

# TECNOLOGÍAS PARA ABASTECIMIENTO DE AGUA EN POBLACIONES DISPERSAS



Lima, 2005

## Tabla de contenido

	<b>Página</b>
1. Introducción .....	3
2. Objetivos .....	3
3. Fuentes de agua .....	3
3.1. Aguas subterráneas .....	4
3.2. Aguas superficiales .....	4
3.3. Aguas pluviales .....	5
4. Opciones tecnológicas .....	6
4.1. Para aguas subterráneas .....	6
4.1.1. Bombas manuales .....	6
4.1.2. Protección de manantiales .....	21
4.2. Para aguas superficiales .....	28
4.2.1. Filtro de mesa .....	28
4.2.2. Micro filtración .....	33
4.2.3. Filtro lento de arena a nivel domiciliario .....	36
4.2.4. Filtro casero CARPOM .....	39
4.2.5. FILTRON .....	41
4.2.6. SODIS .....	43
4.2.7. Métodos artesanales y alternativos .....	46
4.3. Para aguas pluviales .....	49
4.3.1. Captación de agua de lluvias .....	49
4.3.2. Captación de agua de niebla .....	54
5. Bibliografía .....	64

## **Tecnologías para abastecimiento de agua en poblaciones dispersas**

### **1. Introducción**

El sector rural en el Perú como en otros países de la Región, se encuentra en una situación deficiente especialmente en cuanto a las condiciones sanitarias que requiere para preservar la salud de sus habitantes. Las enfermedades diarreicas que afectan a los pobladores y principalmente a los niños empeoran cada día más la situación de sus habitantes, impidiendo el normal desarrollo de sus actividades y por ende su subsistencia.

La cobertura de abastecimiento de agua en el sector rural del país alcanza al 63% que cubre principalmente a poblados concentrados y en formas casi nula a comunidades dispersas que son atendidas generalmente por organizaciones no gubernamentales o proyectos de pequeño alcance, casi siempre con tecnologías poco apropiadas para el contexto local.

Es así que el sector de mas baja cobertura en el país lo conforma el sector rural disperso, este sector requiere de nuevos planteamientos y opciones para el mejoramiento de las condiciones sanitarias y por ende su calidad de vida, si se quiere contribuir al cumplimiento de las Metas del Milenio que propone reducir a la mitad la falta de acceso al agua para el 2015.

Para desarrollar estos nuevos planteamientos o evaluar la elección de una tecnología adecuada se presenta esta recopilación de las opciones mas importantes que se están usando en el país y en otras partes del mundo, en que se hace especial énfasis en características, facilidades, ventajas, desventajas y costos de cada una de ellas.

### **2. Objetivo**

El objetivo principal es aportar información que ayude a mejorar las condiciones de sanitarias en la población rural, haciendo énfasis en:

- Documentación y exposición de principios características ventajas y desventajas de las opciones presentadas.
- Aportar referencia para la elaboración de una guía adecuada para la selección de las opciones tecnológicas de abastecimiento en poblaciones dispersas
- Proporcionar información básica para establecer planes a considerarse en torno al mejoramiento del agua en poblaciones rurales dispersas.

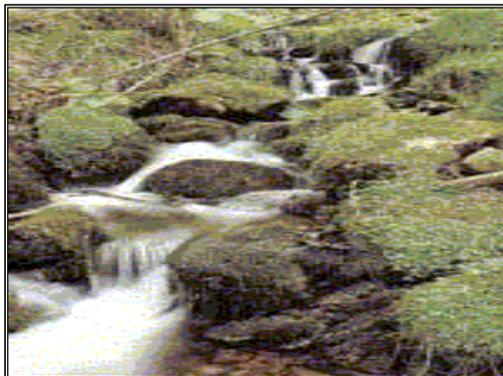
### **3. Fuentes de agua**

En el medio rural casi todas las comunidades cuentan con fuentes de agua ya que este es un requisito indispensable para su establecimiento. Las tres categorías más importantes de las que suelen disponer las comunidades son las fuentes subterráneas, las superficiales y las pluviales.

### 3.1. *Aguas subterráneas*



**Figura 1**



**Figura 2**

La gran mayoría de sistemas de abastecimiento en el mundo consisten en captaciones subterráneas y es probable que esta fuente siga siendo la principal para las comunidades rurales, sobretodo debido a las ventajas que ofrecen principalmente en cuanto a:

- Suelen estar libres de bacterias y microorganismos patógenos.
- Comúnmente se usan sin ningún tratamiento.
- Su captación y distribución son prácticas y económicas en la mayoría de casos.
- La capa acuífera de la que se extraen constituye generalmente un depósito natural en el punto de la toma.

El caudal y ubicación con respecto a las comunidades es por lo general determinante para la selección de tecnologías para su utilización, especialmente si se trata de poblaciones dispersas. Se debe tener en cuenta que si bien el agua subterránea suele ser de buena calidad, necesita de un tratamiento de desinfección preventivo para su consumo. Así que en el desarrollo de las opciones tecnológicas, estará sobreentendido que éstas deberán de estar acompañadas de un proceso de desinfección preventivo.

### 3.2. *Aguas superficiales*



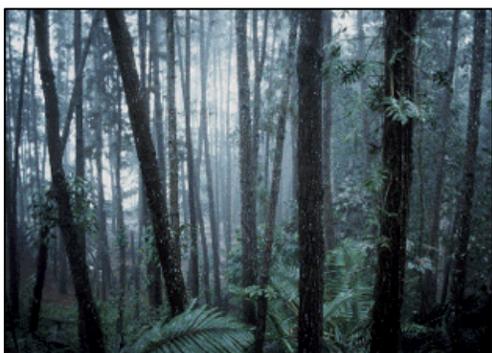
**Figura 3**



**Figura 4**

Las aguas superficiales proceden en su mayor parte de la lluvia y son una mezcla del agua que corre por el suelo y de la que brota del subsuelo. Están constituidas por los ríos, lagos y embalses, su volumen depende principalmente de la intensidad de las precipitaciones, clima y vegetación. Sin embargo, debido a su exposición al medio ambiente el agua puede contaminarse en mayor o menor grado en su recorrido, es por ello que en la mayoría de casos esta fuente necesita de un tratamiento que consiste en la clarificación y desinfección, estos dos procesos son enfocados desde una perspectiva económica en las opciones tecnológicas para poblaciones dispersas.

### 3.3. *Aguas pluviales*



**Figura 5**



**Figura 6**

La atmósfera constituye otra de las fuentes más importantes de agua, cuyo aprovechamiento está aun en desarrollo para su aprovechamiento en agua para consumo en poblaciones del sector rural; el agua de lluvia en muchas zonas del ande, es utilizada para la agricultura pero también es posible captarlo para agua de bebida. Aparte de la precipitación, en algunos sectores del país y debido a las condiciones meteorológicas existentes se forman grandes cantidades de reservas de agua en estado de sobresaturación de humedad más comúnmente conocida como niebla, la que también puede constituir una opción que vale la pena mencionar ya que por lo menos puede servir para consumo directo si es que se opta por su captación.



**Figura 7**



**Figura 8**

#### **4. Opciones tecnológicas**

Las opciones tecnológicas de aplicación en las comunidades de población dispersa son diversas, muchas de ellas ampliamente desarrolladas y utilizadas y otras están aun en proceso de desarrollo para su aplicación. A continuación se desarrolla cada una de ellas en función del tipo de fuente utilizada.

##### **4.1. Para aguas subterráneas**

En el campo de las aguas subterráneas las opciones más utilizadas y comunes son las siguientes:

- Bombas manuales
- Protección de vertientes

##### **4.1.1. Bombas manuales**

###### **a) Descripción y funcionamiento**

Las bombas manuales son en su mayoría bombas aspirantes e impelentes, es decir bombas de desplazamiento que utilizan el principio del embolo – pistón que impulsa el agua mediante el movimiento alternativo de dicho órgano en el interior del cilindro colocado generalmente en posición horizontal o vertical. Por un juego de válvulas, este movimiento alternativo del émbolo produce una corriente más o menos continua de agua en una dirección; sin embargo, los diseños y modificaciones que han surgido al paso del tiempo, le han dado a la bomba manual diversas tipificaciones y clasificaciones de acuerdo a sus características de diseño.

###### **b) Tipos y características**

Existen diversas formas de tipificar a una bomba de acuerdo a diversas condiciones para las cuales están diseñadas; en el presente documento y en un sentido más práctico, los tipos de bombas serán descritos según el desnivel o altura desde donde se succionará el agua. Según ello las bombas se utilizarán para: Pequeños desniveles y desniveles intermedios y grandes

###### **✓ Pequeños desniveles**

###### **Bombas aspirantes**

Las bombas aspirantes extraen agua desde pequeñas profundidades creando un vacío parcial en la tubería de succión. Dado que dependen de la presión atmosférica para que el agua llegue a la superficie, su utilización queda restringida a las regiones donde la capa freática tiene profundidad de hasta 7 m, pero en esas zonas han sido muy populares por razones tanto de economía como de comodidad. En el mundo existen millones de ellas y son las más comunes; todas las partes móviles de una bomba aspirante están ubicadas por encima de la superficie y sólo el tubo de succión

desciende en el interior del pozo. Cuando el émbolo asciende (ver la ilustración), el agua por encima del émbolo es obligada a salir a través del caño de descarga y una mayor cantidad de agua es atraída al cilindro a través de la válvula de admisión, que está abierta. Cuando el émbolo desciende, la válvula de admisión se cierra, se abre la válvula y el agua pasa a través de esta última para ser elevada en el próximo ciclo.

Su límite de operación está fijado por la presión barométrica y es de 10,4 m pero debido a la eficacia de los sellos este límite se ve reducido a los 2/3 del límite propuesto siendo esta distancia al final de 7 m; este es el principal inconveniente ya que se vuelven inoperantes cuando el nivel de la napa freática desciende por debajo de este límite.

Otro inconveniente muy común es cuando una bomba ha dejado de operar y se requiere volver a reiniciar sus operaciones, este proceso requiere del cebado de la bomba con agua; el agua para el cebado puede constituir un riesgo de contaminación para el pozo y por tanto del agua. Su aplicación es a muy pocas familias.

#### Bombas de acción directa

Estas bombas pueden operar para desniveles de hasta unos 12 m, se trata de bombas aspirantes impelentes (con émbolo de acción recíproca), éstas pueden seguir funcionando aun sobrepasando el límite de las aspirantes; su principio de funcionamiento es semejante al de las bombas aspirantes con la diferencia que la fuerza motriz está directamente aplicada al émbolo o pistón.

La simplicidad mecánica de estas bombas, su estructura liviana y bajo costo las hacen muy aptas para las comunidades rurales dispersas.

#### ✓ **Desniveles intermedios y grandes**

##### Bombas aspirantes e impelentes para pozos profundos

Estas bombas pueden alcanzar profundidades de hasta 45 m y presentan en su estructura el cilindro sumergido por debajo del nivel del agua, el bombeo se realiza sin necesidad de cebado previo. La mayor dificultad se presenta en el mantenimiento ya que requiere desarmarse y extraerlo del pozo.

Existen diversas variantes de estas bombas en cuanto a la forma de aplicar la fuerza motriz de las personas o usuarios ya sea mediante palanca, volante o pedal; así como también existen diversas formas de convertir la acción mecánica del operador o usuario en un movimiento aspirante e impelente en el émbolo.

### Bombas de diafragma

La bombas de diafragma son utilizadas para pozos profundos, su principio es parecido al de las bombas aspirantes, sólo que en este caso se aprovecha la fuerza del operador convirtiéndola en una acción de bombeo mediante la alternación de la tensión y la distensión de una membrana elástica (diafragma) en un sistema cerrado que es llenado con agua.

La expansión del diafragma dentro del cilindro rígido cierra la válvula de admisión y abre la válvula de retención, y con ello impulsa al agua hacia la superficie a través de una tubería principal en forma de manguera flexible. Cuando el diafragma se contrae, el agua fluye a través de la válvula de admisión al igual que cuando asciende el émbolo en una bomba convencional del tipo aspirante impelente.

El principio de la bomba es bastante simple y atractivo para su aplicación debido a que hace posible el uso de una manguera flexible para el tubo piloto y la tubería principal y en consecuencia puede instalarse o retirarse con facilidad y sin la necesidad de equipos o herramientas especiales.

El mayor problema de este tipo de bomba es la vida útil del diafragma que es muy corta en comparación con otros sistemas, implicando su reemplazo cada cierto periodo, este reemplazo significa un costo que excede las posibilidades de los aldeanos o pobladores del sector rural.

### Bombas de cavidad progresiva

El principio par estas bombas consiste en un movimiento de rotación que proporciona la energía necesaria para elevar el agua hacia la superficie. El sistema consiste en un rotor helicoidal que gira dentro de una funda de caucho fija y empuja gradual y continuamente hacia arriba el agua. Las superficies engranadas proporcionan su propio sello móvil; una caja de engranajes convierte la rotación que imprime el operador en el plano vertical en una rotación en el plano horizontal de la varilla de la bomba. Una de las ventajas de las bombas rotatorias es la simplicidad de su conversión en bombas motorizadas o de energía motriz animal. Por otro lado la estructura requiere de un equipo especial de extracción cuando se las instala en pozos profundos o se las retira de ellos.

#### **c) Ventajas y desventajas**

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es apto para poblaciones dispersas.</li> <li>• El costo es bastante asequible.</li> <li>• Operación fácil y mantenimiento es de dificultad moderada.</li> <li>• Uso de recursos locales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los repuestos en la mayoría de los casos son difíciles de conseguir.</li> <li>• Acarreo cuando se trata de una fuente pública.</li> </ul>

**d) Costos y nivel de servicio**

Según estudios anteriores se considera un costo promedio de bomba de 15 a 20 dólares por habitante, considerando grupos que no excedan de 20 familias; sin embargo, este costo significa sólo una referencia; con respecto al nivel de servicio puede ser familiar o multifamiliar, en todo caso funciona como una fuente pública.

**e) Descripción y características de las bombas más comunes**

✓ **India Mark II**

La bomba India Mark II dispone de modelos que se adaptan a los requerimientos de las comunidades rurales, se dispone de la bomba India Mark II Modificada y la bomba India Mark II para pozos extra profundos, estos modelos se pueden instalar en pozos perforados.

La bomba India Mark II Standard

Consta de los elementos siguientes: Cabezal y cuerpo principal de hierro galvanizado, manija de varilla de acero de 32 mm de diámetro y 1170 mm de longitud, tubería principal de hierro galvanizado clase media y 32 mm de diámetro. Cilindro de hierro fundido con 63,5 mm de diámetro línea de cobre y una tapa de hierro fundido con 32 mm de diámetro, de rosca con dos copas de cromo bronceado, arandela y émbolo. La posición de la base está hecha de lámina de acero de 6 mm de espesor. El tubo utilizado es de 150 mm de diámetro clase media.

Esta bomba es de acción recíproca de simple efecto, funciona para profundidades de 12-45 mts con capacidad de descarga de 12 lts/min en 40 golpes.

Bomba manual India Mark II (modificada)

La bomba India Mark II (modificada) es de acción recíproca y de simple efecto, funciona desde una profundidad de 12 metros hasta los 33 metros, tiene capacidad de suministrar 12 litros por minuto en 40<sup>1</sup> golpes, el cilindro de la bomba se coloca por debajo del nivel de agua.

La bomba tiene los siguientes elementos: Cabezal y cuerpo principal de hierro galvanizado, manija de varilla de acero de 32 mm de diámetro y 1170 mm de longitud, tubería principal de hierro galvanizado de clase media de 65 mm de diámetro. Cilindro de hierro fundido con 63,5 mm de diámetro interno, línea de cobre y una tapa para recibir la válvula de pie. Émbolo con dos tapas de cromo bronceado, varilla de acero, arandelas con rosca. La posición de la base está hecha de lámina de acero de 6 mm de espesor. El tubo empleado es de 150 mm clase media y se emplaza sobre plataforma de concreto.

