

# Filtro BioSand (BSF): Versión Mejorada del Filtro Lento de Arena para Uso Doméstico

Autor: EA4IPV

Fecha: 23/03/2026

Categoría: Higiene y Prevención

Etiquetas: Sin etiquetas

## Filtro BioSand (BSF): Versión Mejorada del Filtro Lento de Arena para Uso Doméstico

El filtro BioSand (BSF, BioSand Filter) es una adaptación doméstica del filtro lento de arena desarrollada por el Dr. David Manz en la Universidad de Calgary (Canadá) en los años 1990. A diferencia del filtro lento de arena comunitario que requiere flujo continuo, el BSF está diseñado para uso intermitente (se vierte agua cuando se necesita), lo que lo hace práctico para hogares individuales. Según el Centro para Agua Asequible y Tecnología de Saneamiento (CAWST), más de 800.000 filtros BSF se han instalado en 70 países. La OMS lo incluye como tecnología doméstica recomendada en sus Directrices de Calidad del Agua Potable. Un BSF correctamente construido y madurado elimina hasta el 99% de protozoos (Giardia, Cryptosporidium), 90-99% de bacterias, 70-99% de virus (según madurez de la biopelícula), y más del 95% de la turbidez. El coste de construcción oscila entre 15 y 40 euros con materiales locales.

## Principio de funcionamiento y diferencias con el filtro lento de arena

El BSF funciona mediante cuatro mecanismos de depuración que actúan simultáneamente: filtración mecánica (retención física de partículas en los espacios entre granos de arena), adsorción (adhesión de patógenos y químicos a la superficie de los granos), depredación biológica (microorganismos de la biopelícula consumen patógenos) y muerte natural (patógenos atrapados mueren por falta de nutrientes y oxígeno).

La clave del BSF es la biopelícula (schmutzdecke), una capa biológicamente activa de 1-2 cm que se forma en la superficie de la arena tras 2-4 semanas de uso regular. Esta comunidad microbiana (bacterias, protozoos, algas, rotíferos) depreda activamente los patógenos del agua cruda. Sin la biopelícula madura, el filtro solo actúa como filtro mecánico con eficacia reducida.

## Característica

Filtro lento de arena (SSF)

Filtro BioSand (BSF)

## Escala

Comunitaria (50-5.000 personas)

Doméstica (1 familia, 5-10 personas)

## Flujo

Continuo (obligatorio)

Intermitente (por lotes)

#### Caudal

100-400 L/h/m<sup>2</sup>

0,4-1,0 L/min (equivale a 400 L/h/m<sup>2</sup>)

#### Nivel de agua sobre arena

1-1,5 m (constante)

5-6 cm (estático, mínimo para mantener la biopelícula)

#### Maduración de biopelícula

4-8 semanas

2-4 semanas

#### Eliminación de bacterias

>99% (2 log)

90-99% (1-2 log)

#### Eliminación de protozoos

>99,9% (3 log)

>99% (2 log)

#### Eliminación de virus

>99% (2 log)

70-99% (0,5-2 log según madurez)

#### Mantenimiento

Técnico especializado

Usuario doméstico (raspar biopelícula)

Limitación importante del BSF: El BSF no elimina contaminantes químicos disueltos (arsénico, fluoruro, plomo, pesticidas, nitratos) ni desinfecta al 100% frente a virus. La OMS recomienda combinar el BSF con desinfección posterior (cloración con 2 mg/L de cloro libre, SODIS o ebullición) para alcanzar agua segura según las Metas de Salud de las Directrices de 2011. El BSF es un pretratamiento excelente que facilita la desinfección posterior al reducir turbidez y carga orgánica.

#### Diseño y construcción del filtro BioSand

El diseño estándar del BSF según CAWST consiste en un contenedor de hormigón o plástico de aproximadamente 90 cm de alto con capas de arena y grava, un tubo de salida elevado que mantiene un nivel de agua constante sobre la arena, y una tapa para evitar contaminación.

Contenedor: Recipiente de hormigón (molde estándar CAWST: 30×30×90 cm interno), bidón de plástico de 200 L cortado, o contenedor de polietileno alimentario. Debe ser opaco (la luz favorece el crecimiento de algas que colmatan la superficie). Paredes lisas interiores para evitar cortocircuitos del flujo por los bordes.

Capa de grava gruesa (soporte): Fondo del filtro: 5 cm de grava de 12-20 mm. Esta capa soporta las

superiores y rodea el tubo de salida. Lavar exhaustivamente (3-5 enjuagues hasta que el agua salga clara) para eliminar finos.

Capa de grava fina (separación): Sobre la grava gruesa: 5 cm de grava de 6-12 mm. Impide que la arena migre hacia la grava gruesa y obstruya el tubo de salida. Igualmente, lavar a fondo antes de instalar.

