Patricia Segurado; Asesora en Ambiente y Desarrollo Sostenible
Ing. Roberto Lima Morra; Consultor Nacional en Agua y Saneamiento

Diseño y Diagramación: Violeta Doldán Re

Impresión: Quinto Principio

2011, Asunción-Paraguay

CONTENIDO

PRESENTACIÓN.....	7
1. SOLUCIONES TECNOLÓGICAS COLECTIVAS.....	11
1.1 SISTEMAS COLECTIVOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA.....	11
1.1.1 SISTEMAS CON FUENTE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	11
1.1.2 SISTEMAS CON FUENTE DE AGUAS SUPERFICIALES.....	19
1.2 SISTEMAS COLECTIVOS DE SANEAMIENTO.....	22
1.2.1 REDES DE ALCANTARILLADOS SIMPLIFICADOS.....	23
1.2.2 ALCANTARILLADOS CONDOMINIALES.....	28
1.2.3 TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES.....	34
1.2.4 ALCANTARILLADOS DE FLUJO DECANTADO.....	35
2. SOLUCIONES TECNOLÓGICAS INDIVIDUALES.....	43
2.1 ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA VIVIENDAS DISPERSAS.....	43
2.1.1 CAPACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA COMO SOLUCIÓN INDIVIDUAL.....	43
2.1.2 CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA LLUVIA.....	48
2.1.3 BOMBEO DE AGUA.....	57
2.2 AGUA SEGURA PARA VIVIENDAS DISPERSAS.....	63
2.2.1 PRETRATAMIENTOS.....	63
2.2.2 CLARIFICACIÓN.....	65
2.2.3 FILTRACIÓN.....	67
2.2.4 DESINFECCIÓN.....	70
2.3 SOLUCIONES INDIVIDUALES DE SANEAMIENTO.....	76
2.3.1 TRATAMIENTO DE LAS AGUAS GRISES.....	80
2.3.2 SISTEMAS SEPTICOS.....	82
2.3.3 POSTRATAMIENTOS.....	87
2.3.4 LETRINAS.....	89
BIBLIOGRAFÍA.....	99

PRESENTACIÓN

Este manual hace parte integral de la serie de publicaciones desarrolladas en el marco del programa de Fortalecimiento de las Juntas de Saneamiento “ÑAMOMBARETE Y ME’ÊHÁRAPE”, cuyo objetivo es brindar asistencia técnica y capacitación a las Juntas de Saneamiento, con el propósito de fortalecer su gestión y mejorar su capacidad institucional para garantizar su sostenibilidad

ÑAMBO MBARETE Y ME’EHARA ha sido desarrollado con el apoyo técnico y financiero del PROGRAMA CONJUNTO “FORTALECIENDO CAPACIDADES PARA LA DEFINICIÓN Y APLICACIÓN DE POLÍTICAS DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO”, del PNUD, UNICEF, OPS/OMS Y OIT, aplicando las experiencias del Programa Cultura Empresarial desarrollado e implementado exitosamente en Colombia, desde principios del año 2000.

Con el desarrollo de este manual y la implementación del Programa ÑAMOMBARETE Y ME’ÊHÁRAPE el Servicio Nacional de Saneamiento Ambiental –SENASA da cumplimiento a lo establecido en el Artículo 46º del Decreto reglamentario 8910 de 1974, mediante el cual se ordena al SENASA prestar asesoramiento técnico y administrativo a las Juntas, para el mejor desenvolvimiento de sus funciones.

Para su elaboración, se tomaron como referencia diferentes publicaciones, investigaciones y documentos desarrollados en Países como Colombia, Perú, Bolivia, Paraguay, Honduras, Nicaragua, Guatemala, El Salvador, Bolivia y Suecia, teniendo en cuenta los siguientes aspectos de la población:

- Tipo de fuente disponible
- Ingreso comunitario
- Disponibilidad de mano de obra
- Disponibilidad de materiales producidos en el mercado local y colindante.

La principal referencia para la elaboración de este documento es el Título J del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, denominado ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS EN AGUA Y SANEAMIENTO PARA EL SECTOR RURAL, elaborado por el Ingeniero Armando Vargas Liévano para el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia.

Este manual tiene por objeto suministrar información teórica y práctica a las Autoridades Sanitarias, Ambientales, Técnicas y Políticas, incluidas las Juntas de Saneamiento, acerca de las alternativas tecnológicas disponibles de abastecimiento de agua y saneamiento básico para las comunidades que habitan en la zona rural del País.

Paraguay es un país con una alta ruralidad. La zona urbana se define como todas aquellas áreas amanzanadas de los distritos, mientras que las áreas restantes no amanzanadas constituyen la población rural. En 2008, la población total de Paraguay ascendía a 6.164.082 habitantes, 41% de la cual vivía en áreas rurales y 59% en áreas urbanas¹.

Dos regiones naturales occidental y oriental, se encuentran divididas por el río Paraguay²:

La región occidental, con 246.925 km², también conocida como Chaco, es una región semiárida y constituye una planicie aluvional con topografía plana, casi en toda su extensión. Esta región presenta condiciones extremas de humedad y sequedad, además de un subsuelo impermeable hace inundable gran parte de la ribera de los ríos Paraguay y Pilcomayo. El Chaco tiene una población que representa el 1,7% del total de la población del país, resultando una densidad demográfica de 0,2 habitantes por km².

La región oriental, comprende parte de las cuencas de los ríos Paraguay y Paraná, tiene una superficie de 159.827 km², y representa el 39% de la superficie total del país. Con una topografía ondulada, esta región es habitada por el 98% de la población, lo que le da una densidad demográfica de 18,6 habitantes por km².

El sistema de asentamientos humanos contiene la población rural que habita en centros de vivienda nucleada y viviendas dispersas, los cuales conservan formas de vida rural alrededor de sus actividades productivas. La densidad de la población rural y su configuración espacial está estrechamente relacionada con el clima, la oferta hídrica, la precipitación pluvial y la calidad del suelo por sus atributos para la producción agropecuaria.

Por su parte, las alternativas tecnológicas para abastecimiento de agua y saneamiento básico en las áreas rurales están directamente relacionadas con el tipo de poblamiento en función de la densidad poblacional, cuyas configuraciones típicas se pueden agrupar así:

ZONA RURAL DISPERSA:

Grupo 1: Poblamiento con muy baja densidad poblacional: Menos de 15 Hab/km²

Grupo 2: Poblamiento con baja densidad poblacional: Entre 15 y 30 Hab/km²

ZONA RURAL NUCLEADA:

Grupo 3: Poblamiento con regular densidad poblacional: Entre 30 y 60 Hab/km²

Grupo 4: Poblamiento con alta densidad poblacional: Mas de 60 Hab/km²

Las alternativas tecnológicas más frecuentes e indicadas para zona rural dispersa, son abastecimiento de agua mediante soluciones individuales, y saneamiento (aguas residuales y disposición de residuos sólidos) a través de sistemas individuales, también.

¹ Fuente: DGEEC, EPH 2008. Base Sistema de Datos PARINFO.

² Documento básico común, DGEEC, Abril 2010

Para la zona rural nucleada, aplican soluciones colectivas para la provisión de agua y para la recolección de las aguas residuales domésticas pueden emplearse soluciones colectivas con alcantarillados convencionales o no convencionales. El servicio de aseo puede ser prestado mediante recolección periódica de los residuos sólidos en camiones recolectores usando las vías de acceso que disponen en estas zonas.

Teniendo en cuenta la clasificación descrita, este manual se divide en dos partes: La primera incluirá las soluciones alternativas COLECTIVAS para abastecimiento de agua y saneamiento, en tanto que en la segunda parte se presentarán tecnologías INDIVIDUALES más indicadas para zonas rurales dispersas.

1. SOLUCIONES TECNOLÓGICAS COLECTIVAS

1.1 SISTEMAS COLECTIVOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

Un sistema de provisión o abastecimiento de agua es un conjunto de instalaciones que se construye para captar, conducir, tratar (o potabilizar) y distribuir el agua a una comunidad, en forma continua, en cantidad suficiente y con la calidad y presión necesarias para garantizar un servicio adecuado a todos los usuarios.

Los sistemas colectivos de abastecimiento de agua se clasifican según la fuente de suministro en dos tipos:

- De fuentes Subterráneas: pozos, manantiales. (esta es la principal en el sector oriental, más del 90% de los sistemas en servicio).
- De fuentes Superficiales: ríos, arroyos, canales.

1.1.1 SISTEMAS CON FUENTE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Los sistemas de abastecimiento de agua más comunes en nuestro País, son los que utilizan como fuente las aguas subterráneas y emplean equipos de bombeo para elevar el agua desde un acuífero o manto de agua subterráneo hasta una caseta de cloración y luego desde allí hasta un tanque de almacenamiento. Desde el tanque elevado, el agua llega a las viviendas, generalmente por gravedad.

Es el sistema de abastecimiento de agua, más utilizado por el SENASA, tiene los siguientes componentes:

- Captación: Pozo tubular profundo
- Equipamiento electromecánico: electrobomba sumergible y bomba dosificadora de productos químicos
- Extensión eléctrica y transformador
- Caseta de operaciones
- Tanque Elevado
- Red de distribución

1.1.1.1 OBRA DE CAPTACIÓN: POZO TUBULAR PROFUNDO

El agua a proveer es captada del acuífero mediante una perforación (pozo tubular profundo), que generalmente es de 150 m de profundidad, y de pequeño diámetro (0.15 a 0.25 m según el tipo de terreno)

a) Estudios previos y selección del sitio

Todo proyecto de captación de agua subterránea mediante la perforación de un pozo profundo deberá contar previo a su ejecución con un documento conocido como anteproyecto de la perforación del pozo. El anteproyecto servirá para preparar la documentación técnica que constará de:

- Estudio hidrogeológico.
- Certificado de permisos necesarios.
- Selección del sitio de perforación y legalización del terreno para la perforación.
- Prediseño del pozo.
- Elaboración de las especificaciones técnicas para su construcción.

El estudio hidrogeológico deberá contener como mínimo los siguientes puntos:

- Información geológica e hidrogeológica de la zona.
- Aspectos geográficos fisiográficos y geomorfológicos de la zona.
- Datos relevantes de los pozos existentes en la zona (caudal extraído, profundidad, diámetro de perforación y revestimiento, perfiles litológicos, nivel estático, abatimientos, calidad del agua, etc.).
- Datos de estudios geofísicos realizados.
- Riesgos de contaminación.
- Cantidad de pozos necesarias para cubrir la demanda.
- Conclusiones.
- Recomendaciones.

Para la selección del sitio, debe tenerse en cuenta:

- Dimensiones adecuadas para albergar todas las instalaciones.
- Transferencia de terreno a la asociación o junta que tendrá a su cargo la administración, operación y mantenimiento del sistema.
- Disponibilidad de energía eléctrica y facilidad de acceso al sitio.
- No inundable.
- Alejado de posibles fuentes contaminantes (vertederos, tratamiento de efluentes, utilización de agroquímicos).

b) Construcción del Pozo

La construcción del pozo se concebirá de acuerdo a las siguientes etapas: perforación, instalación de tubos ciegos y filtros (incluye el filtro de grava), sellado sanitario, y el desarrollo para obtener un funcionamiento libre de arena a un rendimiento máximo.

Los pozos deberán ser perforados hasta alcanzar las profundidades y características físicas señaladas en el anteproyecto y en las especificaciones donde se indicará la información geológica de la región en que se encuentra el sitio de la perforación.

Los diámetros más comúnmente utilizados para las perforaciones y los entubados, se indican en el siguiente cuadro:

DIAMETRO NOMINAL DE REVESTIMIENTO		DIAMETRO DE PERFORACION	
(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)
152.4	6	254 - 311.15	10 - 12 ¼
203.2	8	311.15 - 374.65	12 ¼" - 14 ¾"
254	10	374.65 - 444.5	14 ¾ - 17 ½
304.8	12	444.5 - 508	17 ½ - 20

La protección de la cabeza del pozo (sello sanitario) deberá ser realizada con hormigón en el espacio comprendido entre el revestimiento y la pared del pozo hasta una profundidad mínima de 15 m, o hasta superar la profundidad del ingreso de contaminante.

c) Revestimiento del pozo

Tubos ciegos y tubos filtros. Basándose en los elementos del pre-diseño del pozo, el corte litológico, en las gráficas del registro eléctrico, por las observaciones personales y las reportadas en los informes de trabajo diarios, se diseñará el revestimiento del pozo, estipulándose el diámetro, longitudes y espesores de tubería ciega y filtros, especificando asimismo los niveles y profundidades a que se deberá instalar la tubería de acuerdo a sus características.

Una vez concluida la construcción del pozo, se procederá a la limpieza, que consiste en bombear agua mediante la utilización de un compresor, hasta lograr que el agua salga totalmente limpia, (10 horas como mínimo).

d) Prueba de Bombeo y Recuperación

Se proveerá, instalará y mantendrá un equipo de bombeo con capacidad para extraer los caudales y niveles de carga dinámica señalados en el anteproyecto, el cual deberá ser capaz de mantenerse trabajando por lo menos 24 horas sin paros por mantenimiento o reparaciones. Este equipo también debe tener capacidad para ajustar la descarga a valores mínimos, mediante válvulas o control de velocidades.

Se realizarán las mediciones de nivel durante la prueba de bombeo. Al terminar la prueba de bombeo se harán las mediciones de niveles de recuperación.

e) Desinfección

Luego de concluida la limpieza y desarrollo del pozo y con una anticipación de cómo mínimo 24 horas, se procede a la desinfección, vertiendo una solución de cloro. Esta operación se realiza para eliminar la probable contaminación bacteriana producida durante los trabajos de perforación, evitando así errores de apreciación, cuando se realice la toma de muestra para el análisis bacteriológico.

f) Informe final del pozo

Por último se realiza el informe final del pozo, el cual deberá contener como mínimo la siguiente información:

- Nombre y No del Pozo
- Localización exacta con coordenadas geodésicas
- Descripción del Pozo con todos sus detalles (longitud y ubicación de tubos ciegos y filtros, empaque de grava, sello sanitario, cimentación, posición de la bomba, etc.)
- Corte transversal del Pozo
- Diámetro de perforación y revestimiento
- Nivel estático y Nivel dinámico
- Fechas de Referencia
- Perfil Geológico
- Informe sobre el desarrollo del pozo
- Resultados de las Pruebas de Bombeo
- Análisis de agua y otros realizados
- Prueba de verticalidad y registro eléctrico

1.1.1.2 ELECTROMECAÁNICA

a) Electrobomba sumergible

Es el equipo que elevará el agua desde el acuífero hasta el tanque elevado. Su denominación obedece a que tanto la bomba como el motor, se sumergen en la fuente misma. La bomba es centrífuga vertical, especialmente diseñada para trabajar en dentro del entubamiento del pozo, accionada por un motor eléctrico a través de un acoplamiento directo.

En el caso de que el tanque elevado no se encuentre en el mismo predio que el pozo, se deberá dimensionar una tubería de impulsión.

El cable de conexión del motor será con cable sumergido flexible y apto para trabajar bajo severas condiciones de funcionamiento. Para evitar que la bomba sumergible trabaje en vacío, se protegerán mediante tres electrodos, uno para posición superior, el segundo para referencia y el tercero para la posición inferior, que actuarán de guarda niveles.

b) Bomba dosificadora

El método usual para la desinfección del agua cruda, es mezclarla con un desinfectante (solución de cloro (%)) y que la mezcla permanezca un cierto tiempo dentro del tanque elevado antes de enviarla a la red.

La tecnología usual para incorporar el cloro al agua y permitir un mezclado homogéneo es inyectar la solución de cloro en la tubería de impulsión, esto hace que debido a la turbulencia se logre una mezcla uniforme. Esta tarea la realiza la bomba dosificadora. (Ver Manual No. 4. Operación y mantenimiento)

1.1.1.3 CASETA DE OPERACIONES

La caseta de operaciones es el recinto que albergará los tableros de comando y, control del equipamiento de bombeo, como así también, el equipo dosificador de productos químicos, para la desinfección.

La inclusión de este recinto es estrictamente necesaria, debido a que los elementos mencionados deben ser protegidos de la intemperie y posibles actos de vandalismo y/o hurtos. Es condición fundamental que el predio esté muy bien iluminado y cuente con un adecuado cerco de protección. La superficie cubierta de este recinto, será el mínimo necesario para albergar a los elementos mencionados. Generalmente son de 4 m².

Normalmente las casetas son construidas con mampostería de ladrillo común revocado en ambas caras y cubierta de losa de hormigón. No obstante, a continuación se plantean algunas alternativas no convencionales que pueden ser utilizadas en casos especiales:

a) Construcciones en Madera

En las zonas donde exista abundancia la madera y aserraderos para elaborar tablas y vigas, puede plantearse la alternativa de construir con este tipo de material, empleando la mano de obra local. La condición fundamental, es darle a la madera un tratamiento para hacerla resistente al fuego y al ataque de los insectos.

Para conservar la madera hay que protegerla químicamente. El método más importante es impregnarla con creosota o cloruro de cinc. Este tratamiento sigue siendo uno de los mejores, a pesar del desarrollo de nuevos compuestos químicos, sobre todo de compuestos de cobre.

También se puede proteger la madera de la intemperie recubriendo su superficie con barnices y otras sustancias que se aplican con brocha, pistola o baño. Pero estas sustancias no penetran en la madera, por lo que no previenen el deterioro que producen hongos, insectos y otros organismos.

Así mismo, es posible incrementar la resistencia al fuego mediante tratamientos simples de impregnación de sustancias retardantes al fuego.

b) Construcciones con ladrillos de suelo cemento

Esta es una excelente alternativa, en los lugares (la mayoría), donde el tipo de suelo sea areno arcilloso. El ladrillo de suelo cemento es un elemento de muy bajo costo y su fabricación no necesita mano de obra especializada, basta con dar una charla de capacitación y algunas prácticas, para que cualquier persona pueda elaborar este tipo de ladrillo. Esto trae aparejado un valor agregado a la comunidad.

La condición necesaria para este tipo de mampostería es realizar un tratamiento exterior con algún tipo de pintura hidrófuga.

c) Casetas Prefabricadas de Hormigón Armado

Para ciertas condiciones (zonas de difícil acceso, plazos de ejecución reducidos, escasez de ladrillo común, etc), resulta conveniente emplear este tipo de construcción. Se pueden realizar diseños muy sencillos y las piezas son livianas fáciles de transportar y montar.

1.1.1.4 PUESTO DE DISTRIBUCIÓN

Debido a que en los sistemas de agua potable de las comunidades rurales, las líneas de energía eléctrica de baja tensión son precarias o están sobrecargadas, los proyectos deben incluir estos puestos de distribución, que son necesarios para garantizar, medianamente, una provisión adecuada de energía eléctrica.

Estas instalaciones permiten tomar la corriente de las líneas de media tensión (13.200 Voltios) y transformarla en baja tensión (220 o 380 Voltios) para proveer de energía eléctrica a la caseta de operaciones.

En el diseño del Puesto de Distribución, se preverá una reserva de cargas, considerando futuras ampliaciones y se restringirá la potencia inicial mediante una llave limitadora.

Las reservas previstas serán, de acuerdo a las potencias estimadas de las bombas a ser instaladas:

Potencia > 30 HP: 25% de reserva
15 HP < Potencia < 30 HP: 50% de reserva
Potencia < 15 HP: 100% de reserva

1.1.1.5 TANQUE ELEVADO

El tanque elevado cumple dos funciones:

Permitir que la distribución de agua se haga por gravedad. Normalmente la fuente de agua (Pozo Tubular Profundo) está ubicado en un lugar bajo de la población, entonces, para hacer llegar el agua a las viviendas (o a los centros de consumo), sería necesario que la bomba genere la presión necesaria para elevar el agua desde el pozo hasta estos centros de consumo, lo cual sería una práctica no recomendable por los costos de operación que se producirían con el bombeo. Por esta razón, la bomba sumergible eleva el agua al tanque, que normalmente está en el punto mas alto de la comunidad, y esto permite que el agua escurra por acción de la gravedad, y llegue a todas las viviendas o centros de consumo.

Almacenar cierto volumen de agua y tenerla disponible para su utilización. El tanque de almacenamiento debe garantizar la cantidad de agua necesaria para que se suministre el servicio a la población durante todo el día. Para tal efecto, es necesario conocer la variación del consumo durante las horas del día³.

³ Para efectos prácticos, no se considerarán los coeficientes k1 y k2 de máximos consumos.

Para entender este concepto vamos a emplear un ejemplo: Supongamos que las personas de la comunidad consumen en total, 100.000 litros de agua durante el día (promedio durante todo el año).

Consumo medio diario. Si dividiéramos este volumen de agua por las 24 horas que tiene el día, tendríamos que del tanque debería salir en forma continua 4.167 litros/hora durante las 24 horas del día. Pero ocurre que en realidad el consumo no es continuo, sino que varía durante las distintas horas del día; a estas horas y los consumos que ocurren durante ese tiempo se denominan *horas pico* y *consumos pico*.

Las horas pico de consumo se presentan en tres momentos del día:

- **Pico de la Mañana.** Ocurre a la mañana temprano (ejemplo desde la 5 a las 7 de la mañana) cuando las personas inician sus actividades diarias. Luego el consumo disminuye notablemente.
- **Pico del Medio Día.** Nuevamente cerca del medio día y la siesta: cuando comienzan las actividades de la cocina por ejemplo desde las 11 a las 2 de la tarde se genera un nuevo pico de consumo y después disminuye nuevamente.
- **Pico del atardecer.** El último pico se genera al atardecer, cuando las personas regresan de sus actividades y el agua es utilizada para la higiene personal, esto ocurre generalmente entre las 6 de la tarde y las 9 de la noche.

Luego, hasta el amanecer del nuevo día prácticamente no existe consumo de agua.

Así las cosas, el volumen de almacenamiento del tanque debe garantizar que no falte agua en la red durante todo el día.

Tradicionalmente los tanques elevados son construidos en hormigón armado (para volúmenes mayores a 20 m³), y son empleados tanques de fibra de vidrio montados sobre torres metálicas en caso que el volumen de almacenamiento sea igual o menor a 10 m³.

Tanque de Mampostería de ladrillo. Si el balance entre los costos del hormigón armado y el ladrillo común es favorable, para volúmenes de hasta 15 m³ podrían construirse tanques elevados de mampostería de ladrillo común (la cuba y la torre de este material) Para volúmenes de 20 m³, podría emplearse una combinación de torre de hormigón armado y cuba de ladrillo común.

Tanques montados sobre torre de madera. Para las situaciones como las planteadas para las casetas, podrían diseñarse torres de madera, sobre las cuales se montarían tanques de fibra de vidrio. Ofrece las mismas ventajas que las indicadas para las casetas, pero el diseño y dimensionamiento debe ser realizado por un especialista.

1.1.1.6 RED DE DISTRIBUCIÓN

La función de la red de distribución, es transportar los caudales de agua, hasta los puestos de consumo (grifo público o viviendas de los usuarios).

Para la construcción de la red de distribución, es normal el empleo de tuberías de PVC soldable, debido a que su instalación es sencilla y por lo tanto esta actividad se puede constituir en un aporte comunitario, previa capacitación a los “plomeros” y bajo la supervisión de un profesional. Normalmente, el aporte comunitario se reduce a la provisión de mano de obra para la excavación y relleno de zanjas; de incluirse la provisión de mano de obra. De otra parte, este material tiene un costo adecuado en relación con otros materiales y además son elementos seguros en cuanto a su resistencia y durabilidad.

En el Manual No. 4 de Operación y Mantenimiento, se incluye un en donde se explica en detalle el funcionamiento de la red de distribución y la forma de instalar las tuberías.

1.1.1.7 ACCESORIOS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

a) Elementos Reductores de Presión

En algunas comunidades, debido a lo accidentado de la topografía las presiones en algunos sectores de la red de distribución podrían alcanzar presiones mayores a las recomendables (60 metros de columna de agua), en esos casos es necesario reducir las presiones hasta este valor. A este efecto, es común la utilización de elementos denominados “cámaras rompe presión” en otros casos se utilizan válvulas reductoras de presión.

El funcionamiento de estas cámaras rompe presión, se explica en detalle en el Manual No. 4 de Operación y Mantenimiento.

b) Hidrómetros

El uso indebido del agua por parte de algunos miembros de las comunidades (riego de huertas, utilización en olerías, bebederos de ganado, etc) genera grandes conflictos en las comunidades, que en algunos casos lleva a que el sistema no sea sostenible.

Debido a lo mencionado, resulta imprescindible incluir estos elementos en los programas de construcción de sistemas de provisión de agua.

c) Limitadores de Caudal

En algunos casos, debido a que debido a la topografía, existe mucha diferencia entre las presiones de servicio de los distintos sectores, permitiendo que los usuarios de estos sectores tengan a disposición, mayores caudales en sus viviendas lo cual desfavorece a otros sectores ubicados a cotas mayores.

Ante esta situación, en estos sectores, y cuando el diámetro de la red es el mínimo recomendable (40 mm), se deben generar pérdidas de carga adicionales, mediante la instalación (en los puntos claves) de elementos limitadores de caudal.

Normalmente esto se lograría cerrando parcialmente las válvulas exclusas de esos sectores, pero esto no resulta debido a que las mismas son de fácil acceso y genera el continuo manipuleo de las mismas generando conflictos entre los distintos sectores involucrados, por lo tanto una manera sencilla de limitar el caudal es instalar en los lugares claves de la tubería un buje con un orificio calibrado, de manera que limite el caudal hasta el valor deseado, pero deben identificarse perfectamente los lugares donde están instalados, para que en el caso que se obturen puedan ser fácilmente desobstruidos; además deben ser instalados con accesorios que permitan su desmontaje para la limpieza.

d) Conexiones Domiciliarias

La conexión de las viviendas a la red de distribución, se realiza mediante estos elementos cuya descripción se presenta en el manual de operación y mantenimiento de esta serie.

1.1.2 SISTEMAS CON FUENTE DE AGUAS SUPERFICIALES

Los sistemas de abastecimiento de agua con fuente superficial son escasos en nuestro País y se utilizan en zonas montañosas que permiten captar el agua a una altura suficiente para permitir llevar el agua por el sistema de gravedad hasta los usuarios.

En estos casos, la ubicación, caudal y calidad del agua, serán determinantes para la selección y diseño del sistema de abastecimiento a construirse. Es importante tener en cuenta, que el caudal mínimo en época de estiaje, sea igual o mayor al requerido por el proyecto y las características hidrográficas de la cuenca, aseguren su continuidad.

Estos sistemas de abastecimiento de agua tienen los siguientes componentes:

- Obra de toma
- Sistema de decantación y filtrado
- Reservorio
- Red de distribución
- Conexiones domiciliarias y/o pileta pública

1.1.2.1 OBRA DE TOMA

En el sitio elegido para la toma, se hará una derivación hacia un cuenco de captación construido en mampostería de piedra bruta asentada en mortero de cemento y arena (ver figura 1).



Figura 1. Obra de toma

El fondo del cuenco se construirá con el mismo sistema de los pavimentos tipo empedrado, con las juntas selladas con mortero de cemento. Este material (rocas) suele existir en abundancia en los sectores cercanos a los arroyos, o nacientes; en caso contrario puede optarse por otro tipo de material existente en la zona.

El cuenco deberá contar además, con un cerco de protección y un sistema de tapa que impida la entrada de insectos y vegetación. Esta tapa removible puede ser construida con un bastidor de madera y malla media sombra de PVC (del tipo utilizado en invernaderos).

1.1.2.2 SISTEMA DE DECANTACIÓN Y FILTRADO

En la figura 1, se indica el esquema propuesto para la decantación y filtrado del agua cruda.

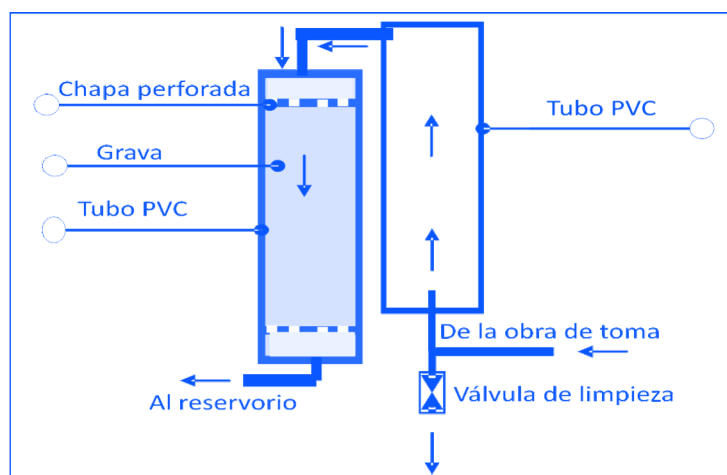


Figura 2. Esquema de funcionamiento del decantador y filtro

El Decantador está compuesto por uno o varios tubos de PVC de 300 mm de diámetro (de acuerdo al cálculo del diseño).

El proceso de sedimentación se produce debido al cambio de velocidad producido por el ensanchamiento brusco de la sección por donde circula el agua.

El decantador posee además un sistema By Pass que permite realizar periódicamente la limpieza del tubo.

Por su parte, el filtro consiste en un tubo del mismo material y diámetro que el decantador (sus dimensiones dependen del cálculo de la carrera del filtro). En la parte superior e inferior del tubo se debe instalar una placa (de PVC o madera dura) perforada, que cumple la función de distribuir uniformemente el caudal de entrada y salida.

Todas las tuberías y accesorios de unión entre el decantador y el filtro, serán de hierro galvanizado.

El ensamble de este sencillo sistema no requiere mano de obra especializada y por lo tanto puede emplearse mano de obra de la misma localidad, previa capacitación.

A continuación se presenta otra alternativa para el filtro, la cual puede ser utilizada cuando no es necesaria la utilización del decantador, por ejemplo cuando la fuente es un manantial donde el agua está libre de sólidos sedimentables.

