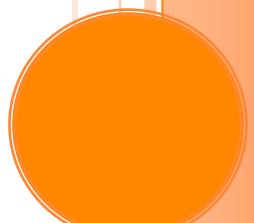


AGUA Y DESARROLLO HUMANO

**MÓDULO 3: TPDH EN
PROYECTOS DE COOPERACIÓN
DE AGUA**

TEMA 2: TECNOLOGÍAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA



ÍNDICE

Tema 2. Tecnologías de abastecimiento de agua	2
2.1. TECNOLOGÍAS APROPIADAS.....	2
2.1.1 Definición.....	2
2.1.2 Características.....	2
2.2. PASOS A SEGUIR PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA.....	2
2.2.1. Fuentes disponibles y su captación para el consumo	3
2.3. TECNOLOGÍAS PARA LA CAPTACIÓN DEL AGUA DE LLUVIA	4
2.3.1 Sistemas de techo y aljibe	5
2.3.2 Represas	7
2.4. TECNOLOGÍAS PARA LA CAPTACIÓN DE MANANTIALES.....	10
2.5. TECNOLOGÍAS PARA LA EXTRACCIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA.....	11
2.5.1. Perforación	11
2.5.2. Sellado del pozo	14
2.6. BOMBEO.....	15
2.6.1. Bombas de cuerda (bombas de mecate).....	16
2.6.2. Bombas de succión	16
2.6.3. Bombas de impulsión	17
2.6.4. Bomba de ariete.....	18
2.7. TECNOLOGÍAS PARA EL ALMACENAMIENTO	19
2.7.1. Tanques de ferrocemento	19
2.7.2. Presas subterráneas	20
2.8. TECNOLOGÍAS PARA LA POTABILIZACIÓN.....	21
2.8.1 Modelos domésticos para la mejora de la calidad del agua	21
2.8.2. Desinfección en redes de abastecimiento.....	22
2.9. BIBLIOGRAFÍA	23

TEMA 2. TECNOLOGÍAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

2.1. TECNOLOGÍAS APROPIADAS

2.1.1 Definición

Cuando se habla de Tecnologías Apropiadas, se suele hacer referencia tan solo a la aplicación de estas en las funciones específicas para las cuales fueron desarrolladas. Sin embargo, también son tecnologías apropiadas las que se desarrollen **de acuerdo a la disponibilidad de recursos** donde será utilizada y a su sostenibilidad para evitar gastos innecesarios, priorizar necesidades y mejorar el nivel de vida de acuerdo al costo-beneficio de cada tecnología. Con esta perspectiva, el concepto de Tecnología Apropiada es mucho más amplio. Se trata de las maneras de hacer, aprender y de resolver problemas, **adaptándose a las habilidades de las personas**, de modo que todo el proyecto está en obligación de perseguir la adecuación tecnológica en todos sus ámbitos (social, cultural, político, técnico, medioambiental...).

Un proyecto de agua y saneamiento básico será tecnológicamente adecuado si proporciona a la población los instrumentos adecuados para el desempeño de sus labores cotidianas, evitando la importación de modelos o tecnologías costosas que no se adecuan a sus necesidades. La población ha de conocer y aceptar las tecnologías que se implantan.

2.1.2 Características

Una tecnología adecuada debe tener las siguientes características:

- Poca inversión de dinero
- Uso de materiales disponibles en la región
- Más productiva que otras tecnologías más convencionales
- Pueden ser realizadas sin la necesidad de un alto nivel de educación
- Pueden ser producidas a pequeña escala
- Son flexibles, se adaptan al contexto en que se realizan

2.2. PASOS A SEGUIR PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA

En este capítulo se analizan las diferentes tecnologías para el abastecimiento de agua según la estructura descrita a continuación, siguiendo el flujo del agua desde su captación al punto de consumo:

- a) Fuentes disponibles y captación para el consumo
- b) Tipos de bombeo y tipos de fuente energética

- c) Almacenaje
- d) Potabilización – Desinfección
- e) Distribución

En el momento de diseñar el sistema antes de seleccionar la tecnología será necesario conocer la demanda del sistema y la cantidad y calidad de agua disponible.

El apartado de distribución está desarrollado en el siguiente tema.

2.2.1. Fuentes disponibles y su captación para el consumo

Dentro del ciclo del agua, esta se puede utilizar para el abastecimiento desde tres estados naturales:

- Agua de lluvia
- Agua superficial
- Agua subterránea

Existen pues diferentes métodos para captar y utilizar esta agua, dependiendo del estado en que se tome:

- Recogida de agua de lluvia y represas
- Pozos superficiales y profundos
- Toma de agua de ríos y lagos
- Captación de manantiales

Además, el agua de abastecimiento necesita tener una calidad de consumo adecuada, por lo que son necesarias también técnicas de almacenamiento y distribución y otras que aseguren su calidad (métodos de desinfección).

- Tanques
- Aljibes
- Canales, tuberías, galerías, acueductos
- Presas

La forma de captación y utilización de una u otra tecnología dependerá del tipo de agua disponible, de las características físicas del terreno y de los aspectos socioeconómicos de la población a quien va dirigido el proyecto.

2.3. TECNOLOGÍAS PARA LA CAPTACIÓN DEL AGUA DE LLUVIA

El abastecimiento con agua de lluvia es propio de regiones con largos períodos de sequía, pero donde existe una época de lluvias que proporciona cantidades suficientes para ser almacenada y utilizada en la época seca. También puede utilizarse como complemento a otro tipo de captación de agua.

Los sistemas de captación de lluvia se basan en dos elementos (Nardi, 2011):

- **Superficie de captación:** es la superficie en que cae el agua y desde donde se traslada a la zona de almacenamiento. En el caso de los sistemas de techo es el propio techo. En el caso de la represa, el sistema de captación es el suelo que forma una microcuenca, donde el agua corre y termina en ella.
- **Zona de almacenamiento:** es la zona donde se guarda el agua. Serían los aljibes, los tanques o la propia represa.

Para que un sistema de captación de agua de lluvia funcione de la mejor manera posible es necesario obedecer ciertos criterios:

- Que el agua se conserve con pocas pérdidas
- Que no se contamine
- Que alcance para todo el año



Gráfico 1. Techo y tanque para captación de agua de lluvia (localidad de Manhiça, Mozambique) construido por Intermon-Oxfam. Fuente: ESF, 2009.

