

Bombas de Agua Manuales: Tipos, Construcción e Instalación

Autor: EA4IPV

Fecha: 23/03/2026

Categoría: Higiene y Prevención

Etiquetas: Sin etiquetas

Bombas de Agua Manuales: Tipos, Construcción e Instalación

Las bombas de agua manuales han sido durante siglos la tecnología principal para extraer agua subterránea en comunidades rurales de todo el mundo. Según datos de UNICEF y la Rural Water Supply Network (RWSN), más de 1,2 millones de bombas manuales están actualmente en servicio en África subsahariana y el sudeste asiático. En un escenario de colapso energético o emergencia prolongada, una bomba manual bien instalada puede proporcionar entre 10 y 40 litros por minuto desde profundidades de hasta 80 metros, dependiendo del tipo de bomba. Organizaciones como Water Aid y Practica Foundation han documentado extensamente diseños que pueden fabricarse con materiales locales, haciendo de estas bombas una de las tecnologías de resiliencia hídrica más fiables y accesibles que existen.

Principios hidráulicos fundamentales

Todas las bombas manuales funcionan sobre dos principios físicos básicos: la presión atmosférica y el desplazamiento positivo. La presión atmosférica al nivel del mar es de aproximadamente 101,3 kPa (1 atm), lo que teóricamente permite elevar una columna de agua hasta 10,33 metros. En la práctica, debido a pérdidas por fricción, sellado imperfecto y altitud, las bombas de succión rara vez superan los 7 metros de elevación efectiva. Para profundidades mayores se requieren bombas de desplazamiento positivo donde el pistón o mecanismo se sitúa sumergido dentro del pozo, empujando el agua hacia arriba en lugar de succionarla.

Tipo de bomba

Profundidad máxima

Caudal típico

Complejidad de fabricación

Materiales principales

Bomba de succión (pistón elevado)

7 m

20-40 L/min

Baja

Tubo PVC, cuero o caucho, madera

Bomba de pistón sumergido (Afridev)

30-45 m

10-20 L/min

Media

PVC, varillas de acero, caucho

Bomba India Mark II

50 m

12-16 L/min

Alta

Acero galvanizado, latón, cuero

Bomba de sogá (mecate)

50-80 m

10-15 L/min

Baja

Cuerda de nylon, discos de caucho, tubo PVC

Bomba de diafragma

15-20 m

15-25 L/min

Media

Caucho reforzado, PVC, acero

El concepto de altura manométrica total (AMT) es crucial para dimensionar correctamente una bomba. La AMT incluye la altura estática de succión (distancia vertical desde el nivel del agua al eje de la bomba), la altura de impulsión (distancia vertical desde la bomba hasta el punto de descarga) y las pérdidas por fricción en las tuberías. Para tubos de PVC de 50 mm de diámetro, las pérdidas por fricción son aproximadamente 2 metros por cada 100 metros de tubería horizontal a caudales de 15 L/min.

Bomba de sogá (mecate): la más replicable

La bomba de sogá, desarrollada y popularizada en Nicaragua durante los años 1980 por el proyecto Bombas de Mecate con apoyo de cooperación holandesa, es probablemente la bomba manual más fácil de fabricar con materiales locales. Más de 70.000 unidades se han instalado en Centroamérica según datos de la Fundación Bomba de Mecate. Su diseño consiste en una cuerda sin fin (bucle continuo) con discos de goma o plástico espaciados uniformemente que actúan como pistones dentro de un tubo ascendente de PVC.

Cuerda: Nylon trenzado de 6-8 mm de diámetro. La cuerda debe formar un bucle continuo que baja al pozo por fuera del tubo y sube por dentro. Longitud total = $2 \times \text{profundidad del pozo} + 3$ metros adicionales para el recorrido por la polea y la guía superior.

Discos pistón: Recortes circulares de neumático viejo o caucho de 3-4 mm de grosor. El diámetro debe ser 1-2 mm menor que el diámetro interior del tubo ascendente. Se atan a la cuerda cada 1 metro con nudo doble o abrazaderas de alambre.

Tubo ascendente: PVC de 1 a 1,5 pulgadas de diámetro interior. Se sumerge hasta 1-2 metros por debajo del nivel estático del agua. La parte inferior lleva un ensanchamiento o campana que facilita la entrada de

agua y discos.

Rueda motriz: Aro de bicicleta, neumático de carro o rueda de madera de 40-60 cm de diámetro. Se monta en un eje horizontal con rodamientos o bujes de bronce. La cuerda se enrolla sobre la rueda y la fricción la arrastra al girar la manivela.

Guía superior y vertedero: Un codo de PVC de 90° en la parte superior del tubo dirige el agua hacia un balde o canal de descarga. La guía debe estar ligeramente inclinada para facilitar el flujo por gravedad.

El rendimiento depende de la velocidad de giro y la profundidad. A 10 metros de profundidad, una persona puede extraer cómodamente 40-60 litros en 5 minutos. A 30 metros, el mismo esfuerzo produce 15-20 litros en 5 minutos. La ventaja principal de la bomba de sogas es que cualquier componente puede reemplazarse individualmente sin herramientas especiales: la cuerda se empalma, los discos se reemplazan cortando nuevos del neumático y el tubo de PVC se conecta con uniones estándar.

Bomba de pistón de PVC: fabricación paso a paso

La bomba de pistón de PVC es la opción más común para pozos poco profundos (hasta 7 metros). El cilindro se fabrica con un tubo de PVC de 63 mm o 75 mm de diámetro, y el pistón con un disco de caucho o cuero sujeto a una varilla. El funcionamiento se basa en dos válvulas de retención (check valves): una en la base del cilindro (válvula de pie) y otra en el pistón.

