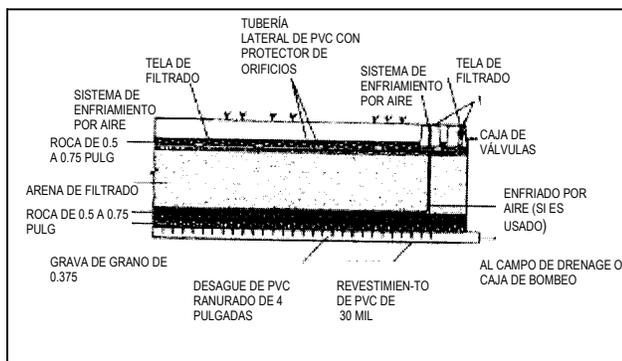




Folleto informativo de tecnología de aguas residuales Filtros intermitentes de arena

DESCRIPCIÓN

Los filtros intermitentes de arena (FIA) tienen un lecho de filtración de 24 pulgadas de profundidad con un medio de tamaño cuidadosamente seleccionado. La arena es el medio más comúnmente usado, pero la antracita, residuos de minería, ceniza de fondo de incineradores, etcétera, también han sido usados. La superficie del lecho se dosifica en forma intermitente con efluente, el cual se percola en un paso simple hasta el fondo del filtro a través de la arena. Después de ser recolectado en el desagüe inferior, el efluente tratado es conducido a una tubería para tratamiento adicional o para su disposición. Los dos componentes básicos del sistema de FIA son una unidad (o unidades) de tratamiento primario (un tanque séptico u otro método de sedimentación) y el filtro de arena. La Figura 1 muestra un esquema de un FIA típico.



Fuente: Orenco Systems, Inc., 1998.

FIGURA 1 SECCIÓN TRANSVERSAL DE UN FILTRO INTERMITENTE DE ARENA

Los FIA remueven contaminantes del agua residual mediante procesos de tratamiento físicos, químicos y biológicos. Si bien los procesos fisicoquímicos juegan un papel importante en la remoción de muchas partículas, los procesos biológicos desempeñan el papel más significativo en los filtros de arena.

Los FIA generalmente se construyen debajo del nivel del terreno, en excavaciones de 3 a 4 pies de profundidad que están recubiertas por una membrana impermeable, en donde esto sea requerido. El desagüe está rodeado por una capa de grava de tamaño seleccionado y roca triturada cuyo extremo aguas arriba es ventilado y sobresale a la superficie. Sobre la capa de grava y roca se coloca grava de grano (de tamaño de arveja), y encima de esta se deposita la capa de arena. A continuación se coloca otra capa de grava de tamaño seleccionado en donde se encuentran las tuberías de distribución. Una válvula de lavado se encuentra en el extremo de cada tubería lateral de distribución. Una tela de filtro de baja densidad se coloca sobre la capa final de roca, la cual evita que los limos se entremezclen con la arena al mismo tiempo que permite el paso del agua y el aire. La capa superior del filtro se rellena finalmente con arena gredosa que puede contener vegetación herbácea. Para viviendas individuales normalmente se diseñan FIA enterrados.

Algunos de los tipos más comunes de esos filtros se describen a continuación.

FIA de descarga por gravedad

Los filtros intermitentes de arena de descarga por gravedad normalmente se usan en el costado de colinas, para lo cual se ubica el eje longitudinal en forma perpendicular a la pendiente para reducir a un mínimo la necesidad de excavación. Debido a que el efluente pasa a través del filtro por gravedad, la elevación del fondo del filtro debe ser varios pies más alta que la del campo de infiltración. Para obtener el diferencial de elevación, el filtro de arena puede ser parcialmente construido sobre el nivel del terreno.

FIA de descarga por bombeo

Los filtros intermitentes de arena de descarga por bombeo se emplazan normalmente en terrenos planos. Su ubicación en relación con el campo de infiltración no es crítica debido a que una bomba ubicada dentro del lecho del filtro permite que el efluente sea bombeado a cualquier elevación o localización. Las tuberías de descarga no van a través del revestimiento del filtro de arena sino encima del mismo para proteger su integridad.

FIA sin fondo

Los filtros intermitentes de arena sin fondo no tienen el revestimiento impermeable, y no

descargan a un campo de infiltración sino directamente al suelo debajo del medio de arena.

La Tabla 1 muestra los valores típicos de diseño para los FIA. Estos valores están basados en experiencias previas y prácticas actuales, y no son necesariamente los valores óptimos para una aplicación dada.

