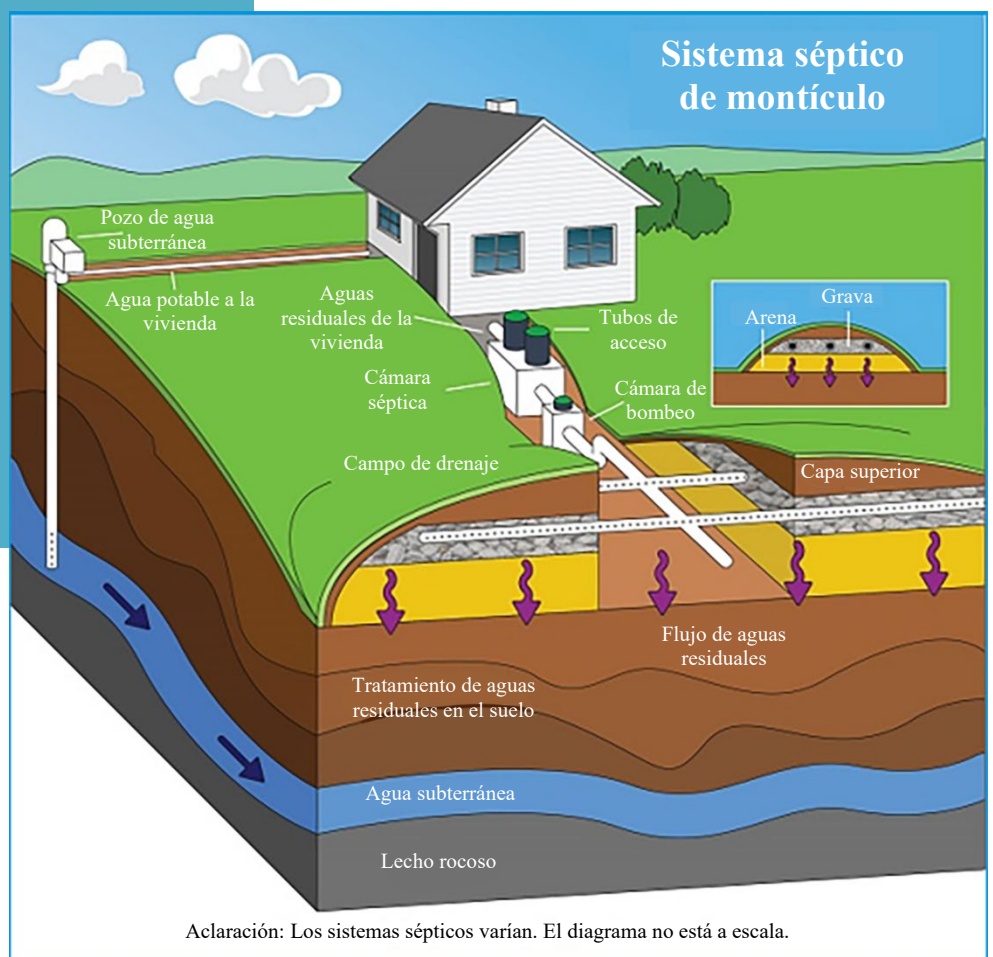


Normas y Directrices Departamentales para Sistemas de Montículos

337-008 Octubre de 2025



Salud Pública Ambiental
Oficina de Salud y Seguridad Ambiental
Sección de Tratamiento de aguas
residuales



Para solicitar este documento en otro formato, llame al 1-800-525-0127. Las personas con sordera o problemas de audición deben llamar al 711 (servicio de relé de Washington) o enviar un correo electrónico a doh.information@doh.wa.gov.

Normas y Directrices Departamentales para Sistemas de Montículos

DOH 337-008 October 2025 Spanish

Para obtener más información o copias adicionales de este informe:

Salud Pública Ambiental

Oficina de Salud y Seguridad Ambiental

Sección de Tratamiento de Aguas Residuales

Dirección física: 111 Israel Road SE Tumwater, WA 98501

Dirección postal: PO Box 47824 Olympia, WA 98504-7824

Teléfono: 360-236-3330

Correo electrónico: wastewatertmgmt@doh.wa.gov

Contenido

Resumen de cambios	1
Prólogo.....	2
Organización típica de la DS&G:	4
Introducción.....	5
Aplicaciones típicas para sistemas de montículos	6
1. Normas de rendimiento	8
1.1. Criterios de rendimiento	8
1.2. Secuencia de tratamiento del montículo	8
1.3 Listado.....	9
2. Normas de aplicación	9
2.1. Autorizaciones.....	9
2.2. Ubicación del montículo.....	10
2.3. Profundidad mínima del suelo original y profundidad de los medios filtrantes	11
2.4. Distancias mínimas.....	13
2.5. Características de los afluentes	13
2.6. Superficie/densidad mínima	14
2.7. Área reservada	14
2.8. Instalación	14
2.9. Inspección	15
2.10. Material de grava	15
2.11. Tecnologías de distribución sin grava.....	15
2.12. Especificaciones del medio filtrante.....	16
3. Estándares de diseño	16
3.1. Aprobación del diseño.....	16
3.2. Caudal mínimo diario de diseño.....	17
3.3. Tasas de aplicación.....	17
3.4. Frecuencia mínima de dosificación	17

3.5.	Área de infiltración del lecho; grava, sin grava o SDS.....	18
3.6.	Altura del montículo.....	19
3.7.	Profundidad del medio filtrante.....	19
3.8.	Longitud y ancho del medio filtrante	20
3.9.	Profundidad de la cubierta y capa superficial del suelo	20
3.10.	Área basal.....	21
3.11.	Colocación del montículo	23
3.12.	Distribución de la presión.....	23
3.13.	Puertos de supervisión.....	24
3.14.	Plan de construcción	25
4.	Normas de funcionamiento y mantenimiento	26
4.1.	Control	26
4.2.	Manual de operación y mantenimiento	26
4.3.	Supervisión y mantenimiento	27
4.4.	Condiciones observadas/Solución de problemas/Acciones	29
	Imágenes.....	31
	Imagen 1. Acumulación de agua subterránea	31
	Imagen 2. Montículo típico de OSS	31
	Imagen 3. Sección transversal que muestra el movimiento de efluentes en suelos permeables o excesivamente permeables (tipos de suelo 1).....	32
	Imagen 4. Sección transversal de un sistema típico de montículos que muestra el movimiento de efluentes en un suelo lentamente permeable en un terreno inclinado	32
	Imagen 5. Distancia descendente desde el borde inferior del área basal	33
	Imagen 6. Vista detallada en planta del medio filtrante y el área basal disponible en terrenos planos e inclinados	34
	Imagen 7. Sección transversal detallada de un sistema de montículos nivelados.....	34
	Imagen 8. Cámaras en montículo con gravilla óptima.....	35
	Imagen 9. Sección transversal final del montículo, mostrando el subcomponente mínimo.....	35

Imagen 10. Vista en planta del montículo y área basal para medios filtrantes	36
Imagen 11. Puertos de inspección/supervisión	37
Imagen 12. Plano con vista superior de un montículo de goteo.....	38
Imagen 13. Vista lateral de un montículo de goteo.....	38
Imagen 14. Vista lateral de un montículo de goteo en una pendiente.....	39
Tablas.....	40
Tabla 1. Niveles de rendimiento de los componentes del tratamiento y método de distribución. Posibles aplicaciones para montículos según el Capítulo 246-272A del WAC	40
Tabla 2. Ancho máximo del lecho ¹	41
Tabla 3. Tasas de infiltración/carga para calcular el área basal de los sistemas de montículos (tasas de carga de la columna A del Capítulo 246-272A del WAC*).....	42
Tabla 4. Correcciones de ancho descendente y ascendente (multiplicadores) para montículos en terrenos inclinados (pendientes laterales de 3:1).....	43
Anexos	44
Anexo A: Especificaciones de los medios filtrantes	44
Anexo B: Proceso de diseño del montículo	47
Anexo C: Ejemplos de diseño de montículos.....	50
Anexo D: Hoja de trabajo/lista de verificación del montículo	57
Anexo E: Preparación del terreno y construcción	61
Anexo F: Eliminación de medios filtrantes contaminados.....	64
Bibliografía	65

Resumen de cambios

Número de página	Sección	Descripción del cambio
Todas	Todas	Aclaración/actualización del texto para el 1 de abril de 2025, revisión de la norma del Capítulo 246-272A del WAC
20	3.12	Se ha añadido una aclaración sobre el uso de tubos de goteo en sistemas de montículos
23	4.3	Se ha añadido una aclaración indicando que todos los montículos deben inspeccionarse anualmente según los requisitos establecidos en el Capítulo 246-272A-0270 del WAC
33 a 34	Imágenes 12 a 14	Se han añadido nuevas imágenes que muestran un montículo con tubos de goteo
11 a 12	2.3.1.4	debe haber un total de 2' de profundidad de suelo/medio no saturado. Esto debe incluir una profundidad mínima de 12" de medio filtrante y un mínimo de 12" de suelo natural

Prólogo

Esta DS&G (por su sigla en inglés, Norma y Directriz Departamental) es aplicable en todo el estado. Las diferencias regionales pueden requerir variaciones en la aplicación de la tecnología. Las diferencias también pueden exigir ajustes más amplios o restrictivos respecto de lo aquí establecido. En cualquier caso, el funcionario de salud local tiene plena autoridad para aplicar esta tecnología, de conformidad con el [Capítulo 246-272A del WAC \(por su sigla en inglés, Código Administrativo de Washington\)](#) (solo en inglés) y la normativa local. Si alguna disposición de estas normas recomendadas es incompatible con códigos, reglamentos, ordenanzas, políticas, procedimientos o prácticas locales, las normas locales prevalecerán.

La aplicación local de estas normas departamentales puede ser:

- 1) **Adoptada como parte de normas, reglamentos u ordenanzas locales.** Cuando las normas recomendadas, ya sea en su forma original o modificadas para reflejar con mayor precisión las condiciones locales, se adoptan como parte de las normas locales, su aplicación se rige por la autoridad normativa local.
- 2) **Utilizada como “orientación técnica” en la aplicación de la tecnología.** Las normas recomendadas, ya sea en su forma original o modificadas para reflejar con mayor precisión las condiciones locales, pueden utilizarse a nivel local como orientación técnica.

La aplicación de estas normas recomendadas puede combinar los dos enfoques descritos anteriormente. El funcionario de salud local y la mesa directiva de salud determinan la aplicación de estas normas recomendadas sin desviarse del [Capítulo 246-272A del WAC](#) (solo en inglés).

El lenguaje normativo típico que se proporciona aquí ayuda a las jurisdicciones locales de salud que desean adoptar estas normas recomendadas en las normativas locales. La información y orientación adicionales se presentan en cuadros de texto para distinguirlas de las normas recomendadas.

Glosario de términos: El sitio web del Departamento de Salud del Estado de Washington (el departamento) pone a disposición un glosario de términos frecuentes sobre todas las DS&G en <http://www.doh.wa.gov/Portals/1/Documents/Pubs/337-028.pdf> (solo en inglés).

