

Biofiltro de Arena Lento: Construcción y Mantenimiento para Comunidades

Autor: EA4IPV

Fecha: 23/03/2026

Categoría: Higiene y Prevención

Etiquetas: Sin etiquetas

Biofiltro de Arena Lento: Construcción y Mantenimiento para Comunidades

El filtro de arena lento (Slow Sand Filter, SSF) es la tecnología de potabilización más antigua y mejor documentada del mundo, en uso desde 1804 cuando John Gibb construyó el primero en Paisley, Escocia. La OMS lo clasifica como tecnología apropiada para comunidades rurales de hasta 5.000 personas (documento WHO/SDE/WSH/09.01). Su eficacia se basa en la formación de una biopelícula biológicamente activa (schmutzdecke) en la superficie de la arena que degrada, adsorbe y depreda patógenos. Un biofiltro de arena lento correctamente construido elimina >99% de bacterias, >99,9% de protozoos (Giardia, Cryptosporidium), >90% de virus y reduce significativamente la turbidez, el hierro y el manganeso. No requiere electricidad, productos químicos ni repuestos importados, lo que lo convierte en una solución ideal para escenarios de emergencia prolongada o comunidades aisladas.

Principio de funcionamiento y la biopelícula

A diferencia de un filtro rápido (que opera por filtración mecánica pura), el filtro de arena lento combina cuatro mecanismos: filtración mecánica (retención física de partículas), adsorción (adhesión de patógenos a los granos de arena), depredación biológica (protozoos de la biopelícula que consumen bacterias) y degradación bioquímica (oxidación de materia orgánica por la biopelícula aeróbica).

La biopelícula o schmutzdecke (del alemán, "capa de suciedad") es una película gelatinosa de 1-3 mm que se forma naturalmente en la superficie de la arena tras 2-4 semanas de operación. Está compuesta por algas, protozoos (amebas, ciliados), rotíferos, bacterias nitrificantes y materia orgánica. Esta capa es el corazón del sistema: es responsable de la mayor parte de la eliminación de patógenos. Sin schmutzdecke maduro, el filtro solo proporciona filtración mecánica parcial.

Parámetro de eliminación

Filtro con schmutzdecke maduro

Filtro sin schmutzdecke (nuevo)

E. coli

99-99,99% (2-4 log)

90-99% (1-2 log)

Cryptosporidium

>99,9% (3+ log)

99% (2 log)

Giardia

>99,99% (4 log)

99,9% (3 log)

Virus entéricos

90-99% (1-2 log)

Turbidez

90-99% reducción

50-80% reducción

Hierro/Manganeso

30-90% reducción

Diseño y dimensionamiento

El dimensionamiento de un filtro de arena lento depende del caudal requerido y la velocidad de filtración. La OMS recomienda una velocidad de filtración de 0,1-0,3 m/h (100-300 litros por metro cuadrado de superficie por hora). Velocidades superiores comprometen la eficacia biológica.

Cálculo de superficie necesaria: Fórmula: Área (m²) = Caudal requerido (m³/h) ÷ Velocidad de filtración (m/h). Para una comunidad de 100 personas × 20 L/persona/día = 2.000 L/día = 0,083 m³/h. A 0,1 m/h: se necesitan 0,83 m² de superficie filtrante. En la práctica se redondea a 1 m² y se añade un factor de seguridad del 50%, resultando en 1,5 m².

Profundidad del lecho de arena: Mínimo 80 cm, recomendado 100-120 cm de arena. La zona biológicamente activa ocupa los primeros 30-40 cm; el resto proporciona filtración mecánica y un margen para raspados sucesivos (se retiran 2-3 cm cada vez que se limpia la schmutzdecke).

Capa de grava soporte: Debajo de la arena: 3 capas de grava graduada de 10-15 cm cada una. Capa inferior (alrededor del dren): grava gruesa 15-25 mm. Capa media: grava 5-15 mm. Capa superior (contacto con arena): gravilla 2-5 mm. Evita que la arena obstruya el drenaje.