Para fabricar la válvula de retención se necesita un disco de PVC que ajuste dentro del cilindro, con un orificio central de 20-25 mm. Sobre este orificio se coloca un flap de cuero o caucho flexible sujeto por un lado con un remache o tornillo de acero inoxidable. Cuando el pistón sube, la succión abre la válvula de pie (entra agua al cilindro) y cierra la válvula del pistón (el agua sobre el pistón se eleva). Cuando el pistón baja, la válvula de pie se cierra (retiene el agua) y la del pistón se abre (el agua pasa a través del pistón hacia arriba).

Cilindro: Tubo PVC presión de 63-75 mm × 40-60 cm de largo. Debe ser PVC de presión (PN10 o superior), no de saneamiento, para soportar los esfuerzos mecánicos sin deformarse.

Pistón: Disco de polietileno de alta densidad (HDPE) o madera dura torneada, con junta de cuero o doble O-ring de caucho. Se conecta a la varilla con un tornillo pasante de acero inoxidable M8 o M10.

Varilla del pistón: Barra de acero inoxidable o galvanizado de 10-12 mm de diámetro. Para profundidades superiores a 3 metros, usar varilla roscada con manguitos de unión cada 1,5 metros.

Palanca: Tubo de acero de 25-30 mm o madera dura de sección 50×50 mm, con longitud de 80-120 cm. El punto de pivote se sitúa a un tercio de la longitud desde el extremo de conexión a la varilla, proporcionando ventaja mecánica 2:1.

Mantenimiento preventivo: Las juntas de cuero del pistón se desgastan cada 6-12 meses según la frecuencia de uso y la calidad del agua. Mantener siempre juntas de repuesto preparadas. Las válvulas de pie deben inspeccionarse anualmente extrayendo el cilindro del pozo. Aplicar grasa alimentaria (no aceite

de motor) a las juntas cada 3 meses.

Instalación y protección sanitaria del cabezal

La correcta instalación del cabezal de la bomba es tan importante como la propia bomba. Un cabezal mal sellado permite la infiltración de agua superficial contaminada al pozo, anulando las ventajas de extraer agua subterránea. La OMS recomienda en sus Guías para la Calidad del Agua Potable (4ª edición, 2011) que el brocal del pozo se eleve un mínimo de 30 cm sobre el nivel del terreno y que se construya una plataforma de hormigón (delantal) de al menos 1 metro de radio alrededor del pozo.

Plataforma de hormigón: Losa circular o cuadrada de 2×2 metros mínimo, con espesor de 10-15 cm y pendiente del 2-3% hacia un canal de drenaje que aleje el agua derramada del pozo. La mezcla recomendada es 1:2:3 (cemento:arena:grava) con relación agua/cemento de 0,5.

Sello sanitario: El espacio anular entre el tubo de revestimiento del pozo y la perforación debe rellenarse con lechada de cemento (mezcla 1:1 cemento:agua) hasta una profundidad mínima de 3 metros. Esto impide que el agua superficial migre hacia el acuífero por el exterior del revestimiento.

Canal de drenaje: Canal de hormigón de 15-20 cm de ancho y 10 cm de profundidad que conduzca el agua derramada al menos 5 metros del pozo, preferiblemente hacia un huerto o zona de infiltración controlada.

Valla de protección: Cercar un perímetro de 10-15 metros alrededor del pozo para impedir el acceso de animales. Las heces de ganado son una de las fuentes principales de contaminación bacteriológica de pozos según múltiples estudios del programa WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme.

El drenaje correcto del agua sobrante es frecuentemente descuidado. El agua que se derrama durante el bombeo forma charcos que favorecen la proliferación de mosquitos vectores de enfermedades como malaria, dengue y chikungunya. Además, si el agua se infiltra cerca del pozo, puede arrastrar contaminantes superficiales al acuífero. Un buen diseño incluye siempre un canal de desagüe y una zona de infiltración alejada.

Selección de la bomba según contexto y profundidad

La elección del tipo de bomba depende de cuatro factores principales: la profundidad del nivel freático, la capacidad de fabricación y mantenimiento local, el número de usuarios y el presupuesto disponible.

Escenario

Bomba recomendada

Justificación

Pozo superficial (

Pistón de PVC casero

Materiales accesibles en cualquier ferretería, fabricación en 2-3 horas

Pozo medio (7-30 m), comunidad pequeña

Bomba de sogá

Bajo coste, mantenimiento comunitario, piezas reemplazables localmente

Pozo profundo (30-50 m), uso intensivo

Afridev o India Mark II

Diseñadas para alta durabilidad y mantenimiento comunitario (VLOM)

Emergencia temporal, cualquier profundidad

Bomba de sogá improvisada

Puede construirse en menos de un día con materiales rescatados

Riego agrícola, volumen alto

Bomba de diafragma o pistón doble

Mayor caudal por ciclo, menor fatiga del operador

El concepto VLOM (Village Level Operation and Maintenance) desarrollado por el Banco Mundial en los años 1980 sigue siendo el estándar para bombas manuales comunitarias. Una bomba VLOM se puede mantener con herramientas básicas (llaves, alicates, destornillador) y piezas que se consiguen en mercados locales. Las bombas Afridev e India Mark III fueron diseñadas específicamente bajo este principio, y sus especificaciones técnicas están disponibles gratuitamente a través de RWSN (Rural Water Supply Network).

 Advertencia: Esta información es orientativa y educativa. En situaciones de emergencia real, consulte a profesionales cualificados siempre que sea posible. No ponga en riesgo su vida ni la de otros sin la formación adecuada.