Las normas recomendadas que se encuentran aquí respaldan el diseño de OSS (por su sigla en inglés, sistemas de alcantarillado en sitio) con caudales de diseño inferiores a 3.500 GPD (por su sigla en inglés, galones por día), pero también pueden aplicarse a los LOSS (por su sigla en inglés, sistemas de gran alcantarillado en sitio). Sin embargo, algunas disposiciones relativas a los LOSS no son adecuadas o no están permitidas conforme a la adopción en 2011 de la norma LOSS revisada, [Capítulo 246-272B del WAC](#) (solo en inglés). Los requisitos para los LOSS de la

DS&G ya se han incluido en la norma. Los ingenieros de diseño y otras personas interesadas en LOSS deben consultar la norma y al personal del programa de LOSS.

Organización típica de la DS&G:

Sección de Normas	Explicación
Rendimiento	Describe las expectativas de rendimiento, incluidos el TL (por su sigla en inglés, nivel de tratamiento) y la función.
Aplicación	Detalla cómo aplicar la tecnología e incluye las condiciones requeridas antes de proceder con el diseño (incluye el estado de aprobación de la tecnología, los requisitos de listado de componentes, los permisos, los requisitos de instalación, pruebas e inspección, etc.).
Diseño	Describe los requisitos de diseño y construcción de la tecnología, incluidos los estándares mínimos que deben cumplirse para obtener un permiso.
Funcionamiento y mantenimiento	Explica los requisitos de funcionamiento y mantenimiento de la tecnología, incluidas las responsabilidades de las distintas partes, las tareas de mantenimiento recomendadas y su frecuencia, las medidas de garantía, etc.
Anexos	Proporciona ejemplos de diseño, imágenes y tablas, aplicaciones específicas y cuestiones relacionadas con el diseño y la instalación.

Introducción

Los sistemas sépticos de montículo son sistemas alternativos que se utilizan cuando las condiciones del terreno no cumplen con los estándares para un campo de drenaje por gravedad típico. Los terrenos con poca profundidad de suelo o estructura deficiente, alto nivel freático o lecho rocoso poco profundo pueden requerir el uso de sistemas de montículos. El campo de drenaje está contenido dentro del montículo elevado para ayudar al tratamiento adecuado de las aguas residuales. Aunque son útiles, requieren mucho espacio. La imagen 2 muestra un sistema típico de montículos.

Los sistemas de montículo incluyen los siguientes:

- Un dispositivo de pretratamiento, normalmente una cámara séptica, descrito en el Capítulo 246-272A del WAC,
- Componentes de distribución de presión, tales como una cámara de bombeo, una bomba y controles, y laterales de distribución de baja presión, incluidos la distribución por goteo, y
- El “montículo”, que incluye el medio filtrante, un lecho de infiltración, un sistema de distribución, una cubierta de suelo y una capa superficial de suelo

El efluente de la cámara séptica se bombea desde la cámara séptica a la cámara de bombeo y, desde allí, al sistema de montículo. En el lecho de infiltración, el efluente fluye a través del medio filtrante, donde se somete a un tratamiento físico, biológico y químico. A continuación, pasa directamente al suelo natural subyacente para su dispersión.

Una planificación adecuada y el seguimiento de los pasos clave son fundamentales para garantizar que el sistema de montículos sea eficaz y cumpla con la normativa. Los pasos clave incluyen la evaluación del terreno, el diseño, la preparación del terreno, la selección de los medios filtrantes, la instalación y el mantenimiento de estos sistemas.

Cuando se utilizan sistemas de montículos:

- Asegúrese de que se realice una evaluación precisa del terreno para determinar el tipo y la profundidad exactos del suelo.
- Asegúrese de que el diseño del montículo sea largo y estrecho, que se ubique a lo largo de los contornos topográficos del terreno y que se seleccione el medio filtrante adecuado.
- Siga el diseño sin modificaciones y coloque cuidadosamente los medios filtrantes durante la instalación para evitar problemas operativos.

Aplicaciones típicas para sistemas de montículos

Los diseños de los sistemas de montículos tienen en cuenta las siguientes condiciones del terreno y del suelo. La imagen 3 muestra el movimiento típico de los efluentes a través de un sistema de montículos.

- **Suelos permeables o lentamente permeables con un nivel freático alto.**

Tanto si el nivel freático es estacional como permanente, estos suelos tienen una separación vertical insuficiente para proporcionar un tratamiento adecuado a los SSAS (por su sigla en inglés, sistemas de absorción subterránea). Un nivel freático elevado puede deberse a la posición del terreno, a la baja permeabilidad del suelo o a una capa restrictiva poco profunda que atrapa el agua por encima de ella. Esto significa que el suelo puede humedecerse o saturarse fácilmente, lo que afecta al tratamiento de las aguas residuales.

El sistema de montículos aborda estas condiciones proporcionando tratamiento antes de que el efluente entre en el suelo natural. Mediante el uso de una distribución uniforme y dosificada en el tiempo y una separación vertical adecuada en el medio filtrante, se mantiene un caudal vertical no saturado. Esto garantiza el máximo tratamiento antes de que el efluente llegue al suelo natural.

- **Suelos que permiten que el agua fluya rápidamente porque:**

- Se encuentran sobre un acuífero sin capa protectora
- Son suelos poco profundos que se drenan rápidamente y se encuentran sobre otras capas que también se drenan rápidamente, o
- Se encuentran sobre un lecho rocoso con grietas, agujeros o poros que permiten el paso del agua.

Estos terrenos corren el riesgo de que el tratamiento de las aguas residuales sea inadecuado antes de que los efluentes lleguen a las aguas subterráneas. Esto supone un riesgo para la salud pública debido a la probabilidad de contaminación de las aguas subterráneas.

El sistema de montículos permite un nivel conocido de tratamiento de las aguas residuales antes de que los efluentes se descarguen en el suelo natural.

- **Suelos lentamente permeables sin un nivel freático alto.**

Estos suelos están sujetos a daños causados por el desplazamiento de las partículas del suelo, lo que provoca el cierre de los poros naturales entre ellas (manchas). También están sujetos a daños por compactación, especialmente durante la construcción de sistemas que utilizan SSAS. Este daño reduce drásticamente la permeabilidad del suelo. Como resultado, existe un mayor potencial de daño donde el sistema entra en contacto con el suelo, lo que requiere campos de drenaje más grandes que proporcionen un espacio suficiente para que

las aguas residuales se filtren en el suelo. Las ventajas de un sistema de montículo para estos terrenos son las siguientes:

- El efluente del montículo entra en la capa superficial del suelo natural, más permeable, en una zona más amplia, donde puede desplazarse lateralmente hasta ser absorbido por el suelo natural, menos permeable (imagen 3).
- La biocapa que se forma en el fondo de la zona de infiltración no obstruirá el medio filtrante tan fácilmente como lo haría en un suelo natural menos permeable.
- El área de infiltración dentro del medio filtrante del montículo es mucho más pequeña de lo que sería si se colocara en el suelo natural, más lentamente permeable, aunque el área total del montículo es probablemente mayor que la que tendría un sistema de campo de drenaje convencional, si se pudiera utilizar.

Los sistemas de montículos se utilizan principalmente en suelos poco profundos que recubren una capa restrictiva o un nivel freático elevado. Cuanto menos profundo sea el suelo, más atención se debe prestar al transporte del efluente tratado lejos del punto de aplicación. Algunos principios que controlan el movimiento del efluente tratado debajo y lejos del montículo (o cualquier otro sistema de dispersión) incluyen:

- Bajo cualquier zanja o lecho, el efluente tratado se acumulará a medida que se utilice el sistema. Esta acumulación, denominada “elevación localizada del nivel freático”, se formará sobre la capa restrictiva o el nivel freático. La altura de esta elevación localizada del nivel freático viene determinada por la pendiente o el gradiente que genera (consulte la imagen 1). La pendiente debe aumentar hasta que sea lo suficientemente grande como para alejar el agua tan rápido como se añade. La preocupación aquí es que la elevación localizada del nivel freático pueda acumularse hasta tal punto que reduzca gravemente, o elimine, la separación vertical no saturada que es fundamental para proporcionar el tratamiento. Estas preocupaciones se mitigan asegurando que el diseño del sistema sea largo y estrecho y se coloque solo a lo largo de los contornos del terreno o la pendiente.
- Cuanto más compacto sea el suelo, más pronunciada deberá ser la pendiente de la elevación localizada del nivel freático de efluentes tratados para impulsar una cantidad determinada de efluentes tratados a través de un área determinada.
- La pendiente de la capa restrictiva actúa como la pendiente de la elevación localizada del nivel freático de efluentes y se suma a ella. La pendiente de la superficie del suelo es un indicador de la pendiente de la capa restrictiva, siempre que esta sea relativamente paralela a la superficie del suelo.

1. Normas de rendimiento

1.1. Criterios de rendimiento

Cuando se ubica, diseña, instala, opera y mantiene adecuadamente, se espera que un sistema de montículos que cumpla con estas Normas y Directrices Departamentales alcance un rendimiento de tratamiento equivalente al Nivel de Tratamiento (TL) B o C descrito en la tabla III del Capítulo 246-272A-0110 del WAC. Los montículos deben tener un mínimo de 3' de recorrido total insaturado en el lecho. La sección 2.3 y la tabla 1 explican los requisitos de los medios filtrantes y la separación vertical necesarios para cumplir con los diferentes niveles de tratamiento.

1.2. Secuencia de tratamiento del montículo

Cuando se utiliza junto con un producto de tratamiento incluido en la *Lista de Productos Registrados para el Tratamiento y la Distribución In Situ* del departamento como producto que cumple con el TL B, se espera que un sistema de montículo que cumpla con las normas de esta publicación alcance un rendimiento de tratamiento equivalente al TL A.

- 1.2.1. Cuando el efluente se vierte en un montículo mediante dosificación programada, la dispersión en el suelo natural también se considerará como dosificación programada.

Los montículos son una mala opción en terrenos donde la separación vertical (SV) o la separación horizontal (SH) están muy limitadas (p. ej., menos de 12" de SV o menos de 25' de SH).

Los terrenos deben evaluarse para determinar su idoneidad para un sistema de montículos. La profundidad del suelo o las condiciones del nivel freático pueden requerir un montículo, pero es posible que el terreno no sea adecuado. La ubicación del montículo, la topografía del terreno, las condiciones de las tierras altas, las invasiones, el caudal de agua superficial, el tipo y la estructura del suelo y la conductividad hidráulica son solo algunas de las consideraciones críticas para determinar el tipo de sistema necesario.

Los terrenos boscosos o con mucha cobertura de maleza dificultan mucho este proceso, si no lo hacen prácticamente imposible. Dado que es esencial realizar una evaluación precisa de la profundidad del suelo, los terrenos que no se prestan a una evaluación clara deben ser adecuadamente desbrozados y despejados antes de la evaluación del suelo.

El desbroce realizado debe ser representativo de la extensión del terreno y de la alteración del suelo prevista con el futuro desarrollo y construcción. Esto ayuda a garantizar que las

condiciones presentes en el momento de la instalación sean las mismas que las presentes en el momento de la evaluación del terreno y del suelo. Además, el terreno inicial del montículo, la zona de sustitución y la zona protegida de 30 pies cuesta abajo deben protegerse adecuadamente durante el desarrollo del terreno para garantizar que las condiciones del terreno y del suelo sigan siendo compatibles con el diseño y el plan de construcción aprobados a lo largo de todo el proyecto.