2.3.1 Sistemas de techo y aljibe

Es necesaria una **superficie de captación de agua**, que suele ser el techo de las casas o edificios comunitarios (escuelas, centros sociales). Los techos deben ser limpiados frecuentemente y ser adecuados para este uso: no deben acumular vegetación ni contener pinturas metálicas u otros aditivos que puedan dar color o sabor inadecuado al agua. El agua captada se conduce a un tanque de almacenamiento o a un aljibe (tanque enterrado). El agua recogida con este método debe ser sometida a tratamiento de desinfección, por lo menos hervida.



Gráfico 2. Utilización del tejado de una casa para la captación de agua de lluvia (Nardi, 2011)

Sistemas para evitar la contaminación de los primeros litros de agua

Es necesario prevenir la entrada de elementos sólidos al tanque de almacenaje para prevenir la contaminación del agua. Por este motivo, se aconseja diseñar un sistema que permita rechazar los primeros litros de cada lluvia, que son los que arrastran la suciedad acumulada en el techo.

Algunos ejemplos de las técnicas utilizadas (adaptación Ros & Unzeta, 2010 y Nardi, 2011):

- 1) Manual: conectar el conducto desmontable al depósito una vez haya llovido un cierto volumen de agua. Es la forma más sencilla pero requiere que alguien esté pendiente. Otra versión es la cuchara de descarga que se coloca en el tubo justo antes de la entrada al depósito, se abre o se cierra según se quiere dejar entrar el agua o no.
- 2) Boya flotante: consiste en una antecámara que se llena de la primera agua, cuando está lleno el flotador tapa la entrada y el agua entre al tanque (ver figura).

- 3) Balanza: el agua del techo cae en un canal que tiene dos posiciones: conduce al depósito o a un recipiente. Cuando el recipiente está lleno la polea se mueve y el canal pasa a conducir el agua al depósito.
- 4) Decantador o depósito secundario.
- 5) Filtro de arena.

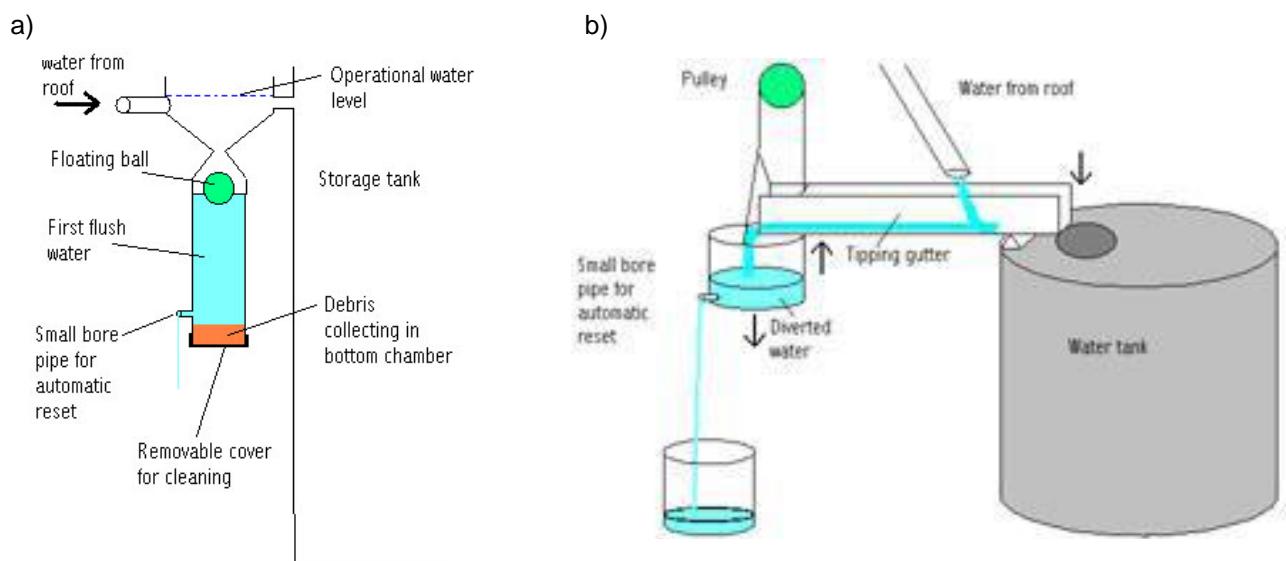


Gráfico 3. Boya flotante (a) y balanza (b). Fuente: Practical Action, 2008.

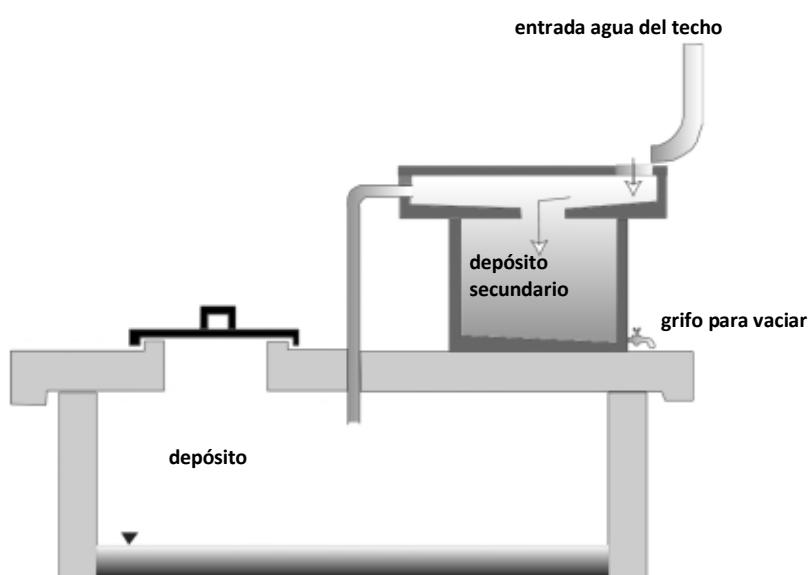


Gráfico 4. Esquema de un sistema de limpieza con depósito secundario. Fuente: Nardi, 2011.