---

<sup>1</sup> Dos carreras del pistón equivale a 1 golpe.

Bomba manual India Mark II (para pozo extraprofundo)

Esta bomba es de acción recíproca y de simple efecto, funciona desde una profundidad de 50 metros a 80 metros en pozos perforados, tiene la capacidad de suministrar 12 litros por minuto en 40 golpes, el cilindro de la bomba se coloca por debajo del nivel de agua.

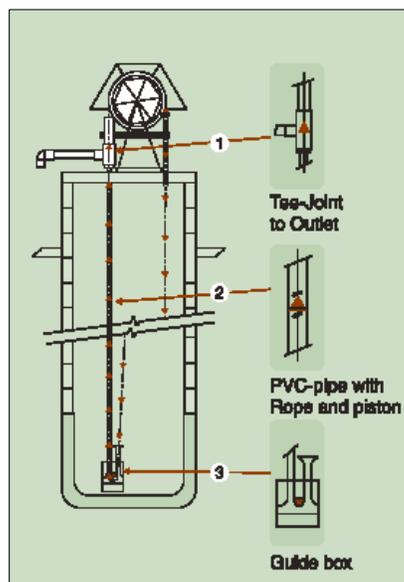
La bomba tiene los siguientes elementos:

- Cabezal y cuerpo principal de hierro galvanizado.
- Manija de varilla de acero de 40 mm de diámetro con longitud de 1320 mm fijado con contra peso y varilla T.
- Tubería principal de hierro galvanizado de clase media de 32 mm de diámetro.
- Cilindro de hierro fundido de 63.5 mm de diámetro interno con línea de bronce con una tapa de hierro fundido de 32 mm roscado, émbolo con arandela de cuero o caucho con varilla de émbolo de acero, se emplaza sobre plataforma de concreto.

✓ **Bomba de sogá**



**Figura 9**



**Figura 10**

La bomba manual de sogá es una tecnología apropiada de fácil operación y mantenimiento, alta eficiencia en pozos poco profundos, y además de bajo costo. Este tipo de bomba es de fabricación local y no se le puede clasificar o comparar a los modelos anteriores; es decir, que no es de acción recíproca, pero tiene un mecanismo o sistema de polea que actúa directamente sobre unos pistones plásticos o de hule en una dirección que conduce o eleva el agua por medio de un tubo de PVC que realiza la función de un cilindro. También llamado *bomba de mecate*; es

de alto rendimiento dado que suministra 2 litros por segundo a una profundidad de 5 metros a 0,3 litros por segundo a una profundidad de 40 metros.

La bomba de sogá tiene los siguientes elementos:

Tapadera: Forma parte del pozo, es una plancha de concreto reforzada con hierro de  $\frac{1}{4}$ " , si el diámetro de la tapa es mayor de 1,2 m será reforzada con hierro de  $\frac{3}{8}$ " de diámetro, en ella se emplaza el soporte de la bomba.

La rueda: Forma parte de la estructura del soporte, el eje con la polea, la manivela y el sistema de bloqueo. La Rueda constituye la pieza más compleja puesto que, contiene todas las partes móviles y de mayor concentración de fuerza, puede construirse de madera o de metal.

El eje: Es de un tubo de hierro galvanizado de  $\frac{1}{2}$ " o de  $\frac{3}{4}$ " , forma una sola pieza con la manivela a un extremo, gira en dos cojinetes partibles.

La sogá: Lleva los pistones, es de 3 a 6 mm de diámetro, independientemente del diámetro del tubo en subida y de la profundidad, es hecho de fibra de polietileno con tres ramales. Es la pieza de la bomba que más desgaste sufre.

El tubo de subida: Es de PVC, son ensamblados con la campana hacia abajo para minimizar la fricción en los pistones que están fijados al mecate mediante un pedazo de ramal trenzado por el mecate y quemado en ambos extremos.

La guía y piedra estabilizadora es colgada en el tubo de subida mediante una cuña de tubo de PVC de igual diámetro del tubo de descargue.

Tubería de descargue o salida: Es de PVC.

El pozo deberá de disponer de una plataforma de concreto y un canal de drenaje.

✓ **Flexi – OPS**

Esta bomba se compone de dos mangueras de polietileno (politubo o poliducto) y un agarrador. La de mayor diámetro (25 mm) forma el cilindro o línea de impulsión y la de menor diámetro (12 mm) simultáneamente es el elemento móvil (biela) y el tubo para la salida del agua. Su funcionamiento es parecido al de las bombas de pistón con la única diferencia que el agua se expulsa por la misma "biela". La parte visible de la bomba es la "Tee" del agarrador. Esta bomba de fabricación manual, es sencilla y de larga duración. Puede colocarse en pozos con diámetros pequeños como 38 mm.

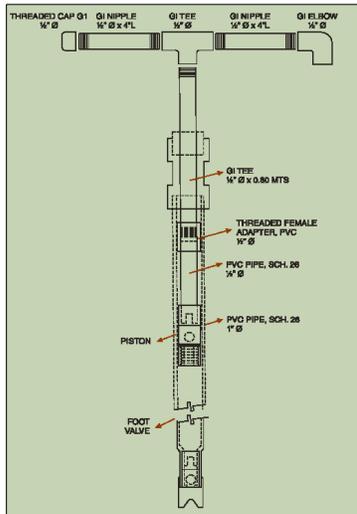


Figura 11



Figura 12



Figura 13

Las características más sobresalientes que se pueden mencionar son las siguientes:

- La Tee está enroscada a un pedazo de tubería galvanizada de 80 cm, colocada a presión en la biela. Cada extremo de la Tee tiene un niple de 10 cm, uno de los extremos es sellado y la salida del agua por el otro.
- Al bajar la Tee se expulsa el agua de la línea de impulsión (cilindro); el agua pasa a la válvula de salida, sube por el tubo de la biela, entra en el pedazo de tubería galvanizada, pasa a la Tee y sale por el niple descubierto que hace de surtidor.
- La acción de bombeo en promedio puede extraer 0,4 litros de agua, para lograr también un promedio de 20 litros por minuto.
- El bombeo puede alcanzar a la salida, presiones de hasta 3 bars (2,9 kg/cm<sup>2</sup>; aproximadamente 29 m columna de agua); presión con la que es posible subir el agua hasta pequeños tanques elevados.
- Las válvulas o cilindro inferior de la bomba, se fabrican con tubería de PVC, con rosca, en 19 ó 12 mm con una bolita de cristal (canica) en su interior. Lográndose una mayor compresión al utilizar anillos de cuero o hule y en consecuencia mejor rendimiento.

Esta bomba fue también llamada bomba BOPS 2002 debido a una serie de modificaciones que se realizaron en el cabezal ya que el grifo movable causaba cierta incomodidad; sin embargo, el sistema se mantuvo en la mayor parte de su estructura, sólo se cambió el tipo de acción (palanca) en algunos casos y la fijación del grifo en otro. En las figuras siguientes se pueden observar los modelos de la BOPS 2002.



Figura 14 Cabezal tipo inflador.



Figura 15 Cabezal palanca con surtidor móvil.



Figura 16 Cabezal de palanca con surtidor fijo.

#### ✓ **Bomba Heuser (Puno)**

La bomba Heuser es una bomba manual de tipo convencional con mango de palanca, que se diseñó específicamente para su producción en pequeños talleres mecánicos locales. La bomba se fabrica en el departamento de Puno y tiene las siguientes características: está diseñada para profundidades de hasta 25 m pero se recomienda no pasar los 15 m; actualmente se usan con un desnivel de 9 m, sus piezas son bastante sencillas, es por ello que el mantenimiento de la bomba y sus refacciones son cómodas y de fácil ubicación. Sus características específicas son las siguientes:

- Tipo aspirante impelente simple efecto.
- Sistema recíprocante con pistón.
- Operación mediante palanca con ventaja mecánica de 4:1.
- Caudal mínimo de 0,4 l por golpe.
- Profundidad de hasta 25 m.
- Vida útil de 20 años.
- Material anticorrosivo.
- Tubería de 6,4 m de longitud unidas con bridas.



**Figura 17**



**Figura 18**

✓ **Bomba Wisconsin**

La mayor parte de las piezas de la cabeza de bomba y del mecanismo de impulsión son de hierro fundido, y se utiliza acero para la barra chata que sirve de guía en la parte superior, las varillas de conexión y los pasadores del pivote. Las numerosas partes móviles que quedan expuestas necesitan lubricación. En cuanto a los elementos subterráneos, la bomba es aspirante e impelente de diseño convencional, y utiliza una tubería de acero galvanizado, varillas de bomba de acero y un cilindro de latón de tres pulgadas de diámetro con casquillos selladores de cuero. Esta bomba es importada.

✓ **Bomba de tubo balde**



**Figura 19**



**Figura 20**

Esta bomba es una modificación de la bomba de cubo o bucket de Zimbabwe con la incorporación de un cabezal especial que disminuye el riesgo de contaminación por contacto de la soga con el agua; la bomba de cubo a su vez es una versión perfeccionada de la bomba tradicional de un cubo atado a una cuerda instalada en una cabria, con la diferencia de que la bomba de cubo se puede instalar en un pozo de poco diámetro.

La bomba bucket consiste en un cubo largo y delgado que fácilmente puede ser un tubo de 4" diámetro, con una válvula de retención en el fondo que permite que el agua entre en ella por la parte inferior cuando el cubo o tubo balde está sumergido dentro de pozo, pero que no permite que el agua salga cuando el cubo o tubo balde es izado hacia la superficie. El propio peso del cubo lo hace sumergirse en el fondo al ser bajado al pozo y cuando está lleno es izado mediante una manivela a través de un tubo de mayor diámetro en la parte exterior del pozo par evitar el contacto del tubo balde con el medio ambiente, este tubo exterior tiene un surtidor conectado a una paleta en la parte interior del surtidor, que mediante contacto abre la válvula del tubo balde dejando salir el caudal a través de él.

Esta bomba de tipo artesanal tiene buena aceptación por los usuarios debido a que casi en su totalidad puede ser fabricada localmente y por la facilidad de su operación y mantenimiento.

✓ **Bomba manual UNIMADE**



**Figura 21**

Estas bombas representan una tecnología que es fácilmente apropiable por los usuarios; quiénes con una guía ilustrada y después de que se les explique el funcionamiento de cada una de las partes de la bomba y cada uno de los pasos de instalación, podrían continuar resolviendo los problemas que se puedan presentar durante su operación. Es una bomba que no requiere de la extracción del cilindro de PVC hacia la superficie, sino que sus partes fundamentales: pistón y válvula check,

pueden ser extraídos independientemente. Esto se realiza, luego de haber removido el cobertor metálico superior; tirando hacia arriba la palanca de acción, junto con la varilla de PVC que acciona el sistema.

Estas bombas fueron desarrolladas por la Universidad de Malasia con apoyo del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, CIID, del Canadá.

Las características más importantes de estas bombas son las siguientes:

- El cilindro de esta bomba es de PVC, por el cual se desliza verticalmente un pistón que también es de PVC. En este cilindro se tiene en la parte inferior; una válvula de pedal o check, en PVC. La varilla que mueve el pistón mediante la acción que se ejerce desde la superficie, es de PVC.
- El cuerpo externo de la bomba, está fabricado con acero estándar y es fácilmente instalado, roscando cuatro tuercas a los tornillos que previamente se pueden colocar en el pedestal de concreto prefabricado y que cubre la boca del pozo.
- Las bombas manuales UNIMADE pueden utilizarse en dos modalidades básicas: de “Succión” (aplicables cuando el nivel del agua se encuentra a menos de 7,0 m de profundidad) e “Impelentes” (aplicables cuando el nivel del agua se encuentra a más de 7,0 m de profundidad). Con el modelo “impelente” el cilindro puede colocarse a profundidades de 30,0 m o mayores.
- Estas bombas también pueden ser adaptadas para elevar el agua a sitios altos a partir del nivel en la superficie donde estén ubicadas.
- EL diseño y desarrollo de esta bomba está respaldado por pruebas de laboratorio e investigaciones.

#### ✓ **Bomba manual Catracha**

Consiste en un cuerpo metálico, en hierro fundido que se coloca en la parte superior del pozo por medio de la cual se descarga el agua extraída del subsuelo; la bomba cuenta con un cilindro metálico que se coloca bajo el nivel freático, el cual alberga el pistón y la válvula de pie (check). El pistón es movido con la palanca desde la superficie, ante la acción directa de una varilla de acero. Utiliza tuberías de hierro galvanizado como elementos de impulsión para conducir el agua hasta la superficie.

Durante el proceso de instalación de estas bombas es necesario que junto con el acero de refuerzo de la losa de concreto de soporte, se coloque una pieza metálica "araña") con tornillos, los que deben estar dispuestos de forma tal que el cuerpo metálico superior de la bomba pueda fijarse apropiadamente a ella.



**Figura 22**

Las características más importantes de esta bomba manual son:

- El cuerpo superior externo de la bomba está fijado mediante pernos a la losa de soporte con el propósito de mantener la verticalidad o escuadra del eje.
- El cilindro de esta bomba se coloca bajo el nivel freático y por lo menos 30 cm. sobre el nivel del fondo del pozo.
- El empaque del pistón es de cuero tratado.
- La medición correcta de la profundidad del pozo es muy importante para definir la longitud requerida de la tubería de impulsión y de la varilla. para poder fijarse a los dispositivos que acciona la palanca del cabezal.
- La apropiada instalación de estas bombas se verifica con los siguientes dos pasos: 1) cuando al subir la palanca lentamente, la arandela del ecualizador (elemento de conexión con la palanca) pega con el "bushing" de la tapa en el cuerpo superior de la bomba, y 2) cuando al bajar la palanca, su lomo inferior pega con el tope de hule existente también en el cuerpo superior de la bomba.

✓ **Bomba manual misión Suiza**

Esta bomba manual tiene componentes importados y es llamada así por la institución que la promovió. Es bastante confiable por tener accesorios de fábrica, es una bomba pistón aspirante impelente, los principales accesorios son de fabricación alemana, el cabezal que usa es artesanal y su uso es multifamiliar por el gran caudal que impulsa.



**Figura 23**



**Figura 24**

La desventaja más inmediata de esta bomba es el costo ya que los accesorios no son asequibles, y por ello ante un eventual deterioro tendría un largo periodo de parada. Otra de las desventajas es que sólo es proveída por el técnico suizo que lo desarrolló, siendo el único que hace el mantenimiento de las pocas instaladas, los usuarios sólo son capacitados para lubricar el equipo entre los ciclos de mantenimiento.