1.3 Listado

Los montículos son una tecnología de dominio público. Figuran en *la Lista de Productos Registrados para el Tratamiento y la Distribución In Situ* del departamento como tecnología combinada de tratamiento y dispersión en el suelo de Categoría 1 para aguas residuales residenciales.

2. Normas de aplicación

2.1. Autorizaciones

- 2.1.1. La autorización y la instalación de sistemas de montículos están sujetas a la normativa local y deben cumplir, como mínimo, con el Capítulo 246-272A del WAC.
- 2.1.2. Se requieren permisos de instalación del funcionario de salud local de la jurisdicción. Para los terrenos en los que se utilizan montículos para cumplir con el TL B y el nivel de bacterias (NB) 2, el funcionario de salud puede exigir el funcionamiento y mantenimiento continuos del sistema. Las siguientes prácticas, utilizadas por separado o en combinación, son las mejores prácticas para garantizar el funcionamiento y mantenimiento a largo plazo:
 - 2.1.2.1. Registrar el requisito del contrato de servicio continuo en la escritura de la propiedad.
 - 2.1.2.2. Emitir un permiso de funcionamiento, independiente del permiso de instalación, con el requisito de mantener un contrato de servicio.
 - 2.1.2.3. Exigir a la entidad gestora que proporcione garantías de funcionamiento y mantenimiento. Entre las entidades gestoras se incluyen ciudades y pueblos, distritos de servicios públicos, distritos de agua y alcantarillado, distritos de uso especial y empresas con capacidad demostrada para garantizar una gestión a largo plazo.

2.2. Ubicación del montículo

Ubique el montículo en áreas abiertas para que esté expuesto al sol y al viento, de modo que se maximice la evaporación y la transpiración.

- 2.2.1. No construya sistemas de montículos en vías de drenaje, depresiones o zonas propensas a inundaciones.
- 2.2.2. La escorrentía ascendente debe desviarse alrededor del montículo.
- 2.2.3. Tenga en cuenta las limitaciones de drenaje tanto para el drenaje de la zona ascendente como para el de la zona descendente. El funcionario de salud local puede exigir evaluaciones y/o pruebas adicionales para analizar el terreno antes de instalar el sistema de montículos.
- 2.2.4. Un terreno situado en la parte superior o en el punto más alto de una pendiente o colina, denominado terreno crestado, es ideal porque el montículo puede situarse de manera que el efluente se desplace lateralmente por ambas laderas. Si bien un terreno llano permite el flujo lateral en todas las direcciones, puede presentar problemas, ya que la elevación localizada del nivel freático, que se muestra en la imagen 1, puede ascender hasta la superficie del suelo por debajo del montículo en suelos menos permeables. La aplicación más común es el terreno inclinado, en el que todo el líquido se desplaza en una sola dirección, alejándose del montículo (imagen 3). En este caso, el montículo debe colocarse en las partes superiores de la pendiente, y no en la base de esta. En un terreno con una pendiente compleja (dos direcciones), el montículo debe situarse de manera que las aguas residuales tratadas no se concentren en una sola zona de la pendiente.
- 2.2.5. La pendiente máxima del terreno en la que se puede instalar razonablemente un montículo con equipos de construcción habituales es del 20 %. El diseño y la colocación de montículos en pendientes superiores al 20 % requieren un cuidado especial y que se tengan en cuenta las técnicas de instalación para la estabilidad de la pendiente y los elementos de diseño “largos y estrechos”. Estas cuestiones pueden requerir los servicios de ingenieros, geólogos, edafólogos u otros profesionales cualificados, dependiendo de las condiciones del terreno.
- 2.2.6. Los terrenos con árboles o rocas grandes no son ideales para los sistemas de montículos, ya que es difícil preparar la superficie y el área de infiltración (suelo expuesto) disponible debajo del montículo es reducida. Las raíces de los árboles, los tocones y las rocas son como fragmentos de roca que ocupan espacio, lo que reduce la cantidad de suelo disponible para alejar las aguas residuales tratadas del área del montículo. Si no hay otro terreno disponible, deje los tocones de los árboles cortados a nivel del suelo en lugar de alterar el

suelo natural al eliminarlos. Es posible que se necesite un área de montículo más grande de lo normal si hay muchos tocones o rocas grandes, de modo que haya suficiente suelo disponible para aceptar el efluente. El aumento del área basal y/o del tamaño del montículo debe estar técnicamente justificado y ser suficiente para compensar el área de infiltración del suelo perdida por los troncos, tocones y rocas. Además de aumentar el tamaño del montículo, se debe prestar especial atención y cuidado para preparar adecuadamente la superficie de infiltración del suelo en condiciones menos que ideales. Es posible que en un terreno de este tipo sea necesario cavar a mano parte o toda el área debajo del montículo. Consulte el anexo E.

2.3. Profundidad mínima del suelo original y profundidad de los medios filtrantes

2.3.1. Los sistemas de montículos deben diseñarse para cumplir con los requisitos mínimos de separación vertical y el nivel de tratamiento especificados en el Capítulo 246-272A del WAC, tabla VI o el Capítulo 246-272A del WAC, tabla X. La profundidad del medio filtrante se basa en el nivel de tratamiento necesario. La tabla 1 proporciona las profundidades requeridas del medio filtrante en función de la separación vertical y los niveles de tratamiento.

2.3.1.1. Para cumplir con el TL B, debe haber un total de 3' de profundidad de suelo/medio insaturado. Esto debe incluir una profundidad mínima de 24" de medio filtrante, independientemente del nivel de pretratamiento, y un mínimo de 12" de suelo natural. El suelo debe estar intacto e insaturado, medido desde la superficie original del terreno, en todas las partes del lecho.

2.3.1.2. Debe haber un total de 3' de profundidad de suelo/medio insaturado para cumplir con el TL C y BL 3. Esto debe incluir una profundidad mínima de 12" de medio filtrante y un mínimo de 24" de suelo natural. El suelo debe estar intacto e insaturado, medido desde la superficie original del terreno, en todas las partes del lecho.

2.3.1.3. Si el montículo va precedido de una tecnología de tratamiento que cumple con el TL A o BL 1 o TL B o BL 2, se supone que el efluente cumplirá con el TL A/BL 1 cuando haya una profundidad mínima de 24" de medio filtrante y 12" de suelo natural sin alterar, medido desde la superficie original del terreno.

2.3.1.4. Si un montículo está precedido por una tecnología de tratamiento que cumple con TL A o TL B y el montículo se va a utilizar únicamente para la dispersión, debe haber un total de 2' de profundidad de suelo/medio no saturado. Esto debe incluir una profundidad mínima

de 12" de medio filtrante y un mínimo de 12" de suelo natural. El suelo debe estar intacto e insaturado, medido desde la superficie original del terreno, en todas las partes del lecho.

- 2.3.2. Cuando la evaluación del terreno indica que la profundidad hasta el nivel freático es inferior a 18", debe tener al menos 12" durante la temporada húmeda. Si hay profundidad de suelo no saturado cercana al mínimo requerido, el funcionario de salud local debe retener el permiso hasta que una evaluación de la temporada húmeda determine la ubicación de los niveles freáticos altos. A medida que disminuye la separación vertical potencial, las verificaciones estacionales del terreno para evaluar los niveles freáticos se vuelven cada vez más críticas para el diseño y la función del sistema a fin de garantizar la protección de la salud pública.

Tabla 1. Niveles de rendimiento de los componentes del tratamiento y método de distribución. Posibles aplicaciones para montículos según el Capítulo 246-272A del WAC

Separación vertical (en pulgadas)	Tipo de suelo		
	1	2	3-6
12 < 18	<p>Presión TLA y BL1 con dosificación temporizada</p> <p><i>(Tecnología TLB más montículo con 2' de medio filtrante)</i></p>	<p>Presión TLB y BL2 con dosificación temporizada</p> <p><i>(Tecnología TLB más montículo con 1' de medio filtrante solo para dispersión o montículo con 2' de medio filtrante)</i></p>	<p>Presión TLB y BL2 con dosificación temporizada</p> <p><i>(Tecnología TLB más montículo con 1' de medio filtrante solo para dispersión o montículo con 2' de medio filtrante)</i></p>
≥ 18 < 24	<p>Presión TLB y BL2 con dosificación temporizada</p> <p><i>(Montículo con 2' de medio filtrante)</i></p>	<p>Presión TLB y BL2 con dosificación temporizada</p> <p><i>(Montículo con 2' de medio filtrante)</i></p>	<p>Presión TLB y BL2 con dosificación temporizada</p> <p><i>(Montículo con 2' de medio filtrante)</i></p>
≥ 24 < 36	<p>Presión TLB y BL2 con dosificación temporizada</p> <p><i>(Montículo con 2' de medio filtrante)</i></p>	<p>Presión TLC y BL3</p> <p><i>(Montículo con 1' de medio filtrante)</i></p>	<p>Presión TLE</p> <p><i>(Montículo con 1' de medio filtrante)</i></p>

2.4. Distancias mínimas

Las distancias mínimas se miden entre el perímetro del área basal del medio filtrante y la característica respectiva que requiere las distancias mínimas. La tabla VI del Capítulo 246-272A del WAC establece las distancias mínimas para todos los sistemas sépticos.

2.5. Características de los afluentes

- 2.5.1. Las aguas residuales procedentes de fuentes residenciales deben recibir un pretratamiento al menos equivalente al que proporciona una cámara séptica convencional de dos compartimentos antes de ser vertidas a un montículo.
- 2.5.2. Las aguas residuales procedentes de fuentes no residenciales o las aguas residuales de alta concentración procedentes de fuentes residenciales deben

recibir un pretratamiento suficiente. El pretratamiento debe reducir la concentración de los residuos al nivel que se encuentra habitualmente en los efluentes de las cámaras sépticas residenciales domésticas (TL E) antes de ser vertidos a un montículo.

- 2.5.3. Cuando se trata de aguas residuales con características únicas, como las que se caracterizan por una alta demanda bioquímica de oxígeno carbonoso (CBOD5), sólidos suspendidos totales (TSS) y/o aceites y grasas (superiores a los valores del TL E), el sistema de montículo, al igual que el filtro de arena intermitente, tiene limitaciones. La concentración del efluente no debe ser superior al TL E. Para garantizar el funcionamiento a largo plazo de un sistema de montículo, es preferible que la concentración de las aguas residuales sea menor, sin que ello suponga un aumento del caudal. Las aguas residuales de alta concentración y las procedentes de fuentes comerciales deben evaluarse individualmente para diseñar un sistema que garantice el nivel adecuado de pretratamiento antes de su dispersión en el montículo. En el caso de los sistemas que dan servicio a viviendas que no son unifamiliares, se advierte al diseñador que la simple extrapolación de esta información puede no ser adecuada.
- 2.5.4. A medida que los caudales diarios de aguas residuales superan los niveles de una vivienda unifamiliar, no se puede confiar únicamente en los valores de la tabla y los gráficos precalculados de la sección 3, sino que deben confirmarse mediante cálculos individuales.