TABLA 1 CRITERIOS TÍPICOS DE DISEÑO DE UN FIA

Elemento	Criterio de diseño
Pretratamiento	Mínimo; tanque séptico o equivalente
Medio de filtrado	
Material	Material granular durable pre-lavado
Tamaño efectivo	0.25 a 0.75 mm
Coeficiente de uniformidad	< 4.0
Profundidad	18 a 36 pulgadas
Sistema de desagüe	
Tipo	Tubería con ranuras o perforaciones
Pendiente	0 a 0.1%
Tamaño	3 a 4 pulgadas
Carga hidráulica	2 a 5 galones/pie ² /día
Carga contaminante	0.0005 a 0.002 libra/ pie ² /día
Distribución de la presión	
Tamaño de la tubería	1 a 2 pulgadas
Tamaño del orificio	1/8 a 1/4 de pulgada
Carga en el orificio	3 a 6 pies
Espaciamiento de las tuberías laterales	1 a 4 pies
Espaciamiento de los orificios	1 a 4 pies

Dosificación	
Frecuencia	12 a 48 veces por día
Volumen por orificio	0.15 a 0.30 galones/ orificio/dosis
Volumen del tanque dosificador	0.5 a 1.5 del caudal diario

Fuente: adaptado de U.S. EPA, 1980 y Crites

VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Algunas de las ventajas y desventajas de los filtros FIA son las siguientes:

Ventajas

- Los FIA producen un efluente de alta calidad que puede ser usado para irrigación por goteo, o puede ser descargado a aguas superficiales después de ser desinfectado.
- Los campos de drenaje pueden ser pequeños y poco profundos.
- Los FIA tienen requisitos moderados de energía.
- Los FIA son fácilmente accesibles para el monitoreo y no requieren personal calificado para su operación.
- No requieren compuestos químicos.
- Si la arena no está disponible, se puede reemplazar con otros medios de filtrado aceptables, los cuales pueden estar disponibles localmente.
- Los costos de construcción de los FIA son moderadamente bajos, y el trabajo es casi todo manual.
- La capacidad de tratamiento puede aumentarse usando un diseño modular.
- Los FIA pueden ser instalados para que se incorporen visualmente al paisaje.

Desventajas

- Los requisitos de área pueden ser una limitación.
- Se requiere un mantenimiento rutinario (si bien es mínimo).
- Se pueden presentar problemas de olores como resultado de las configuraciones de filtro abiertas, y se pueden requerir zonas de separación con áreas habitadas.
- Si un medio adecuado de filtración no está disponible localmente, los costos pueden ser altos.
- La obstrucción del medio filtrante es posible.
- La operación de los FIA puede ser sensible a temperaturas extremadamente frías.
- Los FIA pueden requerir un permiso federal de descarga de efluentes a aguas superficiales (*National Pollutant Discharge Elimination System*, NPDES).

DESEMPEÑO

Los filtros de arena producen un efluente de alta calidad con concentraciones típicas iguales o menores a 5 mg/L de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y los sólidos suspendidos, así como una nitrificación igual o mayor al 80% del amoníaco aplicado. La remoción del fósforo es limitada, pero se pueden lograr reducciones significativas de bacterias coliformes fecales.

El desempeño de un FIA depende del tipo y la biodegradabilidad del agua residual, los factores medioambientales dentro del filtro, y las

características de diseño del filtro. Los factores medioambientales más importantes que determinan la efectividad del tratamiento son la reaeración del medio y la temperatura. La temperatura afecta directamente la tasa de crecimiento microbiano, y otros factores que contribuyen a la estabilización del agua residual dentro del FIA. El desempeño del filtro es normalmente mejor en áreas en donde el clima es cálido en comparación con las de clima frío. A continuación se describen varios parámetros de diseño del proceso que afectan la operación y el desempeño de los FIA.

Nivel de pretratamiento

Un tanque séptico hermético y de tamaño y estructura adecuada, asegura el que se cuente con un pretratamiento adecuado del agua residual típica de origen doméstico.

Tamaño del medio

La efectividad del material granular como medio filtrante depende del tamaño, la uniformidad y la composición de los granos. El tamaño del medio granular se correlaciona con el área superficial disponible para el desarrollo de microorganismos que dan tratamiento al agua residual. Por esta razón, el tamaño del medio afecta la calidad del efluente filtrado.