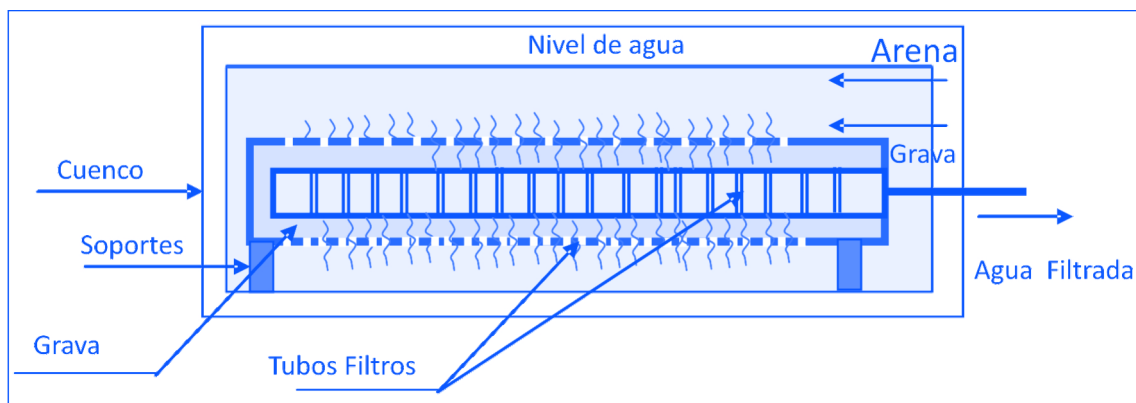


Figura 3. Esquema del filtro alternativo

El sistema de filtro está compuesto por dos tubos filtros de PVC de distintos diámetros (del tipo utilizado para revestimiento de pozos tubulares profundos). Se introduce el de menor diámetro (100 mm) dentro del de 128 mm y el espacio anular entre ambos se rellena con grava seleccionada (material de prefiltro utilizado normalmente en los pozos profundos).

El agua ingresa por las ranuras del tubo de mayor diámetro, pasa por el paquete de grava e ingresa a través de las ranuras al tubo de menor diámetro.

El tubo interior estará taponado en ambos extremos (tapones ciegos de PVC), pero en uno de los extremos se perforará e instalará un adaptador de hierro galvanizado, en el cual se conectará la tubería del mismo material que se utilizará para la salida del agua filtrada.

Este sistema de filtro se instalará apoyado en soportes, de modo que quede separado del fondo a 30 cm.

El cuenco deberá contar con una tubería de descarga por el fondo, para permitir la limpieza y mantenimiento del cuenco.

El sistema deberá contar también con un componente de desinfección, que para los casos donde no haya energía eléctrica en el sitio donde deba inyectarse el desinfectante, existe en el comercio local una bomba dosificadora en que los caudales de llegada al reservorio puedan manejarse por gravedad.

1.1.2.3 RESERVORIO

El reservorio se ubica en un sitio de tal manera que se cargue por gravedad, a la vez debe estar en un punto lo suficientemente alto con respecto a las viviendas a servir, ya que la red de distribución se alimentará por gravedad. El volumen debe ser el necesario para abastecer a la comunidad. Los tanques de fibra de vidrio, son los más indicados, ya que son de fácil transporte e instalación. (Ver figura 4)



Figura 4. Reservorio tipo

1.2 SISTEMAS COLECTIVOS DE SANEAMIENTO

Los sistemas colectivos de saneamiento incluyen todas aquellas soluciones alternativas para la evacuación, disposición y tratamiento de las excretas y aguas residuales domésticas mediante sistemas de alcantarillado sanitario no convencionales. Dentro de estos sistemas alternativos se encuentran los alcantarillados simplificados, los alcantarillados condominiales y los alcantarillados de flujo decantado.

El principal objetivo que justifica la implantación de sistemas de alcantarillado sanitario no convencional, es lograr la universalización del servicio de alcantarillado al ofrecer a las poblaciones de bajos ingresos y aun a comunidades económicamente pudientes, una solución efectiva y de bajo costo para la recolección y evacuación de las aguas residuales domésticas, permitiendo mejorar la cobertura de este servicio.

La principal ventaja de los sistemas de alcantarillados no convencionales es reducir costos de construcción ofreciendo una solución técnicamente adecuada. Los sistemas de alcantarillado no convencionales se basan en tecnologías que permiten ahorros en agua y en varios aspectos de su construcción como excavaciones poco profundas, entibados de zanja sencillos, diámetros menores que los utilizados en los convencionales y reducción en la cantidad y tamaño de las estructuras de mantenimiento con base en las características propias de esas tecnologías y en la posibilidad de aprovechar las siguientes innovaciones:

- Con los equipos especializados de succión, presión e inspección desarrollados en los últimos años, se facilitan considerablemente las labores de limpieza y mantenimiento en las zonas suburbanas permitiendo la construcción de cámaras o registros de inspección más espaciados y de menor tamaño o incluso su eliminación. En poblaciones pequeñas, las labores de limpieza y mantenimiento se pueden llevar a cabo con equipos pequeños de bajo costo y fáciles de manejar por las Juntas de Saneamiento.
- Con el uso de computadores y de los actuales programas de diseño se puede llegar a cálculos más confiables y más precisos para las condiciones hidráulicas de

autolimpieza. Aún cuando este manual solamente pretende presentar las diferentes tecnologías a nivel descriptivo, en este capítulo se incluirán algunos criterios y parámetros de diseño de los Alcantarillados Sanitarios No Convencionales.

- Con la adopción de periodos de diseño que no excedan los 20 años, se puede reducir considerablemente el costo inicial de la inversión dimensionándolos con condiciones de autolimpieza y con diámetros más pequeños. En otras palabras, cuando los periodos de diseño son demasiado largos, el flujo de las alcantarillas estará por muchos años por debajo del caudal de diseño generando un lucro cesante.
- Se pueden emplear tuberías con uniones elásticas herméticas a la exfiltración e infiltración de aguas subterráneas.

Para que estas tecnologías alternativas de saneamiento sean eficientes y seguras es muy importante que se conozcan los requerimientos de operación y mantenimiento y se exija un manejo adecuado a los operadores de estos sistemas, en especial cuando este manejo corra por cuenta de la comunidad. Lo anterior implica un trabajo de movilización de acciones educativas, de participación y de organización de la comunidad y con los operadores y las autoridades administrativas y ambientales.

Los alcantarillados sanitarios no convencionales requieren mucha mayor definición y control de las contribuciones de aguas residuales dada su mayor rigidez en cuanto a posibilidad de prestación de servicio a futuros usuarios no previstos, o a incrementos en la densidad de población y bajo ninguna circunstancia permiten el ingreso de aguas lluvias, ya sea desde las instalaciones internas de las viviendas o desde sumideros en las vías, ni tampoco contribución de agua freática a la tubería, por lo que se impone el uso de tuberías con uniones de sello elástico hermético.

1.2.1 REDES DE ALCANTARILLADOS SIMPLIFICADOS

Las redes de alcantarillado sanitario simplificado están formadas por un conjunto de tuberías, equipos y accesorios que tienen la finalidad de recolectar y transportar los desagües de las viviendas para su disposición final, ya sea en una planta de tratamiento de aguas residuales o mediante interconexión a un alcantarillado convencional. Los alcantarillados simplificados difieren de los convencionales en la simplificación y minimización del uso de materiales y en los criterios de construcción que los hace asequibles a las comunidades de bajos ingresos que normalmente se beneficiarán con el sistema.

Reducen costos en tres formas: 1) por reducción del diámetro de la tubería; 2) por eliminación o reducción de las cámaras de inspección las cuales son sustituidas con accesorios de inspección y limpieza de menor tamaño; y 3) por menor profundidad de redes incluso en vías vehiculares.

Hidráulicamente se diseñan bajo las mismas suposiciones de flujo en régimen permanente y uniforme de los convencionales y a partir de las conexiones domiciliarias. En lo posible se debe hacer uso de herramientas computacionales que incluyan como mínimo un análisis de flujo gradualmente variado.

Las principales diferencias conceptuales de los alcantarillados simplificados con los convencionales son las siguientes:

- Debido a que su trazado se hace por los andenes o las zonas verdes de éstos, su profundidad de excavación es reducida al mínimo permitido en estas áreas públicas. Esto exige que en la mayoría de los casos sea necesario instalar tramos dobles, es decir, uno por cada andén y que en los cruces de calzadas y en la entrada de garajes sea necesario recubrir estructuralmente la tubería para protegerla del peso de los vehículos.
- Se pueden construir por etapas, de forma que haya equilibrio entre el dimensionamiento de las obras para atender las necesidades de la población y los costos que puedan asumir.
- Se dimensiona de acuerdo con el consumo per cápita y las condiciones socioeconómicas de la población.
- La sedimentación en las tuberías se controla con el concepto de fuerza de arrastre, que resulta más práctico que controlar la sedimentación a través del criterio de una velocidad mínima nominal.
- Requiere menos pozos de inspección y el costo de construcción de estas estructuras es reducido debido a su poca profundidad. También se pueden usar accesorios de inspección y mantenimiento.
- Utiliza tuberías con uniones elásticas herméticas a fin de disminuir la infiltración del agua subterránea hacia el interior.
- La condición de lámina máxima de agua debe ser menor o igual que el 85% del diámetro, a fin de no aumentar éste y permitir la libre circulación de gases.
- El diámetro mínimo aceptable es de 100 mm (4").

Los alcantarillados sanitarios simplificados son una solución costo efectiva para asentamientos suburbanos o rurales de población nucleada donde la permeabilidad del suelo hace imposible la infiltración de los efluentes de sistemas de tratamiento y disposición in situ. Así mismo, no se consideran recomendables en áreas donde el terreno es demasiado plano, es decir, con pendientes de drenaje inferiores al 1%.

1.2.1.1 TRAZADO DE LA RED Y SUS COMPONENTES

Ante todo es necesario definir el área del proyecto y cuáles serán las unidades mínimas de diseño en función de la operación hidráulica del alcantarillado, teniendo claramente establecido que será únicamente para recolección y evacuación de aguas residuales domésticas. Con el fin de optimizar la longitud y profundidad final de los colectores se deben analizar varias alternativas de trazado. De esta manera se reducirá el suministro de tuberías y el volumen de excavación con la consiguiente disminución de los costos de construcción.

Los componentes del alcantarillado simplificado, son:

1.2.1.2 CONEXIONES DOMICILIARIAS

Recogen las aguas residuales domésticas provenientes de la instalación sanitaria interna de las viviendas y se conectan a la red principal del alcantarillado mediante semicodo y yee. Es conveniente dejar un registro o caja de inspección antes de la conexión para efectos de mantenimiento. El diámetro interno mínimo es de 75 mm (3").

1.2.1.3 RED DE ALCANTARILLADO SIMPLIFICADO

Se instala a lo largo de los andenes y tiene como finalidad recolectar y transportar el agua proveniente de las conexiones domiciliarias hasta el punto de disposición. El diámetro interno mínimo es de 100 mm (4").

1.2.1.4 ACCESORIOS DE INSPECCIÓN Y LIMPIEZA

Se trata de estructuras más simples y de menor costo que los pozos de inspección de los alcantarillados convencionales, ya que con los nuevos equipos mecánicos para limpieza de alcantarillados no es necesario que un trabajador baje por un pozo de registro para labores de inspección y mantenimiento. Dependiendo del tipo de equipo de limpieza que se tenga previsto, por ejemplo rotasondas mecánicas, estos dispositivos pueden ser cajas cuadradas de ladrillo como se indica en la figura 5, o tubos prefabricados de concreto de diámetro variable con su respectiva tapa a nivel del andén. Por eso es necesario que para todo proyecto de alcantarillado simplificado se tenga una descripción de los equipos de limpieza que se van a usar con sus especificaciones técnicas para de esta manera diseñar estos accesorios y definir su distanciamiento.

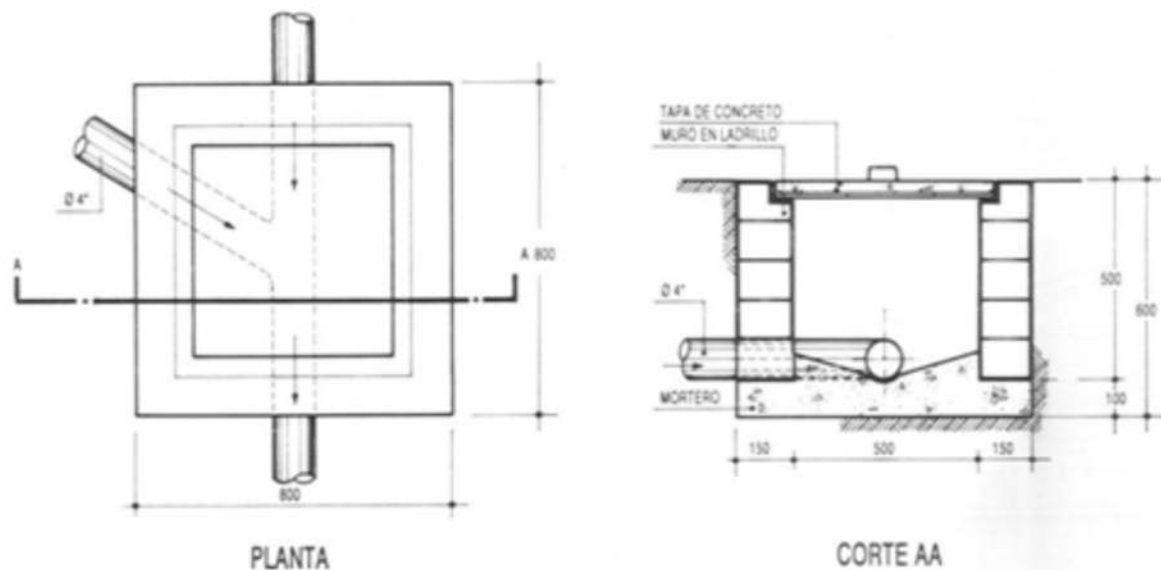


Figura 5. Esquema de una caja de inspección de ladrillo con tapa de concreto

1.2.1.5 INTERCONEXIÓN A SISTEMAS CONVENCIONALES

Siempre que exista algún sistema convencional aledaño capaz, y que facilite la interconexión, la manera más simple de hacerla es a través de un pozo de inspección ya existente o construyendo uno nuevo intercalado en el tramo receptor.

1.2.1.6 CRITERIOS Y PARÁMETROS PARA EL DISEÑO

a) Velocidades

En conductos circulares, la velocidad mínima considera el caudal máximo horario para las condiciones iniciales de operación y la velocidad máxima se calcula para el caudal máximo horario al final del periodo de diseño. Las velocidades de flujo para los caudales estimados deben ser:

- Velocidad mínima: 0,40 a 0,50 m/s
- Velocidad máxima: 4,5 a 5,0 m/s

b) Tensión de arrastre

Para calcular la velocidad óptima en las tuberías de la red de alcantarillado simplificado teniendo en cuenta su configuración y la sección mojada del conducto, se debe considerar el criterio de la tensión de arrastre que es el esfuerzo cortante ejercido por el líquido sobre el colector y sobre el material en él depositado. Para que no se presente sedimentación en las tuberías, el valor de la fuerza de tracción mínima debe ser de 0,15 kg/m² para la remoción de partículas de hasta 2,0 mm de diámetro.

Cuando no se desee diseñar con el criterio de tensión de arrastre, puede evitarse la sedimentación controlando la velocidad de flujo real y no la velocidad nominal o a tubo lleno fijándola en un valor superior a 0,40 m/s.

c) Diámetros mínimos en los alcantarillados simplificados

Para los tramos iniciales de un alcantarillado simplificado en comunidades pequeñas se puede considerar el uso de tuberías con diámetro interno mínimo de 100 mm (4"), en longitudes máximas de hasta 400 metros sirviendo hasta 50 viviendas. Para las conexiones domiciliarias se puede usar tubería de 75 mm (3") de diámetro como mínimo. En zonas residenciales se recomienda adoptar 150 mm (6") como diámetro mínimo de las tuberías colectoras de alcantarillado sanitario y 100 mm (4") para las conexiones domiciliarias.

d) Caudales mínimos de diseño

En los tramos iniciales de colectores pequeños se recomienda usar un valor de 1,5 l/s como el flujo simultáneo mínimo.

e) Pendiente de las alcantarillas

La pendiente mínima que se debe adoptar para autolimpieza no depende directamente del diámetro de los colectores, sino del flujo que transporta. Una tubería de diámetro pequeño se mantendrá más limpia que una tubería más grande colocada con la misma pendiente. La mejor manera de determinar la pendiente mínima de un colector es aplicar la expresión hidráulica:

$$S = \frac{\tau}{\gamma R}$$

Donde:

S = pendiente mínima

τ = esfuerzo cortante medio en N/m²

γ = peso específico del agua residual en N/m³

R = es el radio hidráulico

f) Profundidad del flujo en las tuberías

Se deben diseñar bajo la condición de lámina de agua máxima del 85% del diámetro y mínima del 20% del diámetro. De este modo se hace el mejor uso posible de las tuberías del alcantarillado lográndose las dos condiciones de velocidad mínima y máxima.

g) Profundidad de instalación de las tuberías

En los tramos iniciales la profundidad mínima de instalación de las tuberías debe ser suficiente para permitir que todas las conexiones domiciliarias de las viviendas puedan drenar con fluidez. En los andenes, en las zonas verdes de los andenes y en las calles peatonales la cobertura mínima es de 0,60 m y bajo el pavimento de la calle esta cobertura mínima debe ser de 1,00 m, a menos que se use un recubrimiento de protección que evite su aplastamiento.

1.2.2 ALCANTARILLADOS CONDOMINIALES

El sistema condominial de alcantarillado es una solución eficiente y económica para alcantarillado tipo separado, desarrollada en Brasil en la década de 1980 y de aplicación creciente en varios países latinoamericanos. El alcantarillado condominial recoge las contribuciones de las viviendas con uno o varios tramos de tubería privada que finalmente se conectan a la red local o pública de alcantarillado sanitario convencional o simplificado en un pozo de inspección.

En el sistema convencional, cada predio con frente al alcantarillado se considera como usuario y está servido a través de una conexión domiciliaria individual. En el sistema condominial el usuario pasa a ser parte de un conjunto de unidades unifamiliares o multifamiliares que conforman un condominio con una conexión a la red local de alcantarillado sanitario. Aquí el usuario es el condominio.

Las características técnicas del sistema de alcantarillado condominial dan sustentabilidad y gran capacidad de adaptación a las más diversas situaciones físicas y condiciones socio-culturales favoreciendo su aplicación en asentamientos informales. También en aquellas municipalidades que tienen un considerable rezago en la cobertura de alcantarillado o ausencia total de este servicio domiciliario o en aquellos asentamientos rurales de población nucleada concentrada y donde no resulten más económicas y apropiadas las soluciones individuales in situ.

1.2.2.1 TRAZADO DE LA RED Y SUS COMPONENTES

El enfoque del diseño de una red de alcantarillado condominial se basa ante todo en la identificación, mediante procedimientos topográficos y altimétricos, de las microcuencas donde están ubicadas o se ubicarán las manzanas o conjuntos de casas, con el fin de definir el perímetro y dimensionamiento más eficiente del condominio en función de su desagüe. Hay un cambio en la concepción del trazado de la red de alcantarillado condominial el cual busca aprovechar al máximo las pendientes del terreno para recoger la mayor cantidad de contribuciones individuales antes de su entrega al alcantarillado público o a un sistema de tratamiento de aguas residuales. Los componentes del alcantarillado condominial, son:

1.2.2.2 RED CONDOMINIAL

Es la tubería de alcantarillado sanitario ubicada a lo largo de andenes o antejardines, del fondo o la mitad de los lotes de una urbanización, la cual recolecta las contribuciones de aguas residuales domésticas de cada vivienda. Si se trata del diseño de una urbanización nueva que adopta esta tecnología, la red condominial podrá localizarse por el fondo o por el medio de los lotes, siempre y cuando la pendiente del terreno garantice una velocidad de arrastre que disminuya a futuro el riesgo de taponamientos y rebose dentro de los predios. Para el caso de adoptar esta solución en comunidades ya establecidas, el tendido de la red condominial debe hacerse por la zona de los antejardines o en último caso por el andén.

Para ramales instalados por la acera se recomienda recubrirla en concreto en los sectores de tráfico vehicular en los cruces de calles o entradas a los garajes.

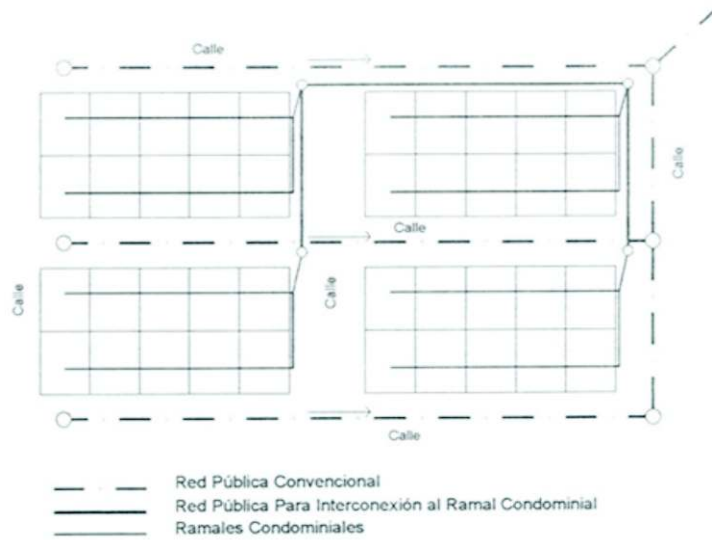


Figura 6. Esquema de un alcantarillado condominial

1.2.2.3 TRAMO O RAMAL CONDOMINIAL

La red condominial está constituida por tramos sencillos, o sucesivos de tuberías, o que siguen el contorno de una manzana, reciben las contribuciones individuales y finalmente descargan en la red local de alcantarillado sanitario. De esta manera el tramo o tramos de la red condominial exigen la mayor longitud sin representar ningún aumento en las longitudes de la red local de alcantarillado sanitario.

Los tramos están definidos por los registros o cajas de inspección y su longitud varía de acuerdo a la opción elegida.

Tipo de tramo	Longitud máxima
Tramo condominial por el fondo del lote	25 m
Tramo condominial por el medio del lote	25 m
Tramo condominial por el antejardín	25 m
Tramo condominial por el andén	50 m

Tabla 1. Longitudes usuales de los tramos condominiales de acuerdo a su ubicación

1.2.2.4 REGISTRO O CAJA DE INSPECCIÓN

Es el dispositivo instalado para recibir la tubería de desagüe de la instalación sanitaria de cada vivienda, uno por cada lote y además sirve para la inspección de los tramos condominiales. Su concepción funcional es similar a la de los pozos de inspección de los alcantarillados convencionales.

Se trata de un cilindro vertical prefabricado en plástico (PVC, poliuretano, polietileno, o plástico reforzado con fibra de vidrio), concreto simple, o construido in situ en ladrillo, en diámetros que varían de 0.45 m para profundidades de zanja hasta 0.90 m ó de 0.60 m de diámetro interno para profundidades entre 0.90 y 1.20 m. También se puede construir en mampostería de ladrillo con sección cuadrada de 0,45 x 0,45 m.

Está destinado a conectar dos o más tramos condominiales y hace posible los cambios de dirección de éstos, pero su función principal es permitir las inspecciones y limpieza de las obstrucciones del alcantarillado. Lleva una tapa abisagrada, o ajustada al cilindro, la cual se coloca a nivel del andén o de la rasante del patio o antejardín y se instala sobre una base prefabricada o fundida en concreto.

1.2.2.5 RED LOCAL DE ALCANTARILLADO SANITARIO O RED PÚBLICA

Está formada por los colectores que se ubican en la vía pública y recolectan los desagües de los ramales condominiales. Son en esencia la red del sistema de alcantarillado sanitario convencional, con la diferencia de que no recibe contribuciones a lo largo de la red. Las contribuciones son puntuales hechas a través de pozos de inspección.

Las redes principales de este alcantarillado son de propiedad del operador del sistema local de alcantarillado sanitario, el cual es responsable por su operación y mantenimiento.

1.2.2.6 CRITERIOS PARA EL DISEÑO

Los pasos a seguir para el diseño de un alcantarillado condominial son los siguientes:

1.2.2.7 DELIMITACIÓN DEL CONDOMINIO

El condominio se debe delimitar por calles y/o vías peatonales de acuerdo con la cuadra urbana, pero teniendo siempre presente la pendiente del terreno y los límites de la microcuenca. El condominio se constituye en la unidad básica para el diseño, participación de la comunidad, decisión y administración del sistema. La red de alcantarillado condominial es considerada como el componente privado del sistema cuyo mantenimiento es de responsabilidad de los usuarios.

1.2.2.8 TRAZADO DE LA RED CONDOMINIAL

El trazado de la red de alcantarillado condominial se realiza después de la definición de cada condominio y está compuesto de planos preparados basándose en levantamientos topográficos de campo simplificados, es decir, con los detalles suficientes de planimetría y altimetría para la construcción de los tramos condominiales. Aquí se define por dónde se van a instalar los tramos condominiales: ya sea por el fondo del lote, por el antejardín o por el andén.

1.2.2.9 REQUISITOS MÍNIMOS DE LOS TRAMOS CONDOMINIALES

a) Diámetro interno real mínimo

El diámetro interno real mínimo recomendado en las redes de recolección y evacuación

de aguas residuales que utilicen alcantarillados tipo condominial, es de 100 mm (4"). Este diámetro puede utilizarse en los tramos iniciales de la red condominial y en los siguientes, siempre y cuando la fuerza de arrastre no sea inferior a 1,0 Pascal y la sección mojada no pase del 85% del diámetro. Esa condición también es válida para tamaños de 150 mm (6") y superiores.

b) Profundidad de los tramos

Deberá ser tal que permita recibir por gravedad el desagüe de la instalación sanitaria de cada vivienda, esté por debajo de la conexión predial del vecino garantizando que éste sea atendido y quede protegida contra el tráfico vehicular u otros impactos. Para obtener el menor volumen de excavación y siempre que sea posible, la pendiente de la tubería deberá ser igual a la del terreno, siempre y cuando se cumpla con el criterio de autolimpieza.

Los recubrimientos mínimos de la tubería para los tramos ubicados dentro de los lotes residenciales, por tratarse de áreas protegidas, es de 0.30 m; de 0.60 m para los ramales externos ubicados bajo las aceras públicas y de 0,85 m para la red principal que se instale por la calzada pública.

c) Cámaras o registros de inspección de los tramos condominiales

Son cilindros verticales de ladrillo pegado con mortero de 0,45 m de diámetro interno, siempre que la profundidad de la tubería sea de hasta 0,80 m. a partir de esta profundidad y hasta 1,20 m, deberán ser de 0,60 m de diámetro interno. También pueden ser de sección cuadrada de 0,45 m x 0,45 m interior, o de 0,60 x 0,60 para la profundidad mayor.

Las cámaras prefabricadas en PVC o concreto simple son más convenientes porque facilitan la ejecución de los trabajos principalmente en las obras realizadas con la utilización de mano de obra de la comunidad. En cualquiera de los dos casos se les coloca una tapa circular de PVC o concreto y el conjunto se instala sobre una base de concreto simple, la cual va conformada con cañuelas iguales al diámetro de la batea de los tubos.

Las cámaras o registros de inspección se instalan uno por cada lote, tienen distancias máximas entre sí de 25 metros cuando los tramos condominiales se instalan dentro del lote y como máximo cada 50 metros cuando el tramo condominial se instala por el andén. El material utilizado es comúnmente el tubo de concreto simple prefabricado al cual se le coloca una tapa circular de concreto.

d) Cámaras de inspección para la red pública

Aquí, donde las profundidades de la red principal fluctúan entre 0,85 y 1,20 m se deben utilizar pozos o cámaras de inspección del diseño convencional construidas in situ o prefabricadas

Estos pozos de inspección deben construirse en los siguientes casos:

- En la unión de dos o más tramos de colectores públicos;
- En lugares de cambios de dirección y de pendiente del colector;

- A lo largo de la red principal, cada 100 m o fracción;
- En el inicio de la red principal.

Los pozos de inspección con caída o cámaras de caída se consideran estructuras especiales cuando la diferencia de nivel entre la tubería afluyente y el fondo del pozo es mayor a 75 centímetros.

1.2.2.10 RED LOCAL DE ALCANTARILLADO SANITARIO O RED PÚBLICA

Para el diseño de los tramos de la red local de alcantarillado sanitario o red pública se busca el trazado geométrico que aproveche la conformación de circuitos cerrados, con el propósito de compensar el flujo de los caudales.

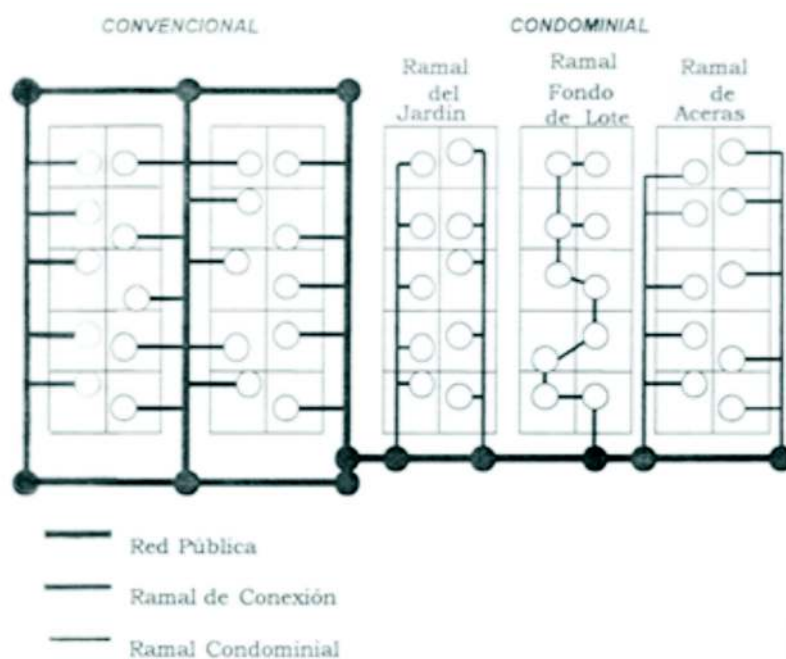


Figura 7. Esquema de condominial empatando a convencional

1.2.2.11 PARÁMETROS DE DISEÑO HIDRÁULICO

a) Periodo de diseño

El periodo de diseño del proyecto está relacionado con el tiempo previsto para que el sistema funcione antes de alcanzar la saturación. Se recomienda para este caso en particular adoptar un periodo de diseño de 15 años.

b) Cálculo de la población futura

La población actual del proyecto se estimará con base en información oficial, pero adicionalmente el diseñador deberá verificar sobre la existencia de información de la población beneficiaria del proyecto.

