

Sistemas de Bombeo Manual de Agua: Tipos, Profundidad Máxima y Mantenimiento

Autor: EA4IPV

Fecha: 23/03/2026

Categoría: Higiene y Prevención

Etiquetas: Sin etiquetas

Sistemas de Bombeo Manual de Agua: Tipos, Profundidad Máxima y Mantenimiento

Las bombas manuales de agua constituyen una tecnología fundamental para la autosuficiencia hídrica cuando no hay suministro eléctrico. Desde pozos poco profundos hasta perforaciones de más de 100 metros, existen diseños adaptados a cada profundidad y necesidad. La OMS estima que más de 1.000 millones de personas en el mundo dependen de bombas manuales como fuente principal de agua potable. Comprender los principios físicos, las limitaciones reales de cada tipo y los requisitos de mantenimiento permite seleccionar e instalar el sistema correcto para cada situación. El límite teórico de succión es de 10,33 metros (la altura de una columna de agua que la presión atmosférica puede sostener a nivel del mar), lo que determina una división fundamental entre bombas de succión (pozos superficiales) y bombas de presión positiva (pozos profundos).

Principios físicos: succión vs. presión positiva

Toda bomba manual de agua se basa en crear una diferencia de presión que fuerce el agua a moverse. Existen dos principios fundamentales:

Bombas de succión (aspiración): El mecanismo de bombeo (pistón, diafragma) está situado por encima del nivel del agua. Al crear vacío parcial, la presión atmosférica empuja el agua hacia arriba por la tubería de succión. El límite teórico es 10,33 m a nivel del mar ($1 \text{ atm} = 101.325 \text{ Pa} = 10,33 \text{ m de columna de agua}$). En la práctica, debido a pérdidas por fricción, imperfecciones del sellado y altitud, el límite real es de 6-7 metros de profundidad de succión.

Bombas de presión positiva (de cilindro sumergido): El cilindro y pistón están sumergidos por debajo del nivel del agua (dentro del pozo). El esfuerzo manual empuja el agua hacia arriba desde el punto de bombeo. No hay límite teórico de profundidad (solo la fuerza humana disponible). Permiten bombear desde 10 hasta más de 100 metros de profundidad.

Parámetro

Bomba de succión

Bomba de presión positiva

Profundidad máxima

6-7 m prácticos

> 100 m

Ubicación del cilindro

En superficie

Sumergido en el pozo

Facilidad de mantenimiento

Alta (todo accesible)

Baja (hay que extraer la tubería)

Coste

Bajo

Medio-alto

Caudal típico

10-40 L/min

5-20 L/min

Esfuerzo requerido

Bajo-medio

Medio-alto

Tipos principales de bombas manuales

Bomba de pistón de succión (tipo pitcher pump): La más simple y económica. Pistón con válvula de retención dentro de un cilindro en superficie. Un mango de palanca acciona el pistón. Profundidad máxima: 6-7 m. Caudal: 15-40 L/min. Aplicaciones: pozos poco profundos, aljibes, depósitos enterrados. Requiere cebado (llenar el cilindro con agua para crear el sello inicial). Coste: 30-150 € según materiales.

Bomba de pistón de profundidad (India Mark II/III, Afridev): Diseño robusto con cilindro sumergido conectado por varillaje a un mango de palanca en superficie. La India Mark II (desarrollada por UNICEF/ Gobierno de India en los años 70) es el estándar mundial para pozos de 10-50 m. Profundidad máxima: hasta 50 m (India Mark II) o 45 m (Afridev). Caudal: 12-17 L/min a 25 m de profundidad. El pistón, cilindro y válvulas están sumergidos; para reparación hay que extraer toda la varilla y tubería ascendente.

Bomba de sogá (rope pump): Diseño centroamericano perfeccionado en Nicaragua en los años 80. Una cuerda (soga) con pistones de goma o plástico espaciados cada 1-2 m circula dentro de una tubería de PVC sumergida, impulsada por una rueda manual en superficie. Cada pistón arrastra una columna de agua entre él y el siguiente. Profundidad: hasta 40-60 m con diámetros de tubería reducidos. Caudal: 10-25 L/min a 20 m. Ventajas: fabricación local con materiales comunes, mantenimiento muy sencillo (reemplazar pistones o sogá), bajo coste (20-80 €). Es la bomba más recomendada por la ONG Water for All para comunidades rurales.

Bomba de diafragma (tipo Vergnet): Utiliza un diafragma de elastómero en lugar de pistón y cilindro. El bombeo comprime y descomprime el diafragma mediante una varilla flexible o cable. Modelo Vergnet HPV: profundidad hasta 120 m. Ventaja principal: no hay pistón metálico ni cilindro que se desgaste; el diafragma es la única pieza de desgaste y se reemplaza sin extraer la tubería.