Profundidad del medio

La profundidad adecuada de la arena debe ser mantenida para que la zona capilar no interfiera con la zona superior requerida para el tratamiento.

Tasa de carga hidráulica

En general, entre más alta sea la carga hidráulica, la calidad del efluente para un medio determinado tiende a desmejorarse. Las tasas hidráulicas altas se usan generalmente en filtros con un medio de mayor tamaño, o en sistemas que reciben agua residual de mejor calidad.

Carga contaminante

La aplicación de material orgánico al lecho del filtro es un factor que afecta el desempeño de los FIA. La carga hidráulica debe ajustarse para acomodar las varias cargas contaminantes que pueden esperarse en el agua residual a ser aplicada. Como en el caso de la carga hidráulica, el incremento en la tasa de carga contaminante reduce la calidad del efluente.

Técnicas de dosificación y frecuencia

Es esencial que el sistema de dosificación proporcione una distribución uniforme (en tiempo y volumen) del agua residual a lo largo del filtro. El sistema debe también permitir un tiempo suficiente entre las dosis para permitir la reaeración del espacio de los poros. Una dosificación confiable se logra con el uso de sistemas de distribución de tubería múltiple con dosificación a presión.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Los requisitos diarios de operación y mantenimiento (O/M) de sistemas de filtro de mayor tamaño generalmente son mínimos cuando los FIA han sido dimensionados adecuadamente. Los filtros de arena enterrados que son utilizados para aplicaciones residenciales

pueden tener buen rendimiento durante largos periodos.

Las tareas de O/M principales requieren un tiempo mínimo e incluyen el monitoreo del afluente y el efluente, la inspección del equipo de dosificación, el mantenimiento de la superficie del filtro, el chequeo de la carga de paso en los orificios, y la limpieza anual de la tubería múltiple de distribución mediante el paso de agua. Además, las bombas deben ser instaladas con acoples de desconexión rápida para su remoción fácil. El tanque séptico debe ser revisado para determinar la acumulación de nata y lodos, y debe ser bombeado según sea necesario. En temperaturas extremadamente frías se deben tomar precauciones para prevenir la congelación del sistema de filtrado mediante el uso de cobertores removibles. La Tabla 2 enumera las tareas de O/M de un sistema FIA.

TABLA 2 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO RECOMENDADOS PARA UN SISTEMA FIA

Elemento	Requisitos de O/M
Pretratamiento	Depende del proceso; remoción de sólidos del tanque séptico o de otras unidades de pretratamiento
Cámara de dosificación	
Bombas y controles	Revisar cada tres meses
Secuencia del cronómetro	Revisar y ajustar cada tres meses
Dispositivos	Revisar cada tres meses
Medio de filtración	
Barrido	Según sea necesario
Reemplazo	Remoción de la arena superficial cuando hay alta incrustación, y su reemplazo para mantener la profundidad de diseño del medio

Otros	Eliminar las hierbas según sea necesario Monitoreo y calibración del mecanismo de distribución según sea necesario Prevención de la formación de hielo
--------------	--

APLICABILIDAD

Una evaluación de los sistemas de FIA llevada a cabo en 1985 por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos señaló que los filtros de arena son una alternativa mecánicamente simple y de bajo costo. Más recientemente, los sistemas de filtros de arena han dado servicio a urbanizaciones, lotes de casas móviles, escuelas rurales, pequeñas comunidades y otras entidades que generan caudales reducidos de agua residual. Los filtros de arena son una adición o alternativa viable a los sistemas convencionales cuando las condiciones del terreno no son favorables para el tratamiento y disposición adecuados del agua residual mediante los lechos o las zanjas de percolación. Los filtros de arena pueden ser usados en terrenos que tienen una cubierta de suelo que sea delgada o de permeabilidad inadecuada, el nivel freático sea elevado, o la disponibilidad de área sea limitada.

Placer County, California

En Placer County, California, debido a la popularidad de las casas campestres ubicadas a elevaciones entre 100 y 4,000 pies, durante los últimos 20 años los terrenos han tenido que ser desarrollados con sistemas de tratamiento en el punto de generación de los residuos. Placer County se extiende a lo largo de la vertiente occidental de las montañas de la Sierra Nevada, desde Lake Tahoe hasta el piedemonte, y dentro del Great Central Valley. Áreas extensas de la municipalidad tienen suelos de calidad

marginal, suelos de poca profundidad y nivel freático elevado. En 1990, se inició un programa para permitir el uso experimental de sistemas FIA de tipo Oregon para evaluar su desempeño y otros factores relacionados.