Los estimativos de población futura deben basarse en los procedimientos usualmente empleados para diseños de este tipo de proyectos.

Además del conocimiento de la población futura, el proyecto necesita conocer cuál es la posible distribución de la población.

c) Densidad de población

Para el cálculo de la población que será atendida en los proyectos de los sistemas condominiales, se deben adoptar los valores para las condiciones actuales del asentamiento objeto del estudio. Un valor de referencia puede ser:

$d = 6,0 \text{ hab./ lote unifamiliar}$

d) Caudales de diseño

El dimensionamiento del sistema debe ser realizado para dos situaciones:

- El caudal inicial para el año cero, que se calcula sobre las bases de datos y estudios del consumo de agua de la población.
- El caudal final estimado para la población al final del periodo del proyecto.

El dimensionamiento hidráulico de los conductos debe atender a los caudales máximos diarios (QMD) y horarios (QMH). Usualmente lo que se hace es estimar los caudales y recurrir a los mismos coeficientes K_1 y K_2 de mayoración, empleados en los proyectos de sistemas de abastecimiento de agua.

$$Q_{dom, \text{máx}} = 0,85 \frac{q \cdot p \cdot K_1 \cdot K_2}{86.400}$$

Las redes son proyectadas para contribuir con los caudales domésticos y no domésticos (públicos, comerciales e industriales). Con los datos relativos de consumo de agua y de población, los caudales de aguas se determinan con las ecuaciones siguientes:

- Caudales domésticos (Q_{dom})

Para el caso de habitaciones unifamiliares, y asumiendo un caudal de retorno de aguas residuales del 85%, el caudal máximo doméstico está dado por la fórmula:

Donde:

q = consumo de agua per cápita, en l/s;

p = número de habitantes, en hab.;

K_1 = coeficiente del día de mayor consumo, adimensional;

K_2 = coeficiente de la hora de mayor consumo, adimensional.

- Caudales no domésticos (Q_{nod})

En los casos de lotes de instituciones públicas, comerciales, escuelas, industriales y de otras instalaciones, se presentan consumos de agua más elevados que el doméstico. Estos deben tener sus caudales cuantificados y considerados de forma puntual para efecto del dimensionamiento de la red principal. Los caudales no domésticos se determinan en función a los consumos per cápita y para diferentes tipos de establecimientos.

- Caudales de diseño máximo y mínimo

Para la determinación de los caudales máximos diarios y horarios de diseño, se deben considerar los caudales domésticos y no domésticos.

e) **Cálculo hidráulico**

Los tramos de alcantarillado sanitario condominial se calculan como conductos libres de sección circular para escurrir a 85% de la sección del caudal máximo horario al final del proyecto.

f) **Velocidad máxima**

El límite máximo de velocidad evita la acción erosiva de partículas sólidas duras que puedan ser transportadas por las aguas residuales y depende del material de la tubería. Para tuberías de PVC la velocidad máxima permitida es de 5.0 m/s. Esta se puede sobrepasar siempre que se mantenga la condición de lámina de agua máxima del 85% del diámetro.

En conductos circulares la velocidad máxima se debe calcular para el caudal máximo al final del periodo de diseño.

g) **Velocidad mínima**

En conductos circulares la velocidad mínima debe calcularse considerando el caudal máximo al comienzo de la primera etapa y ésta no debe ser inferior a 0.45 m/s y debe estar acorde con el criterio de auto limpieza.

1.2.3 **TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES**

Para evitar las estructuras de transporte y bombeo de las aguas residuales, éstas pueden ser substituidas por pequeñas unidades locales de tratamiento. Estas unidades utilizan tecnología sencilla y procesos biológicos para asegurar una forma racional y segura de devolución de los afluentes a los cuerpos receptores (ríos, riachuelos, arroyos, lagunas, etc.).

Los tipos de plantas de tratamiento más utilizados son:

- Conjuntos de pozos sépticos y filtros anaerobios de flujo ascendente;
- Reactores anaerobios de flujo ascendente;
- Lagunas anaerobias y/o facultativas.

La adopción de una u otra solución depende de factores como:

- Población total servida por el sistema;

- Disponibilidad de área;
- Riesgos de olores;
- Facilidad de manejo;
- Costo de construcción, operación y mantenimiento.

La adopción del sistema condominial, con la formación de microsistemas independientes de recolección y tratamiento de los desagües, permite la implantación de sistemas completos, resolviendo uno de los más graves problemas de saneamiento que es la contaminación del medio ambiente a través de las descargas en bruto de los sistemas de alcantarillado sanitario, en los cuerpos receptores.

1.2.4 ALCANTARILLADOS DE FLUJO DECANTADO⁴

El Alcantarillado de Flujo Decantado es un sistema cuya característica principal es separar los sólidos y las grasas de la porción líquida de las aguas residuales domésticas a través de un tanque denominado interceptor, en el cual además se producen procesos sépticos primarios de estabilización de la materia orgánica sedimentada.

Por tal motivo, aparte del colector del inmueble que recoge las aguas provenientes de las instalaciones internas de la vivienda, los dos componentes principales de este tipo de sistemas son: los tanques interceptores y las redes recolectoras de pequeño diámetro. Cuenta además, igual que en los sistemas convencionales, con otras instalaciones tales como cajas de inspección, registros de limpieza, sistemas de tratamiento secundario, estructuras de entrega y, eventualmente, con sifones invertidos, cámaras de caída, estaciones de bombeo y pasos elevados.

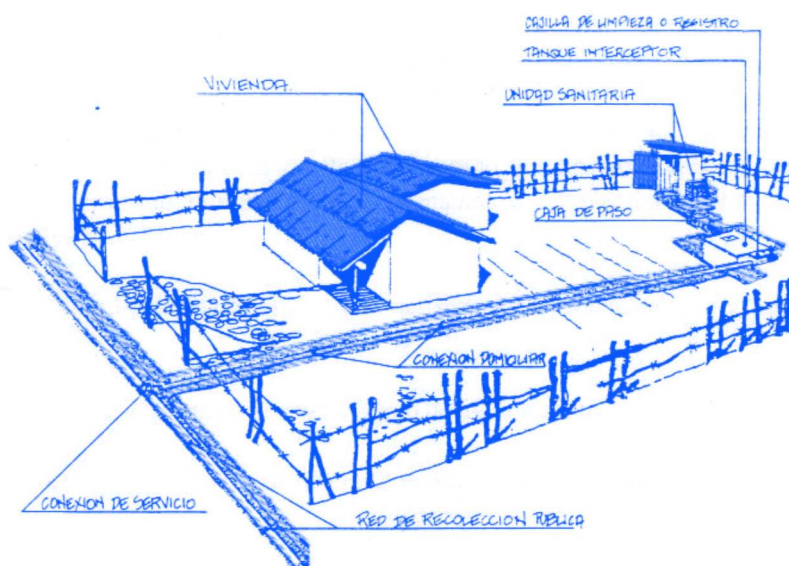


Figura 8. Esquema general de un Alcantarillado de Flujo Decantado

⁴ Información tomada del documento Guías Técnicas del Alcantarillado de Flujo Decantado, William Carrasco, Jaime Chavez y Gonzalo Medina, Ministerio de Desarrollo Económico de Colombia, 1995

Un requisito previo para la selección de esta tecnología es el aseguramiento de la disponibilidad de equipos mecánicos para la extracción periódica de los lodos sedimentados en los tanques interceptores que deben quedar ubicadas en la zona del andén cerca de la calle. También debe estar asegurada la disposición sanitaria de estos lodos en plantas de tratamiento de aguas residuales o en terrenos apropiados para ello. Los equipos más indicados para esta labor son los de succión – presión utilizados para el mantenimiento de los alcantarillados convencionales. No se recomienda la extracción manual de los lodos.

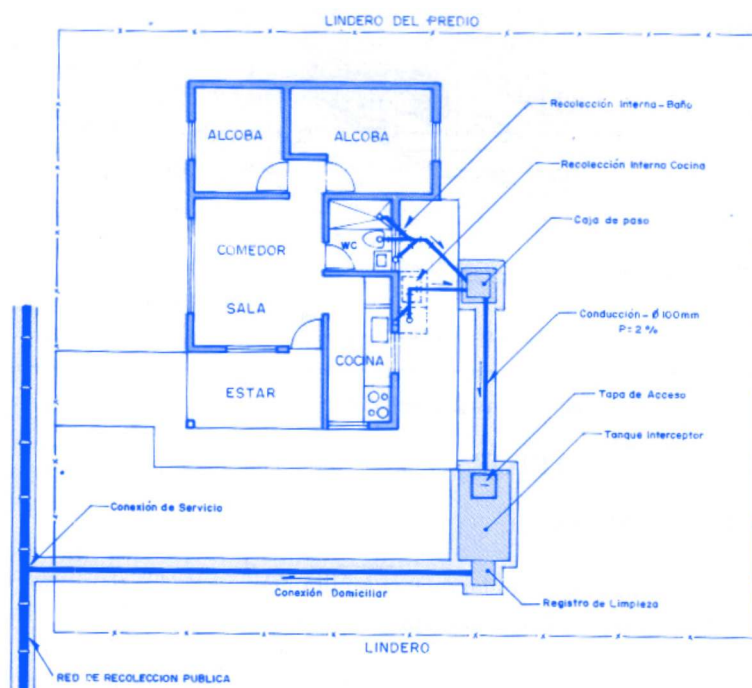


Figura 9. Esquema del Alcantarillado de Flujo Decantado

1.2.4.1 INSTALACIONES SANITARIAS INTERNAS

Comprende todos los accesorios, tubos de desagüe, aparatos y equipos requeridos para la evacuación de las aguas servidas dentro de una vivienda, tales como: lavamanos, sifones de duchas, lavaplatos, lavaderos, inodoros, tasas sanitarias, tuberías cortas, cajas de inspección y/o paso, trampas de grasa y tubos de ventilación. En la figura 9 se presenta una alternativa de conexión de las instalaciones sanitarias internas con el tanque interceptor.

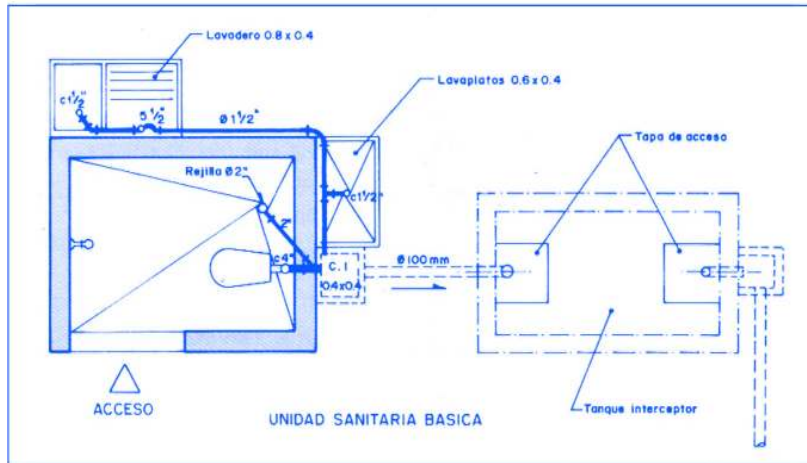


Figura 10. Disposición de la unidad sanitaria y el tanque interceptor

1.2.4.2 CONDUCCIÓN HASTA EL TANQUE INTERCEPTOR

Una vez definido el tipo y la ubicación de las instalaciones sanitarias y la del tanque interceptor, se recomienda reunir en una caja o mediante accesorios, todos los flujos en una sola tubería de 100 mm como diámetro mínimo y 2% de pendiente mínima, de tal manera que ingrese al tanque en forma horizontal por uno de sus extremos, en el sentido de la mayor longitud.

Cuando no se disponga de espacio suficiente, se podrá ubicar la unidad sanitaria encima del tanque, tomando las precauciones del caso para evitar que el ingreso de los líquidos en forma vertical produzca turbulencia o remoción de sólidos en el mismo.

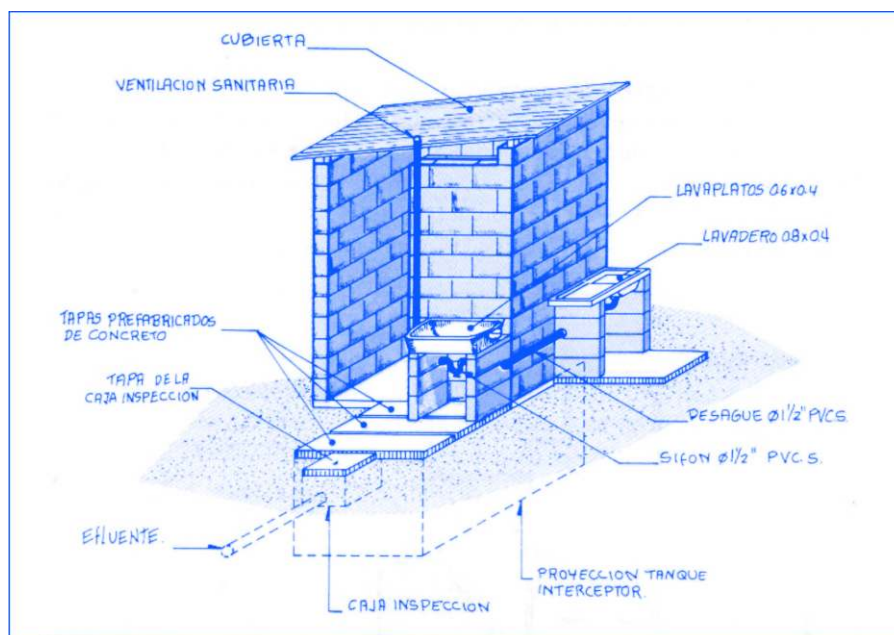


Figura 11. Esquema de instalación sanitaria sobre el tanque interceptor

1.2.4.3 TANQUE INTERCEPTOR

Los tanques interceptores son estructuras de sedimentación utilizadas para asegurar la reducción de sólidos en las redes.

Se recomienda la utilización de tanques unicamerales, ya que la sedimentación que se obtiene en una sola cámara es suficiente para la reducción de sólidos que requieren velocidades con pendientes del 1% en las redes.

De igual manera, se recomienda la utilización de tanques individuales para cada vivienda, ya que es usual el fuerte rechazo a compartir el tanque con el vecino. Los tanques para un número plural de viviendas encarecen el sistema por las especificaciones para la red de descarga al tanque.

a) Volumen requerido de sedimentación

Para el dimensionamiento del tanque interceptor es necesario calcular el tiempo de detención hidráulica, para lo cual se emplea la siguiente fórmula:

$$t_d = 1,5 - 0,3 * \text{Log} (P * Q)$$

Donde:

t_d = Tiempo mínimo de detención hidráulica en días

P = Población servida (No. De habitantes /tanque interceptor)

Q = Aporte de aguas residuales en litros/habitante-día

El volumen en metros cúbicos requerido para la sedimentación (V_{rs}), se determina de la siguiente manera:

$$V_{rs} = \frac{P * Q * t_d}{1000}$$

Y la altura requerida de sedimentación, será:

$$h_{rs} = \frac{V_{rs}}{A}$$

Donde: A = Area de superficie del tanque en m^2

Esta altura requerida de sedimentación deberá ser como mínimo de 375 mm, de los cuales, 75 mm serán la distancia entre la parte inferior de la espuma sumergida y la parte inferior del dispositivo de salida. Los restantes 300 mm, serán la distancia mínima entre la parte superior de los lodos y la misma parte inferior del dispositivo de salida, tal como se indica en la figura 11.

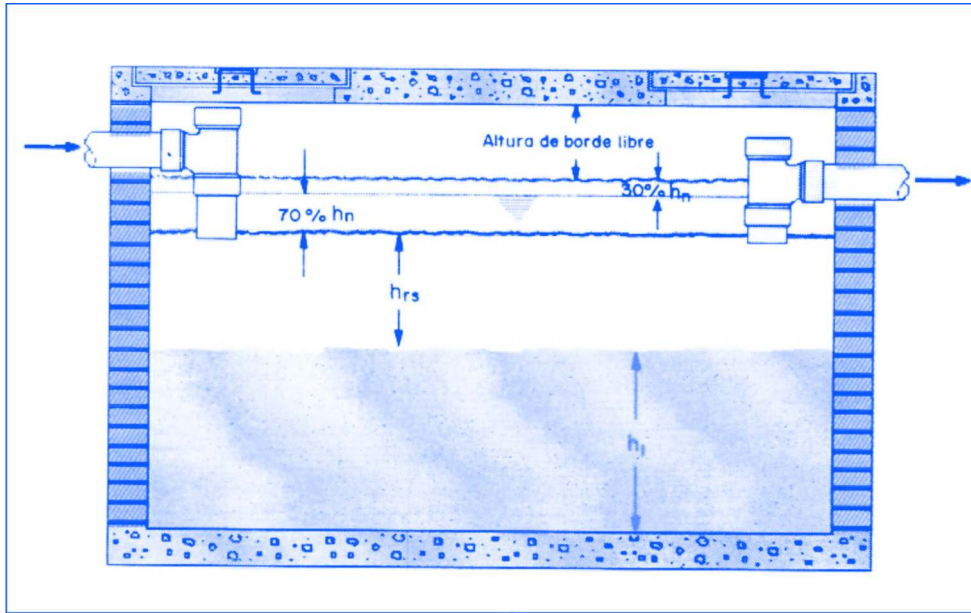


Figura 12. Detalles del tanque interceptor

b) Volumen de lodos

Al volumen requerido de sedimentación deberá sumarse el volumen en metros cúbicos de lodos (V_l), dado por la siguiente fórmula:

$$V_l = \frac{T_l * P * N}{1000}$$

Donde:

V_l = Volumen para lodos en m^3

T_l = Tasa de acumulación de lodos en litros/habitante-año

P = Población servida por cada tanque interceptor

N = Número de años entre operaciones de limpieza

Y la altura de lodos (h_l) será:

$$h_l = \frac{V_l}{A}$$

Donde: A = Area de superficie del tanque en m^2

La tasa de acumulación de lodos corresponde al efecto combinado de almacenamiento y digestión que se produce en el tanque interceptor. En consecuencia, el volumen final de lodos depende de la temperatura, la configuración del tanque, el tiempo de detención hidráulica y el régimen alimenticio de la población.

Un valor recomendado de tasa de acumulación de lodos puede estar alrededor de los 25 litros/hab-año⁵, con un mínimo de 10 litros/hab-año⁶ y un máximo de 70 litros/hab-año⁷.

C) Volumen de natas

El tanque interceptor deberá incluir también un volumen disponible para el almacenamiento de natas y espumas no sumergidas en la fase líquida del tanque y un volumen libre para aireación. El almacenamiento de natas y espumas es, principalmente, función de la producción de grasas a partir de las aguas grises y el uso de papel higiénico.

La experiencia indica que la altura de las natas en general no excederá los 150 mm, con aproximadamente un 70% de la nata sumergida dentro de la fase líquida del tanque. Una tasa confiable de acumulación de natas puede ser de 3,5 litros/habitante-año.

Para determinar la altura de las natas, se empleará la siguiente fórmula:

$$V_n = \frac{T_n * P * N}{1000}$$

Donde:

V_n = Volumen para natas en m³

T_n = Tasa de acumulación de natas en litros/habitante-año

P = Población servida por cada tanque interceptor

N = Número de años entre operaciones de limpieza

Y la altura de lodos (h_n) será:

$$h_n = \frac{V_n}{A}$$

Donde: A = Area de superficie del tanque en m²

⁵ Tasa de acumulación de lodos obtenida para un tanque unicameral con un volumen de digestión de 170 litros a una temperatura de 28 oC, con una eficiencia en remoción de DBO del 40%

⁶ Valor deducido del proyecto ASAS en Cartagena (Colombia) en 1981.

⁷ Promedio calculado en 205 tanque interceptors en Norteamérica.

Finalmente, la altura del borde libre debe ser como mínimo de 100 mm, más la altura de la nata no sumergida.

Para garantizar que parte de la nata sumergida no sea arrastrada por el flujo de salida, se debe instalar un niple en la parte inferior de la tee de salida, de tal manera que se garantice como mínimo una distancia de 75 mm entre la parte inferior de la espuma sumergida y la parte inferior del niple.

d) Dimensionamiento del tanque interceptor

Para dimensionar el tanque, se recomienda utilizar las siguientes proporciones:

Largo = Entre 1.5 y 2 veces el ancho

Altura = Entre 1.0 y 2.0 veces el largo

Area = Largo * Ancho

Es preferible diseñar un solo tanque para la vivienda típica por:

- La dispersión de los grupos de vivienda según el número de ocupantes,
- El número preponderante de ocupantes de la vivienda promedio o “vivienda típica”.
- La variación estacional u ocasional e imprevisible de los ocupantes de muchas viviendas, usualmente por razones laborales.
- Economía y facilidad para la construcción y monitoreo de operación.
- Ser menos costoso y más práctico vaciar los tanques según la acumulación real de lodos y natas.

1.2.4.4 REDES DE COLECTORES

Las tuberías de la red de colectores se deben diseñar como conducciones en las que pueden alternar el escurrimiento libre por gravedad y el flujo a presión, haciéndose el análisis por separado para los tramos correspondientes.

Las recomendaciones para el cálculo hidráulico, diámetros mínimos, pendientes y profundidad mínima de las redes de colectores, son las mismas que se presentaron para las redes de alcantarillados simplificados y las de alcantarillado condominiales.

1.2.4.5 CAJAS DE INSPECCIÓN Y REGISTROS DE LIMPIEZA

La caja de inspección y el registro de limpieza pueden ser utilizados indistintamente para la inspección y mantenimiento de las tuberías. Sin embargo, este último, consistente en un segmento de tubo (con tapa removible) colocado en forma vertical (chimenea) a través de una Y, sobre los colectores, es más recomendable, debido a su mayor seguridad y hermeticidad evitando así el ingreso de aguas lluvias, basuras, tierra y toda clase de elementos extraños (ver figura 12).

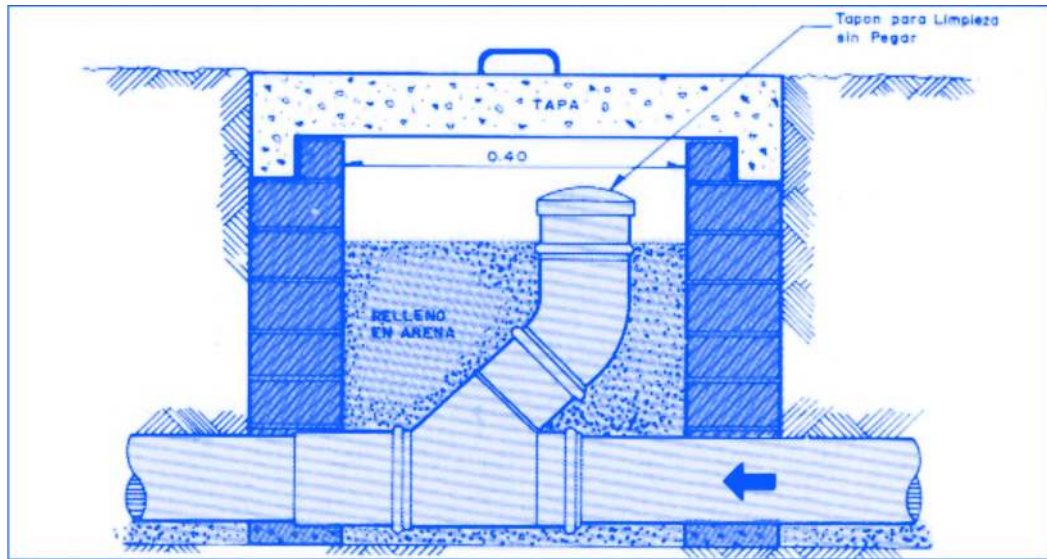


Figura 13. Esquema general de un registro de limpieza

En algunos casos especiales se requieren las cajas, como por ejemplo, en confluencias importantes de tuberías, en los cambios de diámetro o pendiente, en cambios de dirección y en aquellos sitios donde haya cambios de materiales de las tuberías. En cualquier caso, la mayor distancia entre cajas de inspección o entre registros de limpieza no excederá los 150 metros.

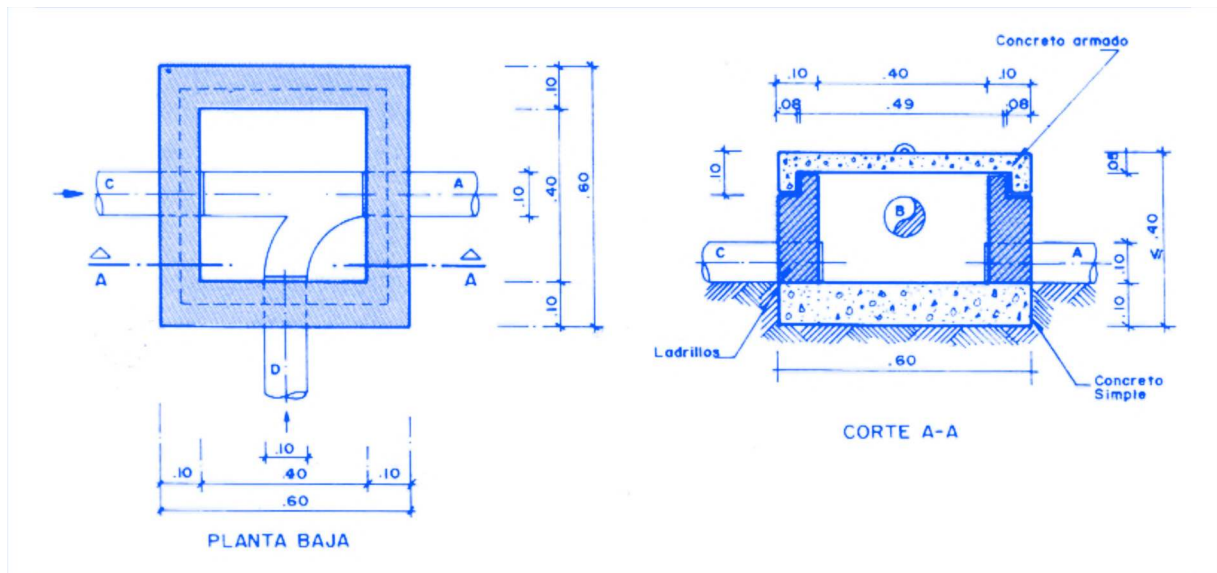


Figura 14. Planta y corte de una caja de inspección típica

2. SOLUCIONES TECNOLÓGICAS INDIVIDUALES

2.1 ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA VIVIENDAS DISPERSAS

En este numeral veremos algunos criterios básicos y requisitos mínimos que deben reunir las diferentes alternativas tecnológicas para el abastecimiento de agua a viviendas rurales dispersas donde no es posible o es impracticable desarrollar sistemas colectivos con suministro de agua domiciliaria.

Las alternativas tecnológicas para abastecimiento de agua son aquellos esquemas no convencionales compuestos principalmente por soluciones individuales o multifamiliares, dirigidas a aprovechar pequeñas fuentes de agua que normalmente demandan el transporte, almacenamiento, clarificación y desinfección del agua a nivel intradomiciliario. Estas alternativas tecnológicas están compuestas por los siguientes sistemas:

- Captación de agua subterránea como solución individual.
- Captación y almacenamiento de agua lluvia.
- Medios alternativos de almacenamiento de agua en las fincas.
- Bombeo de agua.
- Pretratamientos.
- Clarificación del agua.
- Filtración.
- Desinfección.

2.1.1 CAPTACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA COMO SOLUCIÓN INDIVIDUAL

Cuando hay disponibilidad permanente de agua subterránea cerca de la vivienda rural, ésta se puede captar por gravedad o bombeo teniendo en cuenta los diferentes tipos de fuente subterránea que se relacionan a continuación:

2.1.1.1 MANANTIALES

Llamados también nacederos, son aguas subterráneas que afloran a la superficie y se presentan con frecuencia en forma de pequeños pozos, encharcamientos o lugares húmedos al pie de las colinas o a lo largo de las orillas de los ríos.

Los manantiales pueden proporcionar agua potable a bajo costo. En lo posible deben buscarse afloramientos de agua con nivel por encima de la vivienda para que sus aguas puedan conducirse por gravedad, por lo que es importante conocer la topografía del terreno. Si esta condición es posible, constituyen una excelente solución pero es imprescindible mantener la vegetación de la zona circundante e investigar la presencia

de posibles fuentes de contaminación que puedan alterar la calidad del agua del manantial. Antes de iniciar su acondicionamiento debe hacerse una inspección visual minuciosa con el fin de obtener información sobre el origen del agua subterránea, la naturaleza de la capa acuífera, la calidad del agua, la escorrentía de las aguas lluvias aferentes al manantial en épocas de invierno y el rendimiento del manantial durante las distintas épocas del año.

La cantidad de agua que brota de un manantial puede aumentarse a menudo considerablemente haciendo una excavación alrededor del mismo hasta encontrar una capa impermeable a fin de retirar el fango, las rocas fracturadas y otros fragmentos de materia mineral.