Bomba de inercia (flexi-bomba): Tubería flexible de PVC o polietileno con una válvula de retención (pie de válvula) en el extremo inferior. Se bombea moviendo rítmicamente la tubería arriba y abajo. La inercia del agua dentro de la tubería, combinada con la válvula, genera un flujo ascendente neto. Profundidad: hasta 15-20 m. Caudal: 5-15 L/min. Ventaja: extremadamente simple (una tubería y una válvula). Sin partes mecánicas complejas. Coste: 10-30 €.

Selección según profundidad del nivel freático

La profundidad del nivel estático del agua (nivel freático) es el factor determinante para elegir el tipo de bomba:

Profundidad del agua

Bombas recomendadas

Observaciones

0-7 m

Succión (pitcher), inercia, sogá

Cualquier bomba funciona a esta profundidad

7-15 m

Soga, inercia, pistón profundo (Afridev)

Ya no funcionan las bombas de succión pura

15-30 m

Soga, pistón profundo (India Mark II, Afridev)

Esfuerzo manual moderado; la sogá sigue siendo viable

30-50 m

India Mark II, sogá (con diámetro reducido)

Esfuerzo manual considerable; se necesita palanca larga

50-80 m

India Mark II, Vergnet HPV

Pocas opciones manuales; caudal reducido (5-10 L/min)

80-120 m

Vergnet HPV, India Mark III modificada

Límite práctico del bombeo manual; gran esfuerzo físico

Mantenimiento preventivo y correctivo

El mantenimiento es la clave de la fiabilidad a largo plazo. La causa más frecuente de fallo de bombas manuales en países en desarrollo es la falta de mantenimiento, no el fallo del diseño.

Mantenimiento diario/semanal: Inspección visual del mango, estructura y drenaje alrededor de la bomba.

Verificar que no hay fugas visibles. Mantener limpia la plataforma de concreto alrededor del pozo (evitar charcos que permitan recontaminación). Engrasar el punto de pivote del mango si es metálico (cada 1-2 semanas).

Mantenimiento trimestral: Apretar tuercas y pernos. Verificar estado de las juntas del prensaestopas (empaquetadura) en la salida de la varilla. Comprobar que la válvula de salida no gotea. En bombas de sogas: inspeccionar el estado de los pistones y la soga; reemplazar pistones desgastados.

Mantenimiento anual (revisión mayor): En bombas de pistón profundo: extraer el varillaje y la tubería ascendente. Inspeccionar y reemplazar sellos del pistón (cup seals/leather cups), válvula de pie (foot valve) y asiento de válvula. Medir el desgaste del cilindro. En India Mark II, la revisión completa requiere 2-4 horas con equipo de elevación (trípode). Piezas de repuesto clave: sellos del pistón (2-5 €/juego), válvula de pie (5-15 €), prensaestopas (3-8 €).

Piezas de repuesto críticas para almacenar: Mantener un kit de repuestos: 2-3 juegos de sellos de pistón, 1 válvula de pie completa, 1 juego de empaques del prensaestopas, grasa para bombas (grado alimentario), hilo de teflón para roscas. En bombas de soga: 5-10 m de soga de repuesto, 10-20 pistones de goma, pegamento PVC para tubería. Coste total del kit: 20-60 € según tipo de bomba.

Problemas comunes y diagnóstico: Bomba no mantiene presión (se desceba): sello del pistón o válvula de pie deteriorados. Mango duro o trabado: varillaje desalineado, arena en el cilindro, o bujes del pivote desgastados. Caudal reducido: desgaste del pistón/cilindro, obstrucción del filtro de pie, o descenso del nivel freático. Agua turbia al bombear: filtro de pie roto o ausente, o perturbación del fondo del pozo por bombeo excesivo.

Consideraciones de instalación y protección sanitaria

Una bomba manual bien instalada no solo extrae agua, sino que protege el pozo de contaminación:

Plataforma sanitaria: Construir una losa de concreto de al menos 1 m de radio alrededor del punto de extracción, con pendiente del 2-3 % hacia fuera para drenar el agua derramada lejos del pozo. La OMS recomienda un delantal de concreto de al menos 1,5 m de radio y un canal de drenaje que lleve el agua residual al menos 5 m del pozo.

Sellado del anular: El espacio entre la tubería de la bomba y la pared del pozo (anular) debe sellarse con mortero de cemento o bentonita hasta al menos 3 m de profundidad para impedir que agua superficial contaminada entre al pozo por esa vía.

Distancias de seguridad: La OMS recomienda: mínimo 30 m de letrinas o fosas sépticas, 15 m de corrales de animales, 50 m de campos con fertilización orgánica o pesticidas. En terrenos con alta permeabilidad (arena, grava) aumentar estas distancias un 50-100 %.

Protección contra inundaciones: La boca del pozo debe estar elevada al menos 30 cm sobre el nivel máximo de inundación conocido. En zonas inundables, considerar una plataforma elevada o un cierre hermético de la boca del pozo con tapa con reborde y junta.

⚠ 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.