2.6. Superficie/densidad mínima

El uso de un sistema de montículos no permite reducir los requisitos mínimos de superficie establecidos en el Capítulo 246-272A del WAC. El desarrollo del terreno que incorpore un montículo debe cumplir los requisitos mínimos de superficie establecidos en el Capítulo 246-272A del WAC y en los códigos locales.

2.7. Área reservada

Se debe reservar un terreno con condiciones adecuadas para la construcción de un montículo. El área reservada debe cumplir con los requisitos del Capítulo 246-272A del WAC.

2.8. Instalación

Los montículos deben protegerse del drenaje superficial. La instalación puede requerir nivelación, la construcción de un terraplén o la instalación de otro sistema de drenaje en la parte superior de la pendiente para desviar el agua alrededor o lejos del montículo.

2.8.1. Equipo

- 2.8.1.1. Se debe utilizar un vehículo con orugas con una presión máxima de 7 psi para colocar el medio filtrante, preparar el lecho, dar forma al montículo y añadir la capa superficial. No se debe utilizar un vehículo con ruedas para este trabajo y no se debe circular por la zona basal ni por la zona incluida en los 30 pies de pendiente descendente de la zona basal.
- 2.8.1.2. Teniendo en cuenta la marca y el modelo del equipo, el fabricante puede proporcionar la presión en psi de las orugas. Las técnicas de instalación adecuadas también requieren maniobras prudentes sobre el material de relleno, como no dejar el equipo estacionado y en funcionamiento mientras se encuentra sobre el relleno y no realizar giros con las orugas bloqueadas sobre el relleno. Estas y otras prácticas pueden compactar el suelo bajo el relleno.
- 2.8.1.3. Se debe utilizar un arado de cincel agrícola con resorte u otro aparato o método aceptable para preparar el suelo antes de construir el sistema de montículos (consulte el Anexo E). El rotocultivo no es un sustituto aceptable y no debe utilizarse.

2.9. Inspección

Todas las inspecciones del terreno antes, durante y después de la construcción deben ser atendidas por el funcionario de salud local o su representante, o por un diseñador o ingeniero aprobado por la jurisdicción local de salud.

2.10. Material de grava

“Drainrock” es grava limpia lavada o roca triturada con un tamaño comprendido entre tres cuartos de pulgada y dos pulgadas y media, que no contiene más del dos por ciento en peso que pase por un tamiz n.º 8 de EE. UU. y no más del uno por ciento en peso que pase por un tamiz n.º 200 de EE. UU.

2.11. Tecnologías de distribución sin grava

Las tecnologías de distribución sin grava pueden utilizarse en lugar de la grava en los sistemas de montículos. Los productos deben figurar en la *Lista de Productos Registrados para el Tratamiento y la Distribución In Situ* del departamento.

2.12. Especificaciones del medio filtrante

- 2.12.1. Los medios filtrantes deben cumplir con la especificación para medios filtrantes de arena gruesa o con la especificación ASTM C-33 para la graduación del tamaño de las partículas que se detalla en el Anexo C. Los medios filtrantes utilizados en un montículo deben ir acompañados de una certificación por escrito del proveedor que indique que la arena cumple plenamente con una de las especificaciones de medios filtrantes enumeradas en el Anexo A, según lo determinado por las normas ASTM D136 (cribado en seco) y ASTM C-117 (cribado en húmedo). Consulte la sección 3.4 para conocer la frecuencia mínima de dosificación requerida con el medio filtrante de arena gruesa utilizado como medio filtrante.
- 2.12.2. Para evitar el asentamiento diferencial cuando se pone en servicio el montículo, el medio filtrante debe tener una densidad uniforme en toda su extensión. Esto se puede lograr de dos maneras, dependiendo del contenido de humedad del medio filtrante durante la construcción. Si el medio filtrante está tan seco que se puede verter (como la sal o la arena en un reloj de arena), se puede verter o empujar con un vehículo oruga hasta su posición, y luego asentarlo ligeramente sin compactarlo para permitir un asentamiento de aproximadamente el 5 %, o una reducción de volumen. Si el medio filtrante está lo suficientemente húmedo como para no poder verterse, debe colocarse en capas sucesivas de 6 pulgadas, asentando ligeramente cada capa. El objetivo del asentamiento ligero en ambos casos es eliminar los grandes huecos en el medio que podrían colapsar cuando se añada el efluente. El asentamiento ligero puede lograrse caminando sobre la arena y alrededor de los puertos de supervisión. La densidad aparente final debe ser de aproximadamente 1.3 a 1.4 g/cm³ (81.2 a 87.4 lb/ft³). Las densidades más altas reducirán las tasas de infiltración y el potencial de intercambio de oxígeno.

3. Estándares de diseño

3.1. Aprobación del diseño

Los diseños deben ser aprobados por la jurisdicción local de salud antes de que pueda comenzar la construcción.

3.2. Caudal mínimo diario de diseño

Residencial: El caudal de diseño se calcula utilizando al menos 120 galones/dormitorio/día, con un mínimo de 240 galones/día.

No residencial: Se debe utilizar un caudal diario de diseño de al menos el 150 % del caudal diario estimado.

3.3. Tasas de aplicación

- 3.3.1. La tasa de aplicación para el área de infiltración del montículo (lecho) varía según el nivel de pretratamiento. La tasa de carga del medio arenoso es de 1.0 gpd/ft². Cabe señalar que, en Wisconsin, los sistemas de arena nunca se cargan por encima de 1.0 y, a menudo, se diseñan a 0.8 gpd/ft².
- 3.3.2. Cuando el montículo está precedido por una tecnología de TL B, la tasa de aplicación puede superar 1.0 gpd/ft², pero no debe superar 2.0 gpd/ft² cuando se dan las siguientes condiciones:
 - 3.3.2.1. El ancho máximo del lecho de infiltración no es superior al 50 % de la indicada en la tabla 2.
 - 3.3.2.2. No hay reducción en la longitud del lecho (la misma que si se diseñara a 1.0 gpd/ft²).
 - 3.3.2.3. No hay reducción en el tamaño requerido del área basal, que se dimensiona según la tabla 3.
 - 3.3.2.4. El sistema no se utiliza para cumplir con el TL A.
 - 3.3.2.5. No se permiten reducciones cuando se utilizan tecnologías de distribución sin grava.
- 3.3.3. La tasa de aplicación para el área basal varía según el tipo de suelo. Consulte la tabla 3.

3.4. Frecuencia mínima de dosificación

Se requiere un sistema controlado por temporizador (dosificación temporizada). La frecuencia mínima de dosificación o el volumen de dosis dependen de las especificaciones del medio filtrante. Para garantizar que se suministren los volúmenes de dosis adecuados, el temporizador debe configurarse para dosificar el montículo con la siguiente frecuencia mínima de dosificación:

Especificaciones del medio filtrante	Número de dosis/día (mínimo)
--------------------------------------	------------------------------

Medio de arena gruesa	18 veces al día
-----------------------	-----------------

ASTM C-33	4 veces al día
-----------	----------------

La configuración del sistema de montículos responde a la pendiente, la forma, el tamaño y las características del terreno, y viene determinada por las dimensiones rectangulares del lecho de infiltración en función de la profundidad del suelo no saturado (consulte la tabla 2).

Tabla 2. Ancho máximo del lecho¹

Tipo de capa restrictiva	Profundidad disponible del suelo (en pulgadas)		
	12 a < 18	18 a < 24	≥ 24
Nivel freático u otra capa restrictiva, sin incluir el lecho rocoso sin grietas.	5 ft	7.5 ft	10 ft
Lecho rocoso, sin grietas.	No está permitido	7.5 ft	10 ft

¹Los anchos indicados para los lechos son los anchos acumulados máximos permitidos para uno o más lechos en el mismo plano descendente de una sola parcela.

3.5. Área de infiltración del lecho; grava, sin grava o SDS

El tamaño del área de infiltración, que es la superficie inferior infiltrante del lecho, se determina aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Área de infiltración (ft}^2\text{)} = \frac{\text{Caudal diario de diseño (gal/día)}}{1.0 \text{ galones/ft}^2\text{/día}}$$

3.5.1. Ancho del lecho: El ancho máximo del lecho se ajusta a la profundidad máxima del suelo disponible (consulte la tabla 2).

Ancho del lecho (A) = Depende de la profundidad del suelo.

3.5.2. Longitud del lecho: La longitud del área de infiltración, que es la superficie inferior infiltrante del lecho, se determina aplicando la siguiente fórmula:

Profundidad del lecho (F) = 9" (mínimo para un diámetro lateral de 1")

3.5.3. Profundidad del lecho: Se coloca un mínimo de 6" de grava drenante debajo de la tubería de distribución, 2" por encima de la tubería. *

Profundidad del lecho (F) = 9" (mínimo para un diámetro lateral de 1")

*Las tecnologías de distribución sin grava pueden utilizarse para distribuir el efluente en el medio filtrante, incluidos sustitutos sin grava y goteo subterráneo (SDS) y cámaras, realizando los ajustes adecuados para las diferentes geometrías de estas tecnologías. La tecnología de distribución utilizada debe cumplir con la intención y los requisitos de distribución de presión dosificada por tiempo.

3.6. Altura del montículo

La altura del montículo se compone de lo siguiente:

- La profundidad del medio filtrante por debajo del fondo del lecho (D y E)
- La profundidad del lecho de infiltración (F)
- La profundidad de la cubierta y la capa superficial (G y H)

3.7. Profundidad del medio filtrante

La profundidad del medio filtrante depende del nivel de tratamiento requerido en un terreno determinado y se describe en la sección 2.3. Si se utiliza un sistema de montículo en un terreno que requiere un TL B o TL C, se requiere una trayectoria de caudal vertical no saturada mínima de 3'. Esta profundidad puede consistir en el suelo natural y el medio filtrante del montículo, pero siempre debe haber un mínimo de 12" de medio filtrante (consulte la tabla 1).

- 3.7.1. La profundidad del medio filtrante debajo del lecho de infiltración varía con la pendiente del terreno según las siguientes fórmulas:

Profundidad del medio filtrante por debajo del borde ascendente del lecho (D) = 1 o 2', según lo determinen las características del terreno y los supuestos de diseño.

Profundidad del medio filtrante por debajo del borde descendente del lecho (E) = D + [% de pendiente natural como decimal x ancho del lecho (A)]

3.8. Longitud y ancho del medio filtrante

La longitud y ancho del medio filtrante dependen de la longitud y ancho del lecho de infiltración, la profundidad del medio filtrante y las pendientes laterales del medio filtrante.

- 3.8.1. Las pendientes laterales no deben ser más pronunciadas que 3:1 (es decir, 3 pies de recorrido por cada pie de elevación). Se puede utilizar una capa superficial adecuada para suavizar las pendientes (por ejemplo, 4:1 para facilitar el paisajismo y el corte del césped) en lugar de las pendientes requeridas de 3:1, una vez que se haya logrado la pendiente de 3:1 con el medio filtrante (consulte la imagen 6).
- 3.8.2. La longitud del medio filtrante está compuesta por las pendientes finales (K) y la longitud del lecho (B).
- 3.8.3. El ancho del medio filtrante consiste en el ancho ascendente (J), el ancho del lecho (A) y el ancho descendente (I). En terrenos inclinados, el ancho descendente (I) será mayor que en un terreno llano si se mantiene una pendiente lateral de 3:1. La tabla 4 muestra los factores de corrección de la pendiente (multiplicadores) para pendientes de cero a 20 %, suponiendo una pendiente lateral de 3:1.