Figura 15. Manantial excavado

El mejoramiento y protección de los nacedores de agua consiste en las siguientes prácticas:

- Limpieza del lugar del nacedero y áreas aledañas hasta localizar todos los puntos de afloramiento de agua. En caso de haber material suelto, éste se debe extraer y continuar la excavación hasta encontrar suelo firme.
- Construcción de una estructura que aisle y proteja el afloramiento principal.
- Construcción de zanjas de drenaje para conducir a esta estructura los afloramientos secundarios.
- Estructura de almacenamiento con rebose hacia el escurrimiento natural del nacedero. Esta estructura de almacenamiento deberá estar conectada a la tubería de aducción a través de una válvula o compuerta.
- Construcción de zanjas para desviar la escorrentía superficial de agua lluvia, si ésta puede venir contaminada por suelos agrícolas o actividad humana.

La Guía para el diseño y construcción de captación de manantiales de la OPS/CEPIS/04.107 UNATSABAR, Lima 2004, es un documento técnico que proporciona los elementos necesarios para asegurar el diseño adecuado y la construcción de este sistema de captación de agua.

2.1.1.2 ALJIBES

Son pozos de poca profundidad excavados a mano. Cuando dentro de la finca se tiene la certeza de la existencia de aguas subterráneas poco profundas, es decir con nivel freático cercano a la superficie del



Figura 16. Aljibes para extracción de agua

terreno, la construcción de aljibes constituye una forma ideal de captarla, pero su extracción debe hacerse mediante bombeo o formas elementales de extracción segura. Su construcción es relativamente sencilla pero de mucho cuidado, pues es necesario excavar verticalmente el suelo con herramientas manuales a profundidades que pueden variar entre 3 y 10 metros. Estos aljibes tienen generalmente un diámetro interno mínimo de 1,20 metros y si la estabilidad del terreno lo permite y la excavación está bien apuntalada para evitar el derrumbamiento de sus paredes, el revestimiento de éstas puede hacerse en mampostería de piedra o ladrillo a junta perdida, es decir, que el mortero de pega de estos elementos no cubra todas las superficies de contacto, con el fin de que por las cavidades que quedan se filtre el agua de terreno hacia el interior del aljibe.



Sin embargo, el proceso de construcción más recomendado para seguridad de los constructores es bajar la excavación a mano hasta una profundidad no mayor de un metro para ir hincando tuberías de concreto de 1,20 m de diámetro interno hasta encontrar el nivel freático. Dichos pozos se dotan de sistemas de extracción que pueden ser motobombas eléctricas, compresores o mediante bombas de pistón accionadas por turbinas eólicas (molinetes movidos por el viento).

Hay que tener en cuenta también que bajo el fondo de muchos arroyos que se secan en verano se encuentran corrientes de agua que pueden ser aprovechadas mediante la construcción de aljibes ubicados convenientemente para que no interfieran el curso del agua en época de invierno.

2.1.1.3 GALERÍAS FILTRANTES

Este es un sistema de captación de aguas subterráneas ubicadas bajo terrenos de ladera próximos a ríos o lagos. Esta solución puede resultar la más indicada cuando se desea obtener caudales que puedan satisfacer la demanda de agua para vivienda rural de centros poblados, especialmente si se trata de aprovechar un acuífero productivo.

Las galerías filtrantes son excavaciones aproximadamente horizontales, es decir, con una ligera pendiente ascensional para asegurar su drenaje y son construidas con la misma geometría y procedimientos de construcción de los túneles de las minas para extraer minerales como carbón. En la medida que se avanza la excavación se van apuntalando las paredes y la bóveda con soportes de madera y tablas. Su construcción se inicia con un portal o boca de entrada desde donde se procede a excavar la galería propiamente dicha, buscando que la solera o parte inferior del túnel quede ubicada por debajo del nivel del agua en la zona de saturación y la parte superior o bóveda en la zona húmeda. El agua que brota de la bóveda, paredes y solera es recolectada y conducida por un canal construido en el fondo de ésta.

Existen diferentes técnicas para la construcción de las galerías filtrantes, pero la sección transversal debe tener dimensiones suficientes como para permitir el desplazamiento de los equipos de excavación y de las personas encargadas de su construcción. Las secciones mínimas son de 1,80 metros de altura x 1,20 metros de ancho y pendientes del piso entre 0.01 y 0.1%. Para facilitar los trabajos deben excavar pozos de ventilación cada 50 metros a fin de ventilar la galería y para retirar los materiales provenientes de la excavación.

La construcción de las galerías requiere de una cuidadosa planificación de los trabajos y su diseño debe estar soportado por estudios geotécnicos y de prospección de agua subterránea para asegurar el buen funcionamiento de las mismas. Con base en estos estudios se debe escoger cuidadosamente el método constructivo para evitar accidentes por derrumbamiento durante su construcción y posteriormente durante su operación. El diseño dependerá en todo caso del tipo de material a excavar y su profundidad está en función del caudal que se quiera aprovechar. A la salida de la galería se debe construir un tanque de almacenamiento o represa con una compuerta o válvula desde donde se instala la tubería de aducción.

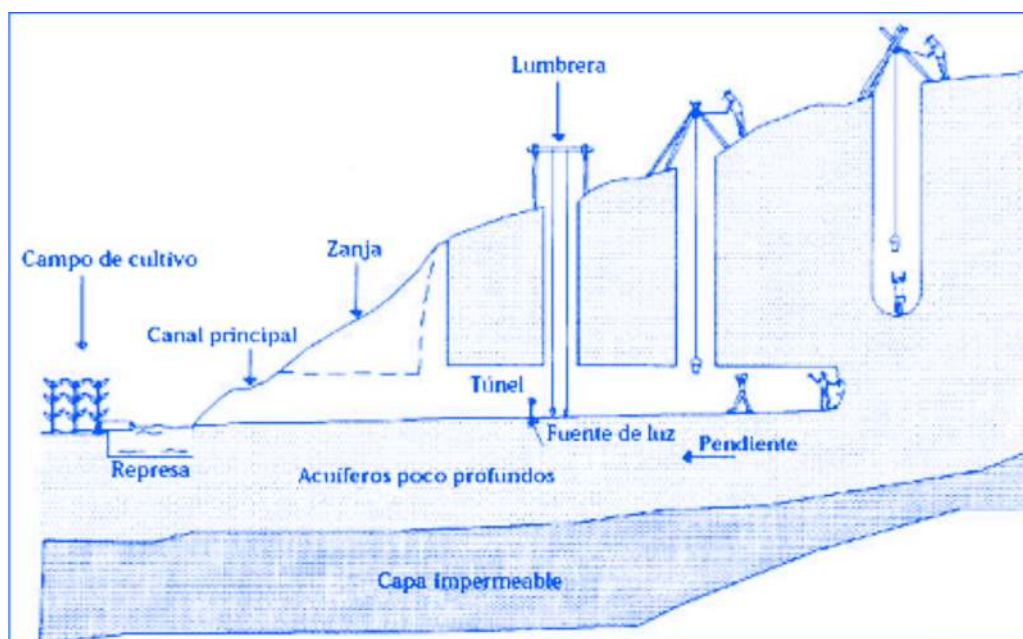


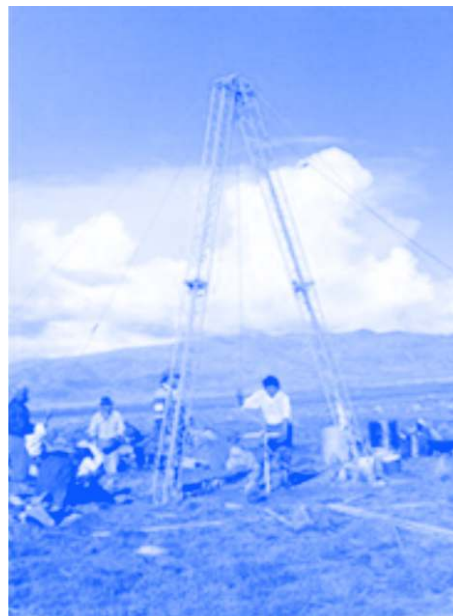
Figura 17. Diagrama de construcción de galería filtrante

Las galerías filtrantes modernas se asemejan más a un dren, es decir, están constituidas por una tubería metálica perforada que se hinca en dirección aproximadamente horizontal, con la ayuda de perforadoras rotatorias, utilizando una técnica similar a la excavación y entubamiento de un pozo profundo. Al igual que en las galerías filtrantes excavadas a mano, el hincamiento de la tubería se hace con una ligera pendiente ascendente que se direcciona hacia el interior del terreno de ladera en busca de puntos inferiores al nivel freático, de tal manera que permitan drenar un cierto caudal de agua subterránea.

La Guía de diseño para galerías filtrantes para pequeñas localidades de la OPS/CEPIS/03.78 UNATSABAR, Lima 2003, es un documento técnico que proporciona los elementos necesarios para asegurar el diseño adecuado de este sistema de abastecimiento de agua.

2.1.1.4 POZOS PROFUNDOS PERFORADOS MANUALMENTE

Son perforaciones verticales de pequeño diámetro que se hacen en el suelo atravesando diferentes estratos geológicos entre los que pueden haber acuíferos. El proceso de perforación cambia de rendimiento de acuerdo al estrato que está atravesando y la determinación de si éste es un acuífero o no, se hace con base en las muestras que se van extrayendo. Existen métodos mecanizados y manuales para perforar pozos. Existen diversos métodos de perforación manual, la mayoría de los cuales son por percusión.



El procedimiento aquí recomendado fue adaptado por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y combina al mismo tiempo las técnicas de rotación y percusión, donde el

origen de la fuerza motriz es la fuerza humana de los operadores o perforadores. Con la ayuda de una torre de 3 patas dotada con una polea en la cúspide, se levantan y se dejan caer libremente barras de perforación que llevan una broca en la punta, que después de quedar enterradas en el suelo, se giran manualmente en el sentido de las manecillas del reloj y de esta manera se va extrayendo el material rocoso por abrasión del mismo.



Este sistema de perforación de tipo artesanal se viene utilizando en forma exitosa en algunos países de la región andina en zonas donde el acceso de equipos es difícil y costoso. La perforación manual de pozos profundos de pequeño diámetro siguiendo este modelo va orientada a población de escasos recursos que habitan en regiones aisladas, permitiéndoles acceder a fuentes hídricas subterráneas de una manera simple y económica, mejorando sustancialmente su calidad de vida.

Figura 18. Perforación manual por percusión-rotación y lubricación con bentonita

Para mayor información acerca de esta tecnología, se puede consultar la Guía RAS 007 “Perforación manual de pozos profundos de pequeño diámetro”⁸, en dónde se ilustra detalladamente el desempeño de estos equipos y el procedimiento detallado de su operación con base a la experiencia de la OPS/CEPIS.

2.1.2 CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA LLUVIA

La forma más práctica de captar el agua lluvia para consumo humano se hace generalmente en los techos de la vivienda y su recolección, mediante canaletas y bajantes, para ser almacenada en tanques cerrados enterrados o semienterrados o, en reservorios a cielo abierto exclusivos para este fin.

Es una solución que aplica primordialmente para atender las necesidades de agua para consumo humano de la vivienda rural dispersa, en regiones con niveles de precipitación pluviométrica que hagan posible un adecuado abastecimiento de agua lluvia. Sin embargo, también se recomienda para vivienda rural nucleada y en algunos casos para vivienda urbana donde el lote permita construir un almacenamiento suficiente para cubrir las necesidades de agua para fines domésticos, cuando haya racionamiento en el sistema público de abastecimiento de agua potable.

2.1.2.1 BENEFICIOS DEL SISTEMA

Su aplicación resuelve un problema de escasez de agua permanente o temporal, es decir, en las temporadas de sequía cuando se secan las fuentes superficiales y subterráneas o falla el suministro de agua a través del sistema público de suministro, el almacenamiento de agua lluvia está disponible para atender la demanda de agua en el hogar, previo tratamiento preventivo a nivel casero. Además la captación de agua lluvia para consumo humano en la vivienda rural dispersa presenta las siguientes ventajas:

- Es económico desde el punto de vista de la calidad físico química y sólo necesita desinfección preventiva, pues entre todas las formas en que el agua se encuentra en la naturaleza es la más limpia, ya que dentro del ciclo hidrológico ésta pasa del estado gaseoso al líquido en la atmósfera y se precipita.
- Es un sistema individual de provisión de agua independiente y autosostenible, sin existir tarifas.
- Resultados a corto plazo y bajo costo frente a la solución centralizada.
- Mejora la calidad de vida del hogar.
- Puede ser construido por el propio beneficiario.
- Le permite al beneficiario dedicar más tiempo a otras actividades productivas.
- Ahorro considerable de energía.

2.1.2.2 DESVENTAJAS DEL SISTEMA

- La inversión inicial para instalar y construir en la vivienda los elementos funcionales (canaletas, bajantes, filtro y almacenamiento) puede ser un poco alta y su

⁸ Elaborado por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, con el apoyo del SENA y la Organización Panamericana de la Salud, Colombia, 2003.

implementación puede ser un impedimento para familias de bajos recursos económicos, sobre todo si es necesario hacer cambios en la estructura o en el material del techo.

- La cantidad de agua captada depende de la precipitación del lugar y del área de captación.
- La dotación de agua por persona puede ser drásticamente disminuida a menos de 20 litros por persona día (lppd), para cubrir las necesidades básicas durante la temporada de sequía.
- Se hace necesario el mantenimiento permanente de los elementos funcionales.

2.1.2.3 FACTIBILIDAD

En el diseño de un sistema de captación de agua de lluvia para las viviendas rurales de una determinada región es necesario considerar los factores técnicos, económicos y sociales.

- Factor técnico. Los factores técnicos a tener presentes son la producción u oferta y la demanda de agua.
- Factor económico. Existe una relación directa entre la inversión requerida para implementar el sistema y el área de captación y el volumen de almacenamiento, resultando muchas veces una restricción para la mayor parte de los interesados.

En la evaluación económica es necesario tener presente que en ningún caso la dotación de agua debe ser menor a 20 litros de agua por persona y por día, la misma que permite satisfacer sus necesidades básicas elementales.

Asimismo, los costos del sistema propuesto deben ser comparados con los costos de otras alternativas destinadas al mejoramiento del abastecimiento de agua, teniendo presente el impacto que representa la cantidad de agua en la salud de las personas beneficiadas por el servicio.

Con el propósito de tener una base sobre los patrones de consumo, se anexa la siguiente tabla, la cual contempla los volúmenes unitarios mínimos y típicos en una vivienda campesina con un aparato sanitario de flujo y descarga, una ducha, un lavamanos, un lavaplatos y una alberca para lavar la ropa.

USO	CONSUMO MÍNIMO (en l/hab. – día)	CONSUMO TÍPICO (en l/hab. – día)
Lavado de ropa	12	25
Aseo personal	10	20
Descarga de sanitario	6	18
Cocina	12	25
Otros usos como lavado de pisos, riego de huerta casera y bebedero de animales domésticos	5	12
TOTAL	45	100

Consumos mínimos frente a consumos típicos en una vivienda campesina

- Factor social. En la evaluación de las obras de ingeniería a nivel comunitario, siempre se deben tener presente los factores sociales, representados por los hábitos y costumbres que puedan afectar la sostenibilidad de la intervención. Al efecto, el responsable del estudio debe discutir con la comunidad las ventajas y desventajas de la manera tradicional de abastecimiento de agua y de la tecnología propuesta, buscando que la propia comunidad seleccione lo que más le conviene emplear.

Los análisis deben considerar la conveniencia de adoptar soluciones individuales y colectivas, el tipo de material empleado en la fabricación de sus techos, la existencia de materiales alternativos en el lugar o sus alrededores y el grado de participación de la comunidad en la implementación del proyecto.

2.1.2.4 ELEMENTOS FUNCIONALES PARA EL DISEÑO

El diseño debe tener en cuenta los elementos funcionales del sistema que son:

- El material con el que se construye el techo de una vivienda rural típica en la zona o región del proyecto. Este material debe ser colocado sobre una estructura de madera o metal.
- La(s) canaleta(s) de aguas lluvias que dependen del número de vertientes que tenga el techo. Éstas se consiguen en material plástico, lámina galvanizada, asbesto – cemento o también pueden ser fabricadas en guadua.
- La(s) bajante(s) de aguas lluvias que son de lámina galvanizada u otros materiales.
- Un filtro o sistema de cribado para retener las hojas y las impurezas acumuladas en el techo, especialmente después de una larga temporada de sequía. Puede ser una caneca metálica de 20 litros conteniendo grava o arena gruesa. Se conecta en la(s) bajante(s) antes de su descarga al tanque.
- Un sistema de compuerta instalado encima del filtro, para descartar y desviar el agua del primer aguacero de la temporada de lluvias.
- Tanque de almacenamiento rectangular o cilíndrico, construido(s) cerca de la vivienda con mampostería de piedra, ladrillo o concreto, enterrados o semienterrados para almacenar el volumen de agua diseñado para la época de sequía. El tanque debe ser cerrado, con tubería de ventilación de máximo 1" y tapa pesada para ser retirada solamente para fines de mantenimiento por personas adultas. Pueden usarse también tanques comerciales de plástico disponibles en diferentes tamaños, que para este propósito van desde 2.000 litros a 10.000 litros de capacidad.
- Tanque de reserva para consumo diario con una capacidad mínima de 200 litros para atender las necesidades domésticas. Este debe ser construido o colocado en la cumbre del techo de la vivienda o sobre una estructura de mampostería adosada a la vivienda o a un lado de ésta, con una altura superior a dos metros. Pueden usarse también tanques comerciales de tamaño doméstico en plástico o asbesto cemento con capacidades de 250, 500 y 1.000 litros.
- Instalación hidráulica interna de media pulgada de diámetro para suministrar agua desde el tanque domiciliario al lavaplatos y un lavamanos como mínimo.

- Una bomba manual o eléctrica para elevar el agua del tanque enterrado al domiciliario.
- Otros elementos funcionales de captación de agua lluvia cerca de la vivienda de la finca pueden ser las terrazas cementadas construidas para el secado de granos.

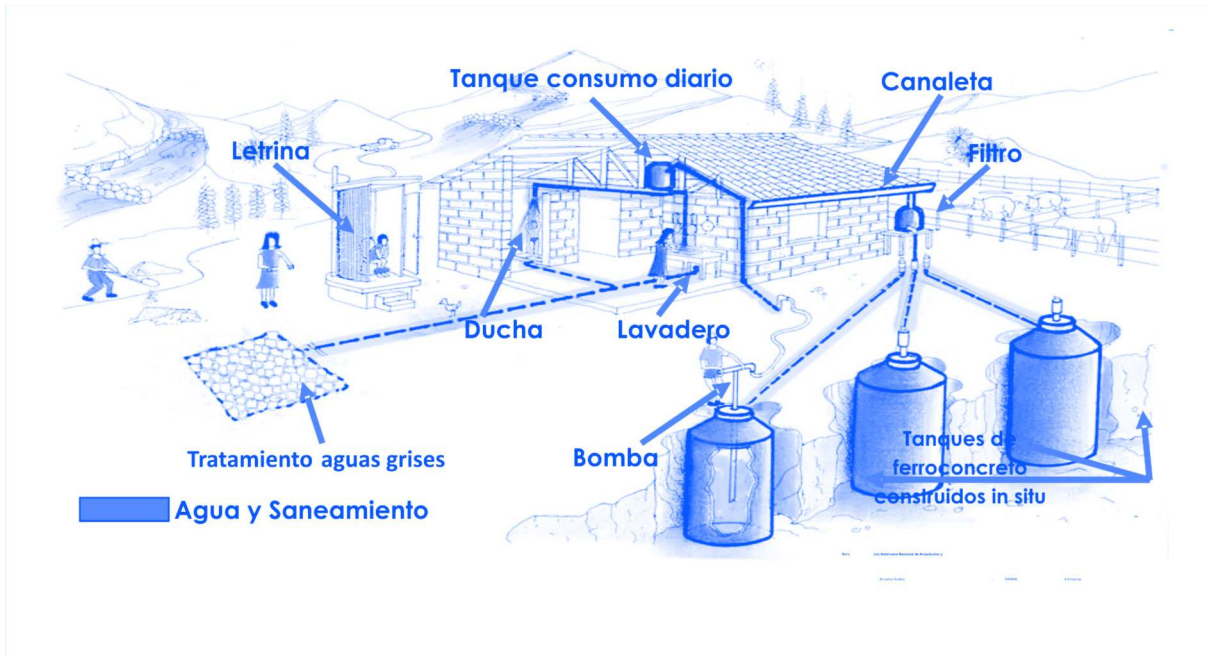


Figura 19. Esquema típico de un sistema de abastecimiento mediante aguas lluvias

2.1.2.5 RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA

Las recomendaciones más importantes para tener en cuenta en el diseño de sistemas de captación de agua lluvia para uso doméstico aprovechando el techo de la vivienda y las superficies duras de su entorno, son:

- a. El conocimiento del régimen hidrológico de la región donde se va a desarrollar el proyecto. El sistema debe estar basado en los datos de precipitación mensual con base en registros históricos de por lo menos 10 años. De todas maneras es importante considerar los periodos de sequía más largos registrados en la región.

Con base en la información anterior se debe determinar el promedio mensual de la precipitación en la temporada de lluvias, correspondiente al periodo de años analizados y calcular el volumen de la oferta mensual de agua lluvia. Este valor se expresa en mm/mes y se convierte a litros/m²/mes.

- b. La determinación de la demanda. En regiones de baja oferta hídrica, la demanda de agua estimada para el diseño de sistemas de captación de agua lluvia para la vivienda rural dispersa de una determinada región debe estimarse como mínimo en 20 litros diarios por persona en los periodos más críticos, teniendo en cuenta solamente: bebida, preparación de alimentos, lavado de utensilios de cocina y lavado de manos. Los aspectos de higiene personal y lavado de ropa deben

atenderse con otras fuentes de agua. Lo anterior considerando que la disposición de las excretas se hace en letrinas o mediante cualquier otro procedimiento de saneamiento ecológico diferente al convencional de flujo y descarga.

- c. Superficie de la captación. Se debe calcular el área de la proyección horizontal de las superficies de captación, o sea el techo de la vivienda y eventualmente de las terrazas o patios de su entorno si estas van a ser utilizadas, en metros cuadrados (m²).
- d. Material del techo y de las terrazas. Se debe tener en cuenta el tipo de material del que están o van a estar construidas estas superficies para tener en cuenta el coeficiente de escorrentía⁹ que para techos de:
- Teja de lámina plástica = 0.9
 - Lámina metálica galvanizada = 0.9
 - Teja de asbesto cemento = 0.9
 - Teja de arcilla cocida = 0.8 a 0.9
 - Madera = 0.8
 - Paja = 0.6 a 0.7
 - Pisos cementados = 0.9
 - Piso pavimentado con ladrillo = 0.8
- e. Volumen de la oferta de agua lluvia. El cálculo del volumen de la oferta de agua que se puede captar en los meses de invierno está dado por la fórmula:

$$V_o = \frac{p_i \times c_e \times A}{1000}$$

Donde,

V_o : volumen de la oferta de agua en m³/mes

p_i = precipitación mensual. La precipitación usualmente se da en mm/mes.

A = proyección horizontal del techo en m²

c_e = coeficiente de escorrentía

Ejemplo: calcular el volumen de la oferta de agua lluvia (V_o) que puede captar una vivienda con techo de barro que cubre una superficie de 100 m² con base en la oferta de agua lluvia que para los meses de abril, mayo y junio ha tenido una precipitación mensual promedio de 450 mm/mes en los últimos 10 años.

$$V_o = \frac{450 \text{ mm/mes} \times 0,8 \times 100 \text{ m}^2}{1000} = 36 \text{ m}^3 / \text{mes}$$

2.1.2.6 ALMACENAMIENTO DE AGUA LLUVIA MEDIANTE TANQUES

El componente más importante de un sistema de captación de agua lluvia para el consumo humano de una vivienda rural es el almacenamiento, el cual puede estar constituido por uno o varios tanques cerrados.

⁹ OPS/CEPIS/04.122 UNATSABAR.

a. Tanque principal

El volumen del almacenamiento del tanque se diseñará en función de la demanda de agua que se le asigne a la vivienda, del periodo de sequía más largo registrado en los últimos diez años, de la intensidad de las precipitaciones esperadas y del área de captación de aguas lluvias. Con este volumen se determinará el número de tanques a construir dependiendo de las facilidades de construcción: espacio, excavación, materiales, mano de obra. Otra posibilidad es instalar tanques prefabricados en plástico para almacenamiento de agua que se pueden adquirir en el comercio con capacidades hasta para 10.000 litros. La dotación de agua está en función del periodo de sequía más largo registrado en los últimos diez años y del volumen de agua que pueda captar en los meses lluviosos.

Para el caso del ejemplo del numeral anterior tenemos que el volumen de la oferta de agua que se puede captar durante los tres meses en invierno (abril, mayo y junio) sería de $36 \text{ m}^3 \times 3 = 108 \text{ m}^3$, con el cual una familia campesina de 5 personas podría atender la demanda doméstica y utilizar los excedentes para cultivos en los siguientes tres meses de estiaje.

Sin embargo, construir tanque(s) de mampostería enterrado(s) o superficial(es) para atender la demanda doméstica de agua en condiciones especiales de sequía extrema es costoso, por lo que se asume que su volumen no sobrepasará los 15.000 litros (15 m³) de capacidad útil (por ejemplo, 3 unidades de 5.000 litros cada una), lo cual significa una familia campesina de 5 personas reducir drásticamente el consumo a lo estrictamente necesario con una dotación de 40 litros x hab./día para los tres meses siguientes de sequía que se puedan dar. Otra forma es tener reservorios de agua a cielo abierto cercanos a la vivienda para reforzar el almacenamiento.

El tanque de almacenamiento principal podrá ser enterrado, semienterrado o apoyado y su altura no debe sobrepasar los 2 metros. Si se construye apoyado a la vivienda se debe tener cuidado de no afectar su estabilidad sobre todo si ésta ya está construida. De todas maneras la parte superior del tanque no deberá estar a menos de 50 centímetros con respecto al punto más bajo del área de captación para permitir la instalación de la canaleta, el filtro y el sistema de limpieza para los primeros aguaceros.

La geometría del tanque puede ser rectangular o cilíndrica. Si se construye en mampostería de piedra o ladrillo el interior del tanque (paredes y fondo) deberá ser impermeabilizado con mortero de cemento, con terminado "esmalte". La construcción más recomendable para tanques enterrados es la del cilindro en ladrillo dispuesto radialmente por ser la forma que mejor resiste el empuje del suelo. La base se construye en concreto reforzado y el cilindro remata con un cono de reducción que termine como mínimo a 20 centímetros de la rasante del piso. En otras palabras se puede seguir un diseño similar al de un pozo de inspección de alcantarillado de 1,5 m de diámetro interno y hasta 2,0 m de altura, pañetado interiormente y con la misma tapa pesada de ferroconcreto que se usa para estas estructuras.

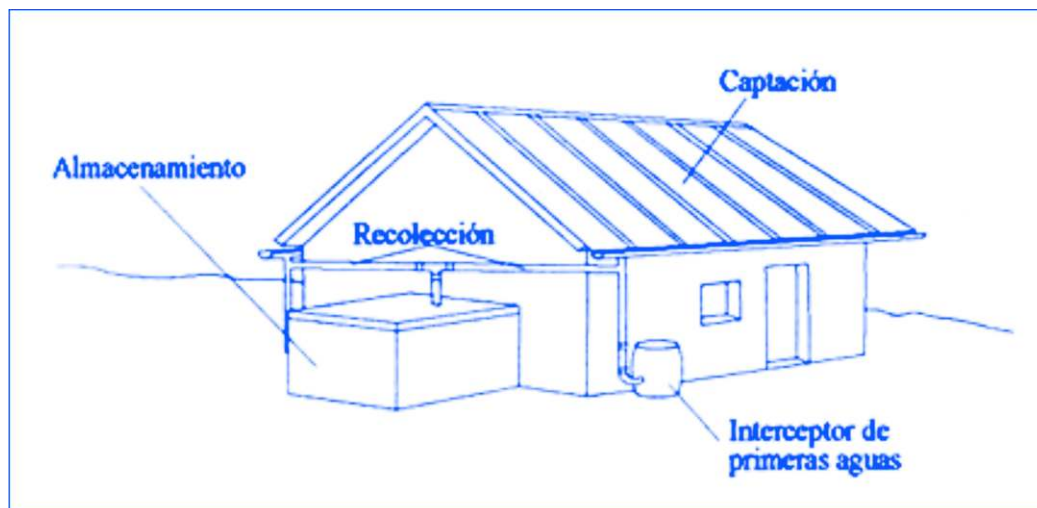


Figura 20. Componentes de un sistema de captación y almacenamiento de agua lluvia¹⁰

Se insiste en que la tapa solamente debe ser removida para efectuar labores de limpieza o mantenimiento teniendo la precaución de ingresar después de que haya trascurrido un tiempo prudente de ventilación. En otras palabras, el tanque debe permanecer cerrado para evitar contaminación, conservar la calidad del agua lluvia y sobre todo evitar accidentes.

Si es necesario construir dos o más tanques de almacenamiento, el fondo de estos debe quedar al mismo nivel y se deben interconectar mediante tubería de 1" de diámetro, unos 10 centímetros por encima del fondo.

Desde este almacenamiento se hará la conexión al tanque domiciliario, que como ya se dijo, deberá quedar instalado por encima del cielo raso de la vivienda. Mediante una bomba manual o eléctrica se elevará el agua del tanque enterrado al tanque domiciliario y de allí mediante la instalación hidráulica interna se repartirá el agua a los diferentes puntos de consumo, con la advertencia de que a pesar de que se trata de agua lluvia, por el hecho de haber estado almacenada por algún tiempo y por simple precaución, debe ser tratada por cualquiera de las alternativas tecnológicas de clarificación, filtración y desinfección que se recomendarán en este manual. Esta precaución se debe extremar si al tanque llegan también aguas procedentes de fuentes distintas a la lluvia.