Los sistemas de FIA utilizados en este estudio tenían los siguientes componentes: un tanque séptico convencional seguido por una caja separada de bombas; una estructura de madera prensada triplex, con un revestimiento de 30 mm de PVC, para el filtro y sus aditamentos; arena tamizada y pre-lavada de 24 pulgadas de profundidad; dos capas de grava, una de recubrimiento en la cual se encontraba la tubería presurizada múltiple para distribución al lecho del filtro del efluente proveniente del tanque séptico, y otra capa de base; y una tubería múltiple de desagüe para la recolección del agua residual. Las dimensiones de los filtros (para viviendas de tres o cuatro habitaciones) eran de 19 pies por 19 pies, con un valor de diseño de la tasa de carga de 1.13 galones/pie²/día. En la Tabla 3, a continuación, se resumen los resultados durante periodos de clima cálido y frío para 30 sistemas de FIA que daban servicio a viviendas unifamiliares.

TABLA 3 COMPARACIÓN DE EFLUENTES DE 30 SISTEMAS DE TANQUES SÉPTICOS Y DE FIA PARA VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN PLACER COUNTY

Característica del efluente	Efluente del tanque séptico	Efluente del sistema FIA	Porcentaje de cambio
DBO ₅ - carbonácea	160.2 (15)*	2.17 (44)*	98
SST	72.9 (15)*	16.2 (44)*	78
NO ₃ -N	0.1 (15)*	31.1 (44)*	99
NH ₃ -N	47.8 (15)*	4.6 (44)*	90
NTK	61.8 (15)*	5.9 (44)*	90
Nitrógeno total	61.8 (15)*	37.4 (44)*	40
Coliformes totales	6.82 x 10 ⁵ (13)*	7.30 x 10 ² (45)*	99 (3 logs)
Coliformes fecales	1.14 x 10 ⁵ (13)*	1.11 x 10 ² (43)*	99 (3 logs)

* Número de muestras.

La DBO₅, los SST y el nitrógeno se expresan como un promedio aritmético, en mg/L. Los valores de coliformes fecales y totales se expresan como el promedio geométrico del NMP/100 mL.

Los resultados del estudio indicaron que los sistemas FIA mejoraban notablemente la calidad del efluente con relación a los tanques sépticos. Si bien los sistemas tuvieron un buen desempeño, el nitrógeno y las bacterias no fueron eliminados completamente; esto indica que los filtros sólo deben ser usados en donde sean adecuados el tipo de suelo y la separación del agua subterránea. Otras conclusiones del estudio incluían las siguientes: que el involucrar a las partes interesadas desde el comienzo era crítico para el éxito del programa; que el mantenimiento efectivo de los sistemas era esencial; y que durante el periodo de aprendizaje de los usuarios, se cometían errores que afectan adversamente el desempeño del sistema.

Boone County, Missouri

Un sistema de FIA de dosificación presurizada fue instalado en el terreno de una vivienda

sistema fue instalado en octubre de 1995 y su desempeño fue monitoreado por 15 meses.

El filtro de arena utilizado en este estudio produjo, consistentemente, un efluente de alta calidad con niveles reducidos de DBO, sólidos suspendidos y nitrógeno amoniacal (NH₄-N). La Tabla 4 enumera los varios parámetros evaluados. El medio aeróbico en el filtro de arena era evidente por la tasa de conversión de NH₄-N a nitratos (NO₃-N), lo cual se logró sin tener problemas de olores. Los valores de coliformes fecales se redujeron en cuatro órdenes de magnitud, en forma consistente. El uso promedio de electricidad de este sistema fue de 9.4 kW-hora por mes, y el costo de operar las dos bombas del sistema fue menor de 70 centavos por mes. La alta calidad del efluente producido por el filtro de arena también redujo el tamaño requerido del área de absorción.

TABLA 4 CARACTERÍSTICAS DEL EFLUENTE DE UN FIA UBICADO EN BOONE COUNTY, MISSOURI

	Tanque séptico	Filtro de arena	Porcentaje de cambio
DBO (mg/L)	297	3	99.0
SST (mg/L)	44	3	93.2
NH ₄ -N (mg/L)	37	0.48	98.7
NO ₃ -N (mg/L)	0.07	27	384.71
Coliformes fecales (#/100 mL)	4.56E+05	7.28E+01	99.9

Fuente: Sievers; usado con permiso de la Sociedad Americana de Ingenieros Agrícolas, 1998.