Dimensionar un sistema de techo

El sistema de agua de lluvia debería dar agua para todo el año, por lo tanto tenemos que dimensionarlo con un volumen que aguante durante la época seca. Si la fuente de agua buena de una comunidad o familia es el agua de lluvia hay que tener mucho cuidado en reservar el agua para el consumo y no para limpieza o baños.

En primer lugar es necesario conocer un dato de precipitación media por año. Si por ejemplo el precipitación anual es de 400 mm equivale a 400 litros por metro cuadrado, multiplicando este valor por los metros cuadrados de techo obtenemos los litros que podemos almacenar.

Por causa de pérdidas por salpicaduras o por limpieza conviene descontar un 10% (eficiencia del 90%).

Así por ejemplo, si diseñamos un techo de 20 metros cuadrados obtendríamos los siguientes valores:

$$400 \text{ litros/m}^2 \times 20 \text{ m}^2 \times 0,90 = 7.200 \text{ litros}$$

Si consideramos un consumo mínimo de 8 litros por persona (beber y cocinar) y la familia cuenta con 4 miembros, tendremos una demanda mínima de 32 litros por día. Esta demanda equivale a 11.680 litros al año.

Por lo tanto, para satisfacer esta demanda necesitaremos un techo de las siguientes dimensiones:

$$11.680 \text{ litros} / (400 \text{ litros/m}^2 \times 0,90) = 32,4 \text{ m}^2$$

En relación al dimensionamiento del tanque de almacenaje es necesario tener en cuenta cuanto tiempo dura la época seca, normalmente entre 4 y 9 meses por año, y ajustar el volumen a este valor. Es importante optimizar el volumen del tanque porque representa el mayor coste de construcción.

2.3.2 Represas

Las represas son excavaciones en el terreno que acumulan el agua de escorrentía, mayoritariamente se destinan al consumo de los animales durante la época seca.

Algunos pueblos indígenas (en Argentina por ejemplo) la represa es un sistema de captación del agua de lluvia que viene de tiempos antiguos. En muchos casos la construcción de una represa nueva se realizará donde había una represa indígena.

Características de una represa

Una vez seleccionada la ubicación hay que pensar en la forma de la represa. Los principales enemigos de las represas son (adaptado de Nardi, 2011):

- La evaporación: acción del sol y del viento
- La infiltración por la base y las paredes

Algunos consejos sobre la mejor manera de diseñar una represa:

- **Forma alargada:** más largas que anchas en una proporción aproximada de 3 a 1 (60 de largo y 20 de ancho por ejemplo).
- **Lo más profunda posible** pero con prudencia para no llegar a una capa del terreno demasiado arenosa para retener el agua.
- **Orientada cruzada con los vientos** más fuertes porque los vientos provocan oleaje que puede desmoronar los bordes y llevarse más agua.
- **Suelo firme:** es necesario compactar la base para minimizar la infiltración, una técnica puede ser encerrar las cabras cuando acabe de llover (recién construida la represa) para que pisoteen la base, se creará una capa dura más impermeable que mejorará la durabilidad del agua.
- **Ubicación:** zonas bajas o donde se sepa que corre mucho el agua para garantizar que se pueda llenar cuando llueva. Se pueden utilizar fotos satelitales pero normalmente la experiencia de la gente de la comunidad sobra para decidir el lugar.

Esto serían cinco ideas básicas para que la represa conserve el agua el máximo tiempo posible. A partir de estos puntos existen muchas variaciones sobre la forma básica de la represa.



Gráfico 5. Imagen de represa en Argentina. Fuente: ESF.

Represas mejoradas

Son aquellas represas en las que se introduce algún elemento para que conserven mejor el agua o para que el mantenimiento sea menor. Algunas de estas mejoras (adaptación Nardi, 2011):

Bordos:

En las zonas muy áridas, con poca vegetación, conviene formar un bordo protector del viento, normalmente con el propio material de excavación en el momento de construcción.

Hay que construirlo a una cierta distancia (entre 10 y 15 m) del borde de la represa para evitar su desmoronamiento. También es importante que esté bien compactado y es importante no cerrar las entradas de agua.

Desarenador:

Consiste en una pequeña represa (aproximadamente 10% del tamaño de la grande) previa a la entrada del agua a la propia represa, donde el agua se acumula y sedimenta la tierra que viene arrastrando. De esta manera la represa tarda más en embarrarse y los trabajos de desbarre se limita al desarenador.

Ingreso:

El primer lugar por donde se desmorona la represa y pueden aparecer grietas es la zona de ingreso del agua. Para evitarlo es conveniente hacer la entrada de material: ya sea con mezcla o con ladrillos.

Como el agua entra a velocidad fuerte conviene también recubrir la base en la zona de entrada, construyendo así lo que se llama un **disipador de energía**. Así evitamos que se formen grietas.



Gráfico 6. Imagen de disipador de energía en una represa en Argentina. Fuente: ESF.

Cercado:

Es importante vallar la represa para controlar la entrada de los animales. Lo mejor sería que los animales no entraran para poder sacar el agua hacia unos bebederos, pero para esto es necesario un molino. Cuando el gasto no compensa por lo menos conviene manejar la entrada de los animales por una única puerta.

Dimensionamiento de una represa

Los datos necesarios para el dimensionamiento son:

- Los meses sin lluvia durante el año
- Cantidad de animales que van a tomar agua de la represa
- Tipo de suelo para saber si hay que impermeabilizar con material externo

Normalmente la precipitación no es un problema a la hora de dimensionar la represa, siempre que esta esté bien situada en una zona baja con mucha escorrentía se llenará.