Figura 21. Tanques de ferrocemento construidos in-situ y bomba manual¹¹

¹⁰ OPS/CEPIS/02.60 Unidad de Apoyo Técnico para el Saneamiento Básico del Área Rural - UNATSABAR

¹¹ SANAA, República de Honduras.

La Guía de Diseño para captación del agua de lluvia de la OPS/CEPIS/04.122 Unidad de Apoyo Técnico para el Saneamiento Básico del Área Rural – UNATSABAR, Lima 2004, es un documento técnico que proporciona elementos de diseño para sistemas de captación y almacenamiento de aguas lluvias en viviendas ubicadas en zonas del país sometidas a racionamiento por prolongados periodos de escasez de oferta hídrica, ya sea porque falla el suministro de agua de los sistemas públicos de abastecimiento, o por agotamiento de las fuentes superficiales cercanas a la vivienda rural dispersa.

Una condición de seguridad muy importante para evitar accidentes es que el agua del tanque principal no debe ser extraída a través de la tapa de pozo sino únicamente mediante bombeo, ya sea manual o eléctrico. La tapa solamente se debe retirar para labores de limpieza las cuales deben ser hechas por una persona capacitada, previa ventilación y en lo posible asistido por otra persona desde afuera.

b. Tanque para consumo diario

Estos pueden construirse en el sitio o adquirirse en el comercio para ser instalados sobre una estructura de mampostería cercana a la casa, o en la prolongación de una pared de fachada que remate en una base con capacidad para soportar el peso del tanque lleno de agua. También en la cumbrera del techo, pero de todas maneras como mínimo 2 metros por encima del dispensador de agua (grifo, ducha o cisterna) más alto de la vivienda.



Figura 22. Tanque para consumo diario (SANAA, Honduras)

La capacidad debe ser como mínimo de 200 litros si se construye en mampostería y de 250 litros si se adquiere en el comercio, ya sea en plástico reforzado con fibra de vidrio o en asbesto cemento. Este tanque para consumo diario debe permanecer tapado y es alimentado con una bomba manual o eléctrica desde el tanque de almacenamiento principal.

2.1.2.7 ALMACENAMIENTO DE AGUA LLUVIA MEDIANTE RESERVORIOS

Para las viviendas rurales dispersas pueden construirse reservorios a cielo abierto o microembalses ubicados cerca de la vivienda, con una capacidad tal que puedan atender no solamente las necesidades de agua para consumo doméstico, sino para satisfacer las necesidades de riego de la huerta casera. Se trata de almacenamientos de agua lluvia captada en los techos de la vivienda, en terrazas, superficies impermeables o de arroyos de invierno. También con agua superficial proveniente de nacederos, de quebradas o riachuelos temporales. En cualquiera de los casos se trata de almacenamientos a cielo abierto de máximo 100 m³ de capacidad cuyos diseños y construcción no requieren de procedimientos de ingeniería especializados y pueden ser excavados e impermeabilizados con la asesoría de un técnico

La selección para el sitio de construcción de un reservorio de agua depende de los contornos del terreno de la finca, el tipo de suelo y de la observación de hacia dónde confluyen y se juntan los torrentes de aguas lluvias durante los aguaceros. Allí donde, cerca a la vivienda se dan condiciones de escorrentía abundante, impermeabilidad del suelo y condiciones topográficas favorables para conducir el agua por gravedad a la vivienda, se puede construir un almacenamiento excavado (reservorio), o eventualmente construir una ataguía de arcilla o material impermeable para formar un microembalse que pueda ser llenado no solamente con agua lluvia, sino con agua de nacederos o con agua derivada por gravedad de una fuente superficial temporal o permanente, si esto es posible.



Figura 23. Reservorio para abastecimiento de agua en Tuchín, Córdoba (Colombia)

2.1.2.8 RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO DE UN RESERVORIO

Este tipo de almacenamiento debe construirse a una distancia no menor de 50 metros de la vivienda no solamente para mantenerse aislado de la actividad de los insectos que inevitablemente va a producir el estanque, sino también por el riesgo que puedan ocasionar para la estabilidad de la vivienda las posibles infiltraciones de agua al terreno.

Al igual que un tanque, el volumen neto de almacenamiento de un reservorio o un microembalse se diseñará en función de la demanda de agua que se le asigne a la vivienda, del periodo de sequía más largo registrado en los últimos 10 años, de la intensidad de las precipitaciones esperadas, y del área de captación de agua lluvia, pero además hay que tener en cuenta la tasa de evaporación, que se puede compensar añadiéndole al volumen neto un 20% de excavación adicional. La infiltración se puede minimizar con el empleo de telas plásticas impermeables para cubrir el fondo y los lados de la excavación.

Es necesario prever la evacuación del exceso de agua que se pueda presentar durante un invierno prolongado o un aguacero muy fuerte, instalando en el extremo de aguas abajo del reservorio un canal o canaleta de rebose protegiendo su superficie y la zona de caída de la erosión mediante un recubrimiento en concreto. Otra recomendación es que en lo posible se construya un desagüe de fondo con tubería plástica para uso de alcantarillado con una válvula para controlar la descarga. Esto con el fin de poder desocupar el embalse periódicamente para fines de limpieza y mantenimiento general, operación que se debe efectuar en temporada de invierno.

Tanto el rebose como la tubería de desocupado del reservorio deben descargar al desagüe natural donde se construya el reservorio.

Con el fin de reducir las pérdidas por evaporación es recomendable sembrar vegetación arbustiva alrededor del reservorio o microembalse y encerrar el área con una cerca de malla controlando el acceso con una puerta con el fin de evitar el acceso de niños y animales domésticos. No se debe permitir usar el agua almacenada en el reservorio para fines diferentes al de consumo humano.

Dependiendo de la altitud del reservorio con relación a la vivienda, la extracción del agua para el servicio de ésta, será por gravedad o bombeo.

2.1.3 BOMBEO DE AGUA

Hasta ahora hemos visto diferentes sistemas de captación de agua superficial y subterránea y alternativas de almacenamiento en grandes volúmenes para los meses de sequía. No obstante, cuando ese almacenamiento está por debajo del nivel de la vivienda, es necesario subir el agua hasta los tanques de almacenamiento para consumo diario para suplir por gravedad las necesidades de la vivienda y para ello es necesario utilizar equipos mecánicos o manuales de elevación.

Los equipos de tipo convencional más difundidos para elevación de agua son las bombas centrífugas que son accionadas por un motor rotatorio de gasolina, diesel o eléctrico. Los primeros aprovechan la energía de combustibles derivados del petróleo y el tercero la energía eléctrica para impulsar la bomba centrífuga a la cual están acoplados.

En segundo lugar están las bombas manuales ofrecidas en el comercio, las cuales son en su mayoría del tipo aspirantes e impelentes. Son bombas de desplazamiento que utilizan un pistón que se mueve dentro de un cilindro metálico el cual impulsa el agua mediante movimiento alternativo de este elemento llamado también émbolo. Mediante válvulas especiales colocadas en los pistones permiten el paso continuo del agua en la medida en que estos se desplazan alternativamente.

Existen numerosas aplicaciones de este principio, lo cual ha dado lugar a una gran diversidad de marcas comerciales. También están las bombas que suministran presión a un líquido por acción de un pistón o émbolo en un cilindro. Sin embargo, mediante la aplicación de tecnologías apropiadas se han desarrollado equipos de manufactura casera para elevación manual de agua o equipos de bajo costo de operación porque no están supeditados al consumo de formas de energía convencionales y por lo tanto son compatibles con las condiciones sociales, culturales y económicas de la población rural dispersa.

2.1.3.1 BOMBAS MANUALES

Son muy útiles en aquellas regiones donde se extrae el agua de pozos o aljibes. También como parte del sistema para elevar el agua lluvia captada en los techos de la vivienda y almacenada en tanques subterráneos o reservorios como en el caso de la alternativa anteriormente expuesta para la captación de agua lluvia con almacenamiento en tanques o reservorios. Utiliza la fuerza corporal a través del movimiento de brazos y manos. Las

bombas manuales se pueden conseguir en el comercio o pueden ser fabricadas en la casa o en pequeños talleres.



Figura 24. Tipos de cabezal para bombas manuales

2.1.3.1.1 Bombas manuales comerciales

En los almacenes donde se comercializan productos para el campo, se consiguen diferentes tipos de bombas manufacturadas para accionamiento manual que pueden ser operadas con un mínimo esfuerzo y a un costo relativamente bajo. Son fáciles de instalar y sirven para los propósitos de la vivienda rural campesina que almacena agua en un tanque subterráneo y necesita elevarla a menos de 5 metros del nivel de operación. Generalmente son las bombas aspirantes – impelentes mencionadas anteriormente.

2.1.3.1.2 Bomba de mecate¹² o de soga

Es un elevador de agua que está compuesto por una rueda con manivela, que puede ser el rin de una bicicleta o el aro interno de una llanta de carro desechada, que sirve de polea y enrolla una cuerda de cabuya o nylon llamada mecate en Centroamérica, cuerda que amarra varios pistones que se desplazan dentro de un tubo vertical de PVC que se sumerge en el agua. Cuando gira la polea el conjunto de cuerda y pistones se deslizan hacia arriba dentro del tubo y elevan el agua hacia la superficie.



Figura 25. Bomba de mecate. SANAA, República de Honduras.

¹² Esta bomba fue introducida hace más de 20 años en Nicaragua. Es producida por microempresarios locales en las diferentes regiones rurales de ese país y es tan sencilla que el mismo usuario la puede construir o reparar.

2.1.3.1.3 Bomba de pistón o Flexi – OPS

Esta bomba utiliza el mismo principio de las bombas para inflar llantas de carros y se puede fabricar en la casa o por microempresarios locales en talleres muy elementales.

Es muy sencilla, de fácil montaje y desmontaje, se puede fabricar en pequeños talleres mecánicos, con ayuda de pequeñas herramientas y tiene las siguientes características:

- Ligera, hecha de PVC.
- Construida con piezas disponibles en el mercado.
- Capacidad de extraer un volumen de 0,6 litros/golpe de una profundidad aproximada de 40 metros.
- Gran durabilidad.
- Fácil de instalar por ser flexible (se emplean tubos de polietileno de alta densidad, PEAD, para su instalación).
- Poco mantenimiento.



Figura 26. Bomba Flexi-OPS.

Es posible elevar el agua hasta 20 metros y extraerla desde 20 metros de profundidad con acción directa y sin palancas. El agua puede alcanzar una presión de hasta 2,5 Kg/cm² (25 m.c.a) y el caudal promedio es de 15 a 20 litros por minuto.

Para su construcción se puede consultar la Guía de instalación de la bomba manual de agua diseñada por la Unidad de Apoyo Técnico para el Saneamiento Básico del Área Rural – UNATSABAR de la CEPIS/OPS.

2.1.3.1.4 Bomba Heuser¹³

Es una bomba manual de tipo convencional que opera con una palanca para ser accionada a la altura de los hombros. Puede ser producida por microempresarios locales, pues es sencilla en su construcción. Está diseñada para extraer agua con facilidad desde 10

¹³ Se fabrica en el departamento de Puno en el Perú.

metros de profundidad. Sus piezas son bastante sencillas, por lo que su mantenimiento puede hacerse en el sitio de operación. Extrae como mínimo 0,4 litros por cada accionar de la palanca y tiene una vida útil de 20 años si se utiliza material anticorrosivo en su fabricación.



Figura 27. Bomba Heuser

2.1.3.1.5 Bomba de Ariete

Es una bomba cíclica que aprovecha la energía hidráulica de un pequeño desnivel de agua h para elevar una porción q del caudal captado Q , a una altura H . El caudal lo puede proporcionar una quebrada o arroyo de pendiente pronunciada y con caudal permanente, que ofrezca la posibilidad de un salto de agua de entre 2 y 4 metros o disponga de un sitio donde se pueda construir un tanque o embalsamiento en un punto alto para hacer allí la captación. Ésta consiste en una tubería de carga de diámetro D , con pendiente bastante inclinada por donde desciende un caudal Q . Al final de esta tubería está el ariete que consiste de 2 válvulas de cheque C y D y una cámara amortiguadora con aire comprimido dispuestos de tal forma que al aumentar la aceleración y presión del agua que desciende por la tubería de carga, se cierra intempestivamente una válvula de cheque C y se produce un golpe de ariete que dispara un pequeño caudal q a través de una tubería de diámetro d a una altura H equivalente a $20 h$. El caudal restante $Q - q$, al caer la presión, hace descender el pistón o válvula de cheque, la alivia, retorna hacia la quebrada y se repite de nuevo el ciclo.

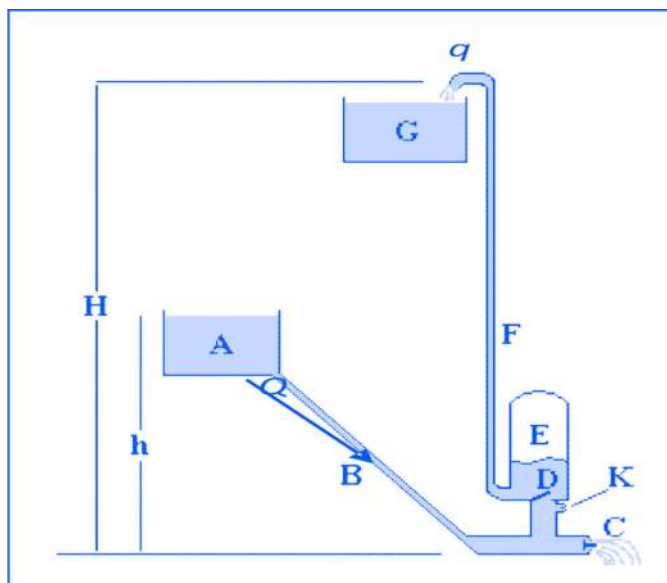


Figura 28. Esquema de una bomba de ariete

Este elevador de agua es ideal para fincas productivas donde además del agua para uso doméstico se puede extraer agua para riego sin consumir energía. Esto y su sencillez la hacen adecuada para lugares remotos o con población de bajos recursos en donde una motobomba eléctrica o de combustible resulta costosa. Los arietes se pueden conseguir en el comercio en almacenes agrarios, o se pueden fabricar siguiendo un plano de diseño.



Figura 29. Ariete en la fase de alivio a través de la válvula de cheque

2.1.3.1.6 Bombas eólicas o molino de viento

La bomba de agua eólica es ideal para extraer agua subterránea somera a través de pozos o aljibes. Consiste en una torre o columna metálica que sostiene en su extremo más alto un molino de viento que al rotar transmite su movimiento a una caja reductora de velocidad o directamente a un cigüeñal y éste, a través de un sistema de varillas, mueve una bomba de pistón o centrífuga que extrae el agua.

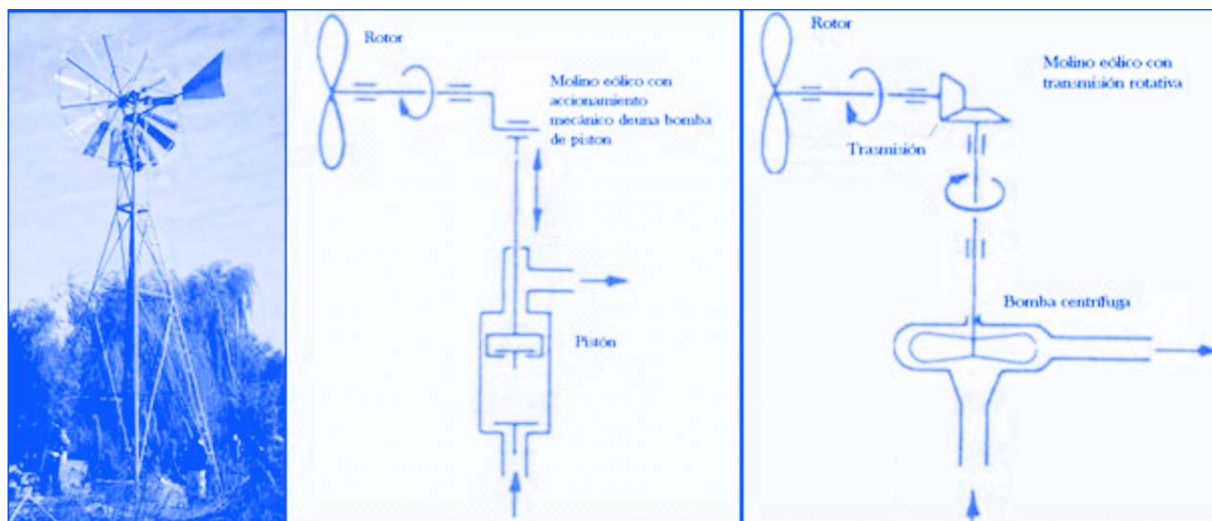


Figura 30. Bombas eólicas

Este tipo de bomba puede ser utilizada para las necesidades de riego y agua doméstica para una finca, o para abastecer sistemas de agua rurales. Puede tener aplicación en regiones donde frecuentemente sopla el viento. Tiene la ventaja de su economía en la operación al utilizar energía eólica. Como depende de la variación del régimen de vientos es necesario construir almacenamientos para asegurar el abastecimiento en forma permanente.

2.1.3.1.7 Motobombas con paneles solares

Los sistemas solares autónomos o fotovoltaicos domiciliarios son instalados en los casos de vivienda campesina en donde no se tiene acceso a la red de distribución pública. Estos sistemas requieren de una batería para almacenar energía durante las horas de actividad solar y así poder asegurar el suministro de electricidad durante la noche, o en periodos de escasez de luz solar. Con frecuencia, los sistemas solares domiciliarios son utilizados para satisfacer las necesidades de electricidad de un hogar. Los sistemas pequeños cubren las necesidades más básicas (iluminación y en algunos casos televisión o radio); los sistemas más grandes pueden alimentar, además, una motobomba eléctrica de agua.



Figura 31. Panel solar, motobomba, pozo de succión y almacenamiento

El conjunto electrógeno está compuesto por un panel solar, un controlador de carga, una batería de almacenamiento, instalación eléctrica y una estructura de soporte. El sistema completo puede ser adquirido en el comercio, pero para su diseño se requiere dimensionar el tamaño de la captación solar, o sea la cantidad de paneles solares en función de la

carga. Las regiones ideales para aplicar esta tecnología son aquellas que durante el día tienen largos periodos de insolación.

2.2 AGUA SEGURA PARA VIVIENDAS DISPERSAS

Como un complemento a las alternativas tecnológicas más empleadas para abastecimiento de agua en viviendas rurales dispersas que se presentaron en el numeral 3.1, a continuación se ilustran los procedimientos más comunes recomendados para tratar el agua destinada al consumo humano de los hogares que habitan en viviendas rurales dispersas y que disponen de soluciones individuales de abastecimiento de agua, o en viviendas rurales de población nucleada o dispersa con agua suministrada por sistemas de abastecimiento centralizados que no disponen de tratamiento para su potabilización.

2.2.1 PRETRATAMIENTOS

Existen procedimientos sencillos y prácticos para mejorar las características físicas del agua cruda eliminando el material flotante, los sólidos suspendidos y los sólidos sedimentables para los casos de captación de agua superficial como solución individual. El proceso recomendado para hacerle un tratamiento integral a estas aguas comienza por retener el material flotante con una malla o criba seguido de un proceso de desarenación o sedimentación para clarificarlas si procede, luego filtrarlas y finalmente desinfectarlas para mejorar sus condiciones físicas, químicas y biológicas, obteniendo de esta forma agua apta para consumo humano a nivel de la vivienda rural dispersa o cuando un sistema de abastecimiento centralizado carece de este tratamiento.

2.2.1.1 CRIBADO

El cribado es un procedimiento primario de clarificación del agua. Para las condiciones de captación de agua superficial por gravedad o bombeo como solución individual para la vivienda rural dispersa, y para evitar el ingreso de material flotante a la bocatoma en fuentes de agua superficial de régimen tranquilo, frente al cabezote que asegura la tubería en la bocatoma o que desvía el agua al canal de aducción, se debe colocar una malla metálica o plástica, fija o removible, pero que sea fácil de limpiar. También se puede instalar un sistema elemental de cribado que puede hacerse colocando hacia el centro de la corriente un tramo adicional de tubería flexible, fácilmente removible, para colocar en su extremo un recipiente metálico perforado, flotante o semisumergido, que se puede rellenar con material vegetal poroso. Si se dan condiciones favorables, se puede llevar a cabo en el sitio de captación la siembra de especies vegetales acuáticas o subacuáticas cuyas raíces y tallos sirvan para filtrar el agua de ingreso a la aducción.

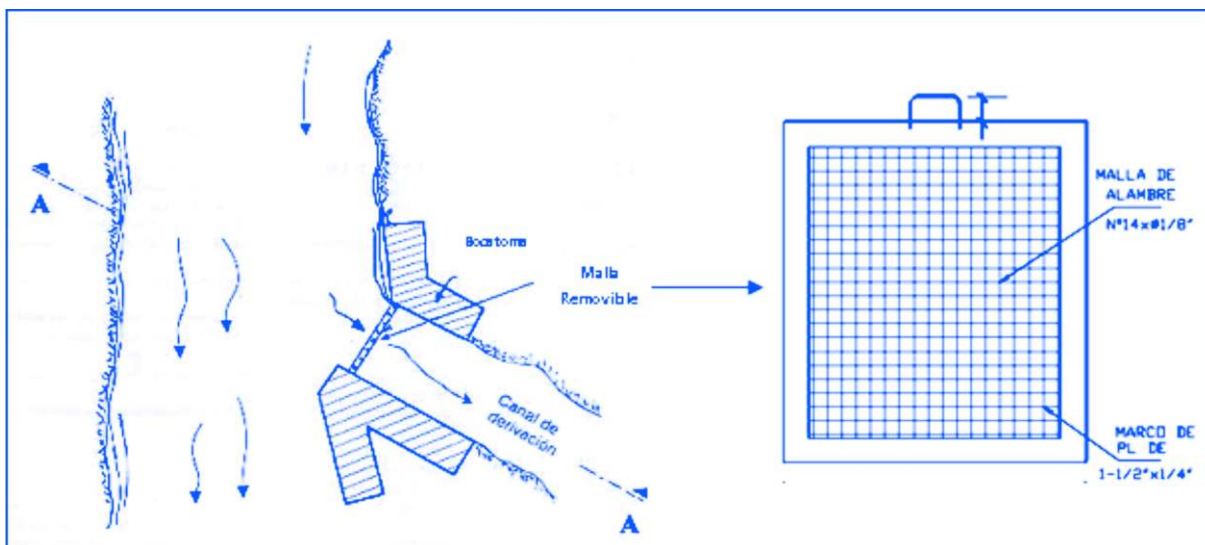


Figura 32. Captación agua superficial por gravedad (OPS/CEPIS/04.114 Y 115 – UNATSABAR)

2.2.1.2 SEDIMENTACIÓN SIMPLE

Es un procedimiento secundario de tratamiento del agua para eliminar turbiedad del que puede prescindirse para soluciones individuales de captación superficial si el transporte de sólidos sedimentables (arena y/o limo) no va a obstruir la tubería de aducción.

En caso contrario y si las condiciones topográficas lo permiten, se recomienda construir una pequeña estructura hidráulica que sirva para retener los sólidos sedimentables mejorando la calidad del agua en sistemas de captación como las descritas en este manual. Esta situación de turbiedad se presenta especialmente en ríos o quebradas de régimen turbulento que en temporada de lluvias pueden arrastrar una apreciable concentración de partículas sedimentables como gravilla, arena y lodo. Se trata de una pequeña estructura que se puede construir en mampostería de piedra o ladrillo y cemento.

El dimensionamiento de un desarenador para una captación que no exceda de 8 m³ diarios, puede reducirse a una estructura simple de 4 metros de largo, 60 centímetros de ancho, con una profundidad entre 40 y 80 centímetros que facilite el deslizamiento y la extracción de los lodos sedimentados manualmente, cada vez que se llene, proporcionando la estructura con la silueta del esquema a continuación.

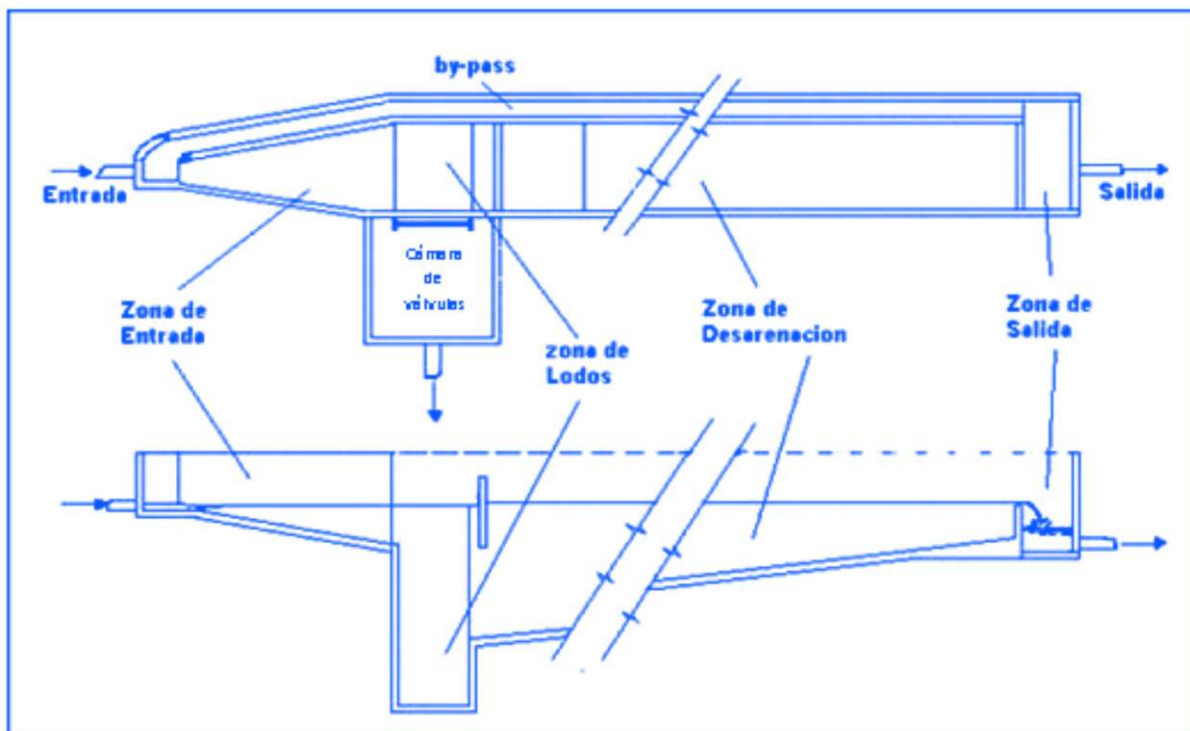


Figura 33. Desarenador (Planta y corte longitudinal)
Esquema de un desarenador en planta y en perfil. Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores OPS/CEPIS/05.158

2.2.2 CLARIFICACIÓN

Existen aguas superficiales y subterráneas que tienen características físicas notables de turbiedad y color originados por partículas suspendidas muy pequeñas o de tamaño coloidal que no se precipitan por sedimentación simple. Por razones de orden estético y sanitario es necesario removerlas mediante procesos químicos de clarificación llamados también de sedimentación inducida. Además de la no aceptabilidad del agua que estas características físicas producen en los consumidores, está el riesgo de la contaminación microbiológica por parásitos, bacterias o virus patógenos que se protegen en esas partículas en suspensión. En los procesos de clarificación del agua no solamente se remueve en mayor o menor grado la turbiedad, sino que ésta arrastra consigo un importante porcentaje de bacterias, virus y parásitos, sin que esto asegure que al final el agua sea potable y es por ello que adicionalmente hay que desinfectarla antes de su consumo.

A continuación se mencionan procedimientos sencillos y prácticos a nivel de vivienda, para mejorar las condiciones físicas del agua removiendo este tipo de turbiedad y el color. Consisten en la utilización de sustancias químicas o naturales llamadas coagulantes, que al ser añadidas y disueltas por agitación en el agua de un recipiente de volumen conocido, al entrar en contacto con las partículas en suspensión, las reúnen en pequeños grumos o flóculos que pasado un tiempo se precipitan al fondo del recipiente formando allí una capa de sedimento. Aun cuando el aspecto del agua sobrenadante mejora

notablemente a simple vista, aún así se recomienda que sea filtrada y desinfectada, pues la sola clarificación no garantiza la remoción total de la contaminación microbiana.

2.2.2.1 CLARIFICACIÓN DEL AGUA CON COMPUESTOS QUÍMICOS

El alumbre o sulfato de aluminio es un compuesto químico comercial muy práctico de usar para clarificar el agua cuando se siguen unas recomendaciones claras y precisas. Es económico, se consigue en algunas farmacias o establecimientos que distribuyen productos químicos para piscinas y su presentación es en forma de pequeños cristales de color blanco o granos de color pardo. Sirven también para el mismo propósito otras sustancias químicas con propiedades coagulantes como el cloruro férrico anhidro o el policloruro de aluminio.

La capacitación para aplicar el procedimiento de clarificación con estas sustancias químicas, el recipiente donde se debe mezclar y su dosificación, deben estar formulados necesariamente por escrito por un técnico en saneamiento o promotor de saneamiento básico rural después de haber hecho varios ensayos para asegurarse que el miembro de familia que recibió la instrucción no va a incurrir en sobredosis o equivocaciones en el procedimiento que puedan alterar la calidad del agua con riesgo para la salud.

2.2.2.2 CLARIFICACIÓN DEL AGUA CON COMPUESTOS NATURALES

Muchos componentes de origen vegetal como almidones, glucógenos, celulosas y proteínas tienen propiedades coagulantes o floculantes y son usados desde hace bastante tiempo en forma empírica para clarificar el agua turbia, por los nativos de muchos países con resultados satisfactorios.

Estos compuestos naturales, llamados también polímeros naturales, se producen debido a las reacciones bioquímicas naturales en animales y plantas y en algunos casos han dado mejor rendimiento que los polímeros sintéticos para clarificar el agua. La toxicidad de estos polímeros naturales por lo general es mínima o nula, pues se les usa en muchos casos como comestibles o como aditivos en diversos productos alimenticios. Por las razones anteriores vale la pena considerarlos para su uso en los procesos de clarificación a nivel de vivienda rural dispersa.