Sobrenadante de agua: Mantener una columna de agua de 80-120 cm sobre la arena. Esta columna proporciona la presión hidrostática para el flujo por gravedad y además expone el agua a luz solar que contribuye a la inactivación de patógenos en las capas superiores. Nunca dejar que el nivel de agua baje por debajo de la superficie de arena (mata la biopelícula aeróbica).

Capa

Material

Tamaño de grano

Profundidad

Sobrenadante

Agua cruda

—

80-120 cm

Schmutzdecke

Biopelícula

—

1-3 mm (se forma sola)

Arena filtrante

Arena de sílice lavada

0,15-0,35 mm (D_{10} efectivo)

80-120 cm

Gravilla de transición

Grava fina

2-5 mm

10-15 cm

Grava intermedia

Grava media

5-15 mm

10-15 cm

Grava de drenaje

Grava gruesa

15-25 mm

10-15 cm

Sistema de drenaje

Tubo PVC perforado

—

10 cm

Construcción con materiales locales

Un biofiltro comunitario puede construirse con un tanque de ferrocemento, ladrillo, bloque de hormigón o incluso un bidón plástico de 200 litros para uso familiar. El principio es el mismo independientemente del contenedor.

Contenedor (versión familiar, 200 L): Un bidón plástico alimentario de 200 litros (cortar la parte superior). Perforar una salida a 5 cm del fondo para el tubo de drenaje. Instalar un tubo de PVC de 25 mm con codo hacia arriba por el exterior hasta la altura del sobrenadante deseado (principio de vasos comunicantes, controla el nivel de agua).

Preparación de la arena: Arena de río o de cantera, tamizada para obtener granos de 0,15-0,35 mm (tamiz

nº 50-100). LAVADO IMPRESCINDIBLE: remojar la arena en agua limpia, agitar vigorosamente y decantar el agua turbia. Repetir 5-10 veces hasta que el agua de lavado salga clara. Arena no lavada produce agua turbia durante semanas.

Colocación de capas: Llenar primero con agua hasta la mitad. Añadir las capas de grava desde la más gruesa (fondo) hasta la más fina, luego la arena. Añadir la arena mojada, nunca seca, para evitar bolsas de aire. Nivelar la superficie sin compactar.

Entrada de agua sin perturbar la schmutzdecke: Instalar un difusor: un plato o lámina perforada sobre la arena, o verter el agua sobre una esponja o tela gruesa que distribuya el flujo. El chorro directo destruye la biopelícula superficial y reduce drásticamente la eficacia del filtro.

Operación y mantenimiento

El mantenimiento correcto es la clave de un biofiltro exitoso. La mayoría de los fallos se deben a errores operativos, no a defectos de construcción.

Alimentación continua o intermitente: Ideal: flujo continuo constante. Aceptable: uso intermitente (versión BSF/BioSand) con pausas de hasta 48 horas. Pausas mayores de 48 horas sin agua sobre la arena matan la biopelícula y requieren 2-4 semanas de re-maduración.

Limpieza de la schmutzdecke (raspado): Cuando el caudal se reduce a menos del 50% del inicial, la schmutzdecke está colmatada. Bajar el nivel de agua hasta justo debajo de la superficie de arena. Raspar 2-3 cm de arena superficial con una pala limpia. Relavar la arena raspada y guardarla para futuras reposiciones. Rellenar con agua y esperar 2-4 semanas para la maduración de la nueva biopelícula.

Frecuencia de raspado: Depende de la turbidez del agua fuente. Con agua de baja turbidez (50 NTU requiere pretratamiento (sedimentación) antes del filtro.

Reposición de arena: Cuando la profundidad de arena baje de 80 cm por raspados sucesivos, añadir arena lavada nueva. No colocar arena nueva sobre la schmutzdecke: retirar los primeros 5 cm de arena con biopelícula, añadir arena nueva debajo y reponer la arena con biopelícula encima para acelerar la re-maduración.

Período de maduración: Un filtro de arena lento nuevo NO es eficaz desde el primer día. Se necesitan 2-4 semanas de operación continua para que la biopelícula madure. Durante este período, el agua filtrada debe tratarse con un método adicional (SODIS, cloración o ebullición) antes de consumirla. No confiar en un filtro nuevo para la eliminación de patógenos.

⚠ 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.