**Cuadro 1. Características y costos de las bombas manuales**

TIPO DE BOMBA	CARACTERÍSTICAS							COSTO (US\$)
	DESCRIPCION	REPUESTOS	CABEZAL	USO	CAPACITACION	OPERACION	CAUDAL	
India Mark II (modificada)	Aspirante impelente de acción reciproca y simple efecto	No accesibles	Diseño de palanca	multifamiliar	Para reparaciones sencillas	Sencilla para niños	12l/min	400 por unidad
Wisconsin	Aspirante impelente	No accesibles	Tipo palanca	multifamiliar	Para mantenimiento básico exterior	fácil para niños	_____	_____
M.Suiza	Aspirante impelente	No accesibles	Palanca artesanal	multifamiliar	Solo reparaciones exteriores y lubricación	fácil para niños	0.4l/ golpe	3000 por unidad
Tubo Balde	Tipo balde sogá	accesibles	Artesanal Tipo polea	multifamiliar	Para reparación y mantenimiento	fácil para niños	6 l/ por subida	200 por unidad
B. Mecate	Tipo Soga con pistones dentro de tubo	accesibles	Artesanal de polea	multifamiliar	Para reparación y mantenimiento	Sencilla para niños	8 l.m/s	125 por unidad
B. Heuser Puno	Aspirante impelente	Moderadamente accesibles	Diseño de palanca	multifamiliar	Para mantenimiento y reparación	Sencilla para niños	0.5 l l/golpe	110 por unidad
Flexi-OPS	Aspirante impelente	accesibles	Diseño tipo Inflador	familiar	Para reparación y mantenimiento	Difícil para niños	0.4 l/golpe	40-60 por unidad
UNIMADE	Aspirante impelente	No accesibles para nuestro país	Diseño mango palanca	Multifamiliar	Para reparación y mantenimiento	Su operación es fácil incluso por niños	_____	160 – 300 por unidad
CATRACHA	Aspirante impelente	No accesible para el país	Diseño mango de palanca	multifamiliar	Para reparación y mantenimiento	Su operación es sencilla	_____	_____

**Cuadro 2. Ventajas, desventajas y nivel de servicio de las bombas manuales.**

<b>Tipo</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>	<b>Nivel de Servicio</b>
India Mark II (modificada)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Buen caudal para pozos profundos</li> <li>Reducido riesgo de contaminación</li> <li>Costo aceptable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Repuestos no accesibles,</li> <li>Reparación por técnicos capacitados</li> </ul>	Multifamiliar
Wisconsin	<ul style="list-style-type: none"> <li>De muy buen caudal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Accesorios no accesibles</li> </ul>	Multifamiliar
M.Suiza	<ul style="list-style-type: none"> <li>De buen caudal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Repuestos y accesorios no accesibles,</li> <li>Requieren reparación y mantenimiento por técnico capacitado</li> </ul>	Multifamiliar
Tubo balde	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fácil operación</li> <li>Muy buen caudal</li> <li>Fácil mantenimiento</li> <li>Bajo costo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Riesgo de contaminación por ligera exposición</li> </ul>	Multifamiliar
B. Mecate	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fácil operación</li> <li>Buen caudal</li> <li>Fácil mantenimiento y reparación</li> <li>Bajo costo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Riesgo de contaminación por ligera exposición</li> </ul>	Multifamiliar
B. Heuser	<ul style="list-style-type: none"> <li>De fabricación local</li> <li>Costo accesible</li> <li>Buen caudal</li> <li>Fácil operación y mantenimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Repuestos más o menos accesibles</li> </ul>	Multifamiliar
Flexi-OPS	<ul style="list-style-type: none"> <li>De fabricación artesanal</li> <li>Fácil operación y mantenimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bajo caudal</li> </ul>	No más de 3 familias
UNIMADE	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fácil operación y mantenimiento</li> <li>Costo accesible</li> <li>Buena aceptación por los usuarios</li> <li>No requiere extracción de cilindro</li> <li>Funciona en succión o impelente según sea la profundidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Importada su desarrollo fue realizado en Malasia</li> </ul>	Multifamiliar
CATRACHA	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fácil instalación</li> <li>Fácil operación y mantenimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bomba disponible en Centroamérica</li> </ul>	Multifamiliar

#### 4.1.2. Protección de fuentes



**Figura 25**

La protección de fuentes de agua o nacimientos se caracteriza como un conjunto de prácticas que se aplican con el objetivo de mejorar las condiciones de producción de agua, en cantidad y calidad, reducir o eliminar las posibilidades de contaminación y optimizar las condiciones de uso y manejo. Estas prácticas se pueden clasificar en:

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

##### a) **Manantiales**

Los manantiales son simplemente aguas subterráneas que afloran a la superficie y que se presentan, con frecuencia, en forma de pequeñas pozas o lugares húmedos al pie de las colinas o a lo largo de las orillas de los ríos. Son varias las condiciones estratigráficas en que pueden originarse los manantiales. Los dos tipos más corrientes de manantial son los de agua descendente y los de agua ascendente o artesianos.

En el primer caso, el agua subterránea corre sobre los estratos impermeables inclinados hasta que sale a la superficie. El rendimiento de un manantial de gravedad depende de la profundidad a que se encuentre la capa de aguas freáticas que a su vez varía con las precipitaciones. Esos manantiales pueden llegar a secarse durante la estación seca o inmediatamente después. En el segundo caso, el de los manantiales artesianos, el agua de una formación permeable, o de una grieta confinada entre dos capas impermeables, asciende a presión hasta la superficie del terreno. El rendimiento de los manantiales artesianos suele ser uniforme y casi constante durante todo el 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 cieno, las rocas descompuestas y otros fragmentos de materia mineral, por lo común, carbonato cálcico, que el agua deposita a veces al brotar. Al hacer esa operación debe procurarse cuidadosamente, sobretodo en los terrenos de calizas fisuradas, no perturbar las formaciones subterráneas para evitar de que el manantial se desvíe en otra dirección o desaparezca por una fisura.

Todos los manantiales, y en particular los de gravedad, están expuestos a la contaminación en la zona próxima al punto de emergencia. Antes de iniciar el acondicionamiento de un manantial, debe hacerse un reconocimiento sanitario minucioso a fin de obtener informaciones sobre el origen del agua subterránea, la naturaleza de la capa acuífera, la calidad del agua, el rendimiento del manantial en las distintas épocas del año, la topografía.

Los manantiales pueden proporcionar agua potable a bajo costo. Deben buscarse detenidamente los afloramientos de agua. Los manantiales cuyas aguas pueden conducirse por gravedad constituyen una excelente solución. Las lluvias pueden modificar el rendimiento de los manantiales, por lo que conviene comprobar éste durante el estiaje y la vegetación de la zona circundante, y la presencia de posibles fuentes de contaminación.

## **b) Protección del nacimiento de un manantial**

### **✓ Descripción**

El mejoramiento y protección de los nacimientos tiene como principales propósitos los siguientes:

- Reducir o eliminar las posibilidades de contaminación del agua entre su afloramiento y utilización.
- Mejorar la captación y almacenamiento, reduciendo las posibilidades de desperdicios.
- Reducir la contaminación por el uso, para que la misma agua pueda ser reaprovechada aguas abajo.

✓ **Características**

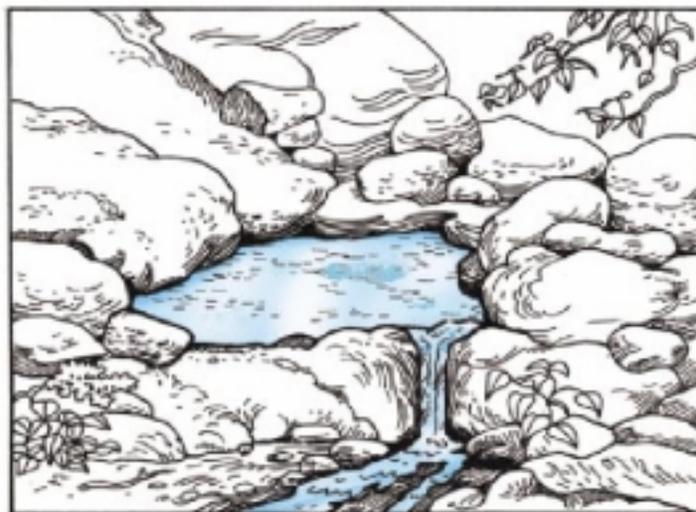
El mejoramiento y protección de los nacimientos consiste básicamente en las siguientes prácticas:

- Limpieza del lugar de nacimiento y áreas aledañas hasta la completa exposición de todos los puntos de afloramiento del agua. En el caso de haber material suelto se debe excavar hasta encontrar material impermeable.
- Construcción de la estructura que aísla la fuente del ambiente externo que la contamina.
- Construcción o adaptación de la estructura de almacenamiento, que permita acumular agua durante todo el tiempo.
- Construcción de estructuras para el manejo de las aguas residuales.

✓ **Tipos o clases**

Estas prácticas varían en sus detalles, de acuerdo a la forma en que el agua aflora a la superficie, la posición del punto de afloramiento con relación al terreno alrededor, el tipo de material de substrato y el número de puntos de afloramiento, entre otros aspectos. Por ello, los diferentes tipos de fuentes requieren también de diferentes obras para su mejoramiento y protección.

**Fuentes bien definidas ubicadas en grietas de rocas**



**Figura 26**

Las fuentes ubicadas en grietas de rocas, normalmente no son afloramientos dispersos. Contrario, son muy bien definidos, en los cuales el agua brota directamente a través de las grietas. Suelen ser fuentes con muy buena calidad de agua y tienden a ser más permanentes que aquellas ubicadas en terrenos más o menos permeables. Debido a la ubicación bien definida del nacimiento, generalmente es fácil y barato mejorar la captación y protección de este tipo de

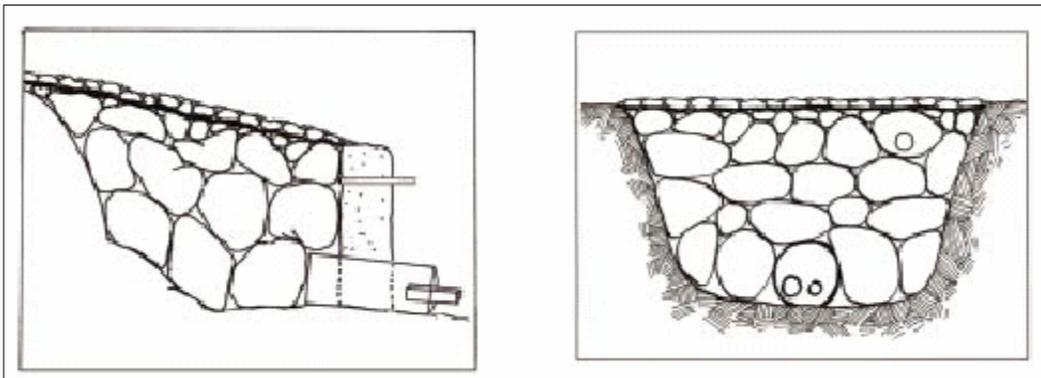
fuelle. Muchas veces se forma una poza natural entre las rocas, la cual puede ser aprovechada como parte de la estructura de protecci3n. Cuando el nacimiento presenta una poza natural en piedra, se pueden hacer dos tipos de estructura de protecci3n:

Estructura de protecci3n con caja de cemento.



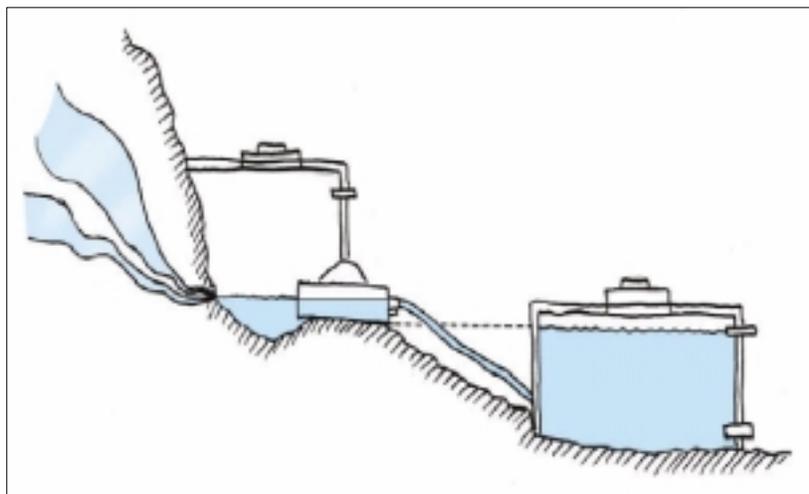
**Figura 27**

Estructura de protecci3n con relleno de piedras.



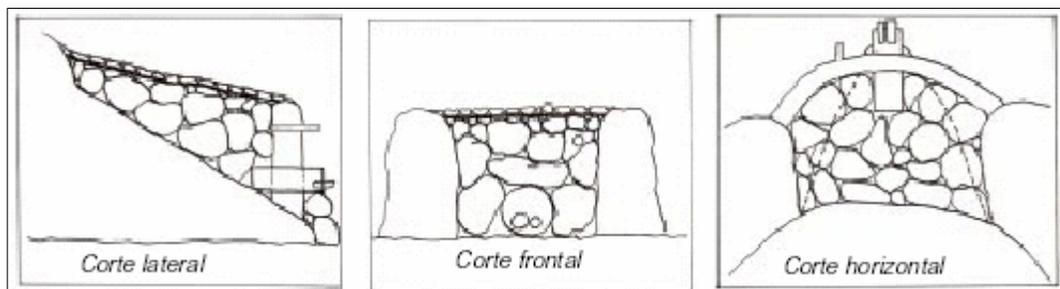
**Figura 28**

### Fuentes poco definidas ubicadas sobre superficie rocosa



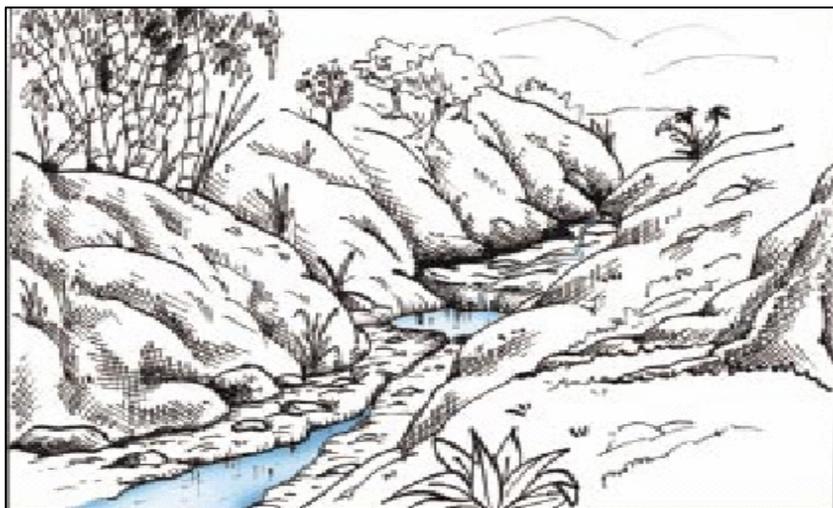
**Figura 29**

Algunas fuentes afloran de manera poco definida sobre las rocas, manteniéndolas siempre mojadas, pero sin que haya un flujo de agua importante y evidente que pueda ser captado fácilmente. Normalmente, son fuentes de pequeño caudal, que pueden posibilitar un uso limitado para consumo humano y de pequeños animales. Hay casos en que familias tienen que caminar kilómetros en el verano para obtener agua o comprarla a precio elevado; el aprovechamiento de estas pequeñas fuentes puede facilitarles mucho esta labor. En el dibujo se esquematiza el tipo de estructura que se debe utilizar en este tipo de afloramiento.



**Figura 30**

### Fuentes ubicadas en fondos de zanjas o quebradas

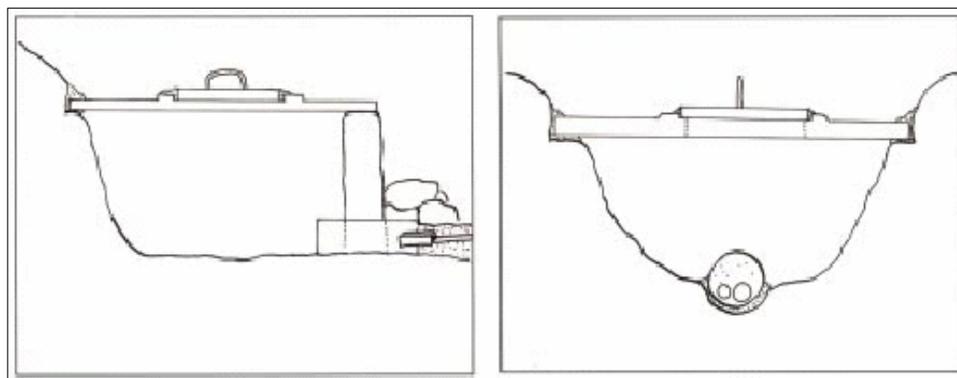


**Figura 31**

En la zona rural, hay muchos nacimientos ubicados en el fondo de zanjones o pequeñas quebradas que constituyen la única fuente de agua de las familias aledañas. En el verano, los lugareños acostumbran a excavar el nacimiento para que aflore y empoce el agua. Normalmente, estos nacimientos suelen estar muy contaminados, tanto en invierno como en verano. En el invierno, a cada precipitación intensa se rellenan con sedimentos, hojas y otros materiales que bajan por la quebrada; durante el verano, suelen ser las únicas pozas de agua en donde se refrescan y beben los animales silvestres y domésticos. La mayor dificultad para hacer obras que protejan este tipo de fuente y evitar su contaminación es la falta de altura para conducir el agua por gravedad hacia una estructura de almacenamiento fuera del lecho de la quebrada o zanja, ya que se encuentran en cotas muy bajas con relación al terreno aledaño. Así, antes de empezar cualquier obra para cerrar este tipo de fuente, es necesario evaluar si desde la cota correspondiente al fondo de la poza de agua formada por el nacimiento se puede instalar un tubo que conduzca el agua por gravedad hasta un lugar fuera del zanjón o quebrada, en donde se puede construir la estructura de almacenamiento.