En primer lugar se calcula el agua necesaria para los animales y se multiplica por los meses de sequía. Por causa de la evaporación e infiltración conviene tomar un factor de seguridad como por ejemplo 3.

$$\text{Volumen} = \text{Cantidad de agua necesaria en la seca} \times 3$$

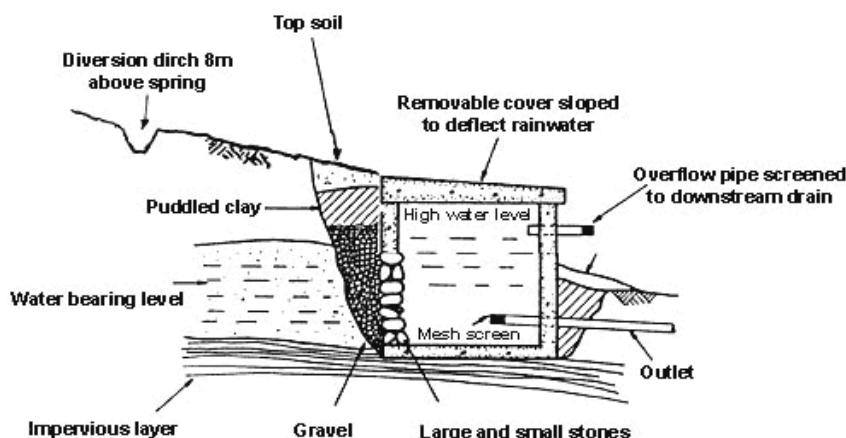
$$\text{Volumen} = \text{Largo} \times \text{Ancho} \times \text{Profundidad}$$

Para determinar las dimensiones en primer lugar se decidirá la profundidad, que estará determinada por el lugar. Hay que cavar un pozo en la zona de la represa para ver a qué profundidad aparece la arena y definir la profundidad de la represa medio metros antes.

Una vez definida la profundidad el largo y el ancho se diseñan manteniendo la relación de largo equivalente a 3 veces el ancho.

2.4. TECNOLOGÍAS PARA LA CAPTACIÓN DE MANANTIALES

Los manantiales surgen donde el nivel de agua natural corta al terreno. Es preciso escoger para el abastecimiento aquellos manantiales que mantienen el caudal a lo largo del año, independientemente de las lluvias. Para ello será preciso conocer el régimen de caudales y asegurarse de que la fuente no se seca antes de realizar la captación. Se presenta el diagrama de las características técnicas de una captación en un manantial.



Section through a spring tank

Gráfico 7. Sección de una captación en un manantial.

La captación tiene como finalidad facilitar la recolecta del agua, realizar un cierto almacenamiento asegurando un caudal adecuado, filtrarla y mantenerla en condiciones

adecuadas para el consumo. Aún así, el manantial **se debe proteger adecuadamente aguas arriba de la captación** frente a posibles focos de contaminación (zona con vegetación y protegida de vertidos nocivos o de presencia de animales).

2.5. TECNOLOGÍAS PARA LA EXTRACCIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA

La utilización del agua subterránea para abastecimiento de áreas rurales en países en desarrollo es a veces la única opción viable para el abastecimiento continuo a lo largo del año. Es el caso de zonas secas, donde el agua superficial y de lluvia es escasa o irregular y dónde las aguas superficiales están contaminadas. Es también el caso de zonas remotas, alejadas de otras fuentes naturales de agua, o topográficamente por encima de estas, hasta donde sería muy costoso transportar el agua.

El agua subterránea bien gestionada y protegida (sobre todo si esta es profunda) es bastante independiente de las variaciones temporales de caudal y suele ser de buena calidad, salvo acuíferos con problemas de compuestos naturales nocivos, por lo que es preciso un análisis químico completo del agua, previo a la instalación del pozo y la bomba definitivos.

La captación de agua subterránea supone una inversión relativa, ya que es preciso perforar, construir un pozo y colocar un sistema de bombeo. El coste de estas operaciones y materiales depende de la geología y la profundidad a la que se encuentre el acuífero. A continuación se citan varias tecnologías y se explican brevemente algunas de las más relevantes para la perforación y el bombeo de agua.

2.5.1. Perforación

Es preciso distinguir entre un pozo y un sondeo. Los **pozos** son excavaciones anchas y no muy profundas, normalmente excavados a mano en terrenos blandos y revestidos de ladrillo, bloques de cemento o mampostería. Captan acuíferos cercanos a la superficie por lo que están influenciados por las variaciones del nivel de agua en el suelo.

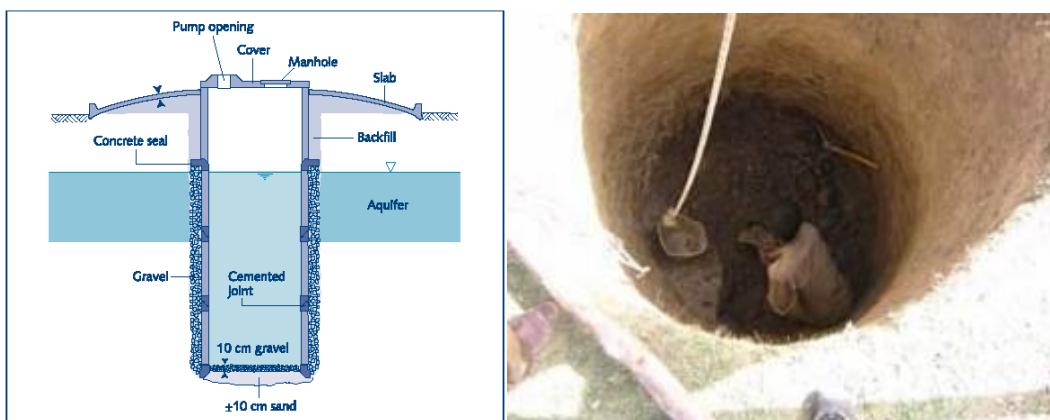


Gráfico 8. Características técnicas de un pozo y detalle de excavación manual.

Los **sondeos** son perforaciones de pequeño diámetro pero mucho más profundas. Se realizan con maquinaria capaz de perforar grandes profundidades. Dependiendo del tipo de material a perforar existen varias metodologías posibles, cada una con sus limitaciones:

Método	Máxima profundidad (m)	Diámetro (cm)	Formación Geológica	
			Ideal	No posibles
Perforación manual con rota sludge	25-30 (excepcionalmente 50)	120-200	Arcilla, limo, arena y grava, materiales compactados y grava no muy gruesa	Roca ígnea
Perforación manual con barrena	25-35	10-40	Materiales blandos y aluviales	Roca ígnea
Perforación con percusión	300	10-60	Todas	Ninguna
Perforación con rotoperCUSIÓN y circulación de fluidos	250	10-60	Arcilla, limo, arena estable y roca	Problemas con piedras grandes
Perforación con rotoperCUSIÓN y aire comprimido	250	10-50	Rocas metamórficas, dolomías y basaltos	Limo, grava, arcilla, arenisca, arena suelta

Gráfico 9. Descripción de métodos de perforación. Fuente: Traducido de Basteiro & Salvador, 2003.