Entre los polímeros naturales que tienen propiedades coagulantes o floculantes están: las pencas de la tuna (*Opuntia schumannii* Webb) o cacto, las algas pardas marinas de donde se extrae el alginato de sodio; los almidones que se extraen de los granos o tubérculos del maíz, el trigo, la papa y la yuca o madioca; y la corteza del algarrobo.

El procedimiento para clarificar el agua con cactus consiste en cortar cubos de 5 centímetros de lado de la penca (hoja del cactus) para machacarlas sobre piedras planas y luego verter el producto machacado, o mucílago, a razón de 5 gramos (1/2 cucharadita) en un recipiente con 20 litros de agua turbia. Se agita el agua con una paleta de madera durante 1 minuto y se deja sedimentar por espacio de 2 horas para utilizar el volumen superior de agua ya clarificado para después filtrarlo a través de una tela limpia y retener el material flotante.

Otro procedimiento muy sencillo de clarificación con pepas de durazno y habas, en zonas donde estos frutos se cosechan, es secar cualquiera de estas semillas, molerlas, tratar de obtener polvo y adicionar medio gramo de cualquiera de estos productos por cada litro de agua a tratar. Esto se puede hacer en una jarra de vidrio, se agita en forma circular el agua durante 1 minuto con una paleta y se mantiene el agua en reposo durante 2 horas para que sedimenten las partículas al fondo del recipiente para posteriormente utilizar la parte superior del volumen de agua después de pasarlo por un filtro de papel o tela tupida.

2.2.3 FILTRACIÓN

La filtración es un proceso físico de pulimento o mejoramiento de la calidad, posterior a los procesos de clarificación, que consiste en pasar el agua a través de unas capas de material poroso o granular, con el fin de retener bacterias y partículas suspendidas en el líquido. Para las soluciones individuales de abastecimiento de agua, cerca a la vivienda y al final de la tubería de aducción, se puede construir un filtro que cubra todas las necesidades para la vivienda o un filtro casero localizado en la cocina, destinado únicamente para el agua de bebida y cocción de alimentos.

2.2.3.1 FILTRACIÓN LENTA

Al final de la tubería de aducción o de la estructura de sedimentación y en un lugar conveniente cercano a la vivienda, que ojalá le pueda suministrar agua filtrada por gravedad, se puede construir un filtro lento en mampostería de ladrillo de forma rectangular que podría ser de 0,70 x 0,70 m de base y 1,00 m de altura para llenarlo de grava y arena como se indica más adelante o utilizando un tanque domiciliario de agua de plástico reforzado con fibra de vidrio de 500 litros de capacidad. Este filtro no debe usarse para fines de almacenamiento y debe estar cubierto con una tapa preferiblemente con malla que retenga las hojas de los árboles pero permita el paso de la luz.



Figura 34. Filtro lento casero

El medio filtrante consiste de una capa de grava o piedra redonda con un tamaño aproximado de 2 a 3 centímetros de diámetro que se coloca en el fondo con un espesor que no sobrepase los 15 centímetros. A continuación se coloca una capa de gravilla o piedra delgada con un tamaño aproximado de 1 a 1,5 centímetros de diámetro y por encima de esta una capa de arena lavada de río de 40 centímetros de espesor con granos de tamaño entre 0,2 y 0,5 milímetros de diámetro. Al filtro, cualquiera que sea su forma cilíndrica o prismática, se le deben colocar en la parte superior dos tubos metálicos pasamuro de 25 milímetros de diámetro (1"), el uno para mantener un nivel de rebosamiento de 5 centímetros por debajo del borde superior del tanque y el otro con un adaptador para conectar la tubería de aducción. En la parte inferior del tanque se debe instalar una tubería perforada que puede ser plástica o metálica del mismo diámetro de los anteriores para conectar la tubería de conducción del agua filtrada al tanque domiciliario como lo indica el gráfico anterior. Para mantener un flujo continuo, el exceso de agua a la entrada del tanque debe ser conducido desde la tubería de rebose a un canal de desagüe, a un tanque o a un reservorio de agua para su aprovechamiento en otras labores.

Este filtro remueve la turbiedad y el color, pero es importante anotar que el medio filtrante necesita de un tiempo previo de 2 a 3 semanas para la formación de la capa biológica que se encargará de eliminar las bacterias y virus que puedan encontrarse en el agua a tratar.

2.2.3.2 FILTRO DE CERÁMICA PARA AGUA POTABLE

Es un filtro casero de bajo costo que trata el agua para bebida y consiste de un elemento de filtración hecho de una mezcla de arcilla y aserrín, elemento este último que le da la porosidad necesaria para retener la turbiedad y cambiar el color. Se recomienda recubrir el elemento filtrante con plata coloidal, la cual tiene probada su acción en la purificación del agua como un biocida efectivo que no afecta la salud humana.

Este filtro puede ser hecho por alfareros locales usando materiales propios de la zona, sin ninguna necesidad de electricidad o tecnología avanzada.

Este filtro es fácil de usar y mantener, no afecta el gusto del agua, remueve la turbiedad y mantiene el agua fresca y agradable.



Figura 35. Filtro casero de cerámica (OPS/CEPIS/05.170 UNATSABAR)

2.2.3.3 FILTROS DE VELA CERÁMICA A NIVEL CASERO

Estos pueden ser adquiridos en el comercio o pueden ser fabricados en la vivienda utilizando dos baldes de polietileno de alta densidad de 20 litros cada uno, los cuales se colocan uno sobre la tapa del otro, de manera que el balde superior contenga las dos

velas filtrantes. En la base del balde superior y en la tapa del balde inferior se perforan dos agujeros coincidentes donde se insertan las espigas de las velas filtrantes. Entre la base del balde superior y la tapa del balde inferior se colocan anillos de plástico coincidentes con las espigas de las velas con el fin de darle mayor rigidez a la unión cuando se aseguren los elementos filtrantes y de este modo, evitar la fuga de agua. Al balde superior se le perfora un pequeño agujero de ventilación de 3 milímetros de diámetro o ventosa para facilitar la filtración del agua, y al balde inferior se le instala un grifo a unos 3 centímetros sobre el fondo, para extraer lateralmente el agua filtrada. Como ya se dijo, este filtro debe ser instalado en la cocina para ser alimentado con agua clarificada proveniente de un sistema de captación de agua superficial o subterránea o del almacenamiento de agua lluvia a través de un tanque domiciliario.



Figura 36. Filtros de vela cerámica

Las velas cerámicas pueden tener un baño interior de plata coloidal que complementa la desinfección del agua filtrada, en este caso tienen las siguientes características (OPS / CEPIS / 05.170 – UNATSABAR):

- Material: cerámica
- Color: crema
- Forma: cilíndrica
- Longitud: 9.5 cm.
- Diámetro: 5.5cm
- Espesor de pared: 4.5mm

Una variación de esta tecnología, es el filtro de velas cerámicas con prefiltro de arena con el cual se puede obtener unos 15 litros de agua por hora. Una pieza de geotextil, junto con arena, cada una en grado diferente, se encargan de remover la turbiedad, de este modo dan una protección a la vela de cerámica aumentando la vida útil de este dispositivo.

La pieza de geotextil debe cumplir con las siguientes características:

- Material no tejido de polipropileno y resistente a la radiación UV:

Espesor de la pieza 2,0 - 2,5 mm
 Permeabilidad 0,40 - 0,60 cm/s
 Permitividad 2,10 - 2,28 s⁻¹
 Tamaño aparente de abertura 100 - 70
 Malla (Standard U. S.)
 En milímetros 0,15 - 0,20

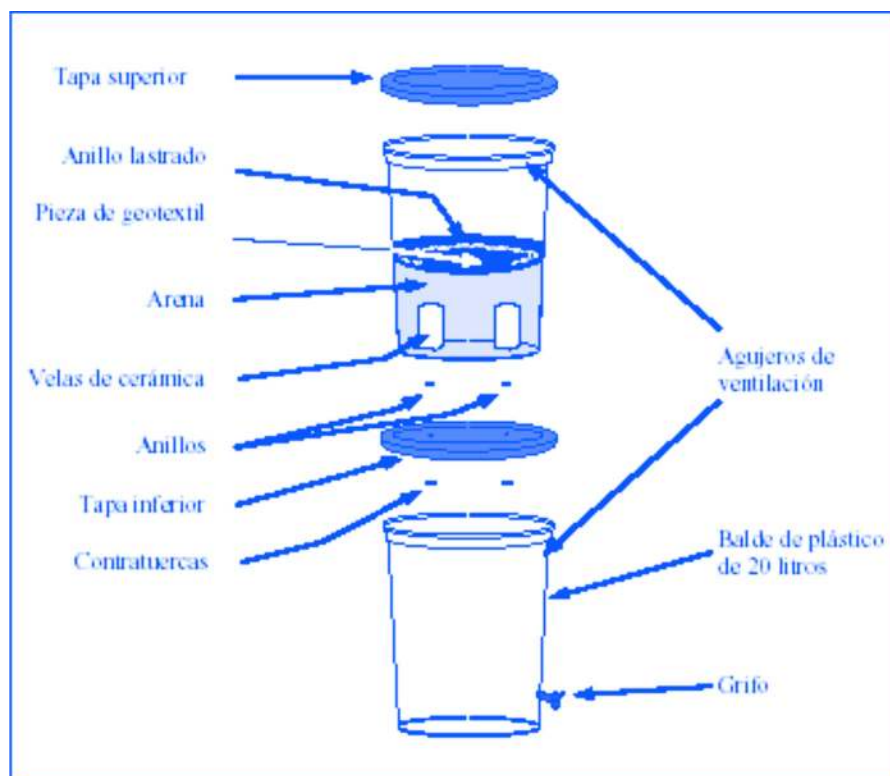


Figura 37. filtro de velas cerámicas con prefiltrado de arena
(OPS / CEPIS / 05.170 – UNATSABAR)

- La arena debe tener como características:

Tamaño efectivo: 0,3mm -coeficiente de uniformidad: 2,0
 Tamaño mínimo: 0,25mm -tamaño máximo: 0,84mm

2.2.4 DESINFECCIÓN

Una vez realizados los procedimientos apropiados de retención, desarenación, sedimentación y filtración descritos anteriormente para clarificar el agua, es necesario someterla a un procedimiento final de tratamiento que es el de la desinfección con la cual se busca eliminar cualquier microorganismo patógeno que haya logrado superar las barreras anteriormente mencionadas.

La desinfección del agua se refiere a la destrucción de los organismos causantes de enfermedades o patógenos presentes en ella.

Los principales son:

- Las bacterias que producen las diarreas, la disentería, el tifo y el cólera.
- Los protozoarios o parásitos que producen la amibiasis y la giardiasis.
- Los virus que producen la hepatitis infecciosa y la poliomielitis.
- Los trematodos que producen el ascariis o lombrices intestinales.

La desinfección puede ser natural o artificial. La primera se refiere a la eliminación de los microorganismos que fueron removidos en los procesos de sedimentación y filtración. La desinfección artificial se refiere a la inactivación o destrucción de microorganismos mediante agentes físicos como los rayos ultravioleta de la luz solar, el calor; o los agentes químicos, oxidantes de la materia orgánica que para los efectos prácticos de la vivienda rural dispersa, son las sales de cloro en dosis de baja concentración.

A continuación se recomiendan varios procedimientos de desinfección del agua para bebida y cocción de alimentos para vivienda rural:

2.2.4.1 DESINFECCIÓN POR CLORACIÓN

Este tipo de desinfección se realiza utilizando derivados del cloro que por ser oxidantes y altamente corrosivos, poseen gran poder destructivo sobre los microorganismos presentes en el agua y pueden ser recomendados, con instrucciones de manejo especial, como desinfectantes a nivel de la vivienda rural. Estos derivados del cloro son:

Hipoclorito de calcio

Es un producto seco, granulado o en polvo, de color blanco que se comercializa en empaques de plástico o tambores metálicos en concentraciones entre el 30% y el 65% de cloro activo, siendo esta última la ideal. Lo que se comercializa con concentraciones bajas de cloro activo generalmente son cales cloradas inestables más no hipocloritos. Para aplicar el hipoclorito de calcio de una forma segura, la cantidad que se vaya a aplicar se debe diluir previamente en agua utilizando un balde plástico con la medida señalada en su interior para facilitar la dosificación, la cual debe buscar un cloro residual libre entre 0.5 y 1.0 mg/L después de 30 minutos de aplicado preferiblemente a un tanque domiciliario comercial con una capacidad superior a 500 litros. Esto con el fin de hacer más segura la dosificación.

La capacitación para aplicar el procedimiento de desinfección con esta sustancia química, el recipiente donde se debe mezclar y su dosificación, deben estar necesariamente formulados por escrito por un técnico, después de haber hecho varios ensayos para asegurarse que el usuario que recibió la instrucción no va a incurrir en sobredosis o equivocaciones en el procedimiento que puedan alterar la calidad del agua con riesgo para la salud.

Ya existe en el mercado de algunos países una nueva forma de clarificar y al mismo tiempo desinfectar el agua con productos químicos envasados en la dosis necesaria para tratar un volumen determinado de agua turbia (por ejemplo 10 litros). La tecnología y los ingredientes (permanganato de potasio, sulfato de hierro, carbonato de calcio, hipoclorito de calcio, bentonita y poliacrilamida), se basan en el sistema de tratamiento de agua utilizado en plantas de tratamiento: coagulación, floculación y desinfección por acción del cloro. Un sobre de este producto en polvo (10 gramos) se vierte en un balde de 10 litros que contenga el agua a tratar y se agita por 5 minutos. A continuación el agua se filtra usando un trozo de tela limpia y se deja reposar durante 20 minutos para permitir una desinfección completa antes de usarla como agua de bebida.

Hipoclorito de sodio

Es un líquido transparente de color amarillo ámbar el cual se puede obtener en establecimientos distribuidores de productos químicos para desinfección de piscinas y se administra en garrafas plásticas de 20 litros ó 5 galones con concentraciones de cloro activo de más o menos 15% en peso. Para aplicar el hipoclorito de sodio de una forma segura, se debe identificar, primero que todo, la concentración de cloro activo con la que se compró este producto, de tal manera que la cantidad que se vaya a aplicar se debe diluir previamente en agua utilizando un balde plástico con la medida señalada en su interior para facilitar la dosificación, la cual debe buscar un cloro residual libre entre 0.5 y 1.0 mg/L después de 30 minutos de aplicado preferiblemente a un tanque domiciliario comercial con una capacidad superior a 500 litros, esto con el fin de hacer más segura la dosificación.

Al igual que el hipoclorito de calcio, la capacitación para aplicar el procedimiento el cual conlleva a una dilución del producto en agua para ser aplicada con agitación en el recipiente o tanque de almacenamiento donde se va a hacer la desinfección debe ser formulada por un técnico en saneamiento o promotor de saneamiento básico rural que periódicamente deberá controlar y repasar las instrucciones de dosificación para controlar que el cloro residual libre después de 30 minutos de aplicado esté entre 0,4 y 1,0 mg/l.

Hay una solución que podría ser puesta en práctica si por alguna razón no se consiguen en el comercio los hipocloritos mencionados anteriormente, que consiste en aplicar blanqueador de ropa regular sin aroma, el cual se consigue en casi todas las tiendas y supermercados del país. Se trata de un líquido ligeramente ambarino que no es otra cosa que hipoclorito de sodio con concentración de cloro activo al 5,25% y que generalmente viene empacado en recipientes de plástico similares a los de la figura.



Figura 38. Filtro de velas cerámicas con prefiltro de arena

Algunos de estos envases tienen tapa dosificadora, es decir, se conoce su capacidad en cm^3 . Llenando la tapa de este envase con 10 cm^3 de líquido blanqueador se puede desinfectar el agua clarificada almacenada en un tanque domiciliario de 500 litros completamente lleno, añadiéndolo con agitación. Una vez se desocupe el tanque, se llena nuevamente y se repite la operación.

Desinfección con generadores de cloro in situ

El generador de cloro in situ es un equipo de patente, de pequeñas dimensiones y de peso liviano que se conecta a una fuente de energía y tiene 2 electrodos que se sumergen en un balde plástico que contiene agua con sal de cocina diluida en una concentración al 3%. Después de un tiempo de electrólisis, la salmuera va produciendo una solución de hipoclorito de sodio y volúmenes pequeños de gas hidrógeno.



Figura 39. Generadores de cloro fabricados en Guatemala

Aun cuando ésta no es una solución casera o a nivel de vivienda rural dispersa, puede ser empleada en una escuela o puesto de salud de una comunidad rural dotada de instalación eléctrica. Este aparato produce una solución de hipoclorito de sodio de concentración conocida, la cual se puede distribuir desde allí periódicamente en envases plásticos para ser diluida en los tanques de agua almacenada filtrada o clarificada de cada vivienda.

En el lugar donde se ubique el equipo generador de Cloro debe haber una persona debidamente entrenada que maneje el proceso de electrólisis y producción del desinfectante, el envasado de la porción domiciliar y su entrega controlada a la persona adulta que en el hogar se va a encargar de su aplicación. Una vez surtido el proceso de desinfección con la aplicación de la solución, el agua puede ser utilizada de manera segura como bebida o para cocción de los alimentos. El punto ideal para aplicación sería en el tanque domiciliario de volumen conocido y el momento indicado para hacerla sería en las horas de la tarde, al finalizar las actividades del hogar.

Para tener la certeza de que la dosificación de cualquiera de los hipocloritos mencionados anteriormente produce el valor aceptable de cloro residual libre, el cual debe estar comprendido entre $0,3$ y $2,0 \text{ mg/L}$, se recomienda efectuar por lo menos una vez a la

semana una prueba de control. Esta se puede hacer utilizando un analizador colorimétrico que se consigue a un precio razonable en los almacenes de piscinas con las respectivas instrucciones de manejo que son muy sencillas.

2.2.4.2 DESINFECCIÓN POR RADIACIÓN SOLAR

Esta tecnología utiliza los rayos ultravioleta (UV) presentes en la radiación solar para destruir e inactivar los microorganismos patógenos presentes en el agua. Es una alternativa económica y fácil de implementar a nivel de la vivienda rural, especialmente en zonas donde hay amplia exposición a los rayos solares.

La tecnología de la desinfección solar o también llamada SODIS consiste en un método sencillo y de fácil aplicación que utiliza la radiación solar (temperatura y rayos UV) para mejorar la calidad bacteriológica del agua, para lo cual es necesario como condición previa que la misma tenga una baja turbiedad y preferiblemente haber sido sometida a un proceso de filtración o clarificación.

La región donde se vaya a aplicar este procedimiento requiere condiciones de irradiación solar favorables y el proceso debe estar asistido en forma permanente por un técnico para verificar que el agua tratada de esta manera sea apta para consumo humano.

Este método de desinfección consiste en llenar botellas transparentes con agua, agitarlas manualmente, taparlas y posteriormente colocarlas en un lugar donde reciban los rayos solares (de preferencia sobre una superficie reflectante, tal como una lámina de zinc) durante aproximadamente seis horas. Durante el tiempo de exposición, la radiación ultravioleta (UV) emitida por el sol, sumada al incremento de la temperatura del agua, elimina las bacterias patógenas presentes en ella. La desinfección solar requiere agua con turbiedad menor a 30 Unidades de Turbidez Nefelométricas - NTU y no es útil para el tratamiento de grandes cantidades de agua.

Los componentes del sistema son: las botellas y la superficie reflectora:

- Botella para el tratamiento:** Las botellas serán de preferencia de plástico ya que éstas son menos delicadas que las de vidrio y de preferencia de polietileno ya que estas contienen menos aditivos de protección contra los rayos UV; además deberán ser bien lavadas antes de su primer uso, el volumen puede variar entre 1 ó 2 litros pero sin que la profundidad al ser colocada horizontalmente exceda los 10 cm.



Figura 40. Desinfección por radiación solar (OPS/CEPIS/05.170 – UNATSABAR)

- **Superficie reflectora:** La utilización de superficies que retengan calor debajo de las botellas que contienen el agua por desinfectar mejora significativamente la eficiencia del sistema. Con este propósito, pueden utilizarse láminas corrugadas de zinc o simplemente una superficie oscura.

Otras características importantes son los factores del sistema: el clima, el oxígeno, la turbidez, efecto UV y temperatura.

- **El clima:** El clima es un factor de suma importancia, ya que de ella depende la intensidad de la radiación solar que sobre la que se sostiene todo el sistema; es importante tener en cuenta entonces la variabilidad que existe tanto geográfica como estacional y diaria.
- **El oxígeno:** El oxígeno es otro factor importante ya que en suficiente cantidad es capaz de formar compuestos altamente reactivos como radicales libres y peróxidos que destruyen la estructura celular de los patógenos, la aeración se puede lograr agitando la botella en sus tres cuartas partes 20 veces antes de llenarla por completo.
- **La turbidez:** Las partículas suspendidas en el agua reducen la penetración de la radiación solar en el agua e impiden que los microorganismos sean irradiados. Por lo tanto, la eficacia de desinfección de SODIS se ve reducida en agua turbia. Si la turbiedad del agua es mayor a 30 UNT, es necesario pretratar el agua antes de exponerla a la luz solar. Los sólidos y partículas más grandes se pueden eliminar almacenando el agua cruda durante un día y dejando que las partículas se asienten en el fondo y luego, se decanta el agua. Se puede separar la materia sólida mediante filtración, usando una capa de arena o un paño. También se puede reducir la turbiedad mediante floculación/sedimentación, usando sulfato de aluminio o semillas trituradas de Moringa oleífera. De no ser posible reducir la turbiedad mediante diferentes mecanismos de pretratamiento, es posible inactivar los microorganismos mediante la temperatura en lugar de mediante la radiación UV-A (mediante pasteurización solar o hirviendo el agua).
- **Efecto UV y Temperatura:** En sí este efecto es el llamado proceso SODIS que consiste en un sinergismo de los dos factores; como se sabe ambos en cierto grado son capaces de eliminar a los microorganismos patógenos; sin embargo, en este caso el grado en que trabaja cada uno es menos intenso es por ello que se requiere de la combinación de ambos para lograr el efecto desactivador sobre los microorganismos.



Figura 41. Procedimiento SODIS (OPS/CEPIS/05.170 – UNATSABAR)

2.2.4.3 HERVIDO DEL AGUA

Es un método bastante efectivo para desinfectar pequeñas cantidades de agua clarificada y filtrada por algunos de los procedimientos anteriores, pues aún así puede presentar algún contenido de materia orgánica. El procedimiento consiste en llenar un recipiente con el agua a tratar y calentarla en la estufa de la cocina hasta que hierva (presencia de burbujas) y mantener el proceso de ebullición durante 5 y hasta 20 minutos para eliminar patógenos y esquistosomas resistentes.

Si el agua está un poco turbia se debe filtrar en un paño o tela tupida para después proceder con el proceso de ebullición indicado anteriormente. Los recipientes deben estar perfectamente limpios antes de verter el agua a almacenar y deberán limpiarse de nuevo al vaciarlos.

Una vez hervida el agua se almacena en recipientes con tapa para su enfriamiento y en lo posible con un sistema de llave – balde se debe extraer el agua que se va a utilizar como bebida o para la preparación de los alimentos para los niños.

2.3 SOLUCIONES INDIVIDUALES DE SANEAMIENTO

A continuación se presentarán algunas de las soluciones más comunes empleadas para la recolección y tratamiento de las aguas residuales domésticas y las excretas humanas en el sitio de origen. Este tipo de soluciones surgen como opción tecnológica cuando los sistemas de recolección y tratamiento de aguas residuales convencionales o no convencionales requieren de una alta inversión, no solo en la instalación de la infraestructura básica, sino también en su operación y mantenimiento. Esto puede ocurrir

en pequeños conjuntos de vivienda rural nucleada con menos de 500 habitantes, urbanizaciones campestres de baja densidad poblacional (menos de 20 hab./Ha) y en áreas de vivienda rural dispersa donde definitivamente es impracticable un sistema de alcantarillado centralizado. Como opciones tecnológicas se pueden mencionar los sistemas sépticos y las letrinas en medios húmedo o seco.

Las aguas residuales domésticas se definen como una combinación de las aguas grises (llamadas también aguas jabonosas) y las aguas con excretas de una vivienda. Las aguas con excretas son los desechos líquidos generados en el inodoro y aquellos que contienen restos de alimento.

Las aguas grises son aquellas provenientes de los lavamanos, ducha, lavaplatos y el lavadero de ropa de la vivienda. Son desechos líquidos con contenido de jabón, algunos residuos grasos de la cocina, más los que provienen de la higiene personal (baño corporal y de las manos) y el lavado de la ropa. Por principio, las aguas grises contienen muy pocos microorganismos patógenos y el contenido orgánico es mucho menor que el de las aguas residuales. Se descomponen más rápidamente que estas últimas, por tanto la cantidad de oxígeno recogida para la descomposición del contenido orgánico de las aguas grises es mucho menor que para las aguas residuales.

Para la selección de la tecnología a implementar, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

a) Cantidad de agua disponible para la descarga

Las opciones tecnológicas de saneamiento en la zona rural están compuestas por las que requieren de agua como transporte de las excretas y aquellas que no la requieren. Generalmente las que requieren muy poca cantidad de agua o no la necesitan realizan la disposición de los desechos fisiológicos en letrinas, mientras que aquellas viviendas rurales que disponen de agua suficiente optan por su disposición en sanitarios de flujo y descarga a sistemas sépticos.

En los casos en que se dispone de menos de 45 litros/habitante-día de agua, la disposición se debe realizar mediante una letrina seca, en caso contrario, se puede emplear un aparato sanitario de bajo consumo con flujo y descarga de 6 litros y una disposición a distancia en un sistema séptico.

b) Fuentes subterráneas de agua

Las fuentes subterráneas de abastecimiento de agua son las más expuestas a ser contaminadas por los sistemas de saneamiento en el sitio de origen, siendo los aljibes o pozos someros los más expuestos a la contaminación en comparación con los pozos profundos. Se recomienda mantener una distancia mínima de 25 metros entre el aljibe de la finca y la letrina o el pozo de infiltración de un sistema séptico.

c) Densidad poblacional

La menor o mayor dispersión de viviendas en el área rural puede definir también el tipo

de solución que se debe dar, es decir, si debe ser individual (una letrina o tanque séptico por vivienda), colectivo (un tanque séptico para un grupo de viviendas) o público (como una batería de letrinas para atender una comunidad).

d) **Facilidad de mantenimiento**

El uso de letrinas tradicionales o de tanques sépticos requiere de áreas disponibles para la disposición periódica de los lodos que se extraen en las labores de limpieza y mantenimiento.

e) **Tipo de suelo**

Independientemente del sistema de tratamiento y disposición que se adopte, es importante determinar el tipo de suelo donde se va a construir el sistema de tratamiento, de modo que se garantice la estabilidad de las obras. Para una obra simple como la construcción de una letrina o un sistema séptico en una finca, es suficiente una descripción sencilla del suelo en términos de si es arcilloso, limoso, arenoso, areno arcilloso, si contiene rocas trituradas o conglomerados, etc., y una apreciación de su grado de humedad.

f) **Topografía del terreno**

Es importante tener en cuenta la topografía del terreno para, especialmente en los sistemas sépticos, determinar la ubicación del tanque séptico con relación a la vivienda, a tuberías de agua, aljibes y cursos de agua superficiales (ríos, quebradas, reservorios, etc.). También como ayuda para la disposición y diseño de los campos de infiltración o pozos de absorción y otras determinaciones; por ejemplo, si el terreno es muy pendiente se recomienda el uso de zanjas siguiendo las curvas de nivel.

Las distancias mínimas de sus componentes deben estar de acuerdo a la siguiente tabla:

Tipo de sistemas	Distancia mínima en metros			
	Vivienda	Tubería de agua	Curso superficial	Pozo de agua
Tanque séptico	-	3	-	15
Campo de percolación	6	15	10	25
Pozo de absorción	6	10	15	25
Letrinas	6	10	15	25

El tanque séptico y el campo de infiltración deberán estar ubicados aguas abajo de la captación de agua cuando se trate de pozos profundos cuyos niveles estáticos estén a menos de 15 metros de profundidad.

g) **Permeabilidad del suelo**

La permeabilidad del suelo es determinante en la escogencia del tipo de sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas y excreta humana como solución descentralizada en la zona rural. Es recomendable hacer una prueba de infiltración con

el fin de clasificar el terreno y según los resultados de ésta determinar su grado de permeabilidad: rápida, media o lenta. La tabla a continuación es de gran ayuda para clasificar la permeabilidad del suelo:

Clase de terreno	Tiempo de infiltración para el descenso de 1 cm.
Rápidos	de 0 a 4 minutos
Medios	de 4 a 8 minutos
Lentos	de 8 a 12 minutos

Cuando el terreno presenta resultados de la prueba de infiltración con tiempos mayores a 12 minutos (bastante impermeable), no se considera apto para la disposición de los efluentes de los sistemas sépticos en el terreno, debiéndose proyectar un sistema de letrinas secas o si es posible, haciendo la disposición del efluente final a una fuente superficial.

h) Nivel freático

Si el nivel freático es alto (menos de 1,50 m de profundidad), es posible que no sea viable infiltrar en el terreno los efluentes de los sistemas sépticos, por lo que se hace necesario adoptar una solución a base de letrinas de pozo elevado o disponer el efluente en una fuente superficial.

i) Zonas inundables

En aquellas zonas en donde los niveles de las aguas subterráneas son altos o los suelos son inundables, las letrinas tradicionales obligatoriamente deben ser colocadas por encima del nivel del suelo.

j) Disponibilidad de terreno

La aplicación de sistemas de saneamiento en el sitio de origen para viviendas rurales dispersas, especialmente si son del tipo séptico, consideran la necesidad de que el predio disponga de suficiente área para que éstas sean técnicamente factibles. No se recomienda optar por soluciones a través de sistemas sépticos en terrenos con un área inferior a 2500 m². Si no hay suficiente disponibilidad de terreno se debe optar por soluciones multifamiliares o de otra índole.

k) Factores de orden social

En el proceso de selección de las alternativas individuales de saneamiento básico, la comunidad usuaria debe reconocer y aceptar la solución adoptada, tener claridad de los motivos por los cuales se escogió, los principios que la hacen operable, sus ventajas a nivel comparativo y sus limitaciones. Se requiere entonces de capacitación, no solamente para los funcionarios que promuevan estas alternativas, sino también para la comunidad en la construcción, operación y mantenimiento de los sanitarios.