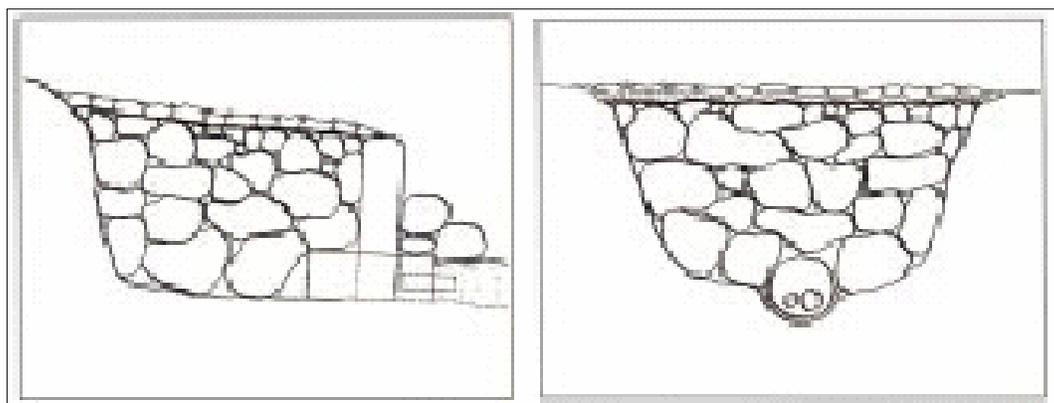
Si el zanjón o quebrada es angosto y la poza del nacimiento está entre paredes rocosas, se pueden construir dos tipos de estructura de protección:

Estructura con losa de concreto.



**Figura 32**

Estructura con relleno de piedras.



**Figura 33**

✓ *Ventajas y desventajas*

**Cuadro 3. Ventajas y desventajas en protección de fuentes.**

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La construcción suele ser fácil y sencilla de hacer por los mismos pobladores.</li> <li>• El mantenimiento es sencillo si se brinda una adecuada capacitación.</li> <li>• No requiere de gran inversión ya que algunos materiales pueden ser de la misma zona y la mano de obra es de la comunidad.</li> <li>• El agua es de buena calidad y el acondicionamiento es bastante simple.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puede generar conformismo en la población</li> <li>• Contaminación por transporte almacenamiento o acarreo por ser de servicio multifamiliar.</li> <li>• Necesidad de almacenamiento intradomiciliario.</li> <li>• Una sola conexión da servicio a varios usuarios.</li> <li>• Racionamiento del servicio por el bajo rendimiento.</li> </ul>

✓ **Costos**

La tecnología para la protección de fuentes es considerada una de las más baratas para ser aplicadas en el sector rural ya que los materiales que pueden ser conseguidos en la zona y la mano de obra aportada por los miembros de la comunidad. Básicamente de lo que se trata es de asegurar la calidad del efluente y su continuidad posterior, protegiéndola con estructuras que evitaren posibles contaminantes externos.

Los costos que están inmersos en la protección de fuente incluyen dentro de si diversos aspectos como los del tipo de fuente, tamaño, ubicación, características del lugar etc. Es por ello que se deberá hacer un estudio previo que permita la elección de la estructura mas adecuada.

✓ **Nivel de servicio**

El nivel de servicio que ofrece esta opción es por su naturaleza de tipo multifamiliar, lo que implica que varias familias harán uso del recurso mediante acarreo a sus hogares; se podría considerar la opción a conexiones domiciliarias pero el presupuesto que se requiere para ello excede las posibilidades y el marco social y económico por tratarse de población rural dispersa.

#### **4.2. Para aguas superficiales**

El uso de algunas opciones técnicas no son consideradas como factibles para este tipo de población, solo se han considerado aquellas que por condiciones de tipo social y económico puedan ser implementadas en estas comunidades; de esta manera las opciones tecnológicas se reducen a aquellas que por su carácter de artesanales brindan un servicio sólo a nivel familiar y básicamente para consumo humano directo, es decir en muy pocas cantidades para bebida o preparación e higiene de alimentos. Para otras necesidades como la higiene personal y el aseo se necesitará de una fuente mas o menos confiable (aguas claras o de baja turbidez) o de métodos de clarificación natural, claro que esto implica de todos modos un riesgo pero en menor grado que si fueran destinadas para consumo directo.

A continuación describiremos estas tecnologías que en su mayoría son utilizadas para consumo directo:

##### **4.2.1. Filtros de mesa**

###### **a) Descripción y funcionamiento**

Los filtros de mesa fueron una de las tecnologías empleadas en los sistemas locales de desinfección de agua y alimentos a nivel domiciliario. Los primeros filtros estaban equipados con elementos filtrantes de cerámica, conocidos como velas filtrantes, las cuales sufrieron una rápida obturación y desgaste por los frecuentes lavados. Luego se experimentó con un prefiltro de arena seleccionada que cubría la vela filtrante, lo que aumentó sustancialmente la vida útil de estos elementos.

Finalmente, se usaron filtros totalmente de arena sin elementos filtrantes de cerámica y se obtuvo una alta remoción de turbiedad y una mayor vida útil.

Generalmente, las aguas naturales contienen numerosos gérmenes, algunos de los cuales pueden ser patógenos. De este modo, el agua se convierte en un vehículo de transmisión de enfermedades. Sin embargo, estas enfermedades pueden prevenirse por medio de la desinfección u otras técnicas que mejoran la calidad bacteriológica del agua de consumo humano, como es la filtración.

El objetivo de la filtración y específicamente de la micro-filtración mediante elementos de cerámica, es separar las partículas en suspensión y los microorganismos perjudiciales presentes en el agua destinada al consumo humano. Los filtros de arena o de velas filtrantes pueden remover las partículas de tamaño mayor y menor que el poro del medio filtrante. Las partículas mayores son retenidas por el simple efecto físico de cernido y las pequeñas por adherencia a la superficie de las capas superficiales del elemento filtrante. Esta adherencia forma una película cuya resistencia al esfuerzo cortante del arrastre del flujo depende de la magnitud de la fuerza que la mantiene unida. Este último mecanismo disminuye la tasa de filtración y la cantidad de agua filtrada.

Por otro lado, debido a la poca carga de agua sobre el medio filtrante y la baja velocidad de filtración, el esfuerzo cortante es mínimo, lo que aunado a la baja porosidad del medio filtrante permite obtener agua con muy baja turbiedad así como una alta eficiencia en la remoción de bacterias.

## **b) Características**

### **✓ *Filtro de velas filtrantes***

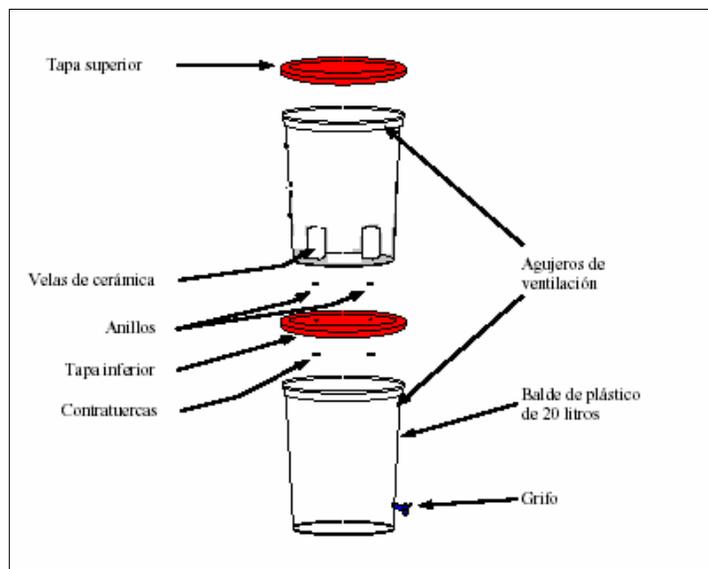
El filtro se compone de dos baldes de polietileno de 20 litros y son dispuestos uno encima del otro; el que va en la parte superior es el que alberga a las velas cerámicas. Con este propósito en la base del balde superior y la tapa del balde inferior se perforan dos orificios coincidentes donde irán insertadas las espigas de las velas filtrantes. Entre la base del balde y la tapa inferior se colocan anillos coincidentes con las espigas de las velas a fin de darle mayor rigidez a la unión cuando se aseguren los elementos filtrantes de esta manera se evitará posibles fugas de agua. Este conjunto a su vez es colocado encima del segundo balde en el cual se perfora un orificio en la parte superior para la ventilación este debe ser de unos 3 mm de diámetro para facilitar la filtración del agua.

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:

-Material: cerámica  
-longitud: 9.5 cm.

-color: crema  
-diámetro: 5.5cm

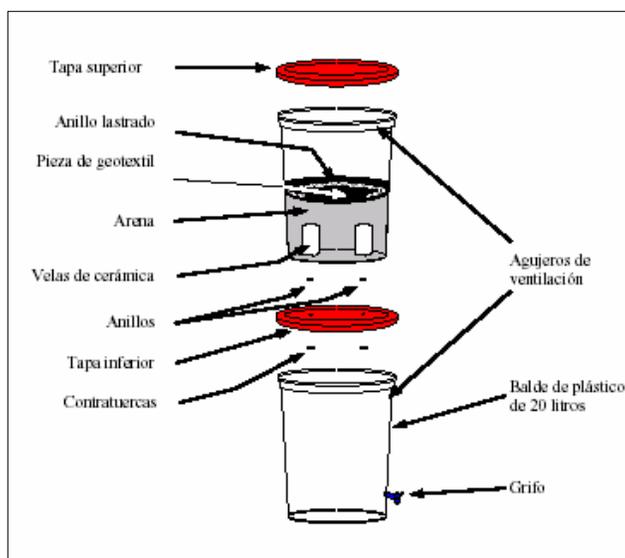
-forma: cilíndrica  
-espesor de pared: 4.5mm



**Figura 34**

✓ ***Filtro de velas cerámicas con prefiltro de arena***

Este filtro de mesa permite obtener, en promedio, 15 litros de agua por hora. La pieza de geotextil y la 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. En la figura 35 se muestra los componentes del filtro. La disposición y estructura de los baldes es similar al anterior con modificaciones que se observan en la figura siguiente:



**Figura 35**

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 <sup>-1</sup>
Tamaño aparente de abertura	100 - 70
Malla (Standard U. S.)	
En milímetros	0,15 - 0,20

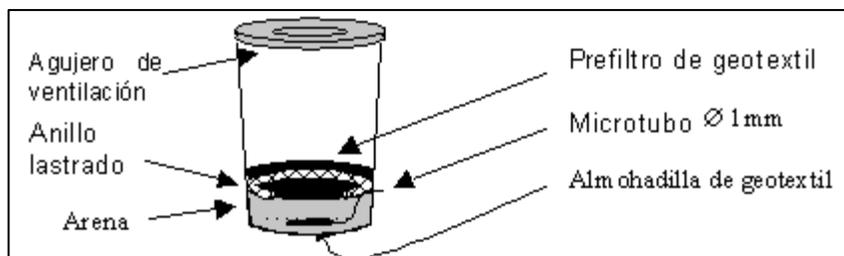
- La arena debe tener como características:

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

### ✓ *Filtro de arena*

Este filtro usa arena seleccionada de 0,3 mm de tamaño efectivo y 2,0 de coeficiente de uniformidad. La tasa de filtración se controla mediante un reductor de caudal confeccionado con un micro tubo de un milímetro de diámetro interior y 20 centímetros de longitud. La tasa de filtración mínima que se puede obtener con un volumen de agua de ocho litros es de 0,68 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> x día) equivalente a 1,7 litros de agua por hora o un volumen de 40 litros por día de agua filtrada. A fin de evitar el ingreso de arena al interior del micro tubo que pudiera perjudicar su funcionamiento, se coloca en un extremo del micro tubo una almohadilla de geotextil que actúa como drenaje.

La instalación del reductor de caudal se realiza cubriendo totalmente con arena uno de los extremos que lleva la almohadilla, mientras que el otro extremo sale al exterior a través de un orificio hecho en el balde a la altura del nivel superior de la capa de arena, como se muestra en la siguiente figura.



**Figura 36. Características del Filtro de arena**

Para no perturbar la superficie de arena por el llenado de agua de la unidad de filtración, se coloca una pieza de geotextil sujeta con un anillo hecho de manguera plástica y relleno con arena para darle mayor peso y evitar que flote.

c) **Ventajas y desventajas**

**Cuadro 12**

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La calidad física y bacteriológica del agua es mejorada.</li> <li>• Es muy apropiada para el sector rural disperso.</li> <li>• Fácil mantenimiento y operación por el beneficiario.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solo para consumo directo o ingesta.</li> <li>• Trata poca cantidad.</li> <li>• Solo para turbiedades menores a 5NTU para los que son sólo de velas cerámicas.</li> </ul>

d) **Costos**

El costo de estos equipos es relativamente accesible, varía entre US\$ 20 y 25 pero este costo puede incrementarse debido a otros factores el transporte y número de pobladores; no obstante es una alternativa de alcance para el sector rural disperso.

Se detallan a continuación los costos promedio por familia, en los diferentes ámbitos en que se implementaron los sistemas de desinfección de agua y alimentos al nivel domiciliario, en la intervención realizada por el CEPIS/OPS con el Ministerio de Salud del Perú:

**Cuadro 13. Costos promedio por familia en proyecto SDAANDO – Perú**

<b>Ámbito</b>	<b>Población</b>	<b>Filtros Cerámicos</b>
Lima Norte Ciudad	Concentrada	No aplicó
Lima Norte Provincias	Dispersa	55,82
Huánuco	Semiconcentrada	44,31
Pucallpa	Semiconcentrada	40,49
Andahuaylas	Dispersa	64,79
<b>Promedio EUA \$</b>		53,84

e) **Nivel de servicio**

El nivel que brinda este sistema es a nivel familiar, debido a la poca producción de agua tratada que posee, que es destinada para consumo directo de los usuarios y para la preparación de alimentos, para otras necesidades el agua es usada en su forma natural.

#### 4.2.2. *Microfiltración*

##### a) **Descripción**

Es un sistema de tratamiento de aguas superficiales a nivel domiciliario que cuenta con dos unidades de proceso:

- Unidad de recolección y mejoramiento fisicoquímico.
- Unidad de filtración y almacenamiento.

El sistema fue desarrollado por el Ministerio de Salud a través de DIGESA en el marco del “Proyecto de Ordenamiento y Saneamiento del Medio en la Amazonía Peruana”, con el fin de mejorar las condiciones sanitarias de las comunidades rurales de esta parte del país mediante un sencillo proceso de clarificación con alumbre que fue complementado con un bidón con filtro mediante una manga de celulosa. Las mangas por el tamaño de sus poros permiten la eliminación de microorganismos patógenos que no son posibles eliminar con otros procesos físicos.

El proceso de tratamiento es el siguiente:

- Se pone en contacto alumbre con el agua, agitando por un minuto.