En muchos países existen tradicionalmente métodos de perforación manuales capaces de hacer sondeos en materiales relativamente duros, aunque son más lentos. La tecnología ha adaptado máquinas de perforación a la situación de los países en desarrollo, existiendo muchas y diversas tecnologías. Se presentan algunos ejemplos de estas en las siguientes figuras:

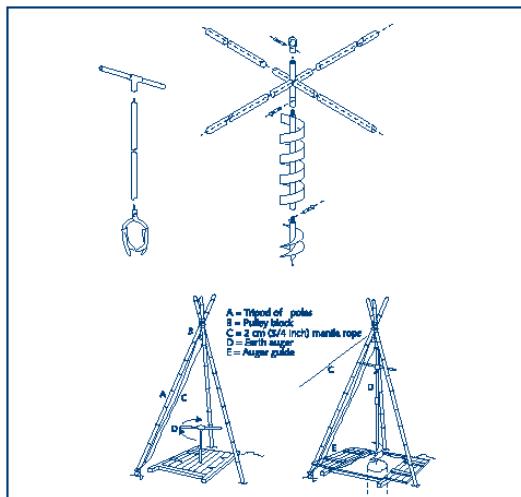


Gráfico 10. Material de perforación con el método de barrena manual.



Gráfico 11. Método de perforación manual con Rota sludge y cabeza de corte.



Gráfico 12. Maquinas PAT (Promotion of appropriate Technology) de rotopercusión, utilizadas por su bajo coste y peso.

2.5.2. Sellado del pozo

Una vez realizado el pozo y colocada la bomba, especialmente cuando se trata de bombas manuales, donde la población recoge el agua en el mismo sitio donde está situado el pozo, hay que prever los elementos necesarios para preservar la fuente de contaminación.

Los elementos más comunes son:

- Un paseo para recoger el agua que salpica en la fuente y conducirla hacia un sitio alejado, la plataforma encima del pozo debe tener una cierta pendiente hacia el exterior para que el agua escurra.
- Un pequeño canal para alejar el agua que escurre.
- Un dreno en el suelo para que el agua no se quede estancada.
- En el caso de existir ganado que bebe de la misma fuente debería colocarse un bebedero también alejado del pozo unos 15 metros.
- Un cierre perimetral para que no se aproximen animales a la fuente, normalmente realizado con material local.



Gráfico 13. Bomba manual con paseo y dreno en Funhalouro, Mozambique. Fuente: ESF, 2012.

2.6. BOMBEO

El sistema de bombeo debe adecuarse a las expectativas de la población en cuanto a cantidad de agua suministrada y prestaciones. La energía utilizada debe ser adecuada a la capacidad adquisitiva de la población y las características de la zona (eléctrica, gasóleo, solar, viento, hidráulica o manual). Los sistemas de bombeo en pozos anchos son además un sistema útil para mantener el agua protegida ante posible contaminación, sustituyendo al antiguo sistema de pozo abierto y explotado mediante cubos alzados a mano o con poleas.

Las poblaciones rurales de países en vías de desarrollo son a menudo pequeñas, aisladas y con bajo poder adquisitivo, por lo que la tecnología más ampliamente utilizada son las **bombas manuales** como la mejor opción coste-beneficio.

Las bombas manuales constituyen un método barato de conseguir agua segura para la población, son inofensivas al medioambiente, relativamente simples de operar y gestionadas por la propia comunidad.

Las principales ventajas características de las bombas manuales más desarrolladas son:

- Profundidades hasta 70-80 m (según la tipología).
- Caudales pequeños: adecuadas para pequeños núcleos de gente.
- No necesitan carburante o electricidad para funcionar.
- Coste bajo.
- Capacidad de bombeo suficiente y adecuada a las necesidades de la comunidad.
- Fáciles de mantener y reparar.
- Adaptable a otras fuentes de energía (animales, viento...).

Por otro lado, las **bombas no manuales** agrupan bombas helicoidales, centrífugas, sumergibles, etc. Sus ámbitos de aplicación más adecuados son:

- Pozos con una profundidad superior a 70-80 m.
- Sistema con un manantial ubicado bajo el nivel de la comunidad y un tanque de almacenamiento.
- Necesidad de un caudal mayor que el proporcionado por una bomba manual.
- Comunidades que se puedan permitir los costes de operación, mantenimiento y amortización.

Se distinguen varios tipos de bombas manuales:

2.6.1. Bombas de cuerda (bombas de mecate)

Muy utilizadas en Centroamérica. Baratas y fáciles de reparar y construir por la propia población. El sistema de bombeo sigue el principio de una cadena de bicicleta, donde la cadena es una cuerda con una serie de pistones que al moverse van a empujar el agua dentro de una tubería a medida hasta la superficie (ver figura). El mecanismo se acciona con una rueda, que puede ser la de una bicicleta.