Los niveles de servicio que ofrecen este tipo de soluciones se clasifican de la siguiente manera:

- Unifamiliar: Resuelve la atención de una vivienda.
- Multifamiliar: Permite la atención de 2 a 5 viviendas.
- Comunal: Permite la atención de hasta 10 viviendas o establecimientos de hasta 50 personas.

Finalmente, el aprovechamiento voluntario o tradicional de las excretas y desechos ayuda a definir la alternativa de solución. También es importante tener en cuenta el tipo de material que la población emplea tradicionalmente en la limpieza e higiene corporal íntima, pues éstos influyen en la determinación del volumen de la letrina o pozo y el tipo de aparato sanitario.

2.3.1 TRATAMIENTO DE LAS AGUAS GRISES

Las aguas grises no constituyen un riesgo para la salud de la población y tampoco tienen mal olor inmediatamente después de ser descargadas. De otra parte, la materia presente en estas aguas aporta nutrientes y micronutrientes que son aprovechados por las plantas y cultivos. Sin embargo, si se recogen en un recipiente, consumirán rápidamente el oxígeno, entran en descomposición anaeróbica y una vez alcanzan el estado séptico van a producir el mismo mal olor que cualquier agua residual. Consecuentemente una clave del éxito del tratamiento de las aguas grises reside en el inmediato proceso y reutilización antes de haber alcanzado el estado anaeróbico.

El tratamiento más simple y apropiado consiste en introducir directamente aguas grises recién generadas en un entorno activo, altamente orgánico.

Hay varios procedimientos para tratar las aguas grises dependiendo del uso final que se les pretenda dar. De todas maneras, lo más recomendable es que éstas sean sometidas a un tratamiento previo para retener las grasas provenientes principalmente de la cocina. El tratamiento principal puede hacerse mediante:

Infiltración en el terreno. Después del tratamiento previo en una trampa de grasas, se conduce el agua gris hacia tuberías perforadas dispuestas paralelamente en campos de oxidación, o a un pozo de absorción o infiltración, o a un campo de cultivo para que allí se infiltre en el terreno mejorando los nutrientes del suelo (riego subsuperficial).

Otra forma de infiltración de las aguas grises en el terreno es aprovechar el mismo sistema de postratamiento del tanque séptico, descargando las aguas grises en la caja a la salida del tanque séptico o del filtro anaerobio posterior a éste.

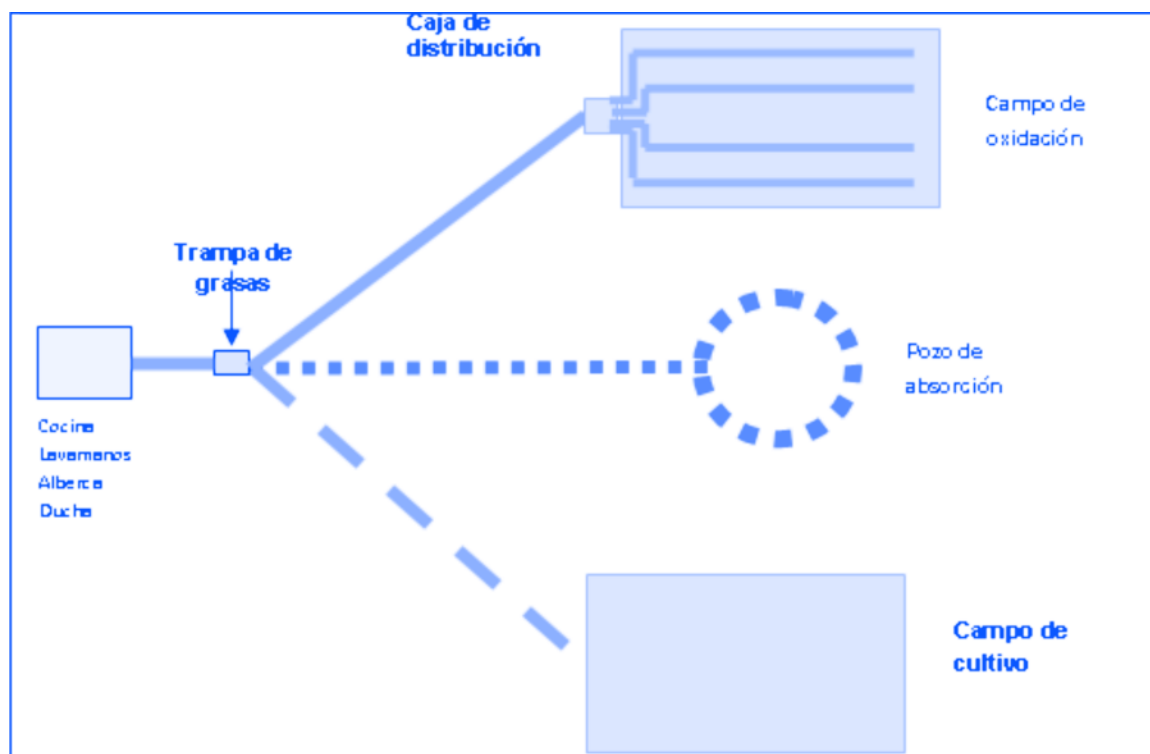


Figura 42. Infiltración de aguas grises (OPS / CEPIS)

Infiltración en humedales artificiales. Llamados también filtros biológicos, que consisten en jardineras impermeables donde se siembran plantas de pantano las cuales se nutren de los fosfatos presentes en los detergentes y de la materia orgánica, permitiendo la recuperación de un 70% del agua que puede ser utilizada para irrigación.

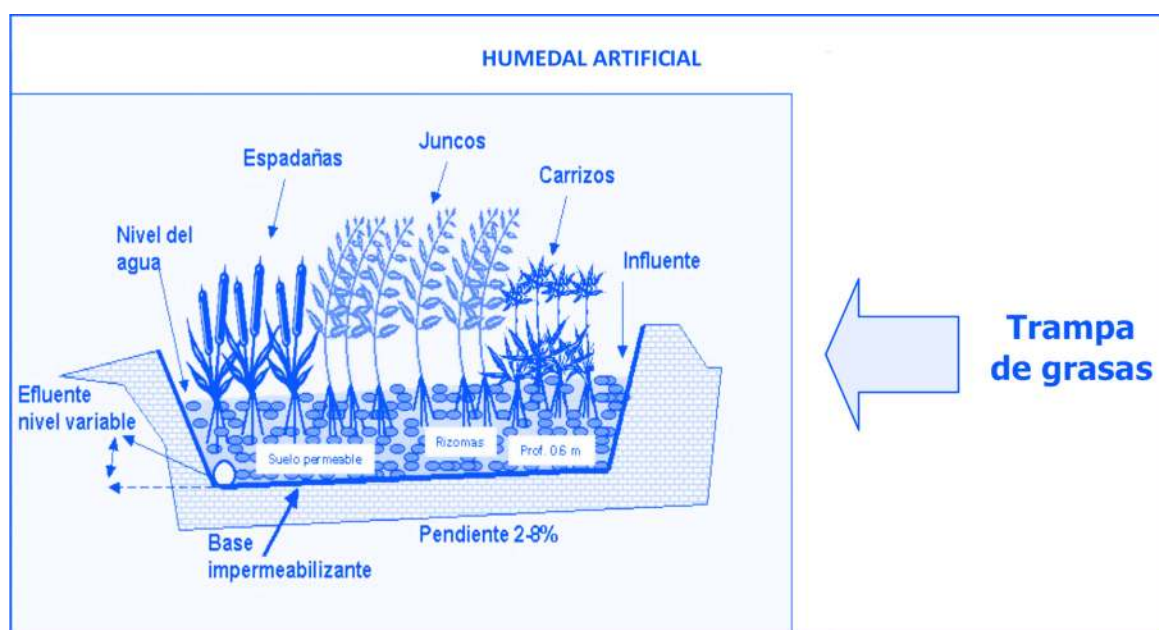


Figura 43. Humedales artificiales (OPS / CEPIS)

2.3.2 SISTEMAS SEPTICOS

Los sistemas sépticos, llamados también sistemas de disposición de aguas residuales in situ, son fuente de nitrógeno, fósforo, materia orgánica y microorganismos. En su mayoría son nutrientes que fueron tomados de la tierra en la producción de alimentos y que al ser dispuestos nuevamente en el suelo contribuirán a cerrar el ciclo de esos alimentos. Un sistema séptico completo está constituido por 5 elementos básicos a saber:

1. Manejo adecuado del agua usada en la vivienda.
2. Pretratamiento con trampa de grasas. Ésta puede ser construida en el sitio o adquirida en el comercio. Si al tanque séptico solamente van las aguas con excretas porque hay separación de las aguas grises, la trampa de grasas debe colocarse al inicio del tratamiento de estas últimas.
3. Tratamiento central, el cual se lleva a cabo con 1, 2 ó más tanques sépticos en serie, dependiendo de la calidad de tratamiento que se quiera o la que exija la autoridad ambiental. Éste(os) puede(n) ser construido(s) en el sitio o adquirido(s) en el comercio.
4. Postratamiento con FAFA, filtro anaerobio de flujo ascendente. Puede ser construido en el sitio o adquirido en el comercio. Éste es opcional, dependiendo de la calidad de tratamiento que se quiera o la que exija la autoridad ambiental al final del proceso.
5. Postratamiento aerobio, que puede ser mediante la disposición final en el subsuelo del agua efluente del tratamiento anaerobio anterior, a través de un campo de infiltración, o mediante cualquiera de los otros procesos que se mencionan más adelante.

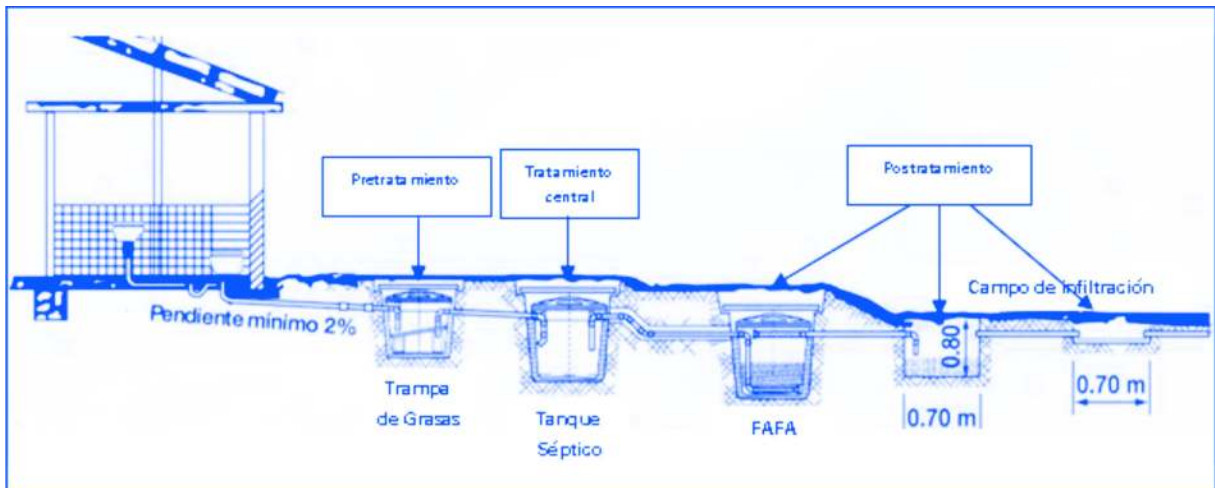


Figura 44. Esquema de un sistema séptico con Filtro Anaeróbico de Flujo Ascendente - FAFA

2.3.2.1 TRAMPA DE GRASAS

La trampa de grasas es un tanque de flotación donde la grasa sube a la superficie y es retenida mientras el agua clarificada sale por una descarga inferior. No lleva partes mecánicas y el diseño es parecido al de un tanque séptico. La función más importante de la trampa de grasas, es evitar que las grasas y jabones disminuyan la eficiencia de las etapas siguientes del tratamiento complementario del efluente.

Las aguas residuales provenientes de la vivienda rural dispersa suelen contener gran cantidad de grasa y jabón, que de no ser retenida puede llegar al tanque séptico, luego al filtro anaeróbico y al campo de infiltración, e interferir en la descomposición biológica, al obstruir los poros de los medios filtrantes y hacer que los tanques sépticos fallen antes de tiempo, por acumulación de grasa. También debe impedirse el flujo de agua caliente por la trampa de grasas, pues el calor las diluye y permite que atraviesen la trampa sin ser retenidas en la misma. Pueden ser construidas en sitio con mampostería de ladrillo o se pueden conseguir prefabricadas en el comercio en material plástico o fibrocemento.

Las trampas de grasas domiciliarias que se pueden emplear en viviendas rurales son tanques pequeños que reciben los residuos de cocinas y lavaplatos de las viviendas. Su uso es recomendado como pretratamiento de las aguas grises cuando éstas son reutilizadas en la vivienda o para riego en las fincas, o antes de su tratamiento en campos de infiltración o filtros biológicos.

Pueden ser construidas en ladrillo, bloques o concreto diseñados para eliminar grasas y aceites o prefabricadas en diferentes tipos de material plástico. El esquema a continuación presenta las medidas para una trampa de grasas domiciliar para una vivienda unifamiliar de 8 habitantes.

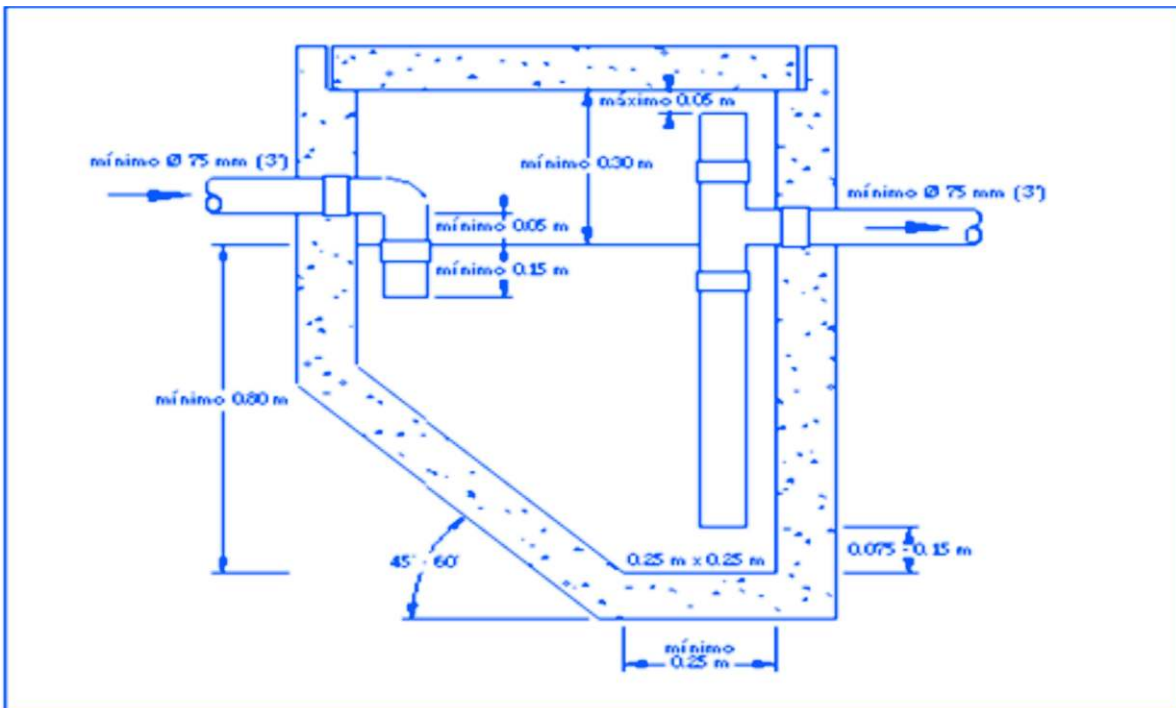


Figura 45. Esquema de una trampa de grasas para construir en sitio (OPS/CEPIS/03.81)

Se deben tener en cuenta los siguientes requisitos para la ubicación y construcción de una trampa de grasas:

- Las trampas de grasa domiciliarias deberán ubicarse próximas a los lavaplatos y lavarropas que descarguen desechos grasosos y aguas jabonosas, y por ningún motivo deberán ingresar aguas negras provenientes de los inodoros.
- El sitio escogido debe ser fácilmente accesible para su limpieza o extracción de las grasas acumuladas.
- No siempre es necesario instalar trampa de grasa para viviendas rurales pequeñas (menos de 5 personas).
- En general, las trampas de grasa se deben ubicar en sitios donde puedan ser inspeccionadas y con fácil acceso para limpiarlas. No se debe colocar encima o inmediato a ellas maquinarias o equipo que pudiera impedir su adecuado mantenimiento.

Las trampas de grasa deben operarse y limpiarse regularmente para prevenir el escape de cantidades apreciables de grasa y la generación de malos olores. La frecuencia de limpieza debe determinarse con base en la observación. Generalmente, la limpieza debe hacerse cada vez que se alcance el 75% de la capacidad de retención de grasa como mínimo. Para restaurantes campestres, la frecuencia de limpieza varía desde una vez cada semana hasta una vez cada 2 ó 3 meses. Estas unidades deben ser dotadas de las siguientes características:

- Capacidad suficiente de acumulación de grasa entre cada operación de limpieza
- Condiciones de turbulencia mínima suficiente para permitir la flotación del material.
- Dispositivos de entrada y salida convenientemente proyectados para permitir la circulación normal del afluente y el efluente.
- Distancia entre los dispositivos de entrada y salida, suficiente para retener la grasa y evitar que este material sea arrastrado con el efluente.
- Debe evitarse el contacto con insectos, roedores, etc.

2.3.2.2 TANQUE SÉPTICO

El tanque séptico es el componente principal de un sistema séptico para el tratamiento de las aguas residuales de viviendas rurales dispersas, vivienda rural nucleada, o establecimientos ubicados en zonas rurales o suburbanas que no cuentan con servicio de alcantarillado. Estas aguas residuales pueden provenir exclusivamente de los inodoros con descarga hidráulica o incluir también las aguas grises generadas en duchas, lavamanos, lavaderos de ropa y lavaplatos.

El tratamiento que se desarrolla dentro de un tanque séptico es biológico. Allí las aguas residuales son sometidas a descomposición por procesos naturales y microbiológicos en un ambiente ausente de aire. Los microorganismos que están presentes en este proceso de descomposición pertenecen al grupo de bacterias anaeróbicas porque se desarrollan en ausencia de oxígeno al ser el tanque un recipiente hermético con el fondo, las paredes y la tapa impermeables. Este tratamiento anaeróbico se llama también séptico y de ahí el nombre del tanque. Durante la descomposición se producen lodos que se sedimentan

en el fondo del tanque, y gas que ascenderá constantemente en forma de burbujas a la superficie, arrastrando partículas livianas que flotan formando una capa de natas.

Los tanques o pozos sépticos, son generalmente subterráneos y según su geometría pueden ser prismáticos rectangulares, cilíndricos o tronco-cónicos. Los cilíndricos se utilizan cuando se quiere minimizar el área útil aumentando la profundidad, y los prismáticos rectangulares en los casos en que se requiera mayor área horizontal o mayor profundidad.

Pueden ser construidos en sitio con mampostería de piedra o ladrillo, en concreto simple o reforzado, o pueden ser adquiridos en el comercio fabricados en diferentes materiales plásticos como polietileno (PE), polipropileno (PP), PVC-U ó poliéster reforzado con fibra de vidrio.

El efluente de los tanques sépticos debe ser tratado complementariamente con un filtro anaeróbico de flujo ascendente, y/o disponiendo el efluente directamente a un campo de infiltración, y/o a un humedal artificial sumergido.

Los tanques sépticos se recomiendan solamente para:

- Áreas desprovistas de redes públicas de alcantarillado.
- Vivienda rural dispersa con suficiente área de contorno para acomodar el tanque con sus procesos de postratamiento (filtros anaerobios y/o campos de infiltración).
- Alternativa de tratamiento de aguas residuales en áreas que cuentan con redes de alcantarillado locales.
- Retención previa de los sólidos sedimentables, cuando hace parte de los alcantarillados de flujo decantado.
- Deberán ubicarse aguas abajo de cualquier pozo o manantial destinado al abastecimiento de agua para consumo humano.

Los tanques sépticos no se recomiendan para:

- Ser construidos en áreas pantanosas o fácilmente inundables.
- Ser operados en condiciones en donde les entren aguas lluvias y/o desechos capaces de causar interferencia negativa o inhibición en cualquier fase del proceso de tratamiento, el cual es eminentemente biológico.

Los tanques sépticos deben localizarse conservando las siguientes distancias mínimas:

- 1.50 m distante de construcciones, límites de propiedad, sumideros y caminos peatonales.
- 3.0 m distante de árboles y cualquier punto de redes públicas de abastecimiento de agua.
- 25.0 m distante de pozos de agua y cuerpos de agua de cualquier naturaleza.
- 8.0 m distante de cortes o terraplenes.
- 3.0 m distante de piscinas.

Para el diseño de un tanque séptico se puede utilizar la metodología que se presenta para el tanque interceptor del Alcantarillado de Flujo Decantado en el numeral 2.1.4.3 de este manual.

A continuación se presentan algunas recomendaciones para la operación y mantenimiento de los tanques sépticos:

- Para poner en servicio un tanque séptico recién instalado o construido, se recomienda llenarlo de agua hasta el orificio de salida para luego depositar allí de 5 a 8 baldes de lodo fresco o estiércol caballar, con el objeto de crear las bacterias necesarias para la descomposición de la materia orgánica.
- Para una adecuada operación del sistema, se recomienda no mezclar las aguas de lluvia con las aguas residuales; así mismo se evitará el uso de químicos para limpieza del tanque séptico y el vertimiento de aceites o sustancias químicas que inhiban la actividad microbiológica. Igualmente no se deben arrojar papeles diferentes al papel higiénico, tampoco materiales comunes como trapos, basuras, etc., para evitar daños al sistema.
- Los tanques sépticos deben ser inspeccionados al menos una vez por año ya que ésta es la única manera de determinar cuándo se requiere una operación de mantenimiento y limpieza. Dicha inspección deberá limitarse a medir la profundidad de los lodos y de la nata. Los lodos se extraerán cuando los sólidos llegan a la mitad o a las dos terceras partes de la distancia total entre el nivel del líquido y el fondo. De otra manera, los lodos y las espumas acumuladas deben ser removidos en intervalos equivalentes al periodo de limpieza proyectado para el tanque séptico. Estos intervalos se pueden ampliar o disminuir, siempre que estas alteraciones sean justificadas y no afecten los rendimientos de operación ni se presenten olores indeseables.
- Cuando se extraen los lodos de un tanque séptico, éste no debe lavarse completamente ni desinfectarse. Se debe dejar en el tanque séptico una pequeña cantidad de lodo para asegurar que el proceso de digestión continúe con rapidez.

Disposición final de los lodos

- Para realizar el mantenimiento periódico a los sistemas sépticos, específicamente al tanque séptico, se recomienda tener en cuenta que la remoción periódica de lodos se realice por personal capacitado que disponga del equipo adecuado para garantizar que no haya contacto entre el lodo y estas personas. Este es un trabajo desagradable que pone en peligro la salud de quienes lo realizan.
- Antes de cualquier operación en el interior del tanque, es necesario que la cubierta se mantenga abierta durante un tiempo suficiente (>15 min.) para la remoción de gases tóxicos o explosivos.
- Cuando la topografía del terreno lo permita, se puede colocar una tubería de drenaje de lodos que se colocará en la parte más profunda del tanque (zona de ingreso). La tubería estará provista de una válvula. En este caso, es recomendable que la evacuación de lodos se realice hacia un lecho de secado.
- Si lo anterior no es posible, la limpieza se efectuará bombeando el contenido del tanque a un camión cisterna. Si no se dispone de un camión cisterna aspirador,

- los lodos deben sacarse manualmente con baldes.
- Los lodos retirados de los tanques sépticos en camiones cisternas se podrán transportar hacia plantas de tratamiento de aguas residuales para ser descargados en el lugar que indique su operador.
- En zonas aisladas o donde no exista fácil acceso a las plantas de tratamiento o éstas no existan en lugares cercanos, se deben disponer los lodos en lechos de secado o en trincheras mezclándolos con tierra, basura, hierba cortada y cal. Las zonas de secado deben estar alejadas por lo menos 500 metros de la vivienda más cercana.
- En ningún caso los lodos removidos pueden arrojarse a cuerpos de agua.
- Los lodos secos pueden enterrarse cerca al lecho de secado, o disponerlos en rellenos sanitarios o mezclarlos con suelos agrícolas para su mejoramiento, siempre y cuando no estén dedicados al cultivo de hortalizas, frutas o legumbres que se consumen crudas.
- Deben contar con algún sistema de ventilación, para evitar la acumulación de gases.

2.3.3 POSTRATAMIENTOS

Su propósito es continuar mejorando la calidad del agua tratada en un tanque séptico, en donde ésta fue sometida a un proceso de separación y retención de sólidos y que por la digestión anaerobia llevada a cabo en su tránsito por la zona de sedimentación, tuvo una remoción importante de la demanda bioquímica de oxígeno – DBO y mejora en otras características indicadoras de contaminación, pero no en la cantidad suficiente para ser vertida en el suelo o en un cuerpo de agua. La máxima eficiencia de remoción de la DBO₅ que se puede esperar de un tanque séptico es del 40%.

En un sistema séptico de baja capacidad como el de una vivienda rural y en donde el suelo tenga capacidad para asimilar un vertimiento líquido, un campo de infiltración en el terreno puede ser suficiente como postratamiento al tanque séptico.

2.3.3.1 FILTRO ANAERÓBICO DE FLUJO ASCENDENTE - FAFA

Los filtros anaeróbicos de flujo ascendente – FAFA, son tanques enterrados que pueden construirse en sitio y con el mismo material y geometría a continuación del tanque séptico, ya sea integrándolo a esta estructura, o en forma independiente si la topografía del terreno o el espacio no lo permite. También se pueden adquirir en el comercio como sistema integrado o sistema independiente del tanque séptico.

En un sistema integrado de tanque séptico y FAFA construidos en sitio, este último estará constituido por un cajón hermético con las mismas dimensiones de ancho y alto y una longitud que de acuerdo al tiempo de retención que se le quiera dar, puede variar como mínimo a ½ de la del tanque séptico como cuerpo principal de la estructura. En los sistemas prefabricados, en un cuerpo cilíndrico horizontal se integran los dos procesos anaeróbicos, tanque séptico y filtro ascendente.

El FAFA es un tanque impermeable que en la parte inferior tiene un fondo falso sobre el cual se coloca un lecho de grava lavada o triturado libre de tierra y arena de 2" a 2 ½" de tamaño efectivo, que se puede elevar hasta la altura de la batea de la tubería de salida la cual debe estar localizada a una distancia máxima de 20 centímetros (8") por debajo del techo del filtro. La tubería efluente del tanque séptico, entra al filtro y mediante una tee con tapón roscado en la salida superior, desciende verticalmente hasta entrar en el fondo falso. El agua descargada allí se distribuye uniformemente en el fondo falso, atraviesa las perforaciones de éste y sube filtrándose a través del triturado o la grava, creando un flujo ascendente a través del lecho para finalmente salir en dirección al punto de vertimiento o al siguiente o siguientes procesos proyectados para cumplir el grado de tratamiento exigido.

2.3.3.2 CAMPO DE INFILTRACIÓN

Antes de adoptar los sistemas de infiltración en el terreno como postratamiento en un sistema séptico, es importante determinar la permeabilidad del suelo mediante un ensayo de infiltración. En suelos clasificados como impermeables o de infiltración lenta, es decir, que en la prueba de infiltración para el descenso de 1 centímetro de agua el tiempo es superior a 12 minutos, no se debe considerar este tipo de postratamiento.

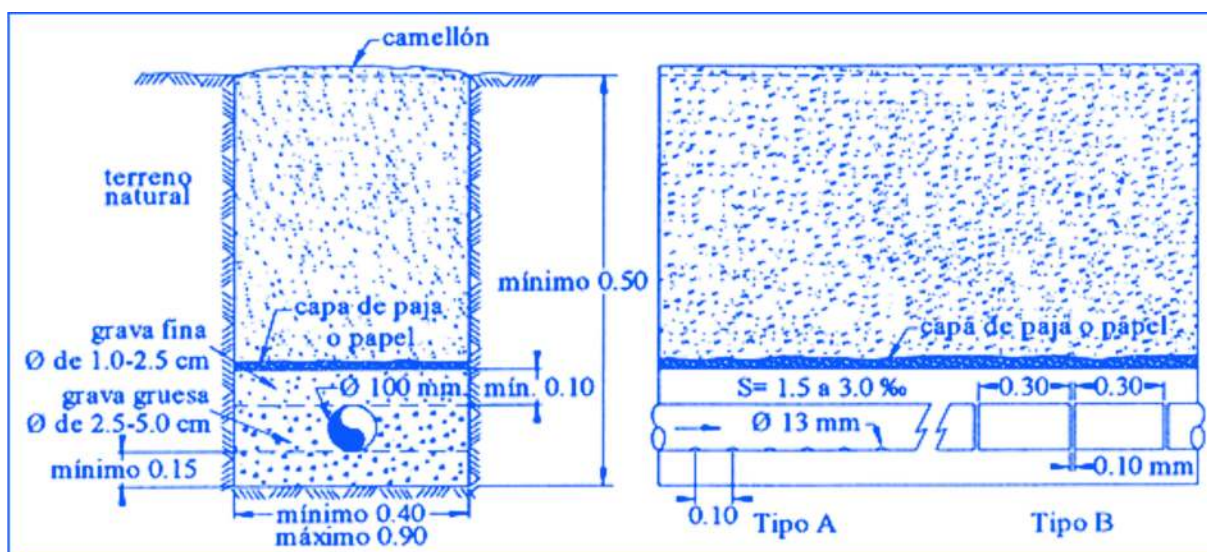


Figura 46. Esquema de un campo de infiltración (OPS/CEPIS)

Los campos o zanjas de infiltración consisten en una serie de zanjas angostas y relativamente superficiales que se disponen en paralelo, en forma de espina de pescado u otras configuraciones geométricas dependiendo de la topografía del terreno. En el fondo de estas zanjas se colocará una capa de grava limpia con granulometría de 25 (1") a 50 mm (2") de diámetro y espesor de 0,15 m. Sobre esta base se instala un sistema de tubería tipo drenaje de 100 mm (4") ó 150 mm (6") de diámetro colocadas a junta perdida, la cual se atraca hasta la parte superior de la tubería con la misma grava y a continuación se cubre con una capa de grava fina de 0,10 m de espesor y granulometría de 10 a 25 mm.