**Figura 37**

- Se deja reposar el agua durante 20 minutos.



**Figura 38**

- El alumbre permite la formación de partículas de mayor tamaño que sedimentan.



**Figura 39**

- El agua clarificada se filtra en el bidón especial a través de la manga de celulosa.



**Figura 40**

## b) Características

Las características de este sistema son las siguientes:

*Unidad de recolección y mejoramiento fisicoquímico:* es un recipiente de polietileno de alta densidad de 20 litros de capacidad, que además de utilizarse en la recolección del agua cruda, servirá para realizar el mejoramiento fisicoquímico, mediante los procesos combinados de: coagulación, floculación y decantación.

*Coagulante:* el sistema propone el uso del alumbre, de fácil adquisición en el mercado local, como coagulante para desestabilizar las partículas que origina la turbiedad del agua y facilitar su posterior sedimentación.

*Unidad de filtración, desinfección y almacenamiento:* constituida por un recipiente de polietileno de alta densidad de 35 lts de capacidad, que cuenta con un grifo en su parte inferior externa para el uso de agua tratada. El agua decantada o sedimentada es sometida a micro filtración, proceso que permite separar del agua las partículas en suspensión más pequeñas y organismos parásitos que no son posibles de eliminar en la decantación.

*Material filtrante:* para la filtración se usa una manga de polipropileno de 1  $\mu\text{m}$  de porosidad, la cual se inserta dentro del recipiente de 35 lts. Este material permite eliminar el proceso de desinfección química al retener micro-organismos mayores a 1  $\mu\text{m}$ .

El sistema completo es obligatorio para aguas superficiales turbias; para turbiedades menores a 10 UNT se puede prescindir del alumbre y pasar directamente a la filtración. El mantenimiento individual es muy importante, luego de terminado el proceso se deberán lavar los implementos y mantenerlos en buen estado.

En la siguiente figura se observa los principales elementos del sistema descrito.



**Figura 41**

c) **Ventajas y desventajas**

**Cuadro 14**

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Mejora la calidad del agua cruda Es muy adecuado para poblaciones dispersas	Se produce muy pequeñas cantidades de agua

d) **Costos**

**Cuadro 15. Costo por familia.**

<b>Descripción</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Costo US\$</b>
Bidón con caño para filtración desinfección y almacenamiento	35 litros	6,68
Balde para la recolección y mejoramiento físico químico	20 litros	3,52
Manga filtrante	10" de largo x 4" de diámetro	6,8
Costo total		17

**Cuadro 16. Costo por mantenimiento.**

<b>Descripción</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Costo (us\$)</b>
Alumbre	50gr	0,23*
Solución desinfectante		0,10**

\* Duración estimada dos meses

\*\* Para la desinfección de un mes

e) **Nivel de servicio**

Esta tecnología es sólo para uso familiar, ya que la cantidad de agua tratada es mínima para utilizada para el consumo directo como el caso anterior.

4.2.3. *Filtro lento de arena (a nivel domiciliario)*

a) **Descripción**

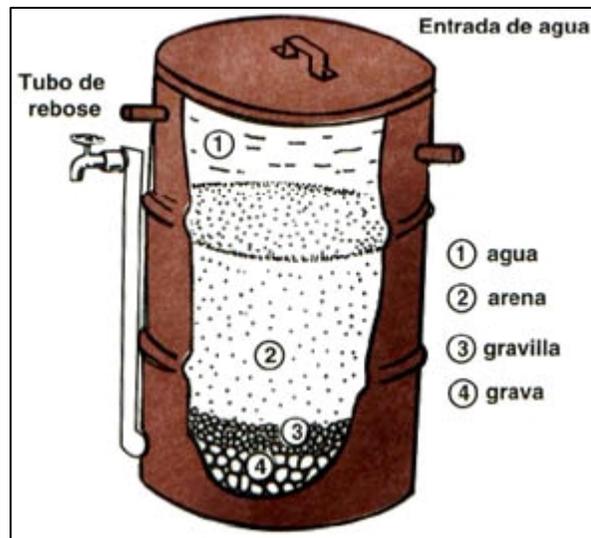
La filtración es el método más usado por el hombre para la purificación del agua, este proceso físico asegura la remoción de sólidos presentes en el agua a tratarse así como parásitos y algunos microorganismos patógenos si bien es cierto no asegura un remoción al 100% la eficiencia de este método alcanza niveles superiores al 90% de efectividad en la remoción de bacterias patógenas.

El método del filtro lento de arena si es bien utilizado, alcanza eficiencias de hasta el 99,9% de remoción de microorganismos y parásitos dañinos para la salud; esto se

da siempre que se aseguren algunas condiciones, como por ejemplo la de mantener un flujo constante esto ayudara a mantener la capa biológica que se forma en la parte superior y que contiene una colonia de microorganismos que ayudan a eliminar a los patógenos.

El filtro está compuesto por un recipiente de plástico, ferrocemento, concreto o tanques metálicos galvanizados con tapa hermética; también con tubos de entrada y de rebose, así como las capas de arena, gravilla y grava dispuestas en ese orden de arriba hacia abajo. Se adecuarán a las siguientes características:

- Arena fina o de río de 0,15 a 0,35 mm de diámetro.
- Gravilla, casajo o piedra china delgada con un tamaño aproximado de 2 a 3 cm.
- La grava y gravilla, casajo o piedra china delgada o gruesa se extrae de las riberas de los ríos.



**Figura 42**

## **b) Características**

Las características más importantes del filtro de arena a nivel domiciliario son las siguientes:

- Los recipientes a ser usados deben ser de fácil ubicación o fabricación al alcance de los pobladores.
- El filtro necesita de un tiempo previo de 2 a 3 semanas para la formación de la capa biológica que se encargará de eliminar a las bacterias y virus que puedan encontrarse en el agua a tratar.
- El filtro no se usa para fines de almacenamiento.
- Las medidas a considerar para la distribución de los componentes del material filtrante son: alrededor del tubo de drenaje en el fondo del recipiente se colocan 7,5 cm de grava, sobre la grava se colocan 5 cm de arena gruesa y sobre ésta la arena fina.

- El material filtrante deberá mantenerse en todo momento húmedo para ello y también por cuestiones de comodidad se debe colocar el grifo por lo menos a 5 cm por encima del nivel superior de la arena.
- El agua filtrada puede ser filtrada adicionalmente con cloro.
- El mantenimiento es muy importante y se deberá realizar al observar señales de disminución de la velocidad de salida del flujo esto indicara que el filtro esta colmatado y es tiempo de su mantenimiento.
- El mantenimiento se realiza por separado y con agua limpia o alguna solución de cloro.

**c) Ventajas y desventajas**

**Cuadro 17**

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Su eficiencia esta comprobada para la remoción de turbidez, color y algunos elementos patógenos quiste y huevos de parásitos 100%, virus y material orgánico 98%.</li> <li>• Los materiales a ser usados pueden ser obtenidos de la misma zona.</li> <li>• Es una opción sencilla y practica.</li> <li>• El presupuesto de adquisición y operación es bajo.</li> <li>• La operación y mantenimiento son sencillos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Su utilidad sólo para situaciones intrafamiliares.</li> <li>• No mantiene un régimen continuo de flujo.</li> <li>• Largos tiempos de para mantenimiento, arranque y vuelta a operación.</li> <li>• Requiere de desinfección para asegurar la calidad del agua.</li> </ul>

**d) Costos**

Los costos son relativamente bajos ya que los materiales que son necesarios para la construcción pueden obtenerse en la misma zona, los accesorios son de fácil ubicación y están al alcance de los pobladores, su construcción es simple y puede ser realizada por el mismo usuario para lo cual solo se requeriría de una capacitación previa.

**Cuadro 18. Insumos para un filtro lento de arena familiar y esquema de costos.**

<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>
Tanque	Unidad	1		
Arena lavada de río	m3	0.5		
Grava	m3	0.05		
Gravilla	m3	0.03		
Unión ½" galvanizada	Unidad	1		
Codo PVC ½"	Unidad	2		
Adaptador macho PVC ½"	Unidad	1		
Adaptador hembra PVC 1/2"	Unidad	1		
Tubo PVC ½"	mt	1.5		
Llave terminal ½"	Unidad	1		
Universal PVC ½"	Unidad	1		
TOTAL				

Los costos serán evaluados con una tabla similar a la anterior de acuerdo al precio actual de los materiales y fundamentalmente al tipo y tamaño de depósito que se utilice.

**e) Nivel de servicio**

El nivel de servicio es familiar.

*4.2.4. Filtro casero de CARPOM*

**a) Descripción general**

Filtro sencillo fabricado con materiales fácilmente localizables en zonas rurales. La experiencia desarrollada ha demostrado que la fabricación de este sistema con la utilización de tubería de PVC como recipiente, grava, arena, carbón vegetal y piedra pómez como materiales filtrantes es muy factible. Esta técnica para la depuración de agua se ha desarrollado con unidades demostrativas instaladas en casas de familias de zona rural dispersa ubicadas en las riberas de ríos y riachuelos.



**Figura 43**

**b) Características**

- Se construye con un pedazo de tubería de PVC de 45 cm. de largo, de 15 ó 20 cm de diámetro.
- El material filtrante está compuesto por grava, arena de grano uniforme (tamizada), trozos de carbón vegetal y pedazos de piedra pómez.
- Como elemento para la salida del líquido filtrado se pueden utilizar boquillas plásticas (fabricadas comercialmente para esa función) o tubería de PVC, de 25 ó 50 cm de diámetro, uniformemente perforada o ranurada.
- La base del sistema se cierra con una pieza de madera. Se deja la abertura apropiada para la colocación de la manguera a utilizar para la obtención del agua filtrada.
- Al agua filtrada deberá agregársele un desinfectante. Hipoclorito de calcio (HTH) o cloro líquido comercial, en las dosis apropiadas a los volúmenes a tratar.

**c) Ventajas y desventajas**

**Cuadro 19**

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Su eficiencia en la remoción de la turbiedad y algunos patógenos esta probada.</li> <li>• Se presenta como una buena opción para reducir la turbiedad antes de la desinfección.</li> <li>• Es bastante adecuada para las poblaciones dispersas.</li> <li>• Es una opción sencilla y práctica.</li> <li>• De fabricación fácil y bajo costo.</li> <li>• Operación y mantenimiento sencillos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Su utilidad se limita sólo para casos intrafamiliares.</li> <li>• Los periodos de parada por mantenimiento son largos.</li> <li>• No pueden ser usados para almacenamiento.</li> </ul>

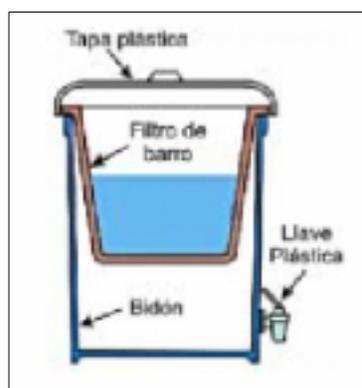
**d) Costo**

El costo de este sistema es bastante accesible a los usuarios ya que pueden ser fabricados localmente y los materiales son de fácil ubicación

**4.2.5. FILTRON: Filtro de cerámica para agua potable**

**a) Descripción**

FILTRÓN es un filtro bajo costo para uso intradomiciliario que trata el agua contaminada para el consumo directo es decir como bebida básicamente consiste en un elemento de filtración hecho de una mezcla de arcilla y aserrín, este último elemento es el que le da porosidad al producto final, luego el filtro es embadurnado con la solución de plata coloidal, para después ser colocado dentro de un recipiente como se indica en la figura.



**Figura 44**



**Figura 45**

Este filtro puede ser hecho por alfareros locales usando materiales propios de la zona, sin ninguna necesidad de electricidad o tecnología avanzada. FILTRÓN es un sistema innovador que asegura el agua potable a bajo precio para las familias.

Además, esta es una tecnología que puede ser aplicada por todos los miembros de la familia y que genera oportunidades de trabajo para artesanos locales.

## b) Características

Las características más sobresalientes de este filtro son:

- La arcilla de fábrica debe ser similar a la que se usa para elaborar objetos de cerámica.
- Para la fabricación de la vasija filtrante, la proporción en volumen de la mezcla es 1 de arcilla a 1,5 de aserrín. La proporción en peso es 1 de arcilla a 3 de aserrín (como cada arcilla es diferente deberá ser probada en una mezcla de 50/50 desde allí se determinarán los cambios en la fabricación).
- Su forma es similar a un pequeño balde que irá dentro del recipiente donde se verterá el agua a tratar, esto es sólo una referencia ya que la arcilla se puede moldear según sea la necesidad y gusto del usuario.
- En la parte interior así como también en la exterior se embadurnará con una solución coloidal de plata, la que se aplicará con un cepillo negro y limpio; la proporción de la solución debe ser de 300 cc de agua con 1 cc de plata coloidal al 3,2%.
- Los recipientes a utilizarse pueden ser sencillos de plástico y con tapa hermética además que se puede almacenar agua, aunque esto último no es recomendable.
- Su bajo costo y su tasa de filtración que comparada con los otros métodos es más rápida.
- El dispositivo se ha probado 98 a 100 por ciento de eficiencia en la eliminación de bacterias y de indicadores bacterianos, aunque la educación sanitaria y el uso apropiado son vitales para obtener buenos resultados en su uso.
- Una de las características más importantes es su hermeticidad para asegurar la calidad del agua tratada en la casa con un adecuado almacenamiento y que cuente con un grifo de salida para evitar su contaminación en la manipulación.

## c) Ventajas y desventajas

**Cuadro 20**

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elimina las bacterias y parásitos.</li> <li>• Es fácil de usar, operar y dar mantenimiento.</li> <li>• No afecta el gusto del agua.</li> <li>• Tiene buena aceptación por las comunidades debido a que la arcilla es bastante común para ellas.</li> <li>• Mantiene el agua fresca y agradable.</li> <li>• Remueve la turbiedad y puede ser usado en conjunto con otros métodos.</li> <li>• Puede ser elaborado localmente.</li> <li>• Precio bajo: US\$10 (0,03 Centavos día o 0,001 centavos un litro).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es bastante frágil; por ello requiere de maniobrarlo con cuidado.</li> <li>• Requiere de mantenimiento regular.</li> <li>• Combustible requerido para producción.</li> <li>• Bajo caudal solo para consumo directo.</li> </ul>

**d) Costos y nivel de servicio**

El costo de este modelo es su principal ventaja ya que al poder ser elaborado localmente solo entra en el presupuesto el costo de los materiales, sin embargo si se requiere de la compra este fluctúa alrededor de los 10 \$ EUA. El nivel de servicio es familiar o intradomiciliario solo para consumo directo.

4.2.6. *SODIS*



**Figura 46**

**a) Descripción general**

Esta metodología fue iniciada en los años 80 y puesta en prueba en los 90, dando buenos resultados debido al sinergismo que existe entre la acción de la temperatura y la acción de los rayos ultravioleta; estos se complementan a tal punto que logran mejorar la calidad bacteriológica del agua eliminando microorganismos patógenos en los que se incluyen a bacterias, virus, hongos y otros organismos.

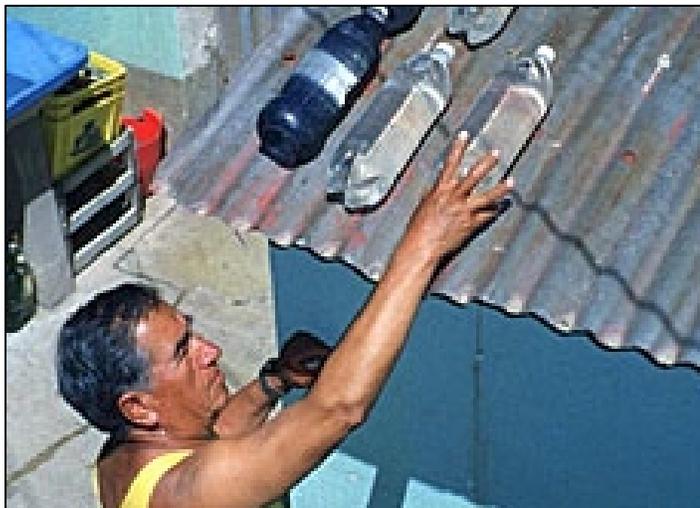
La tecnología de la desinfección solar o también llamada SODIS consiste en un método sencillo y de fácil aplicación que utiliza la radiación solar (temperatura y rayos UV) para mejorar la calidad bacteriológica del agua. Este método es ideal para poblaciones pequeñas y de bajos recursos.