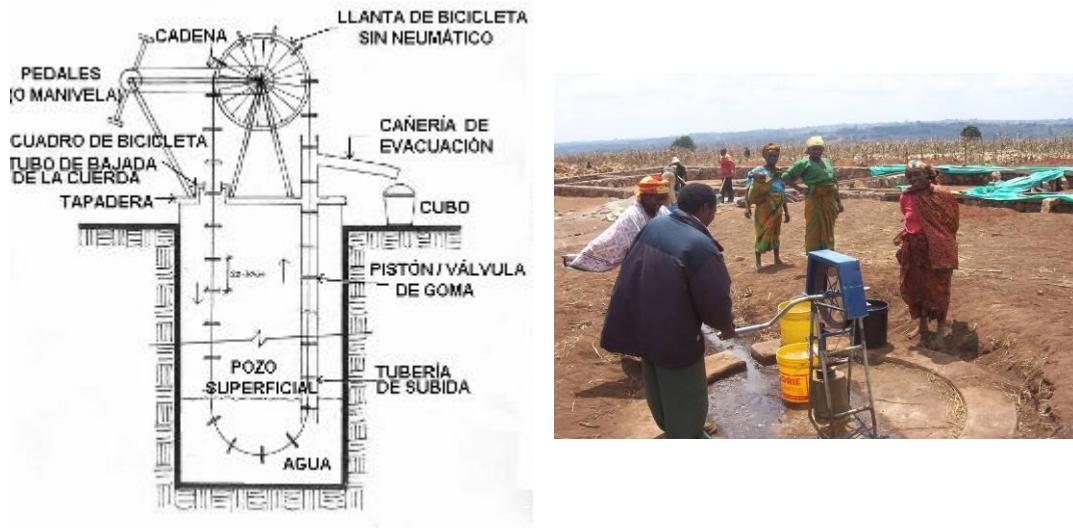


Gráfico 14. Mecanismo básico de funcionamiento de una bomba de cuerda y bomba de mecate en el sur de Tanzania.

2.6.2. Bombas de succión

En este caso la impulsión se produce por la succión que provoca la diferencia de presión atmosférica con la que existe en el agua. La bomba se coloca por encima de la superficie. El agua se eleva hasta la superficie gracias a un émbolo. Solo utilizable en caso de agua a poca profundidad (hasta 7 m).

2.6.3. Bombas de impulsión

Existen multitud de modelos y adaptaciones con distintas características y adaptadas a distintas profundidades. También funciona con un émbolo y la fuerza de impulsión puede ser directa (hasta 15 m) o por presión hidráulica (pueden superar los 50 m).



Gráfico 15. Bomba de acción directa tipo TARA en la india

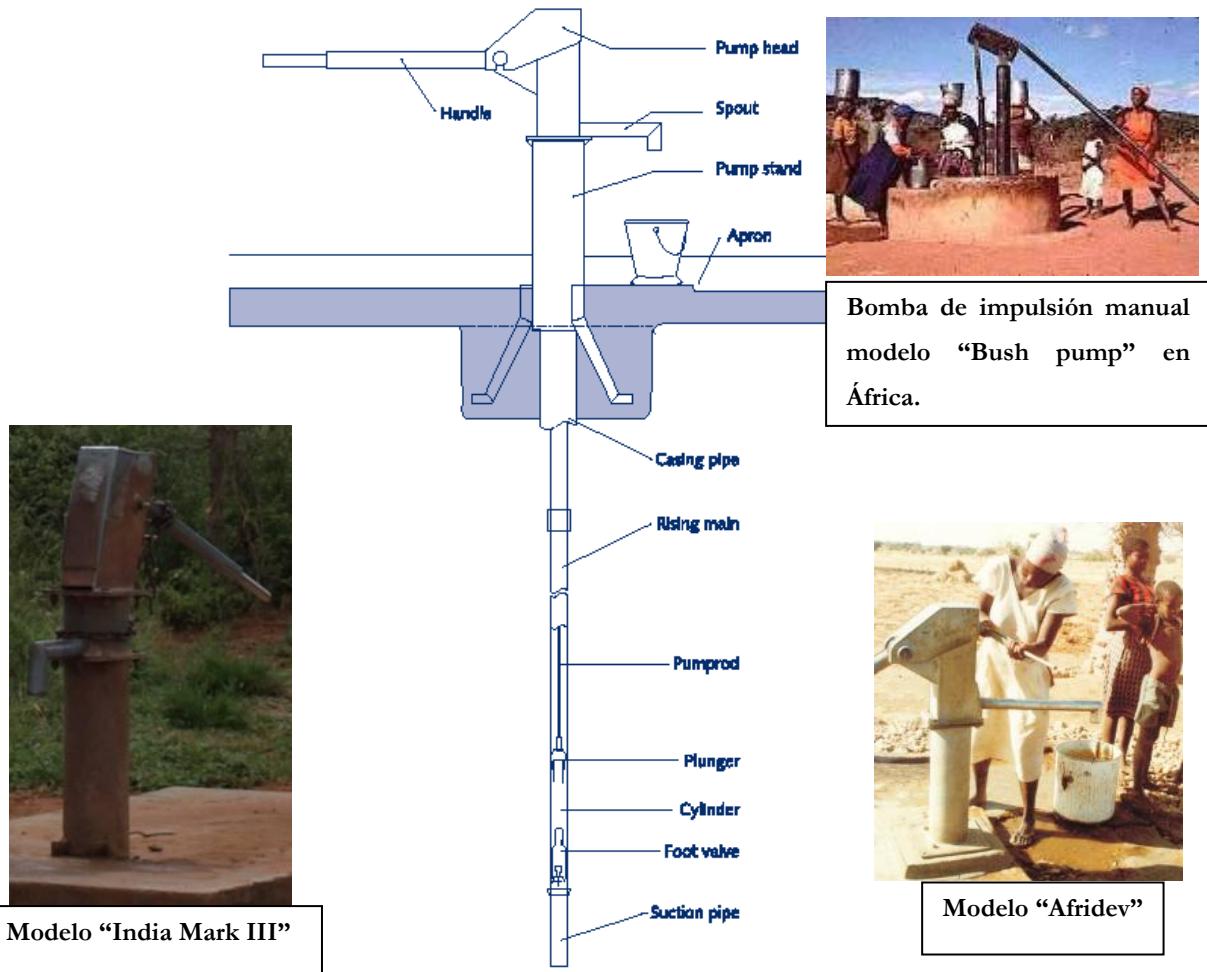


Gráfico 16. Partes integrantes de una bomba de impulsión por presión hidráulica y varios modelos.

2.6.4. Bomba de ariete

Esta bomba usa la energía producida por un volumen relativamente grande de agua cayendo desde una corta altura, para bombejar una pequeña cantidad de agua a una altura mucho mayor. Utiliza el agua captada desde un río, un lago, etc. Almacenando agua en un tanque de alimentación, se asegura una entrada constante de líquido a la bomba.

Tampoco utiliza combustible y es fácil de fabricar, mantener y reparar, por lo que es una buena opción cuando se dan las circunstancias propicias.