Sobre la capa de grava fina y para evitar la alteración de la capacidad filtrante de la grava, se colocará papel grueso o una capa de 5 centímetros de espesor de paja o cualquier otro tipo de material permeable que facilite la evapotranspiración del agua residual aplicada en la zanja de infiltración.

Estas tuberías reciben el efluente del tanque séptico ó del FABA y lo distribuyen en el terreno a través de las perforaciones y de sus uniones. Normalmente la tubería se coloca con las perforaciones dirigidas hacia el fondo de las zanjas.

Estos campos o zanjas de infiltración se localizan aguas abajo a continuación del tanque séptico o del FABA de acuerdo al diseño del sistema séptico, y su propósito es continuar con el tratamiento del efluente proveniente de estos tanques. Deben ubicarse en suelos cuyas características de permeabilidad permitan la absorción del agua residual que sale de los tanques sépticos a fin de no contaminar las aguas subterráneas y su diseño se hará con base en los resultados de las pruebas de infiltración del terreno. Vale la pena considerar también la dirección predominante del viento para, en lo posible, localizar las zanjas teniendo en cuenta que allí se lleva a cabo un tratamiento aerobio.

- El fondo de la zanja deberá quedar por lo menos a 2,0 m por encima del nivel freático.
- La profundidad de las zanjas estará en función de la capacidad de infiltración de los terrenos y podrá variar entre un mínimo de 0,40 m a un máximo de 0,90 m.
- Debe evitarse la proximidad de árboles, para evitar la entrada de raíces. La distancia mínima entre la zanja y cualquier árbol debe ser mayor a 3,0 m.

2.3.3.3 POZOS DE INFILTRACIÓN

Cuando no se cuenta con área suficiente para la construcción de zanjas de infiltración o cuando el suelo es impermeable dentro del primer metro de profundidad, pero existen a continuación estratos permeables favorables, se podrá usar el pozo de infiltración.

Se trata de una estructura cilíndrica con o sin cono de reducción en la parte superior y tapa o registro para inspección (tienen una geometría similar a la de los pozos de inspección del sistema de alcantarillado), con un diámetro externo de excavación de 1,50 m y una profundidad útil no mayor a 5 m. Sus paredes son verticales y están formadas por muros de mampostería mixta: ladrillos y piedra media zonga pegados con mortero de cemento dejando juntas con espaciamientos libres (“junta perdida”) de no más de 10 mm para que el agua se infiltre en el terreno. Para mejorar la capacidad de infiltración hacia el terreno, el espacio entre la superficie exterior del pozo y el terreno natural que no debe ser menor de 0,10 m se rellenará con grava de 25 a 50 mm de diámetro. El fondo del pozo deberá ser cubierto por una capa de 0,50 m de espesor con grava de las mismas características anteriores.

2.3.4 LETRINAS

Más allá de considerar las letrinas como una alternativa de saneamiento para la vivienda rural dispersa, especialmente cuando no se dispone de suficiente agua para la construcción

de unidades sanitarias de flujo y descarga a sistemas sépticos, las letrinas pueden considerarse como una propuesta integral para el manejo y disposición de la orina y las excretas bajo el enfoque del saneamiento ecológico.

En las áreas rurales con poca densidad de población o para la vivienda rural dispersa, después de considerar los sistemas sépticos y el tratamiento de las aguas grises in situ, la alternativa que sigue como solución económica y sanitariamente más viable es la letrina.



Figura 47. Letrinas en diferentes países (Saneamiento Ecológico - Ron Sawyer)
De izquierda a derecha: (1) Filipinas; (2) Vietnam – Letrina Solar; (3) Dubbleton AB (Suecia)

Se trata de un procedimiento antiguo concebido para disponer las heces y la orina en pozos excavados por debajo del suelo. Este tipo de almacenamiento puede tener consecuencias de contaminación debido a su lixiviación a mantos freáticos, por lo que, para que sea una solución sanitaria efectiva, su localización, diseño, construcción y mantenimiento deben ser muy cuidadosos. Con el fin de que las letrinas no se constituyan en un problema de higiene, de presentación antiestética para la vivienda y de contaminación de las aguas subterráneas aprovechables para consumo humano a través de aljibes, sus condiciones de uso deben ser estrictas, no se pueden modificar y todos los miembros de la familia se deben esmerar por su buena presentación, evitando que se conviertan en bodega, depósito de sobrantes o en un lugar repulsivo de la vivienda.

Después de considerar las condiciones técnicas, económicas, sociales y culturales de la comunidad a ser atendida, en conjunto con la aspiración de disponer del servicio de saneamiento más adecuado, el punto de partida para la identificación del tipo de letrina depende en buena medida de la cantidad de agua disponible después de considerar los usos básicos del agua en el hogar para bebida y cocción de alimentos, higiene personal, lavado de ropa e higiene de la vivienda. Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, las letrinas se clasifican en:

- a) Letrinas de hoyo seco – LHS.
- b) Letrinas de sello hidráulico (o arrastre hidráulico) – LSH.
- c) Letrinas aboneras secas familiares con desviación de orina – LASF.

A continuación se presenta una descripción y recomendación de uso para cada una de estas letrinas, partiendo de los modelos básicos y las variaciones que pueden tener para mejorar su funcionamiento¹:

2.3.4.1 LETRINA DE HOYO SECO – LHS

Es un retrete instalado sobre una placa de concreto reforzado firmemente apoyada por todos los lados y elevada por encima del terreno circundante, que se construye sobre un hueco de forma cilíndrica en lo posible o de sección transversal cuadrada cuya profundidad puede ser de 2 ó más metros. Para cualquiera de los dos casos las paredes del hueco deberán revestirse con mortero de cemento y malla de refuerzo para evitar su derrumbamiento. La placa de concreto deberá estar provista de un orificio sobre el cual se coloca un asiento con tapa y forma similar a la de una taza de inodoro convencional pero sin el sifón de descarga para que las excretas y la orina caigan directamente en el pozo, sin necesidad de que haya arrastre con agua.

Los líquidos se infiltran en el suelo circundante y el material orgánico se descompone, produciendo gases que se escapan a la atmósfera o se dispersan en el suelo. Los líquidos lixiviados se infiltran en torno al área de influencia del pozo y en el fondo se va sedimentando un residuo que después de descomponerse se compacta con el tiempo. En algunas partes a este tipo de letrinas se les llama de pozo negro o pozo ciego.

Estas letrinas pueden ser construidas por el usuario y no necesitan agua para funcionar. El modelo que se muestra en la figura y que corresponde a la descripción anterior es el más económico. La profundidad del hueco debe estar por lo menos a 1,50 m sobre el valor más alto del nivel freático. El hueco puede ser cuadrado o rectangular, pero se recomienda circular por ser más estable al derrumbamiento. Las paredes del pozo deben estar revestidas y la loza de cubierta sobre la cual se construye el retrete debe estar por lo menos a 20 centímetros sobre el nivel del terreno, a fin de proteger el pozo contra inundaciones.

Tienen el inconveniente de que producen mal olor, atraen moscas y otros vectores de enfermedades que fácilmente se reproducen en los huecos o pozos. Requieren de poco mantenimiento, el interior del retrete debe mantenerse limpio y la taza tapada cuando no se esté utilizando.

¹⁴ La Organización Panamericana de la Salud y su Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente – Unidad de Saneamiento Básico (CEPIS-USB) a través de su página Web www.cepis.ops-oms.org, proporciona información detallada para el diseño, construcción y mantenimiento de estos modelos de letrina.

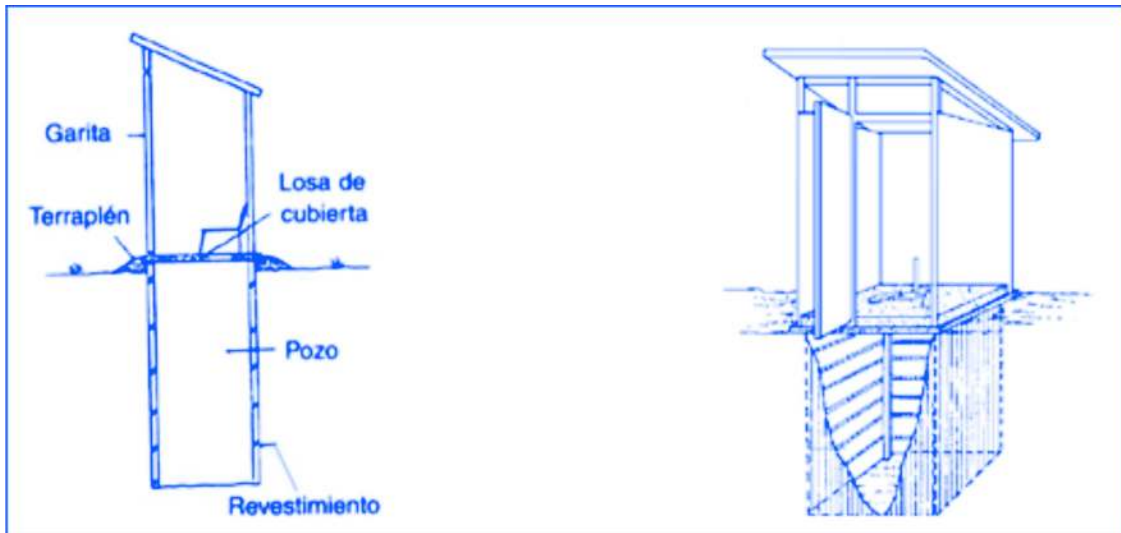


Figura 48. Letrina de hoyo seco (OPS/CEPIS/02.58 UNATSABAR)

2.3.4.2 LETRINA DE HOYO SECO VENTILADA – LHS VENTILADA

Esta es una variante del modelo básico descrito anteriormente. Se puede construir una letrina mejorada para eliminar los problemas de mal olor y de vectores de las letrinas tradicionales, instalando un tubo vertical de ventilación que conecte el pozo con la atmósfera exterior del retrete. La circulación constante del aire elimina los olores resultantes de la descomposición de excretas en el pozo y hace que los gases escapen a la atmósfera por la parte superior del tubo y no por la caseta.

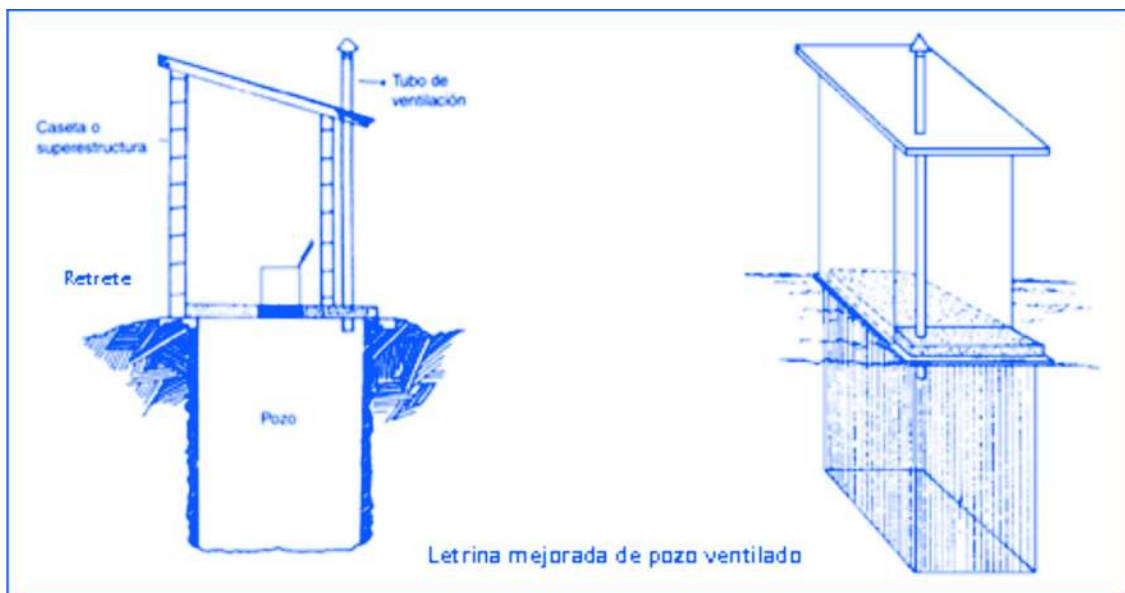


Figura 49. Letrina mejorada de pozo ventilado (OPS/CEPIS/02.58 UNATSABAR)

El diámetro del tubo de ventilación debe ser mayor a 15 centímetros y debe sobresalir como mínimo 50 centímetros por encima del techo del retrete. Se debe colocar adosado a la pared exterior del retrete de tal forma que durante la mayor parte del día el sol le caliente directamente y se puede pintar de negro para aumentar la absorción solar y mejorar el efecto chimenea. Para evitar la entrada de moscas se debe instalar una malla fina en su extremo superior. La puerta de la caseta se debe colocar del lado que más frecuentemente le llegue el aire de frente y se debe dejar una abertura sobre el dintel por lo menos 3 veces más grande que la sección transversal del tubo de ventilación.

2.3.4.3 LETRINA DE HOYO SECO ELEVADO – LHS ELEVADO

Cuando el terreno tiene el nivel freático muy cerca de la superficie o el terreno es inundable en época de lluvias, se deben construir letrinas de pozo elevado. El pozo de la letrina se excava al final de la época seca, a una profundidad razonable que no interfiera significativamente con los flujos de agua y haciendo que el revestimiento de ese hueco se prolongue sobre la superficie o nivel existente del terreno hasta que se alcance el volumen de almacenamiento deseado. En otras palabras, se debe construir la cámara de almacenamiento semienterrada.

Esta modalidad que se llama letrina de pozo elevado puede ser utilizada como letrina tradicional simple, como letrina mejorada de pozo ventilado, como letrina con cierre hidráulico o de cualquier otro tipo posible.

El revestimiento del hueco, prolongado sobre el nivel del suelo, debe impermeabilizarse, tanto por dentro como por fuera. Si se construye un terraplén, el mismo podrá usarse para la infiltración, siempre que se haga de material permeable y bien compactado, con una inclinación lateral estable y sea lo bastante grueso para evitar que los líquidos filtrados resuman en la base del terraplén, en lugar de infiltrarse en el suelo.

2.3.4.4 LETRINA DE SELLO HIDRÁULICO – LSH

El empleo de las letrinas con arrastre hidráulico sólo deben utilizarse en zonas rurales cuyas condiciones socioeconómicas, disponibilidad de agua y permeabilidad del suelo permitan su aplicación. Esta es una forma de eliminar los problemas de mal olor y de vectores de las letrinas tradicionales. Se hace instalando un inodoro corriente o una taza con sifón de fondo, de tal manera que mantenga un sello hidráulico después de su descarga, la cual utiliza muy poca cantidad de agua. Los inodoros, tanto los accionados por descarga manual como los tanques accionados por una válvula de descarga automática, deben tener un consumo promedio no superior a 6,0 l por descarga.

El retrete, o cuarto de baño, o caseta de la letrina puede estar ubicado en una posición más alta con respecto al pozo en cuyo caso estaría conectado por una tubería de poca longitud. El cuarto de baño o retrete puede construirse en el interior de la casa o pegado a ella.

Los hoyos de la letrina de sello hidráulico (o con arrastre hidráulico), destinados al almacenamiento de las aguas residuales, deberán ubicarse en el exterior de la vivienda y

a no menos de 1 metro del muro exterior de éstas y sólo deben ser construidas en terrenos cuyas características favorezcan su excavación e infiltración de las aguas empleadas en el arrastre de los desechos fisiológicos.

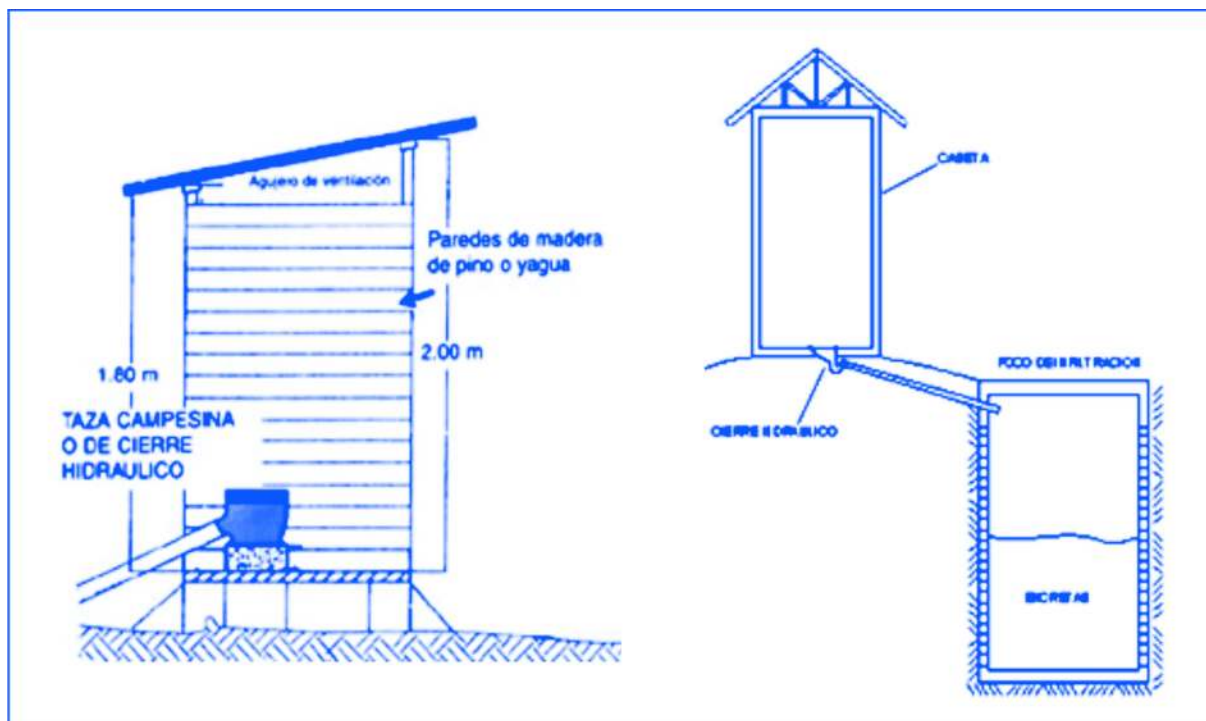


Figura 50. Letrina de sello hidráulico

Las LSH no deben ser construidas en áreas pantanosas, fácilmente inundables, en suelos impermeables o con presencia de arcillas expansibles. El suelo ideal es el calcáreo o el que tenga presencia de rocas figuradas, siempre que se tomen las medidas de seguridad para evitar daños en la cimentación de estructuras aledañas. Tampoco se pueden construir LSH dentro de un radio de por lo menos 30 metros alrededor de pozos, aljibes o sistemas de extracción de agua para consumo humano y de todos modos deberán quedar ubicados aguas debajo de estos sistemas de abastecimiento para evitar su contaminación.

Otra recomendación que tiene relación con su correcta operación y funcionamiento es que no se deben arrojar a la taza residuos sólidos como papel grueso o toallas higiénicas, ya que es probable que el sistema se obstruya. Si el pozo de la letrina está desplazado respecto al retrete ya sea porque está en el interior de la vivienda o pegado a ella, la tubería que hace la descarga desde la taza deberá tener una pendiente no menor al 3% y diámetro mínimo de 2,5". La ventaja de contar con un retrete desplazado con relación al pozo es que cuando éste se llene se puede excavar otro en el área vecina y dejar los excrementos reposando para su proceso de descomposición durante por lo menos 6 meses antes de extraer los lodos de una manera segura y volver a rehabilitarlo como letrina alterna.

2.3.4.5 LETRINA ABONERA SECA FAMILIAR – LASF

Está diseñada para utilizar las heces y la orina como acondicionador de suelos, partiendo de una taza de cerámica diseñada anatómicamente para lograr su separación. Para conveniencia del varón se puede instalar dentro del retrete un orinal aparte.

El pozo de almacenamiento de las heces está dividido en dos compartimientos separados entre sí por un tabique para ser utilizados en forma alterna con lapsos de seis meses cada uno: uno se está llenando mientras el otro descompone el material previamente depositado.

Esta es una letrina lenta que le da tiempo suficiente a las heces para que sufran su descomposición. El proceso seguido durante la operación de la letrina es seco pues se utilizan, después de cada deposición, descargas medidas de cal o ceniza en forma separada o combinada con el fin de ayudar desde un principio al proceso de deshidratación de las heces. Es por esa razón básica que se separan los orines.

Los orines provenientes de la taza y el orinal son almacenados provisionalmente en un tanque para su posterior aplicación como abono líquido.

El material que estuvo en reposo durante seis meses o más, después de sufrir un proceso de descomposición y secado, al ser extraído puede ser aplicado como acondicionador de suelos en la finca pero no debe ser utilizado como abono orgánico debido a la prevalencia de algunos parásitos.

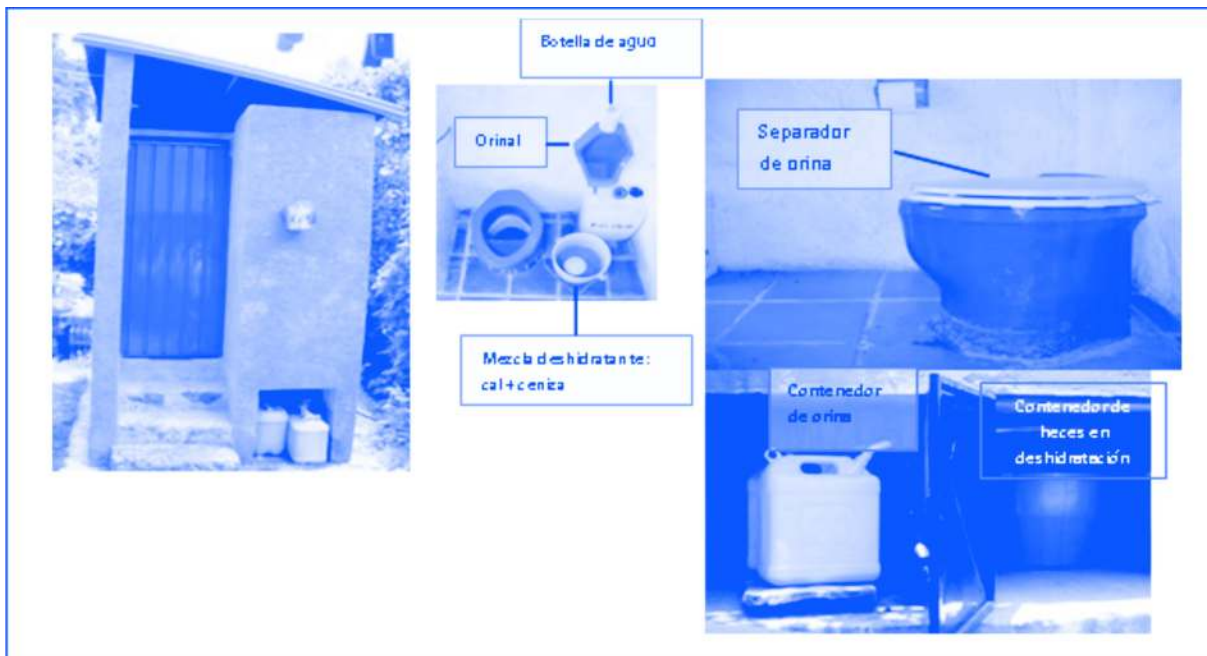


Figura 51. Letrina Abonera Seca Familiar. (Saneamiento Ecológico - Ron Sawyer)

Este tipo de letrinas también se suele denominar como “sanitario seco con desviación de orina con doble cámara” y no necesariamente su construcción está orientada a la familia campesina, pues también se encuentran sanitarios públicos de este tipo.

Características de la operación y recomendaciones

- Las heces caen al compartimiento del pozo que está en servicio y la orina proveniente de la taza se une mediante tubería con la del orinal y sale del retrete para ser recolectada en un recipiente adecuado donde se almacena para posteriormente ser aplicada como abono. También puede ser conducida directamente por tubería enterrada a un campo de riego o conectada a la instalación de aguas grises después de la trampa de grasas.
- Una de las funciones de la cal o ceniza es deshidratar las heces para lograr una mejor descomposición y muerte de los microbios.
- La LASF produce menor cantidad de gases olientes y algo de humedad. Unas pequeñas aberturas en las paredes del retrete son suficientes para que esos gases escapen.
- Semanalmente, se tiene que apelmazar la mezcla de heces y cal para entre otros, lograr un mejor uso del volumen de la cámara.
- Cuando una cámara está casi llena, se cubre la mezcla con tierra, se coloca la tapadera, se traslada la taza al otro compartimiento y se deja descansando la cámara y todo su contenido por un periodo que puede estar comprendido entre 6 y 12 meses, dependiendo de características físico – químicas como temperatura y pH y el tipo de uso.

2.3.4.6 LETRINA SOLAR – LS

La letrina solar es un revolucionario invento cuyo funcionamiento tiene como base la energía solar y el viento. En algunas partes se comercializa con patente, como una unidad prefabricada en fibra de vidrio en donde la cabina o el retrete descansa sobre los compartimientos de almacenamiento de las heces y la orina. El depósito de las heces se prolonga hacia la parte trasera o al lado de la cabina la cual tiene unas ventanas de vidrio ligeramente inclinadas sobre la horizontal para captar la energía solar.

Es una letrina seca, es decir, no requiere de agua para el arrastre de las heces pero dentro de la cabina hay un depósito y una pala con la medida adecuada para verter la cal después de cada deposición. El inodoro solar se encarga de evaporar los líquidos de los desechos humanos. Además es ecológico, ya que no daña el medio ambiente e igualmente los residuos pueden ser utilizados como acondicionador de suelo mas no como abono orgánico. En otras palabras, la letrina solar opera idéntico a una LASF donde la eliminación microbiana se acelera con la actividad solar.



Figura 52. Letrina Solar. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. República de El Salvador

Este tipo de letrinas también se suele denominar como “sanitario seco con desviación de orina con una cámara con calentador solar”, así se reconoce en la bibliografía internacional.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcantarillados Condominiales: Una alternativa para los municipios saludables. Ing. Sérgio Rolim Mendonça, M.Sc. Asesor en Salud y Ambiente de la OPS/OMS, Colombia. 1999.
- Alcantarillados de flujo decantado. Guía técnica. Primera edición. Mindesarrollo. 1995.
- Ecological Sanitation. Stockholm Enviroment Institute. 2004.
- Especificaciones técnicas para el diseño de zanjas y pozas de infiltración. OPS/CEPIS/03.83. UNATSABAR. Lima 2003.
- Guía de diseño para la captación del agua de lluvia. OPS/CEPIS/04.122. UNATSABAR. Lima 2004.
- Guía de proyectos en sistemas condominiales de agua potable y alcantarillado sanitario y de acuerdo a los criterios utilizados en el proyecto piloto El Alto. La Paz Bolivia. Lobo y Arakaki. Mayo 2000.
- Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores. OPS/CEPIS/05.158. UNATSABAR. Lima 2005.
- Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques Imhoff y lagunas de estabilización. OPS/CEPIS/05.163. UNATSABAR. Lima 2005.
- Guías RAS – 007 Perforación manual de pozos profundos de pequeño diámetro. Minambiente, OPS, SENA. 2003.
- Guías RAS – 008 Guía metodológica para la formulación y diseño de sistemas de acueducto rurales. Minambiente. 2007.
- Guías para el diseño de tecnologías de alcantarillado. OPS/CEPIS/05.169. UNATSABAR. Lima 2005.
- Lineamientos de Política de Agua Potable y Saneamiento Básico para la Zona Rural de Colombia. Minambiente. 2005.
- Manual de diseño de galerías filtrantes. OPS/CEPIS/02.61. UNATSABAR. Lima 2002.
- Manual de perforación manual de pozos y equipamiento con bombas manuales. OPS/CEPIS/04.120. UNATSABAR. Lima 2004.
- Memorias de la Reunión Internacional sobre Tecnologías Apropriadas en Agua y Saneamiento. Girardot. Mayo de 2006.
- Redes de Alcantarillado Simplificado. Manual Técnico 1. CEPIS 1987.
- Sistemas condominiales de alcantarillados y su aplicación en la capital de Brasil. Ing. Pery Nazareth. Brasilia D.F. Brasil. 1998.
- Tecnologías apropiadas en agua potable y saneamiento básico. Guías básicas. Mindesarrollo Económico, OPS, BM. Bogotá, 2000.
- Tecnologías de bajo costo para sistemas de alcantarillado. CEPIS/OPS-HDT 55.
- Tecnologías para abastecimiento de agua en poblaciones dispersas. OPS/CEPIS/05.170. UNATSABAR. Lima 2005.