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 relativamente clara (turbiedad menor a 30 Unidades de Turbidez Nefelométricas - NTU) y no es útil para el tratamiento de grandes cantidades de agua.

## b) Características

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 47**

- *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 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 si 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 48

**c) Ventajas y desventajas**

**Cuadro 21**

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• SODIS mejora la calidad microbiológica del agua para consumo humano.</li> <li>• SODIS mejora la salud de la familia.</li> <li>• SODIS brinda a los usuarios individuales un método simple que se puede aplicar a nivel del hogar bajo su propio control y responsabilidad.</li> <li>• SODIS está al alcance de todos, pues los únicos recursos necesarios son la luz solar, que es gratis y botellas de plástico.</li> <li>• SODIS reduce la necesidad de fuentes tradicionales de energía, como la leña, el kerosene y el gas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SODIS requiere suficiente radiación solar; por lo tanto, depende de las condiciones climáticas.</li> <li>• SODIS requiere que el agua no esté turbia.</li> <li>• SODIS no cambia la calidad química del agua.</li> <li>• SODIS no es útil para tratar grandes volúmenes de agua.</li> </ul>

**d) Costos y nivel de servicio**

El costo promedio de inversión de los proyectos ejecutados de desinfección solar es de US\$ 2 a US\$ 5 por vivienda. El nivel de servicio que ofrece este sistema es sólo familiar e individual.

*4.2.7. Métodos artesanales y alternativos*

Los métodos de esta índole necesitan siempre de un proceso de desinfección para asegurar que el agua sea potable, están regidos por principios básicos como la sedimentación, filtración o tamizado y clarificación con coagulantes y floculantes químicos o naturales que en la mayoría de casos remueven ya sea en mayor o menor grado la turbidez que arrastra consigo, un porcentaje importante de bacterias y parásitos; claro que esto no asegura que el agua sea potable, es por ello que necesita desinfectarse antes de su consumo.

**a) Almacenamiento y sedimentación (tres ollas)**

Al almacenar el agua en condiciones no contaminantes por un día se puede conseguir la eliminación de más del 50% de la mayoría de las bacterias. Los períodos más largos de almacenamiento conducirán a reducciones aún mayores. Durante el almacenamiento, los sólidos en suspensión y algunos de los patógenos se depositarán en el fondo del recipiente. El agua sacada de la parte superior del recipiente será relativamente clara (a menos que los sólidos sean muy pequeños, tales como partículas de arcilla) y tendrá menos patógenos. El sistema de tratamiento de tres ollas en las que se echa agua sin tratar a la primera olla, donde se decanta en la segunda olla después de 24 horas y se echa en la tercera olla después de 24 horas adicionales, aprovecha los beneficios del almacenamiento y la sedimentación.

## b) Tamizado

Echar el agua a través de un paño de algodón limpio eliminará una cierta cantidad de sólidos en suspensión o turbidez. Se han construido telas de filtro de monofilamento especial para uso en las zonas en las que prevalece la enfermedad del nematodo de Guinea. Las telas filtran los copépodos que son los huéspedes intermedios de las larvas del nematodo de Guinea.

## c) Coagulación y floculación

Si el agua contiene sólidos en suspensión, la coagulación y la floculación pueden utilizarse para eliminar gran parte del material. En la coagulación, se agrega una sustancia al agua para cambiar el comportamiento de las partículas en suspensión. Hace que las partículas, que anteriormente tendían a repelerse unas de otras, sean atraídas las unas a las otras o hacia el material agregado. La coagulación ocurre durante una mezcla rápida o el proceso de agitación que inmediatamente sigue a la adición del coagulante.

El proceso de floculación que sigue a la coagulación, consiste de ordinario en una agitación suave y lenta. Durante la floculación, las partículas entran más en contacto recíproco, se unen unas a otras para formar partículas mayores que pueden separarse por sedimentación o filtración. El alumbre (sulfato de aluminio) es un coagulante que se utiliza tanto al nivel de familia como en las plantas de tratamiento del agua. Los coagulantes naturales incluyen semillas en polvo del árbol *Moringa olifeira* y tipos de arcilla tales como la bentonita.

Este método es de uso regular y hasta común en las comunidades del interior del país donde se utilizan coagulantes naturales como el polvo de pepas de durazno, las habas, penca de tuna y una de las más antiguas es la fariña obtenida de la planta conocida como mandioca o yuca. Este método es actualmente usado por las comunidades alrededor del río Ucayali en la selva peruana, constituyendo un alto riesgo ya que no es complementada con desinfección.

A continuación les describimos algunos de los coagulantes mencionados:

### ✓ *Mandioca o yuca (fariña)*

La mandioca o yuca es un arbusto originario de América, que abunda en la zona tropical. Mide de dos a tres metros de altura, tiene hojas palmeadas y flores en racimos. La raíz, un tubérculo blanco, grande y carnoso, contiene almidón, harina y tapioca, es la parte comestible de la planta. Existen dos clases de mandioca, una dulce y otra amarga: la primera se puede comer asada o cocida sin ningún peligro, la segunda en cambio, es venenosa, por eso para comerla es necesario primero tostarla, para que pierda sus propiedades nocivas, luego se pulveriza. Así se obtiene la harina que se conoce con el nombre de fariña y que constituye un alimento muy apreciado y de mucho consumo en la amazonía peruana, el noreste argentino, Brasil y Paraguay. Antes se conocía a la fariña con el nombre de harina de palo. Los

naturales fabricaban su vino, especie de chicha, con la mandioca, la masticaban y luego la hacían fermentar en agua. El cultivo de la mandioca es antiquísimo, según algunos autores los nativos ya la consumían antes de la llegada de los españoles, otros en cambio aseguran que se les enseñó su cultivo y la forma de hacerla comestible e inofensiva.

✓ *Semillas de moringa*

En procura de utilizar coagulantes naturales, disponibles en la región latinoamericana, varios investigadores han analizado plantas como la MORINGA OLEIFERA. La utilización de las semillas de moringa molidas ha dado muy buenos resultados en países asiáticos y africanos para la clarificación de aguas y la remoción de bacterias. La moringa es una planta nativa del norte de India, pero crece muy bien en la América tropical. Donde es conocida, entre otros nombres, como: terebinto, teberinto, arango, marango, narango, árbol de las perlas, chinto borrego, jacinto, paraíso blanco, san jacinto, perla de la India o rábano picante. Es una planta de rápido crecimiento, alcanzando hasta 4 m de altura. Se reproduce por estacas o semillas. Sus características más importantes son presentadas a continuación:

- Las bayas o vainas deben madurarse en el árbol y se recolectan cuando están secas.
- Las semillas deben abrirse, quitándoles la cáscara y dejando una pequeña "almendra" blanquecina, la que debe ser finamente molida.
- Para tratar agua de río con turbiedad moderada, se requieren de 150 a 300 mg de semilla molida por litro de agua turbia.
- Con agua limpia y semillas molidas se hace una pasta, la cual se diluye en un recipiente que pueda cerrarse. Se agita muy bien por 5 minutos. Seguidamente, se filtra para eliminar gruesos y el producto pasado, se coloca en el agua a tratar.
- Colocada la solución preparada con las semillas de moringa en el agua a tratar, se procede a agitar todo el volumen por 2 minutos y se deja en reposo por una hora. El agua clarificada puede hacerse pasar por un filtro de arena para completar el proceso de limpieza.

### 4.3. *Para fuentes pluviales*

#### 4.3.1. *Captación de agua lluvia*



**Figura 49**

#### a) **Descripción**

La captación de agua de lluvia es una tecnología de fácil aplicación para el abastecimiento de agua para consumo humano y agrícola, esta tecnología ha sido implementada en diversas partes del mundo en donde no se dispone de agua con la calidad y cantidad suficientes. Para tal efecto, el agua de lluvia es interceptada y almacenada para su posterior consumo con un previo tratamiento; en la captación de lluvia con fines de abastecimiento domiciliario se utiliza el modelo llamado **SCAPT** (Sistema de Captación de Agua Pluvial en Techos) que utiliza los techos de las viviendas para captar el agua a través de unas canaletas situadas en los bordes de los mismos, este modelo tiene un beneficio adicional y es que además de su ubicación minimiza la contaminación del agua. Adicionalmente, los excedentes de agua pueden ser empleados en pequeñas áreas verdes para la producción de algunos alimentos que puedan complementar su dieta. En la agricultura en cambio se requiere de otros métodos con extensas superficies de captación para poder captar la mayor cantidad de agua posible estos no suelen requerir de tratamiento ya que su uso es para riego.

En las regiones con largos periodos de sequía se recomienda construir tanques lo suficientemente amplios para almacenar el agua, el principio de funcionamiento consiste en la captación del agua de lluvia en los techos de la vivienda y conducida a través de canaletas laterales que van a depositar el agua a un tanque de almacenamiento o cisterna. Los techos pueden ser elaborados de diversos materiales: tejas galvanizadas, tejas de arcilla, de plástico, de paja estas últimas para fines de riego ya que le dan un color desagradable al agua.

El modelo SCAPT es visiblemente adecuado para el caso de poblaciones dispersas sin embargo no es el único, existen otros tipos de captación como las ground catchments o captaciones de tierra que tienen mayor uso en la agricultura y el ganado. Las diferentes captaciones tienen coeficientes de salida distintos regidos por diversas condiciones como la intensidad de la lluvia, infiltración evaporación, etc. a continuación una tabla con los distintos tipos de captación de lluvia que existen y sus coeficientes de salida:

**Cuadro 22. Coeficientes de la salida para las varias superficies de la captación**

Tipo de captación	Coeficientes
<b>Captación de lluvia en los techos</b>	
- azulejos	0,8- 0,9
- hojas de metal acanaladas	0,7- 0,9
<b>Cubiertas superficiales de tierra</b>	
- concreto	0,6- 0,8
- pavimento del ladrillo	0,5- 0,6
<b>Captaciones de tierra sin tratamiento</b>	
- suelo en cuestas menos de 10 por ciento	0,0 - 0,3
- catchments naturales rocosos	0,2 - 0,5
<b>Captaciones de tierra sin tratamiento</b>	
- suelo en cuestas menos de 10 por ciento	1,0 - 0,3
- catchments naturales rocosos	0,2 - 0,5

Fuente: Pacey, Arnold y Cullis, Adrian 1989.

De acuerdo con los factores antedichos el agua que cosechaba potencial de un sitio se podía estimar usando la fórmula dada abajo.

**Cuadro 23. Fórmula de potencial pluvial**

$\text{Agua que cosecha potencial} = \text{Área de la precipitación (milímetros)} \times \text{Coeficiente de la salida de la captación}$
---

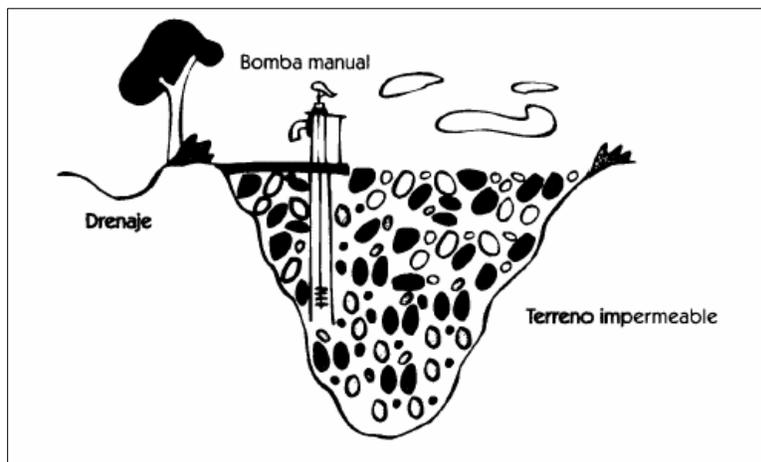
Estos modelos pueden producir un caudal mayor, pero dependen mucho de la intensidad de precipitación, además la calidad del agua no suele ser tan buena, de esta experiencia se puede recomendar la construcción de reservorios en zonas donde no se pudiera implementar este sistema utilizando el principio de estos modelos como referencia.



**Figura 50**

El reservorio deberá ser construido en un terreno probadamente impermeable; con un área y profundidad adecuadas para que retengan el volumen necesario para el abastecimiento de los usuarios.

Se excavará un hoyo en el terreno elegido con las medidas calculadas previamente; luego se procederá a rellenarlo con material permeable piedras, grava, gravilla, etc. Antes de llenarlo completamente se colocará un tubo con un diámetro adecuado y perforaciones, este tubo hará las veces de un pozo; por último sobre una base de concreto y conectado al tubo se colocará la bomba manual; además de todo lo mencionado también se deberá establecer un área de protección para este terreno para evitar una posible contaminación. Estas recomendaciones son aplicables en las zonas donde la precipitación es más continua ya que no tendría sentido en las zonas donde los periodos de sequía acabarían por agotar esta fuente en poco tiempo.



**Figura 51**

## b) Características

El sistema de captación de agua de lluvia en techos está compuesto de los siguientes elementos: a) captación; b) recolección y conducción; c) interceptor; y d) almacenamiento.

Captación: Está constituida por el techo de la vivienda o edificación acondicionadas con superficies y pendientes adecuadas con el fin de conseguir un mejor escurrimiento. Los materiales empleados en la construcción de techos para la captación de agua de lluvia son la plancha metálica ondulada, tejas de arcilla, paja, etc.

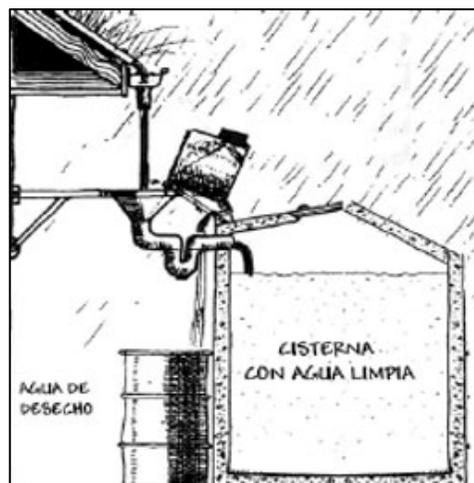
Recolección y conducción: Conformada por la línea de canaletas adosadas en los bordes laterales del techo y que estarán conectadas al interceptor.

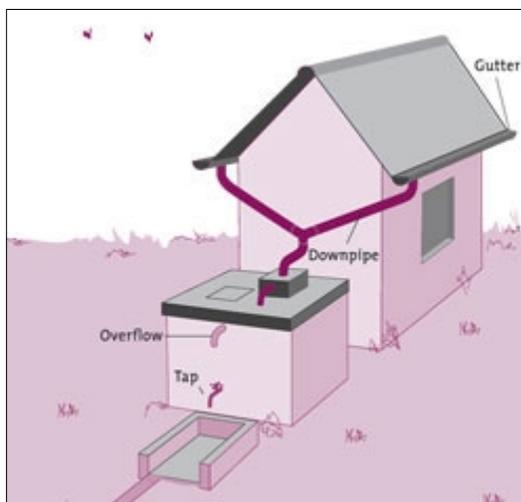
Interceptor: Este dispositivo es el que recibe las primeras aguas que son del lavado del techo conteniendo partículas indeseables.

Almacenamiento: Constituido por una unidad de volumen adecuado para el consumo diario y los periodos de sequía; impermeable y de no más de 2 m de altura.