3.9. Profundidad de la cubierta y capa superficial del suelo

La cubierta proporciona protección contra las heladas, actúa como barrera contra las infiltraciones, retiene la humedad para la vegetación y favorece la escorrentía. La capa superficial del suelo ayuda a establecer y mantener una buena cubierta vegetal. La cubierta y la capa superficial del suelo se asientan durante la construcción y el uso. Es importante que la cubierta y la capa superficial del suelo asentadas no contengan depresiones que favorezcan la escorrentía. Coloque una profundidad adecuada de suelo para permitir el asentamiento y lograr la profundidad final de la cubierta y la capa superficial del suelo. Algunos suelos se asientan más que otros.

El suelo que cubre el montículo debe favorecer la aireación, el drenaje del agua de lluvia fuera del montículo y permitir el establecimiento y mantenimiento de una cubierta vegetal. La capa superior puede estar compuesta por un material con una textura tan gruesa como el medio filtrante; sin embargo, no se recomiendan suelos más gruesos, como la arena, ya que se drenan rápidamente y permiten una mayor intrusión de la precipitación en el lecho de infiltración. La capa superficial del suelo puede ser tan fina como una marga arenosa de textura media a fina. El uso de una marga arenosa de textura media a fina mejorará la retención de humedad para el

crecimiento de las plantas y aumentará la escorrentía del agua de lluvia. Los suelos de textura fina pueden reducir la transferencia de oxígeno a través de la capa superior.

- 3.9.1. La profundidad final establecida de la cubierta y la capa superficial no debe ser inferior a 12" por encima del centro y 6" por encima del borde exterior del lecho. Es posible que se necesite una profundidad adicional de capa superficial durante las actividades finales de construcción para garantizar que se alcancen las profundidades mínimas tras el asentamiento natural del suelo.
- 3.9.2. La profundidad y el tipo de capa superficial utilizada no deben impedir la libre transferencia de oxígeno al lecho y al medio filtrante del montículo.
- 3.9.3. Cubierta y capa superior del suelo (G y H):

Profundidad de la cubierta y capa superficial sin asentar en los bordes del lecho (G) = 12"

Profundidad de la cubierta y capa superficial sin asentar en el centro del lecho (H) = 18"

- 3.9.4. El montículo debe tener una cubierta vegetal y no puede tener maleza. Si no se va a realizar el paisajismo poco después de la instalación, se recomienda encarecidamente sembrar césped o colocar tepes para evitar la erosión. El césped cortado y los tepes son las mejores cubiertas vegetales para los montículos; sin embargo, cada terreno presenta diferentes opciones de paisajismo. Los montículos sin una cubierta vegetal satisfactoria suelen sufrir daños por las excavaciones de los niños, los animales pequeños, el pisoteo del ganado o la erosión.

3.10. Área basal

El área basal es la interfaz entre el suelo natural y el medio filtrante. Es la superficie efectiva disponible para transmitir el efluente tratado desde el medio filtrante a los suelos receptores. Su función es aceptar el efluente del medio filtrante, tratarlo adicionalmente y transferirlo al subsuelo debajo del medio filtrante para que se desplace lateralmente hacia el subsuelo fuera del montículo. Las tasas de carga dependen del tipo de suelo. La tabla 3, que es una combinación de la tabla V y la tabla VIII del Capítulo 246-272A del WAC, proporciona las tasas de carga para determinar el área basal requerida en función del tipo de suelo del terreno.

Tabla 3. Tasas de carga para calcular el área basal en sistemas de montículos

TIPO DE SUELO	DESCRIPCIÓN DE LA CLASIFICACIÓN TEXTURAL DEL SUELO	TASA DE CARGA galones/ft²/día
1	Arenas gruesas con gran cantidad de grava, todos los suelos con gran cantidad de grava, excepto los tipos de suelo 5 y 6, todos los tipos de suelo con un 90 % o más de fragmentos rocosos.	1.0
2	Arenas gruesas.	1.0
3	Arenas medianas, arenas gruesas limosas, arenas medianas limosas.	0.8
4	Arenas finas, arenas finas arcillosas, limos arenosos, limos.	0.6
5	Arenas muy finas, arenas limosas muy finas; o limos arcillosos, limos arcillosos arenosos, limos arcillosos y limos arcillosos limosos con una estructura moderada o fuerte (excluyendo una estructura laminar).	0.4
6	Otros suelos limosos, suelos franco-arenosos, suelos franco-arcillosos, suelos franco-limosos.	0.2
7	Arcilla arenosa, arcilla, arcilla limosa y suelos firmes fuertemente cementados, suelos con estructura laminar moderada o fuerte, cualquier suelo con estructura masiva, cualquier suelo con cantidades apreciables de arcillas expansivas.	Inadecuado

3.10.1. En terrenos nivelados, el área basal total es la longitud del medio filtrante (L) x el ancho del medio filtrante (W) que está disponible para la absorción de efluentes en el suelo natural. Consulte la imagen 6.

3.10.2. En el caso de los terrenos inclinados, la única superficie basal disponible es la superficie situada debajo del lecho (A x B) y la superficie inmediatamente inferior al lecho [longitud del lecho (B) x ancho de la pendiente (I)]. Incluye la superficie delimitada por [B x (A + I)]. Consulte la imagen 9.

3.10.3. El área basal disponible debe ser igual o superior a la requerida.

$$\text{Áreas basal requerida} = \frac{\text{Caudal diario de diseño}}{\text{Tasa de infiltración del suelo original}}$$

$$\begin{aligned} \text{Áreas basal disponible} &= L \times W \text{ (terreno nivelado)} \\ &= B \times (A + I) \text{ (terreno inclinado)} \end{aligned}$$

- 3.10.4. Si no se dispone de suficiente superficie para el diseño y las condiciones del terreno, se deben aumentar las dimensiones del área del medio filtrante. El método de preferencia para aumentar el área basal es alargar el lecho en lugar de ampliar el borde del medio filtrante. (El borde es el límite inferior donde las pendientes laterales se estrechan y se funden con la pendiente original).

3.11. Colocación del montículo

Se deben seguir las siguientes convenciones de diseño para la disposición del sistema y la colocación de los montículos.

- 3.11.1. En terrenos inclinados, el montículo debe alinearse con su dimensión más larga paralela a los contornos del terreno, de modo que no se concentre el efluente en una zona pequeña a medida que se desplaza lateralmente cuesta abajo.
- 3.11.2. El montículo no debe alinearse perpendicularmente a los contornos.
- 3.11.3. En todos los terrenos, el lecho de infiltración debe ser lo más largo y estrecho posible para limitar la tasa de carga lineal del efluente y garantizar que este se infiltre en el suelo antes de llegar al pie del medio filtrante.
- 3.11.4. Si el terreno no permite el diseño de un montículo “largo y estrecho” a lo largo de los contornos del terreno, se debe utilizar otra tecnología de tratamiento y dispersión. Los sistemas de montículos solo son adecuados para terrenos en los que se pueden cumplir satisfactoriamente los criterios de diseño y ubicación.
- 3.11.5. No se permiten dos o más lechos en el mismo plano descendente si el ancho total del lecho supera el ancho máximo especificado en la tabla 2, a menos que la distancia entre los lechos sea tan grande que se pueda instalar correctamente un drenaje de cortina que cumpla con todos los retranqueos requeridos entre las extensiones más lejanas de las dos áreas basales. Cuando se utilicen drenajes de cortina, se debe tener en cuenta la separación vertical, el tipo de suelo, el porcentaje de pendiente, el ancho máximo del lecho y el tipo de capa restrictiva.

3.12. Distribución de la presión

Se requiere un método que proporcione una distribución uniforme con dosificación temporizada en todo el lecho del medio filtrante. La cámara de bombeo y el sistema de distribución deben diseñarse de acuerdo con:

- 1) *Normas y Directrices Departamentales para la Distribución de Presión o;*
- 2) *Normas y Directrices Departamentales para Sistemas de Riego por Goteo Subterráneo.*

Consideraciones sobre la distribución de los sistemas de goteo subterráneo (SDS):

El borde exterior de la línea de goteo debe estar al menos a 2' del borde exterior del montículo. El lecho debe incluir al menos 6" de material filtrante sobre las líneas de goteo (consulte la imagen 12), con una profundidad mínima de 12" de material filtrante por debajo de los tubos de goteo hasta los suelos naturales.

Se deben utilizar las tasas de aplicación y los parámetros descritos en la tabla 2 de la DS&G para Sistemas de Goteo Subterráneos. Un montículo compuesto por C-33 o arena gruesa puede tener una tasa de aplicación superficial infiltrante de hasta 1 galón/ft²/día. La interfaz entre el C-33 o la arena gruesa y el suelo natural debe ser la tasa de aplicación para el tipo de suelo natural, tal y como se describe en la tabla VIII del Capítulo 246-272A del WAC.

El diseño, la disposición y la instalación de la línea de transmisión entre la cámara de bombeo y el montículo deben tener en cuenta la posibilidad de que el agua subterránea o superficial se canalice hacia el montículo o la cámara de bombeo, lo que podría causar problemas relacionados con la infiltración.

Los montículos que utilizan un SDS (por su sigla en inglés, sistema de goteo subterráneo) pueden tener una cabecera de descarga manual o continua. La línea de descarga de retorno debe conectarse a la entrada del tanque de dosificación. Asegúrese de que el caudal diario de diseño tenga en cuenta el volumen de retorno de la descarga si esto puede afectar a los ajustes del flotador.

3.13. Puertos de supervisión

El objetivo de los puertos de supervisión es supervisar el estado del sistema durante las inspecciones y ayudar a resolver problemas. Cada montículo necesita un mínimo de dos puertos de supervisión. Uno debe colocarse en el lecho de infiltración hasta la interfaz entre la grava y la arena, excepto cuando se utiliza un SDS. El otro debe colocarse en la pendiente descendente desde el lecho hasta la interfaz entre la arena y el suelo natural. Otro puerto de supervisión útil se instalaría a través de la interfaz entre la arena y el suelo natural y varios centímetros dentro del suelo natural. Los métodos de instalación y fijación de los puertos de supervisión se muestran en la imagen 11. Puertos de supervisión bien diseñados e instalados:

- Se extienden al menos hasta la superficie del terreno del nivel final del terreno.
- Están firmemente sujetos y asegurados para evitar su retirada involuntaria.
- Son accesibles para su observación rutinaria.
- Proporcionan acceso visual al fondo del lecho filtrante en la parte de grava de un filtro de arena relleno de grava y, en cámaras sin grava, al interior de la cámara.