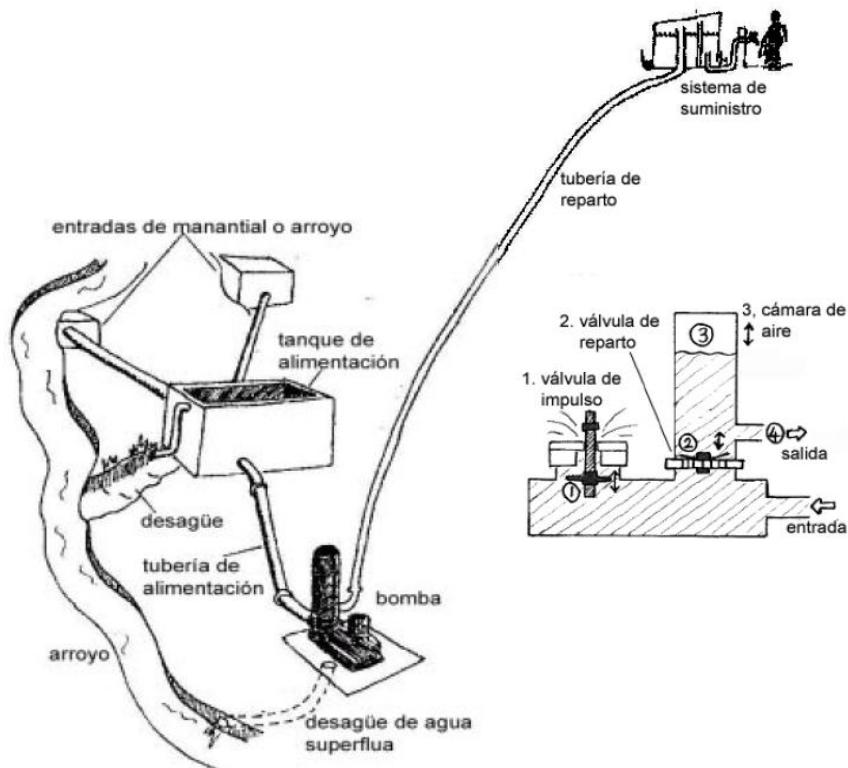


Gráfico 17. Esquema del sistema de impulsión con bomba de ariete

2.7. TECNOLOGÍAS PARA EL ALMACENAMIENTO

El almacenamiento en los sistemas de abastecimiento de agua puede ser necesario en varios puntos, el más común es el depósito de distribución en la cabecera de la red, otras necesarios pueden ser los tanques de bombeo o los tanques domiciliarios para acumular el agua de lluvia.

Existen varios tipos de tanque en función de su tamaño y de su disponibilidad en el mercado, algunos de ellos son: tanques plásticos, tanques de bloques, tanques australianos, tanques de ferrocemento, aljibes.

2.7.1. Tanques de ferrocemento

Una de las tecnologías para el almacenamiento de agua más sencilla y apropiada para zonas rurales son los **tanques de ferrocemento**. Esto se debe a su bajo coste, las características técnicas, la disponibilidad de los materiales y su facilidad de construcción por la propia comunidad. Los principales componentes del ferrocemento son la matriz de mortero, la armadura de refuerzo, los aditivos y una capa protectora contra la corrosión (los dos últimos opcionales).



Gráfico 18. Armadura de un tanque de ferrocemento para la recogida de agua de lluvia.

2.7.2. Presas subterráneas

Otra tecnología innovadora para el almacenamiento de agua son las **presas subterráneas**. Se utilizan en regiones tropicales con regímenes de lluvia irregulares y donde existe una época de lluvias copiosas, muy importantes cada cierto número de años (fenómeno Niño). También debe existir la geomorfología adecuada.

La presa se sitúa en dirección perpendicular a valles rocosos o barrancos, llenos de arena o material sedimentario, donde el suelo rocoso se encuentra a poca profundidad. Se trata de construir un cajón de arena gigante, dónde la presa actuará como freno al agua infiltrada en la arena del valle, evitando que se pierda por escorrentía y almacenándola, creando un acuífero subsuperficial que podrá ser explotado todo el año mediante un pozo somero en el valle o una tubería colocada en la pared de la presa. El propio terreno actúa como filtro natural para el agua y esta se mantiene fresca y protegida de la evaporación al estar enterrada.

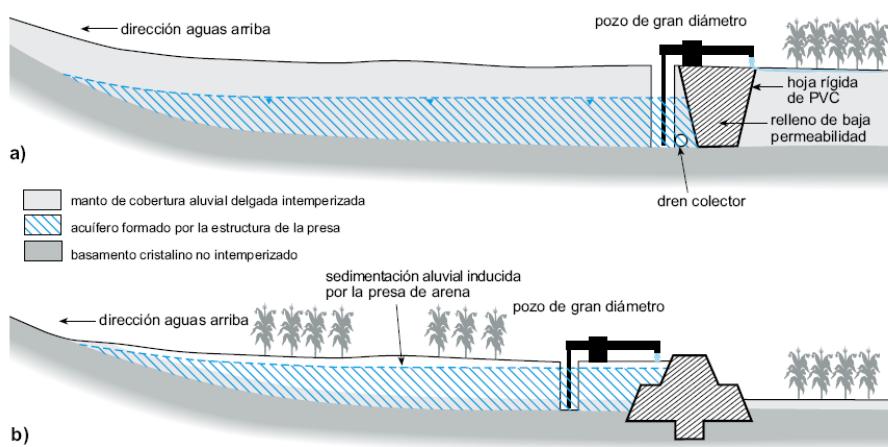


Gráfico 19. Presa subterránea y explotación de agua en el valle con un pozo

2.8. TECNOLOGÍAS PARA LA POTABILIZACIÓN

Es muy común el uso de agua superficial para consumo humano, ya sea proveniente de la lluvia, almacenada en pozos tradicionales abiertos, de ríos o lagunas. Esta agua superficial suele estar contaminada, por lo que se recomienda su tratamiento a nivel doméstico. El tratamiento más básico consistirá en la clarificación (eliminar la turbidez del agua debida a partículas en suspensión) y su posterior filtrado y/o desinfección. La tecnología para la depuración del agua dependerá de los requerimientos y del poder adquisitivo de las familias.