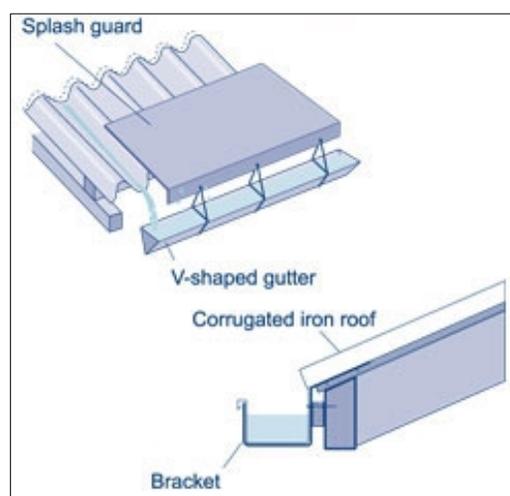
El agua captada por este sistema es de prioridad para consumo humano directo, es decir para la bebida e ingesta de alimentos; de ser necesario se debe buscar otras fuentes para el lavado y la higiene personal.

Es de mucha importancia que el agua que sea para consumo directo sea tratada antes de su ingesta, para de este modo eliminar las partículas que pudieron haber atravesado el dispositivo de intercepción de las primeras aguas, y después debe darse un acondicionamiento bacteriológico a través de la desinfección. El tratamiento puede efectuarse por medio de filtros de mesa de arena seguida de la desinfección con cloro.





**Figura 53**



**Figura 54**

**c) Ventajas y desventajas**

**Cuadro 24**

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La calidad fisicoquímica del agua de lluvia es bastante alta.</li> <li>• Generalmente estos sistemas son independientes y por ello ideales para poblaciones dispersas.</li> <li>• La mano de obra y los materiales pueden ser conseguidos localmente.</li> <li>• fácil mantenimiento y operación.</li> <li>• No requiere de energía.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El costo inicial es alto poniendo en riesgo la implementación por parte de las familias de bajos recursos.</li> <li>• La cantidad que es captada siempre depende de la intensidad de la precipitación y el área de captación por ello se hace necesario el almacenamiento.</li> </ul>

**d) Costos**

El costo en esta tecnología es variable ya que varía de la cuantificación de las necesidades de agua, tamaño del techo y la intensidad de lluvias; a continuación una referencia de costo para una familia de 6 personas, el sistema implementado en su totalidad alcanzó la suma de:

**Cuadro 25. Estructura de costos para una dotación de 13 lts/hab/día.**

Área del techo, m <sup>2</sup>	Volumen del tanque m <sup>3</sup>	Costos en (US\$)		
		Techo	Tanque	Total
60	15,63	600,00	781,50	1381,50
65	15,22	650,00	761,00	1411,00

Esta tabla ha sido analizada desde el punto de vista de implementar en su totalidad el sistema, pero generalmente el techo es algo que ya suele estar implementado por la razón obvia de las lluvias en la zona rural; además el ejemplo ha sido analizado para una dotación diaria de 13 lts/hab/día, esto quiere decir un aproximado de 80 lts por día; tomando en cuenta que el costo del techo puede ser suprimido por las razones ya expuestas y asumiendo la dotación mínima por familia y por día es de 20 lts, los costos del sistema serán divididos entre cuatro.

**Cuadro 26. Costos estructura básica de implementación para una dotación de 20 lts/fam/día**

Área del techo m <sup>2</sup>	Volumen tanque, m <sup>3</sup>	Costo (US\$)		
		Techo	tanque	Total
65	15.22/4	-----	190,25	209

Considerando un 10% del total hallado por accesorios, el costo por hab estará en 35 US\$ aproximadamente.

**e) Nivel de servicio**

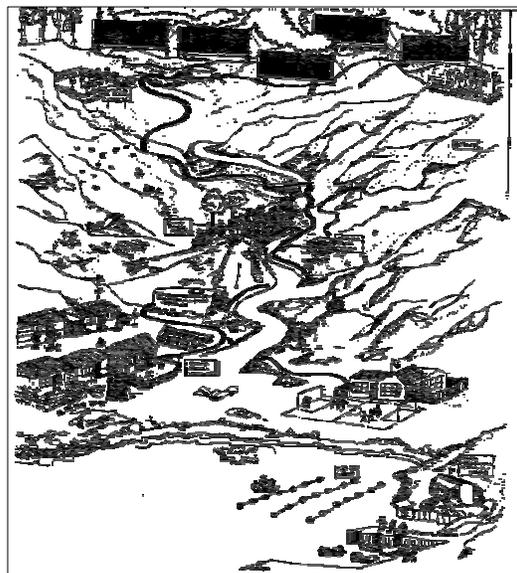
El nivel de servicio que ofrece esta tecnología es de tipo familiar y multifamiliar; en el primer caso el sistema se implementa en cada vivienda, este es ideal para las poblaciones dispersas y en el segundo se hacen uso de edificaciones de mayor tamaño (locales comunales) y con reservorios de almacenamiento suficientemente grandes para abastecer satisfactoriamente a todas las familias.

**4.3.2. Captación de agua de niebla**

**a) Descripción**

Esta tecnología está basada en el hecho que el agua puede ser recogida de nieblas en condiciones favorables climáticas. Las nieblas son definidas como una masa de vapor de agua condensado en pequeñas gotitas de agua en o solamente encima de la superficie de la tierra. Las pequeñas gotitas de agua presentan en el precipitado de niebla cuando ellos vienen al contacto con objetos. Es bien conocido que nieblas frecuentes ocurren en las áreas áridas costeras de Perú y Chile. Estas nieblas representan un potencial para proveer de una fuente alternativa para obtener agua dulce, que puede ser captada mediante el empleo de sistemas de colección simples y económicos conocidos como colectores de niebla. La investigación presente sugiere que los colectores de niebla trabajan mejor en áreas costeras o en áreas montañosas donde el agua puede ser captada cuando la niebla se mueve conducida por el viento.

Un elemento captador artificial, como los que se han empleado en un proyecto chileno, consiste en una malla plana, que es ubicada en forma perpendicular a la dirección del viento predominante. Durante el proceso de captación del agua contenida en la nube, las gotitas que son atrapadas por la malla, se agrupan allí hasta formar una gota de mayor tamaño que se desliza por gravedad hasta ser colectada por una canaleta dispuesta en el borde inferior del panel. Se estima que se requiere colectar cerca de 10 millones de gotitas contenidas en la neblina, para formar una gota del tamaño de la cabeza de un fósforo.



**Figura 55. Esquema sistema captación de agua de niebla.**

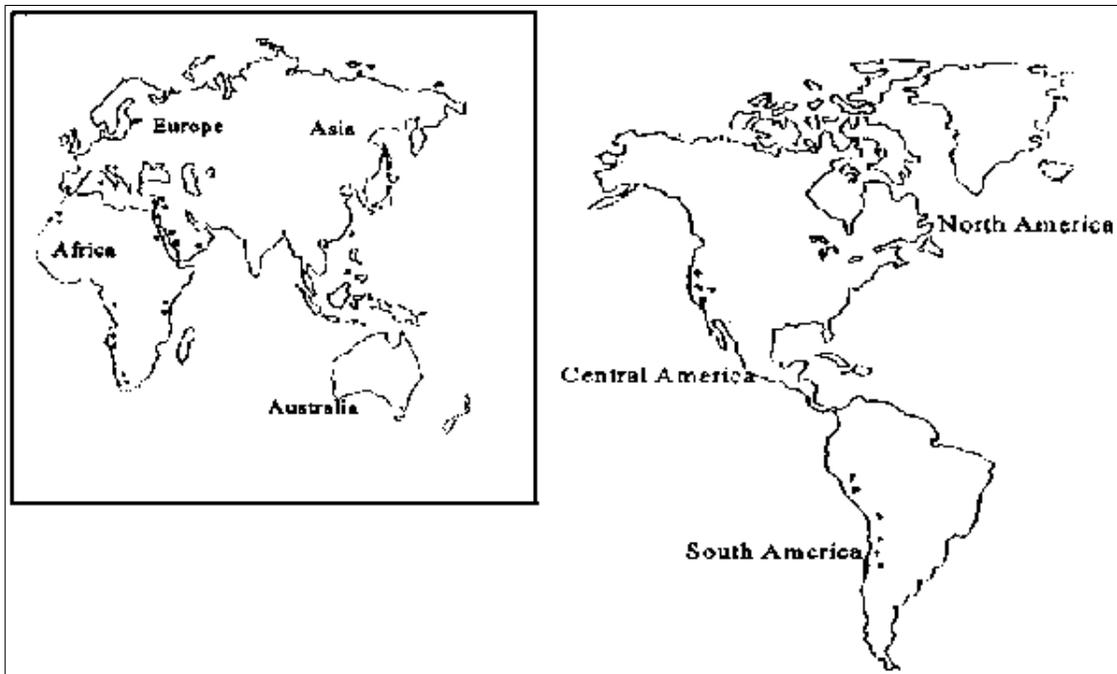
De lo anterior se desprende que el captador artificial es un elemento completamente pasivo ya que el agua atrapada es drenada sólo por flujo gravitacional hasta el punto donde será usada. La producción de agua de un sistema de paneles captadores o "atrapa nieblas", dependerá del contenido del líquido y características físicas de la nube, expresadas como tamaño de la gota y velocidad del viento que conduce a la nube por una parte, y por la otra, de la naturaleza y características de la superficie de captación, expresadas como su área útil de intercepción y su eficiencia de producción. La duración de cada evento de neblina, también es una variable determinante del volumen total de producción.

El panel atrapa niebla empleado en las experiencias realizadas en Chile, tiene como elemento de captación una malla que comúnmente es usada en la agricultura. La malla es elaborada en base a un tejido de filamentos planos de polipropileno negro de 1 mm de ancho por 0,1 mm de espesor. Comercialmente se denomina RASCHEL y es producida en distintas densidades de tejido, las cuales son expresadas como porcentaje de sombra. En los paneles del proyecto chileno se ha elegido, luego de haber ensayado su eficiencia de producción, una malla de 35% de sombra, la cual está dispuesta en doble paño. El sistema de paneles atrapa nieblas es instalado en sitios previamente elegidos por su potencial de producción de agua y por sus características topográficas apropiadas. Las unidades captadoras son interconectadas por tuberías que conducen el agua hasta un estanque de almacenamiento. Desde allí podrá ser entregada a los usuarios en distintas formas, dependiendo del uso que se le dará al recurso y del costo que tendrá el sistema de distribución.

El diseño de este sistema atrapa nieblas fundamenta su ejecución en los conceptos de la tecnología apropiada, ya que por estar principalmente orientados a los sectores

rurales, se debe concebir la creación de una estructura que solucione el problema de obtención de agua a bajo costo, utilizando elementos eficientes y disponibles en un amplio mercado. El montaje del sistema es a base de elementos pasivos y estáticos que son de fácil construcción o ensamblaje en la obra. La instalación de cada panel y su interconexión es rápida y simple, no requiriéndose de gran cantidad de mano de obra para su ejecución. Debido a lo simple del diseño del sistema, no se requiere de personal altamente calificado para su construcción, además por ser la conducción del agua un flujo gravitacional no se emplea mecanismos que usan energía para su funcionamiento y/o que sean complejos de operar y reparar. La tecnología de captación de agua atmosférica, es particularmente ventajosa en proyectos que por su tamaño relativamente pequeño, no justifican inversiones de gran magnitud.

La captación de agua de niebla se ha investigado por más de treinta años y se ha puesto en ejecución con éxito en las áreas costeras montañosas de Chile, Ecuador, México y Perú. Debido a un clima similar y condiciones montañosas, esta tecnología también se puede poner en ejecución en otras regiones según lo demostrado en el cuadro.



**Figura 56. Localizaciones donde ha estado o puede ser puesto en ejecución el cosechar de la niebla.**



Fuente: G. Soto Álvarez, Nacional Forestry Corporation (CONAF), Antofagasta, Chile.

### **Figura 57. Captador**

En Chile, los National Forestry Corporation (CONAF), la Universidad Católica del Norte, y la Universidad Católica de Chile están poniendo la tecnología en ejecución en varias regiones, incluyendo el Toro, Los Nidos, Cerro Moreno, Travesía, San Jorge, y Pan de Azúcar. Los resultados de los varios experimentos conducidos en la región costera norteña de la montaña indican la viabilidad y la aplicabilidad de esta tecnología para el agua de buena calidad y proveerla para una variedad de propósitos, incluyendo el agua potable y el agua para las aplicaciones comerciales, industriales, agrícolas, y ambientales. Estos experimentos fueron conducidos entre 1967 y 1988 en las altitudes que se extendían a partir de 530 m a 948 m usando diversos tipos de colectores del agua de la niebla. Los diversos tipos de neblinometers y de colectores de la niebla dieron lugar a diversas producciones del agua bajo las mismas condiciones climáticas y localización geográfica. Un colector del neblinometer o de la niebla con una pantalla que contenía un acoplamiento doble de Raschel (el 30%) era el más acertado y el que se recomienda actualmente.

En Perú, el servicio meteorológico e hidrológico nacional (SENAMHI) ha estado cooperando con el Estratus Company desde los años 60 en poner la tecnología en ejecución en las áreas siguientes: Lachay, Pasamayo, Cerro Campana, Atiquipa, Cerro Orara (Ventinilla-Ancón), Cerro Colorado (Villa María de Triunfo), y parque recreacional Cahuide (El Agustino), y en Ecuador meridional el Centro para la Investigación Social Alternativa (CISA) está comenzando a trabajar en el parque nacional de Machalilla en la Gotera de Cerro teniendo a las instalaciones chilenas como modelos.

## b) Características

### ✓ El captador



**Figura 58**

En términos simples, el panel captador consiste en dos postes, distanciados a 12 metros, entre los cuales va dispuesta la doble malla de 4 metros de altura. Estos paneles atrapa nieblas pueden ser módulos simples, es decir conformados por una sola malla de captación, sostenida por dos postes (48 m<sup>2</sup>), o pueden ser módulos múltiples, es decir compuestos por varias mallas de captación, sostenidas por postes comunes (96 m<sup>2</sup>, 120 m<sup>2</sup>, etc.) manteniendo la orientación de los paneles en forma perpendicular a la dirección del viento. El criterio para seleccionar el número y tipo de módulos a construir (paneles simples, dobles, etc.) será determinado fundamentalmente por la topografía del terreno. Además puede influir en esta decisión la calidad de los materiales empleados en la construcción del panel captador. Esta característica de modularidad del sistema, establece que el costo de cada subunidad de un panel múltiple sea inferior al costo de cada panel simple. Además ello establece que la producción de agua se limitará sólo a la adición de unidades captadoras, lo cual se puede adecuar en el tiempo al crecimiento de la demanda.

Otra característica importante del sistema es la baja probabilidad de interrupción del proceso de producción de agua, ya que el daño causado por siniestros naturales esperados nunca afectará a la totalidad del sistema de captación instalado.

### ✓ Elementos del sistema

El panel captador, está compuesto por los siguientes elementos:

*Estructura de soporte:* Esta estructura está conformada por dos o más pilares, que en este caso son postes de Eucalipto impregnado de 7 metros de altura y 5" de diámetro en la punta superior. La cantidad de postes depende del número de sub-

unidades que compongan el panel captador. Además, componen esta estructura los cables de sostén de los postes, que se sujetan al suelo por medio de anclajes prefabricados.

*Elemento de captación:* La superficie captadora está compuesta por una doble malla, de 12 x 4 metros (aprox. 100m<sup>2</sup> de material), la cual va cosida a un grupo de cables de sostén y sujeta a los postes por un conjunto de barras de anclaje.