3.14. Plan de construcción

Los procedimientos utilizados en la construcción de un montículo son tan importantes como el diseño del sistema. Un buen diseño con una construcción deficiente dará lugar a fallas en el sistema. Las instalaciones solo deben realizarse cuando el contenido de humedad del suelo sea bajo, para evitar la compactación y la formación de charcos. La solicitud de diseño debe incluir un plan de construcción; se debe seguir el plan aprobado. Un plan de construcción incluye lo siguiente:

- 3.14.1. Las rutas de entrada y salida de los vehículos de construcción, garantizando una protección adecuada del montículo y las zonas circundantes, especialmente en las zonas de pendiente descendente. El montículo debe protegerse de los daños causados por los vehículos, el ganado o el tráfico peatonal excesivo, incluida la zona alrededor de la base y la pendiente descendente.
- 3.14.2. Un plan para garantizar que la zona de reserva no sufra daños ni compactación del suelo por los vehículos u otras actividades.
- 3.14.3. Instrucciones para erigir una valla de construcción temporal o una barrera protectora alrededor del montículo propuesto, la reserva designada y la zona adyacente (en particular la pendiente descendente desde los terrenos del montículo principal y de la reserva) para proteger la zona de las actividades de construcción antes de que se instale el montículo. El diseñador es responsable de ello.
- 3.14.4. Instrucciones, diseño y especificaciones para la nivelación, el terraplén, la zanja y el drenaje subterráneo adecuados para evitar la intrusión de aguas superficiales y subterráneas ajenas al terreno en la zona del montículo.
- 3.14.5. Requisitos para el equipo de instalación y los procedimientos de construcción adecuados (consulte el Anexo E).

4. Normas de funcionamiento y mantenimiento

4.1. Control

- 4.1.1. El funcionario de salud local puede exigir un contrato de mantenimiento con la documentación legal correspondiente antes de aprobar un sistema de montículo. Se recomienda celebrar contratos de mantenimiento cuando la jurisdicción local de salud determine que dicho contrato garantiza el funcionamiento óptimo del sistema de montículo.
- 4.1.2. El propietario es responsable de garantizar el funcionamiento adecuado mediante un mantenimiento oportuno. Como mínimo, los sistemas de montículo deben inspeccionarse al menos una vez al año, tal y como exigen las normativas estatales. La jurisdicción local de salud puede exigir inspecciones más frecuentes debido a condiciones ambientales específicas. Póngase en contacto con la jurisdicción local de salud para conocer los requisitos necesarios para realizar las actividades de supervisión y mantenimiento.

4.2. Manual de operación y mantenimiento

- 4.2.1. El diseñador debe proporcionar un manual de operación y mantenimiento del sistema. El manual debe incluir lo siguiente:
 - 4.2.1.1. Las responsabilidades del propietario del sistema, que incluyen el funcionamiento establecido del sistema, la inspección, el mantenimiento de registros, la presentación de informes y los requisitos de permisos.
 - 4.2.1.2. Información de contacto clave, incluidos los nombres y números de teléfono de la jurisdicción local de salud, el diseñador del sistema, el fabricante de los componentes y el proveedor/instalador y/o la entidad gestora con la que pueden ponerse en contacto en caso de emergencia o fallo del sistema.
 - 4.2.1.3. Descripción del sistema, incluyendo una narración que describa cómo funciona el sistema, su rendimiento previsto y los límites operativos del diseño. Debe incluir una breve descripción de cada proceso o componente principal y analizar su función en el sistema y su rendimiento esperado. En el caso de los productos patentados, incluya la documentación estándar del fabricante sobre el producto, incluidas las especificaciones de rendimiento y las recomendaciones de mantenimiento necesarias para su funcionamiento, supervisión y mantenimiento.

- 4.2.1.4. Diagramas de todos los componentes principales del sistema, incluidos planos de diseño, planos de registro y esquemas de todos los componentes eléctricos y mecánicos.
- 4.2.1.5. Información sobre los requisitos de supervisión y mantenimiento periódicos del sistema. Listado y descripción de las actividades de supervisión y mantenimiento de la cámara séptica, los tanques de dosificación, el filtro de arena, el campo de drenaje, el panel de control, las bombas, los motores, los interruptores, las alarmas, etc., incluyendo los ajustes recomendados de los componentes para el funcionamiento y la supervisión rutinarios.
- 4.2.1.6. Una lista y descripción de las actividades operativas clave para proteger los procesos y componentes de tratamiento del sistema. Algunos ejemplos son el uso de accesorios de bajo caudal, la distribución de la colada y otras actividades que requieren un gran consumo de agua a lo largo de varios días, el uso selectivo y limitado de cloro y otros productos químicos domésticos, la eliminación de los trituradores de basura, la eliminación adecuada de medicamentos y el mantenimiento de una cobertura del suelo, un paisajismo y una vegetación adecuados para el sistema de zanjas revestidas de arena y el área reservada.
- 4.2.1.7. Una guía de solución de problemas que incluya información sobre cómo solucionar los problemas operativos comunes que puedan surgir. Debe ser lo más detallada posible para que el propietario del sistema pueda tomar decisiones informadas sobre cuándo y cómo intentar corregir los problemas operativos y cuándo llamar a un proveedor de servicios.

4.3. Supervisión y mantenimiento

- 4.3.1. Como se mencionó anteriormente, un sistema de montículos requiere al menos una inspección al año. Las actividades mínimas de inspección incluyen lo siguiente:
 - 4.3.1.1. Inspeccione anualmente la cámara séptica para comprobar su integridad estructural, el correcto funcionamiento de los deflectores, la intrusión de agua subterránea y el tamaño adecuado. Inspeccione y limpie la rejilla deflectora de efluentes y la cámara de bombeo según sea necesario.
 - 4.3.1.2. Inspeccione los tanques de dosificación de la bomba, si es necesario, limpie la rejilla de efluentes, inspeccione y limpie los interruptores y

flotadores de la bomba. Bombee los lodos acumulados en el fondo de las cámaras durante el bombeo.

- 4.3.1.3. Compruebe que no haya acumulación de agua en los puertos de supervisión. El proveedor de servicios debe observar y registrar las condiciones de los puertos de supervisión. El proveedor debe ser consciente del impacto que tiene la frecuencia de dosificación en el nivel de acumulación de agua observado.
- 4.3.1.4. Inspeccione y compruebe el mal funcionamiento de los equipos eléctricos, como temporizadores, contadores, cajas de control, interruptores de bomba, flotadores, sistemas de alarma u otros componentes eléctricos, y repárelos según sea necesario. Los controles del sistema deben incluir el ajuste incorrecto o el fallo de los interruptores eléctricos, mecánicos o manuales.
- 4.3.1.5. Compruebe si hay fallos mecánicos, aparte de los que afectan a las bombas, incluyendo problemas con válvulas u otros componentes mecánicos o de plomería.
- 4.3.1.6. Compruebe si hay fatiga del material, fallos, corrosión o uso de materiales inadecuados, en relación con la construcción o el diseño estructural.
- 4.3.1.7. Compruebe si hay negligencia o uso inadecuado del sistema, como una carga hidráulica u orgánica que supere la capacidad operativa, la introducción de sustancias tóxicas o peligrosas en el sistema, flujos externos que entren en el sistema, drenaje de escorrentías superficiales o desagües no alcantarillados dirigidos hacia el lugar donde se encuentra el sistema, compactación del suelo, daños por remoción de suelo y alteración del nivel del terreno, y material de cobertura o vegetación inadecuados.
- 4.3.1.8. Compruebe el uso del edificio para detectar cambios en la concentración de las aguas residuales, el caudal hidráulico u otras condiciones que puedan afectar al rendimiento del montículo y/o de todo el sistema. El funcionario de salud local puede exigir la toma de muestras, la realización de pruebas y la solución de problemas, dependiendo de la naturaleza del problema, la disponibilidad de laboratorios u otros factores, para garantizar el tratamiento adecuado de los efluentes de acuerdo con el diseño.
- 4.3.1.9. Compruebe si hay problemas de instalación del sistema, como una ubicación inadecuada o el incumplimiento del diseño.

- 4.3.1.10. Compruebe si hay problemas de desbordamiento o atasco en lo que respecta a las aguas residuales.
- 4.3.1.11. Mantenga un registro cronológico por escrito de las observaciones del nivel de acumulación de agua y de las actividades de supervisión y mantenimiento. Si el sistema tiene un campo de drenaje de tamaño reducido, esto debe incluirse en el informe que se envíe a la jurisdicción local de salud responsable de autorizar el sistema.
- 4.3.1.12. Realice el mantenimiento de todos los componentes del sistema según sea necesario, incluyendo los requisitos/recomendaciones del fabricante del producto para el mantenimiento.

4.4. Condiciones observadas/Solución de problemas/Acciones

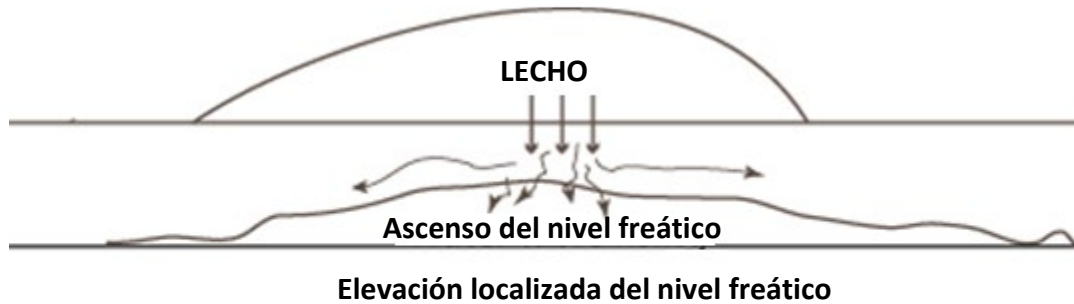
- 4.4.1. Cuando se observe que un sistema presenta alguna de las siguientes condiciones, el propietario deberá tomar las medidas adecuadas para corregir la situación de acuerdo con las instrucciones y la aprobación del funcionario de salud local:
 - 4.4.1.1. Fallo del sistema, tal y como se define en el Capítulo 246-272A del WAC, o
 - 4.4.1.2. Un historial de acumulación prolongada, continua y creciente de efluentes dentro del sistema de tal magnitud que, si no se resuelve, probablemente provocará un fallo prematuro del sistema o de alguno de sus componentes.
- 4.4.2. Primero debe determinar la causa del fallo. Si la obstrucción se debe a una sobrecarga hidráulica o a características inusuales de las aguas residuales, se deben realizar esfuerzos para reducir el volumen o la concentración de las aguas residuales. También puede ser necesario ampliar el montículo, retirar la cubierta y reconstruir el lecho de infiltración, limpiar la red de distribución. En casos extremos, se debe retirar el medio filtrante y sustituirlo por uno nuevo, o bien reconstruir el sistema de montículo en otro terreno. Entre las condiciones de fallo típicas que pueden producirse se incluyen las siguientes:
 - Obstrucción grave en la interfaz entre el lecho y el medio filtrante.
 - Obstrucción grave en la interfaz entre el medio filtrante basal y el suelo.
 - Obstrucción de la red de distribución.
 - Fuga de aguas residuales en la base del montículo.

4.4.3. Las medidas adecuadas incluyen:

- 4.4.3.1. Obtener cualquier permiso necesario antes de la reparación.
- 4.4.3.2. Informar de los problemas observados, las reparaciones o las modificaciones como parte de la actividad de supervisión del terreno.
- 4.4.3.3. En el caso de un sistema con un campo de drenaje de tamaño reducido, la reparación o modificación requerida puede incluir la instalación de un campo de drenaje adicional para ampliar el sistema al 100 % del tamaño inicial del diseño.
- 4.4.3.4. Modificaciones o cambios en la estructura en relación con la concentración de las aguas residuales o los caudales hidráulicos.
- 4.4.3.5. Reparación o modificación del sistema.
- 4.4.3.6. Ampliación del sistema.