Las redes de abastecimiento de agua, por pequeñas que sean, deben garantizar una mínima calidad del agua para evitar problemas de salud. Esto significa que en el diseño debe preverse un sistema de desinfección del agua.

2.8.1 Modelos domésticos para la mejora de la calidad del agua

Métodos de clarificación

La clarificación del agua puede hacerse por simple reposo, dejando que las partículas se depositen en el fondo de un recipiente y aprovechando sólo el agua clara superficial y desecharlo. También se pueden aplicar sustancias al agua que atrapen estas partículas, para lo que es necesario conocer las dosis y la preparación adecuada (pepas de durazno y habas, alumbre, sulfato de aluminio...entre otros). También se puede filtrar con un paño tupido. Ninguno de los métodos de clarificación son suficientes para el consumo de agua segura, es necesario un filtrado lento o una desinfección posterior.

Métodos de filtrado

El más común es el filtro lento de arena, del cual se presenta un esquema en la siguiente figura. Es un método muy barato y eficaz de reducción de bacterias, quistes, huevos de parásitos, virus y material orgánico en el agua. También reduce la turbidez.

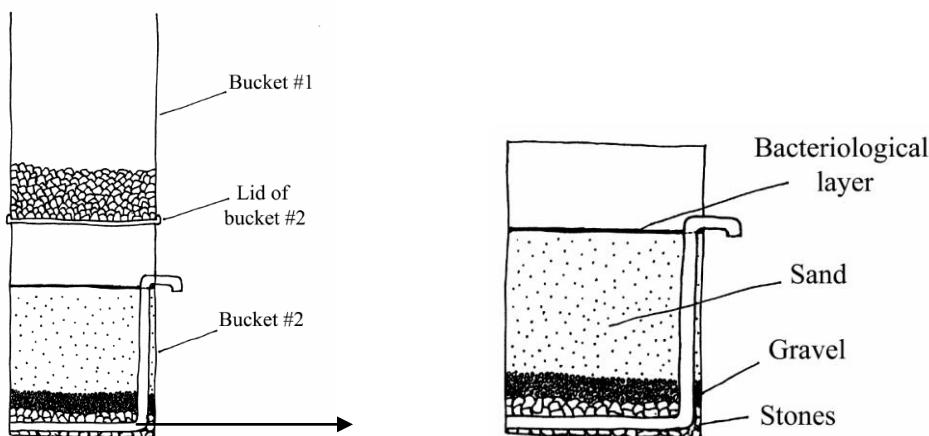


Gráfico 20. Esquema de un filtro de arena para la depuración de agua a nivel domiciliar

Si se tiene un tanque de ferrocemento para almacenamiento del agua de lluvia se puede incorporar a este una columna de filtrado. Los filtros tienen una capa biológica que necesita mantenimiento y cuidados para ser efectiva, ya que son estas bacterias las que eliminan los agentes patógenos.

Métodos de desinfección

Entre los métodos más comunes se pueden citar:

- Hervido. Bastante efectivo para pequeñas cantidades de agua clara, aun cuando presente materia orgánica.
- Cloración. Se utiliza cloro o sus derivados para desinfectar el agua. Para la desinfección doméstica el más usado es el hipoclorito de calcio.
- Electrolitos (método Salinec). Se trata de producir hipoclorito de sodio in situ mediante电解解 of una solución de salmuera.
- Rayos UVA. Desinfección mediante la exposición solar del agua a la radiación solar. (método Sodis)



Gráfico 21. Procedimiento para la exposición en el método Sodis. Fuente: Fundación Sodis, 2003.

2.8.2. Desinfección en redes de abastecimiento

La desinfección más extendida y utilizada es la desinfección por cloro. La dosificación de cloro normalmente se aplica en los tanques de distribución o en las propias tuberías de salida del depósito, la desinfección en línea.

Uno de los aspectos a tener en cuenta antes de la construcción del sistema es que el cloro cambia el sabor del agua y muchas veces provoca rechazo por parte de la población. Es necesario una sensibilización previa y adoptar las medidas que se encuentren en cada caso, como por ejemplo, hacer una cloración gradual para que los consumidores se vayan acostumbrando al sabor.

Para diseñar una desinfección por cloro hay que tener en cuenta el **cloro residual**, normalmente deberá tener un valor entre 0,2 y 0,6 ppm. El cloro residual se refiere a la concentración necesaria en los puntos de consumo. Despues de la cloración en el depósito o en un punto aguas arriba, el cloro se va disipando, hay que garantizar que no desaparece por completo para evitar una recontaminación.

La calidad del agua en una red depende principalmente de dos factores (adaptado de Arnalich 2007) relacionados con el envejecimiento del agua, que significa, tiempo que el agua pasa en la red:

1. **Tiempo de contacto mínimo** entre el cloro y el agua de 30 minutos para garantizar la desinfección, en los sistemas sin depósito puede ser complicado.
2. **Tiempo de permanencia** en la red que no sea superior a 1 día para evitar la degradación de su calidad. Este factor no es invariable ya que en una red nueva, con muy pocas fugas la calidad se mantendrá mucho mejor que en una red antigua.

En una red arborescente la peor calidad siempre se encontrará en los extremos, donde el agua ha permanecido más tiempo en las tuberías.

2.9. BIBLIOGRAFÍA

Arnalich, S. (2007), *Aqua y Cooperación*, UMAN, Ingeniería para las personas.

Basteiro, L. & Salvador, I. (2003), *Manual de Criteris Tècnics per Projectes d'Aigua a Etiòpia*, INTERMON OXFAM – ESF.

Fundación Sodis (2003), *Desinfección Solar del Agua*, Heierhofer, R. & Wegelin, M., Indeart S.A.C., Lima.

Nardi, A. (2011), *El agua en nuestras comunidades*, Ingeniería Sin Fronteras, Icaria Editorial.

Practical Action (2008), *Rainwater Harvesting*, Ahmed S., Technical brief

Ros, C. & Unzeta, C. (2010), *Estudo dos Recursos e Necessidades Hídricas do Distrito de Funhalouro*, UNAC – ESF.