Luego, los elementos que componen el sistema de captación son:

- *Cables de sostén:*

Existen dos grupos de cables que cumplen distintas funciones:

- Elemento de sustentación vertical: Está compuesto por dos cables de acero de 3/16" de diámetro (superior e inferior) cuyo rol es soportar verticalmente la malla. Dado que la malla se ha definido como el elemento de sacrificio frente a un siniestro mayor, los cables en su punto de anclaje llevan un "fusible de seguridad" constituido por un tramo pequeño hecho con un cable de menor resistencia.
- Elemento de sustentación horizontal: Dado que la fuerza del viento produce una catenaria en la malla, lo que ocasiona una pérdida significativa del agua captada, se optó por subdividirla en tres paños discretos de las mismas dimensiones. Para ello se dispuso entre los cables superior e inferior, dos líneas de alambres galvanizados y plastificados de 5,11 mm de diámetro.

- *Barras de anclaje:*

Elas están compuestas por dos o más pares de tablillas de pino tratado. Para prevenir el ataque de hongos, en las que se envuelven los extremos de la malla. Estas barras, que van adosadas a cada poste, permiten traccionar la malla en forma pareja y a la vez le otorgan un cierto grado de rigidez.

*Canaleta colectora y drenaje:* En el cable inferior de la malla colectora se cuelga una canaleta por medio de alambres galvanizados, ésta recibe las aguas que escurren por gravedad en la malla y las conducen hacia una aducción que se conecta a una cañería matriz o estanque de acumulación. En la experiencia chilena se ha usado, como canaleta, una tubería de PVC de 110 mm de diámetro, cortada longitudinalmente en parte de su sección.

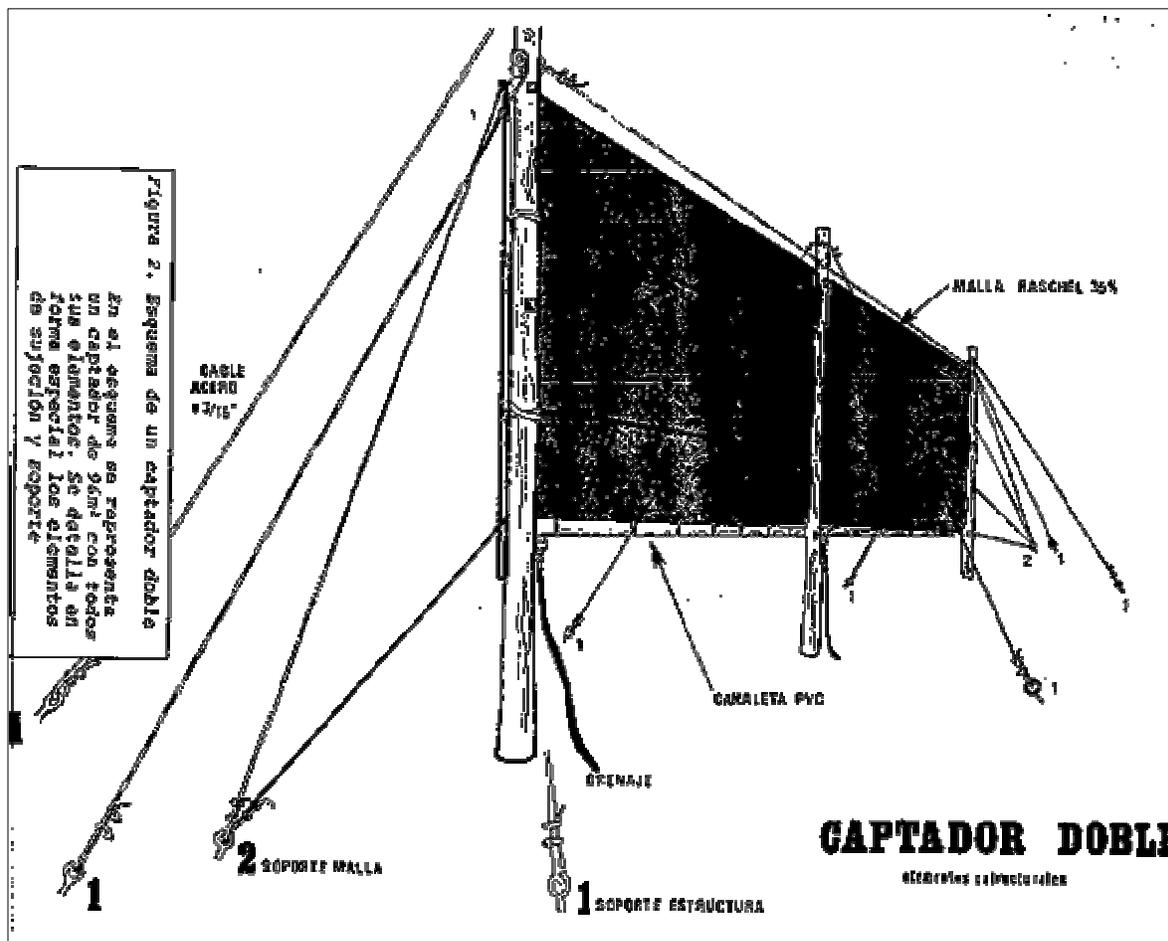


Figura 59. Estructura de un captador.

✓ Rendimiento

La producción neta de un colector varía dependiendo de la frecuencia de la niebla y de su densidad. La cantidad de agua en un metro cúbico de niebla se extiende a partir de 0,05 gramos a tanto como 3 gramos. En el caso de Chungungo, los colectores de la niebla recolectaron un promedio de 3 litros de agua por el metro cuadrado de recoger la superficie por día. En la configuración inicial, 50 colectores grandes de 48 metros cuadrados cada uno produjeron un promedio diario de cerca de 11,000 litros de agua. Esto proporcionó 33 litros de agua potable por día a cada uno de los 330 aldeanos. Antes de que los colectores de la niebla fueran construidos en Chungungo, el agua tuvo que ser llevada desde la ciudad mediante vehículos con un costo considerable para los residentes y el municipio que había subvencionado el precio del agua.

Los científicos primero utilizan los colectores pequeños de la niebla para determinar si un sitio tiene potencial para su explotación.



**Figura 60. Colectores para identificación de potencial.**

✓ El clima y sus factores

El potencial para extraer el agua de la niebla es una función de la cantidad de agua que contiene y la velocidad del viento. El contenido en agua de la niebla depende de su altitud. La frecuencia de la ocurrencia depende de la circulación atmosférica regional, de la temperatura del agua del océano y de la estabilidad y de la intensidad de los procesos de la inversión térmica. Si el fenómeno climático que produce la niebla es estable, la niebla formará regularmente, sin embargo su comportamiento puede variar a partir de un área a otra y las variaciones estacionales específicas que pueden ocurrir. En la costa del sudoeste de América del sur, especialmente en Chile, la condición niebla que produce es constante a través del año.

Uno de los proyectos más grandes ha proporcionado, desde su marcha en 1992, un promedio de 11000 litros de agua por día a una aldea de 330 personas en desierto árido de la costa de Chile del norte. Existen 22 países en seis continentes en donde las referencias bibliográficas evidencian las mayores posibilidades de explotación de las aguas de nieblas; sin embargo es evidente que mediante estudios meteorológicos y oceanográficos sobre una base mundial, conducirá a la conclusión que muchos otros países pueden tener el potencial sobre esta posibilidad.

✓ Factores geográficos

Los factores geográficos más importantes serán repasados brevemente aquí.

- Los vientos persistentes a partir de una dirección son ideales para la colección de la niebla.
- Un campo de dunas o de una montaña que se levante lo suficiente son necesarios para interceptar las nubes de la niebla que avanzan en la región.

- La región de la nube del stratocumulus, que tiene normalmente el contenido líquido más alto, está entre 400 m a la dirección del viento que trae la nube y la niebla del océano.
- Se debe intentar trabajar lo más cerca de la costa como sea posible, idealmente a 5 kilómetros, pero las posibilidades existen hasta los 25 kilómetros hacia el interior.
- Es muy importante que no haya obstáculo importante al viento dentro de algunos kilómetros del lugar de captación.
- La presencia de una depresión o de condiciones meteorológicas que calienten en forma ascendente durante el día causará un área de baja presión local. Esto realzará la brisa del mar y aumentará la velocidad del viento con la cual las cubiertas marinas de la nube fluyen sobre el terreno.

### c) Ventajas y desventajas

**Cuadro 27**

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• De fácil construcción y montaje sobre el sitio.</li> <li>• No se requiere de energía.</li> <li>• El mantenimiento y exigencias de reparación son generalmente mínimos.</li> <li>• La inversión de capital y otros gastos son bajo en comparación con aquellas con fuentes convencionales, sobre todo en regiones montañosas.</li> <li>• Tiene el potencial para crear comunidades viables en ambientes inhospitalarios y mejorar la calidad de vida para la gente en comunidades montañosas rurales.</li> <li>• La calidad de agua es mejor que de otras fuentes de agua usadas para la agricultura y usos domésticos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se requiere de mucha participación de los pobladores para su implementación y mantenimiento.</li> <li>• Si la captación no está cerca del punto de empleo, la tubería de conducción del agua puede ser muy costoso.</li> <li>• La tecnología es muy sensible a cambios de las condiciones climáticas que podrían afectar el contenido de agua y la frecuencia de presencia (acontecimiento) de nieblas.</li> <li>• El agua de niebla puede no estar acorde a las normas de calidad de agua potable debido a las concentraciones de cloro, nitratos y algunos minerales.</li> <li>• Como precaución se requiere reducir al mínimo impactos sobre el paisaje, flora y fauna de la región durante la construcción del sistema.</li> </ul>

### d) Costos

Los costos reales del sistema de captación de agua de niebla varían de acuerdo a la localización del sistema y sus características. En un proyecto en la región de Antofagasta, Chile, el costo de la instalación de un colector de niebla era estimado en \$90/m<sup>2</sup>, mientras que en otro el costo de un colector de 48 m<sup>2</sup> era aproximadamente \$378 (\$225 en materiales, \$63 en trabajo y \$39 en elementos incidentales). Este último sistema produjo una producción de 3,0 lts/m<sup>2</sup> de red por día. El artículo más costoso de este sistema es la tubería que lleva el agua del panel de la colección de la niebla al tanque de almacenaje situado en la aldea.

El mantenimiento y los gastos de explotación son relativamente bajos comparados a otras tecnologías. En el proyecto en Antofagasta, el costo de operación y de mantenimiento era estimado en \$600/año. Este costo es perceptiblemente menos que el del proyecto de Chungungo: los gastos de explotación en ese proyecto eran estimados en \$4 740 y los costos de mantenimiento en \$7 590 (dando por resultado un coste total de \$12 330/año).

Los costos de capital, los costos de funcionamiento y de mantenimiento son afectados por la eficacia del sistema de la colección, de la longitud de la tubería que lleva el agua de los paneles de la colección a los almacenes, y del tamaño del tanque de almacenaje. Por ejemplo, el costo unitario para un sistema con una eficacia de 2,0 lts/m<sup>2</sup>/día era estimado para ser \$4,80/1 000 lts. Si la eficacia fuera mejorada a 5,0 lts/m<sup>2</sup>/día, entonces el costo unitario sería reducido a \$1,90/1 000 lts. En el proyecto de Antofagasta, el costo unitario de producción era estimado en \$1,41/1000 lts con una producción de 2,5 lts/m<sup>2</sup>/día.

**Cuadro 28. Costo de Inversión de Capital y Vida útil de Componentes de Sistema de Colección de Agua de Niebla**

Componentes	Costo (\$)	%del costo total	Vida útil(años)
Captación	27680	22,7	12
línea de aducción	43787	35,9	20
Tanque de almacenamiento (100m <sup>3</sup> )	15632	12,8	20
Tratamiento	2037	1,7	10
Distribución	32806	26,9	20
TOTAL	121 942	100,0	

Como puede verse el costo sería imposible para una población rural, pero debe tenerse en cuenta que estos datos fueron tomados de un proyecto inicial con resultados tan favorables que incluso nos atreveríamos a decir que se hallaba sobredimensionado en ese momento para lo que se proyectó, ya que alcanzaba en algunos días del año cantidades inesperadas como la captación de 100000 lts al día cantidad por demás elevada frente a los 15000 lts que se producía en otros días. Prácticamente estamos hablando de 220 l por familia y por día; sin embargo, esta datación está muy por encima de lo mínimo requerido que es de 20 a 25 lts por día y por familia.

**e) Nivel de servicio**

El nivel de servicio para esta tecnología es multifamiliar y especialmente adecuado para comunidades de bajos recursos como las rurales dispersas, ya que la producción mediante este sistema puede abastecer de manera casi continua el caudal mínimo requerido por estas personas, el proyecto de donde se tomaron los datos para este informe abasteció de agua a una población inicial de 350 habitantes.

El sistema requiere de un tanque de almacenamiento a donde llega el agua captada por el sistema y luego a partir de este se pueden adaptar piletas públicas o en algunos casos mediante piletas domiciliarias.

## 5. Bibliografía

- Metodologías y Tecnologías Apropriadas en Proyectos de Saneamiento Básico Rural, Programa de Agua y Saneamiento en la Región Andina, julio 1999, La Paz - Bolivia
  - Experiencia de Saneamiento Básico en la Amazonía, Ministerio de Salud – DIGESA, 2000.
  - Abastecimiento de Agua a la Comunidad: La Opción de la Bomba Manual, Banco Mundial, Washington D. C., 1988.
  - Inventario de Tecnologías de Agua y Saneamiento en Guatemala: Utilizadas en Comunidades Rurales e Indígenas, OPS, 2003.
  - Tecnologías Apropriadas en Agua y Saneamiento, Banco Mundial – OPS, 2000.
  - Desinfección Solar: Guía de Aplicación, Programa de agua y saneamiento - SODIS; COSUDE – UNICEF, junio 2003.
  - Soluciones Innovadoras para el Suministro de Agua en Comunidades Rurales Dispersas de Honduras, Programa de agua y saneamiento, setiembre 2003.
  - Innovation for Development and South-South Cooperation, IDEASS, 2004.
  - Abastecimiento de Agua por Gravedad para Poblaciones Rurales Dispersas, Programa de Agua y Saneamiento, noviembre 2001.
  - Protección y Captación de Pequeñas Fuentes de Agua, FAO, febrero 2002.
  - Información Técnica en Agua y Saneamiento Rural, OPS – CEPIS, setiembre 2004.
  - Water for the World, Banco Mundial, 1983.
- ✓ Páginas Web:
- Domestic Roofwater Harvesting:  
<http://www.eng.warwick.ac.uk/DTU/rwh/index.html>
  - Source Book of Alternative Technologies for Freshwater Augmentation in Latin America and the Caribbean:  
<http://www.oas.org/usde/publications/Unit/oea59e/begin.htm#Contents>
  - Coastal fog Application:  
<http://www.idrc.ca/library/document/099135/>
  - Rainwater Harvesting:  
<http://www.rainwaterharvesting.org/Urban/ThePotential.htm>
  - Environment Canada's World Wide:  
[http://www.msc-smc.ec.gc.ca/acsd/publications/RMD\\_msc\\_report/service/service\\_9\\_e.html](http://www.msc-smc.ec.gc.ca/acsd/publications/RMD_msc_report/service/service_9_e.html)

- Rainwater Harvesting and Purification System:  
<http://www.bagelhole.org/article.php/Water/95/>
- Guía Latinoamericana de Tecnologías en Agua y Saneamiento:  
<http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/fulltext/saneamie/guia/guia.html>
- Bomba Manual India Mark II:  
<http://www.mific.gob.ni/DocuShare/dscgi/ds.py/GetRepr/File-3184/html#Subhead4>
- Fog Collection as a New Method of Water Supply:  
[http://www.toprak.org.tr/isd/can\\_63.htm](http://www.toprak.org.tr/isd/can_63.htm)
- Fogquest – Projects:  
[http://www.fogquest.org/Projects/peru\\_co/past\\_project.shtml](http://www.fogquest.org/Projects/peru_co/past_project.shtml)
- Fog Water Projects  
<http://www.nepalfriends.org/pages/fogproject.htm>