Imágenes

Imagen 1. Acumulación de agua subterránea



El agua se acumula debajo de la zona del lecho más rápido de lo que el suelo puede dispersarla lateralmente.

Imagen 2. Montículo típico de OSS

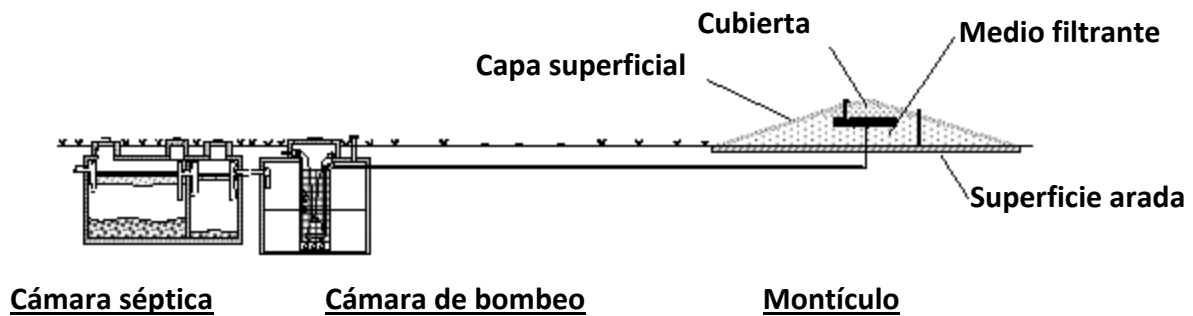


Imagen 3. Sección transversal que muestra el movimiento de efluentes en suelos permeables o excesivamente permeables (tipos de suelo 1)

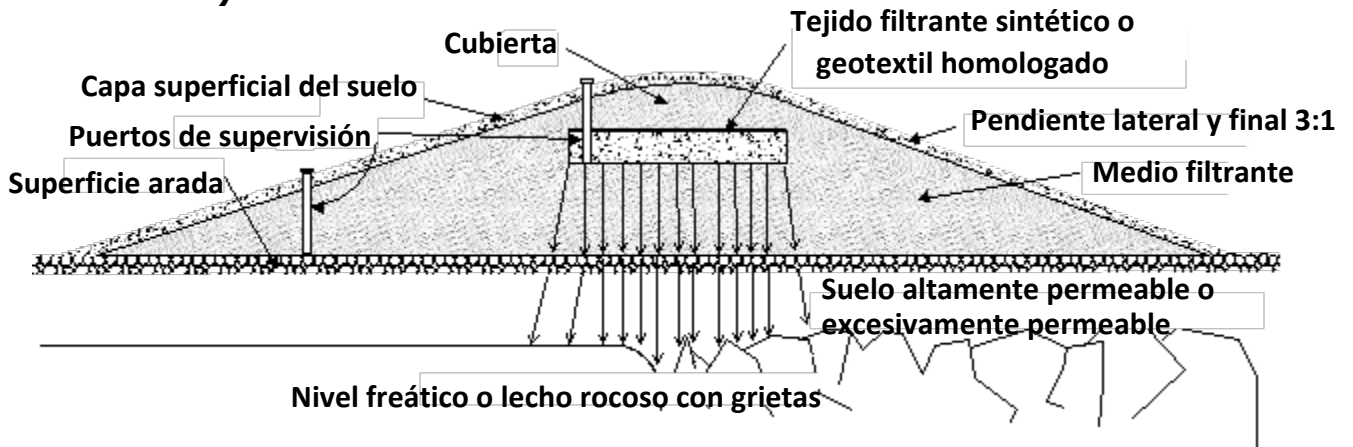


Imagen 4. Sección transversal de un sistema típico de montículos que muestra el movimiento de efluentes en un suelo lentamente permeable en un terreno inclinado

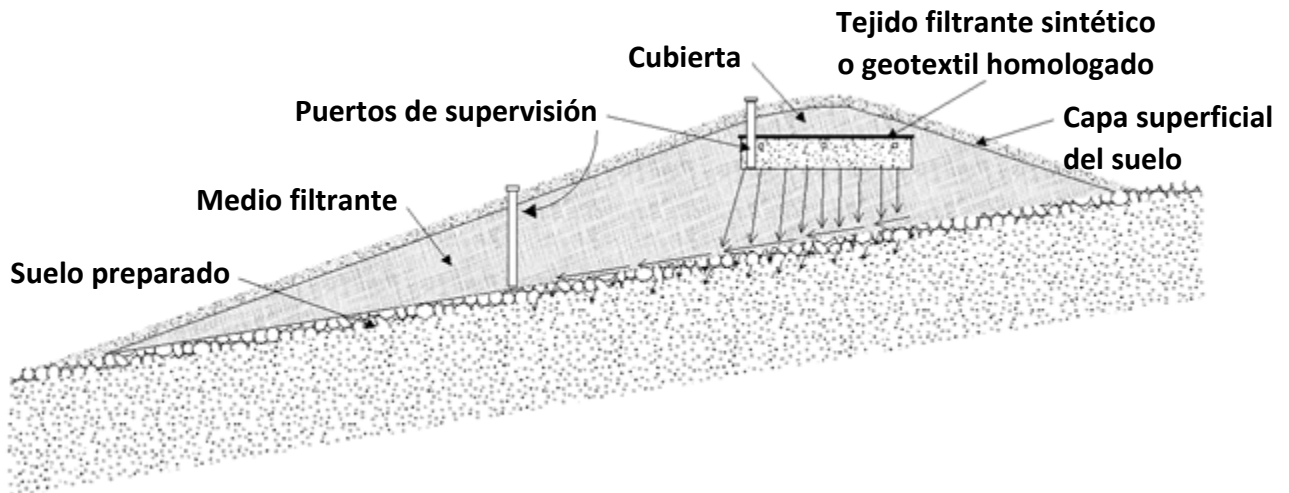


Imagen 5. Distancia descendente desde el borde inferior del área basal

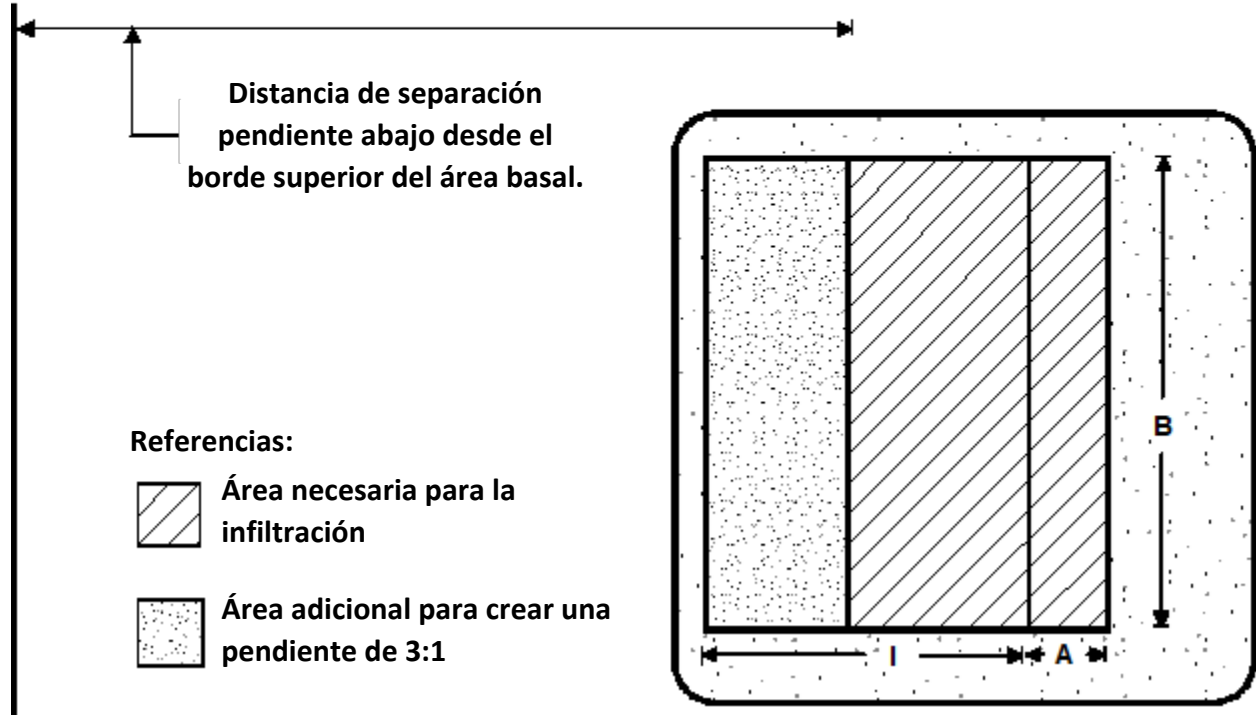
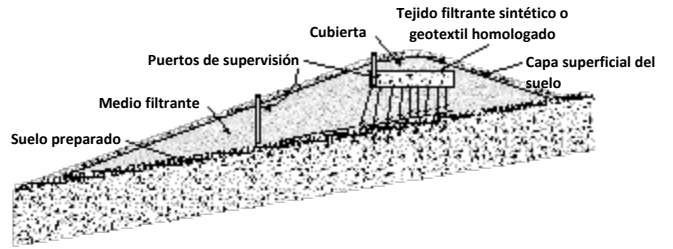


Imagen 6. Vista detallada en planta del medio filtrante y el área basal disponible en terrenos planos e inclinados