Capa de arena filtrante: Capa principal: 45-55 cm de arena de 0,15-0,35 mm de diámetro efectivo (tamaño  $D_{10}$ , el tamiz que deja pasar el 10% de la muestra). Arena de río lavada es ideal. Evitar arena de playa (demasiado fina y salina) y arena de construcción (demasiado gruesa). Lavar hasta que el agua de lavado sea clara. El coeficiente de uniformidad ( $D_{60}/D_{10}$ ) debe ser Tubo de salida y zona de agua estancada: Un tubo de PVC o manguera transparente de 12 mm sube desde el fondo de la grava gruesa por el exterior del contenedor hasta 5-6 cm por encima de la superficie de la arena. Este diseño sifón mantiene una lámina de agua permanente de 5-6 cm sobre la arena, esencial para la supervivencia de la biopelícula. El caudal de salida debe regularse a 0,4-1,0 L/min.

Difusor y tapa: Un plato o lámina perforada colocada sobre la arena dispersa el agua vertida y evita que el chorro directo destruya la biopelícula superficial. La tapa (madera, metal o plástico) protege de polvo, insectos y contaminación. Debe tener un hueco para verter agua sin retirarla completamente.

Dimensionamiento para una familia: Un BSF estándar de 30×30 cm produce entre 20 y 50 litros/hora en función de la carga hidráulica. Para una familia de 5 personas con necesidad de 75-100 L/día (15-20 L/persona según estándares Esfera), un único BSF es suficiente operando 2-3 voras al día. El volumen de agua vertido por lote debe ser de 12-20 litros (no más, para no exceder la carga hidráulica y mantener tiempo de residencia adecuado).

#### Periodo de maduración y operación diaria

La maduración de la biopelícula es el proceso más crítico del BSF. Durante las primeras 2-4 semanas de uso, la eficacia del filtro aumenta progresivamente a medida que la comunidad microbiana se establece en la superficie de la arena.

Semana 1-2: El filtro actúa principalmente como filtro mecánico. La eliminación de bacterias es del 50-80%. Empezar a usar el filtro diariamente vertiendo agua de la fuente habitual (no agua limpia). Desinfectar el agua filtrada durante este periodo (hervir o clorar).

Semana 3-4: La biopelícula comienza a formarse visualmente (capa ligeramente verdosa o parduzca sobre la arena). La eliminación de bacterias sube al 85-95%. El caudal puede reducirse ligeramente, lo que es normal.

Semana 5 en adelante: Biopelícula madura. Eliminación de bacterias >95-99%, protozoos >99%, virus 70-99%. El filtro alcanza su rendimiento óptimo. Seguir combinando con desinfección si se sospecha presencia de virus (especialmente hepatitis A, rotavirus).

El uso diario es esencial para mantener la biopelícula viva. Si el filtro no se usa durante más de 48 horas, la biopelícula comienza a degradarse por falta de nutrientes. Un periodo de inactividad superior a 1-2

semanas puede requerir re-maduración parcial.

Nunca dejar secar el filtro: Si el nivel de agua desciende por debajo de la superficie de la arena, la biopelícula muere irreversiblemente y el filtro debe re-madurarse desde cero (2-4 semanas). Verificar diariamente que el tubo de salida mantiene el nivel de agua estancada 5-6 cm por encima de la arena. Si se prevé una ausencia prolongada, cubrir el filtro y llenar al máximo para retardar la evaporación.

Mantenimiento: limpieza de la biopelícula

Con el uso continuado, la biopelícula crece en exceso y reduce el caudal de salida. Cuando el caudal cae por debajo de 0,1 L/min o el filtrado tarda más de 1 hora por lote de 12 litros, es necesario realizar el mantenimiento de raspar y lavar (swirl and dump).

Técnica swirl and dump: Retirar el difusor. Con la mano limpia (lavada con jabón), remover suavemente los primeros 2-3 cm de arena bajo el agua estancada haciendo movimientos circulares durante 30 segundos. El agua se enturbia con la biopelícula desprendida. Extraer esa agua turbia con un recipiente y desecharla. Repetir 1-2 veces hasta que el agua sobre la arena esté relativamente clara. NO retirar arena del filtro.

Frecuencia: Cada 1-4 semanas dependiendo de la turbidez del agua fuente. Agua de río turbia: cada 1-2 semanas. Agua de pozo clara: cada 2-4 semanas. Si se limpia con demasiada frecuencia, la biopelícula nunca madura. Si se limpia poco, el caudal cae excesivamente.

Re-maduración tras limpieza: Después de cada limpieza, la biopelícula necesita 1-3 días para recuperarse parcialmente y 1-2 semanas para maduración completa. Durante los primeros 2-3 días post-limpieza, desinfectar el agua filtrada como precaución adicional.

Reemplazo de arena: Si tras múltiples limpiezas el caudal no se recupera, puede ser necesario retirar y lavar los 5 cm superiores de arena (fuera del filtro) y recolocarlos. El reemplazo completo de la arena solo es necesario tras años de uso (>5 años) o si se contamina con aceites o químicos.

 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.