COSTO

El costo de un sistema FIA depende del trabajo laboral, los materiales, la ubicación, la capacidad del sistema y las características del agua residual. Los principales factores que determinan el costo de construcción son el terreno y el medio de filtración, los cuales son muy específicos para cada localidad. La Tabla 5 es un ejemplo de una estimación de costo para una vivienda unifamiliar.

Los costos de energía eléctrica están asociados principalmente con el bombeo del agua residual al filtro. Los costos de electricidad típicos son de 3 a 6 centavos por día. Como consecuencia, el costo de la electricidad de los filtros de arena es menor al de la mayoría de los procesos de tratamiento de aguas residuales utilizados por pequeñas comunidades, con excepción del uso de lagunas.

TABLA 5 ESTIMACIÓN DE COSTOS PARA VIVIENDAS UNIFAMILIARES

Elemento	Costo (\$)
Costos de inversión de capital	
Costos de construcción para un tanque de 1,500 galones de cámara única (séptica y de bombeo), a 57 centavos/galón	850
Paquete completo de equipos de FIA (incluye un panel simplex doble, un paquete de bombas, tuberías de elevación, sellos, el revestimiento, un juego de tuberías laterales, protectores de orificios, etcétera)	3,200
Costos de otros elementos además de los de construcción	750
Ingeniería (incluye la evaluación de suelos, emplazamiento, presentación del diseño e inspecciones de construcción)	2,000
Contingencias (incluyendo permisos)	1,000
Terreno	variable
Costo total de inversión	10,800
Costos anuales de O/M	
Laboral a \$65/hora (2 horas/año)	130 / año
Electricidad a 10 centavos/ kW-hr	variable
Disposición de lodos	25 / año*

* Para una vivienda de 5 ocupantes, con base en un intervalo de bombeo del tanque séptico de 7 años.

REFERENCIAS

1. Anderson, D. L.; R. L. Siegrist; and R. J. Otis. 1985. "Technology Assessment of Intermittent Sand Filters." U.S.
2. Cagle, W. A. and L. A. Johnson. December 11–13, 1994. "Onsite Intermittent Sand Filter Systems: A Regulatory/Scientific Approach to Their Study in Placer County, California." On-Site Wastewater Treatment: Proceedings of the Seventh International Symposium on Individual and Small

Community Sewage Systems. Atlanta, Georgia.

3. Crites, R. and G. Tchobanoglous. 1998. Small and Decentralized Wastewater Management Systems. The McGraw-Hill Companies. New York, New York.
4. Sievers, D. M. 1998. "Pressurized Intermittent Sand Filter With Shallow Disposal Field for a Single Residence in Boone County, Missouri." On-Site Wastewater Treatment: Proceedings of the Eighth International Symposium on Individual and Small Community Sewage Systems. Orlando, Florida.
5. Tarquin, A.; R. Bustillos; and K. Rutherford. 1993. "Evaluation of a Cluster Wastewater Treatment System in an El Paso Colonia." Texas On-Site Wastewater Treatment and Research Council Conference Proceedings.
6. U.S. Environmental Protection Agency. 1980. Design Manual: Onsite Wastewater Treatment and Disposal Systems. EPA Office of Water. EPA Office of Research & Development. Cincinnati, Ohio. EPA 625/1-80-012.
7. U.S. Environmental Protection Agency. 1992. Manual: Wastewater Treatment/Disposal for Small Communities. EPA Office of Research & Development. EPA Office of Water. Washington, D.C. EPA/625/R-92/005.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Infiltrator Systems Inc.
Technical Sales and Services Department
P.O. Box 768
Old Saybrook, CT 06475

Texas A&M University System
Agricultural Engineering Department
Dr. Bruce J. Lesikar, Associate Professor

201 Scoates Hall
College Station, TX 77843-2117

University of Texas at El Paso
Anthony Tarquin
Civil Engineering Department
El Paso, TX 79968

David Vehuizen, P.E.
5803 Gateshead Drive
Austin, TX 78745

La mención de marcas o de productos comerciales no significa que la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos apruebe o recomiende su uso.

El contenido de este folleto informativo fue proporcionado por la *National Small Flows Clearinghouse* a la cual se agradece su uso.

Para mayor información, contactarse con:

Municipal Technology Branch
U.S. EPA
Mail Code 4204
401 M St., SW
Washington, D.C., 20460