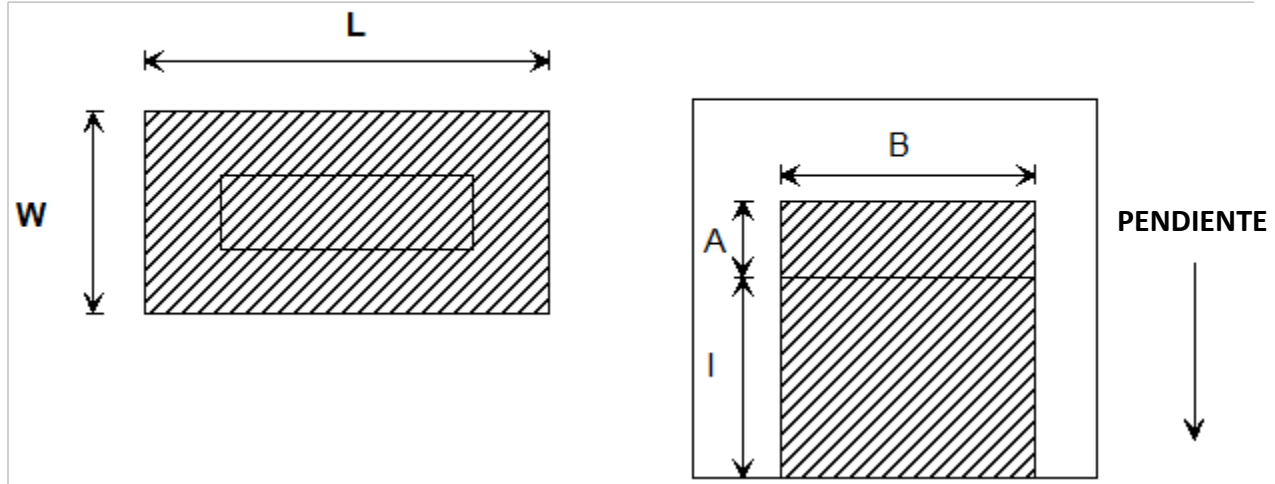
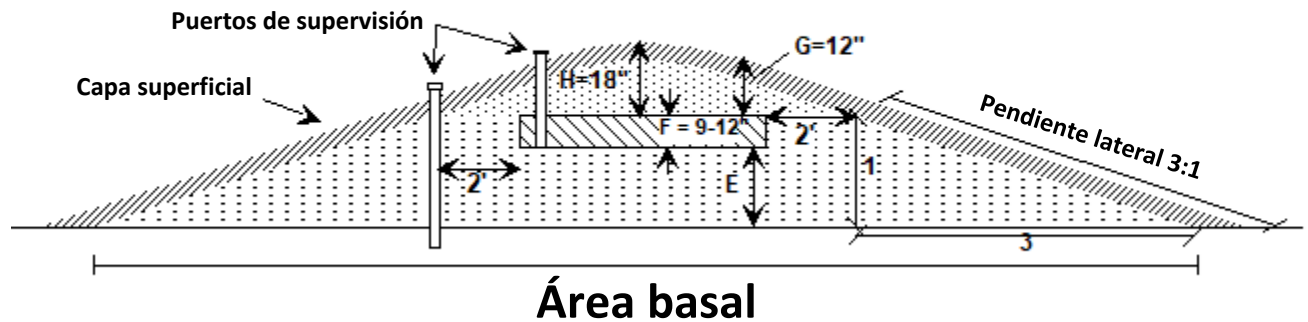
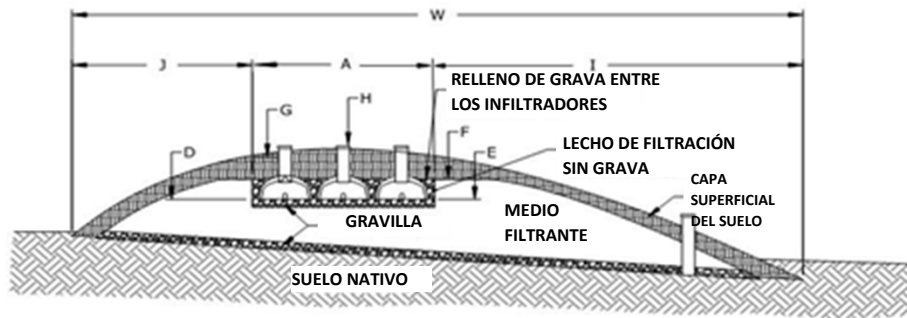


Imagen 7. Sección transversal detallada de un sistema de montículos nivelados



Nota: la distancia entre el borde exterior del montículo y el lecho es de 2 pies.
En un terreno llano, no hay "D"

Imagen 8. Cámaras en montículo con gravilla óptima



SECCIÓN TRANSVERSAL DE UN MONTÍCULO CON 3" DE GRAVILLA ENTRE EL SUELO ARADO Y EL MEDIO FILTRANTE

La experiencia sobre el terreno ha demostrado que una capa de 2 a 4 pulgadas de gravilla fina en la interfaz entre el montículo y el suelo puede inhibir la acción capilar. (Adolfson Associates, Inc. 1999)

Imagen 9. Sección transversal final del montículo, mostrando el subcomponente mínimo

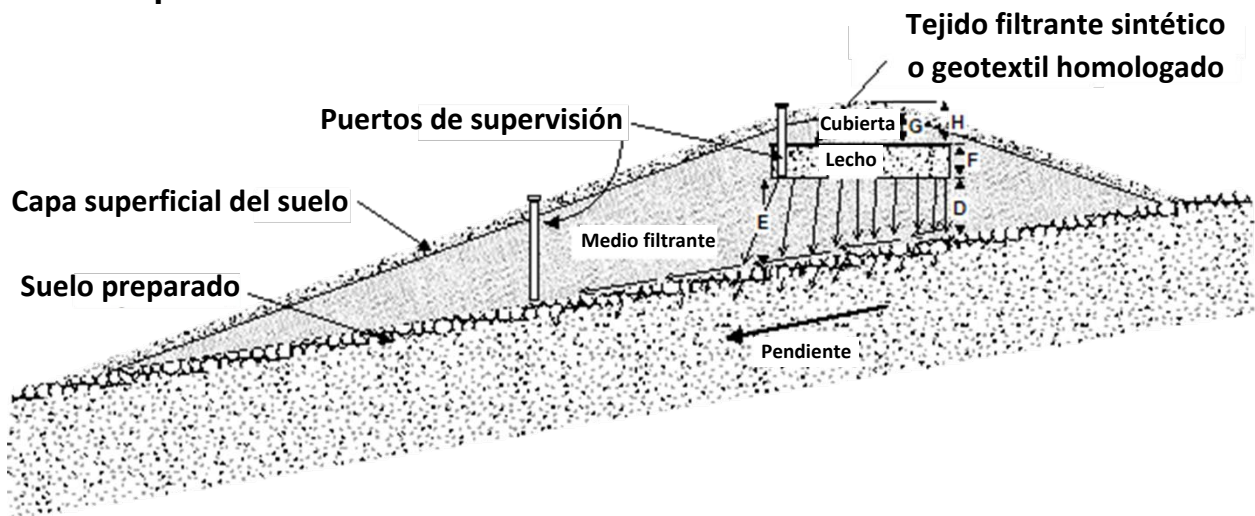


Imagen 10. Vista en planta del montículo y área basal para medios filtrantes

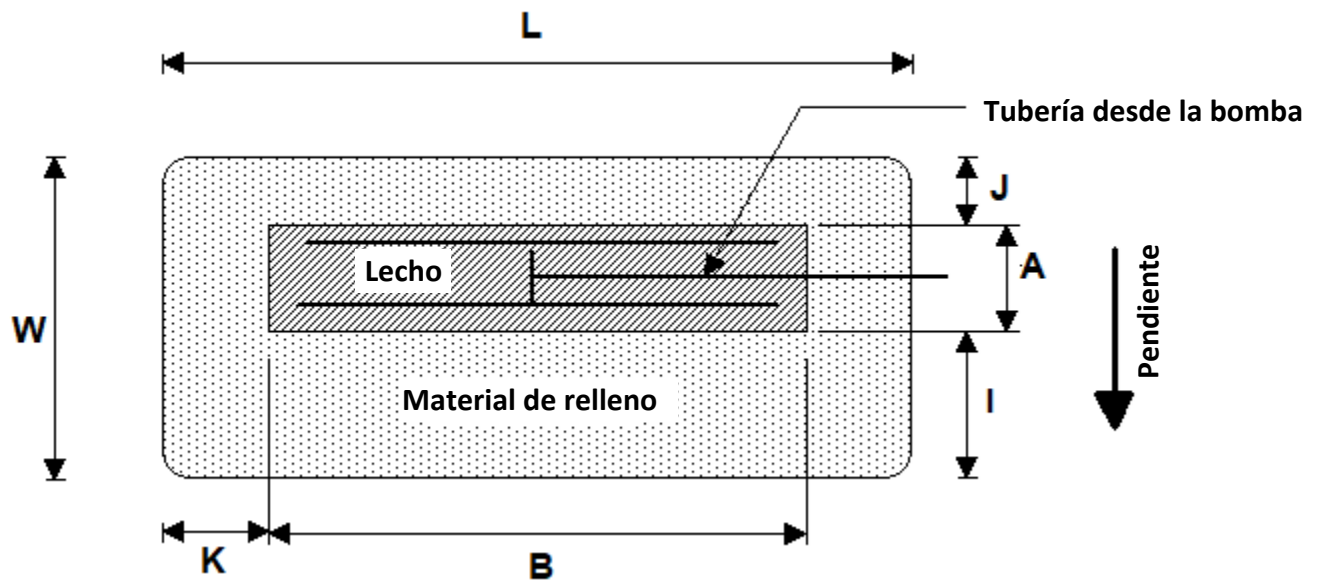
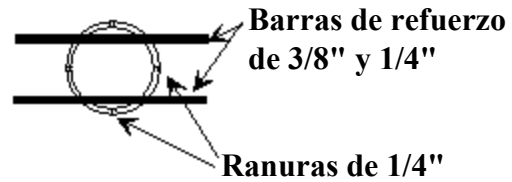
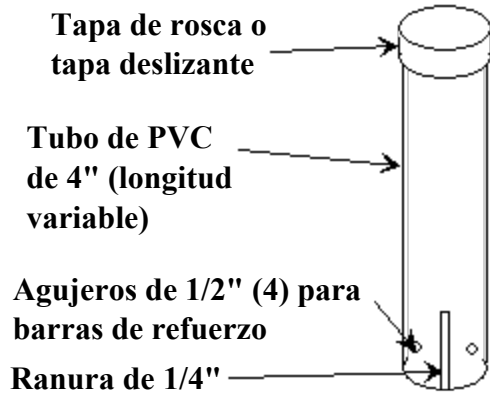
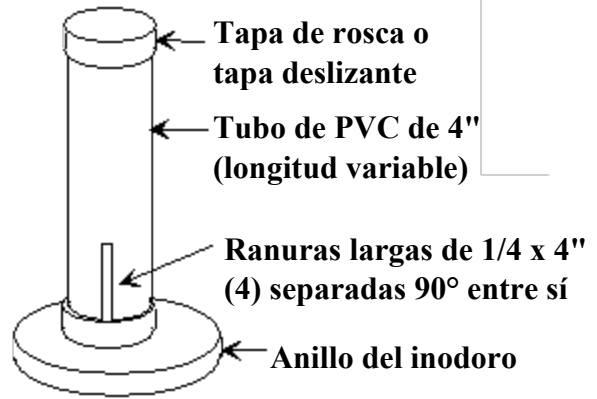
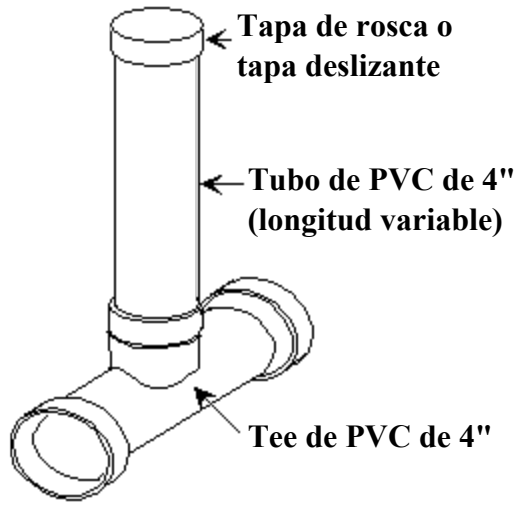


Imagen 11. Puertos de inspección/supervisión



VISTA DE EXTREMO (PARTE INFERIOR)

Imagen 12. Plano con vista superior de un montículo de goteo

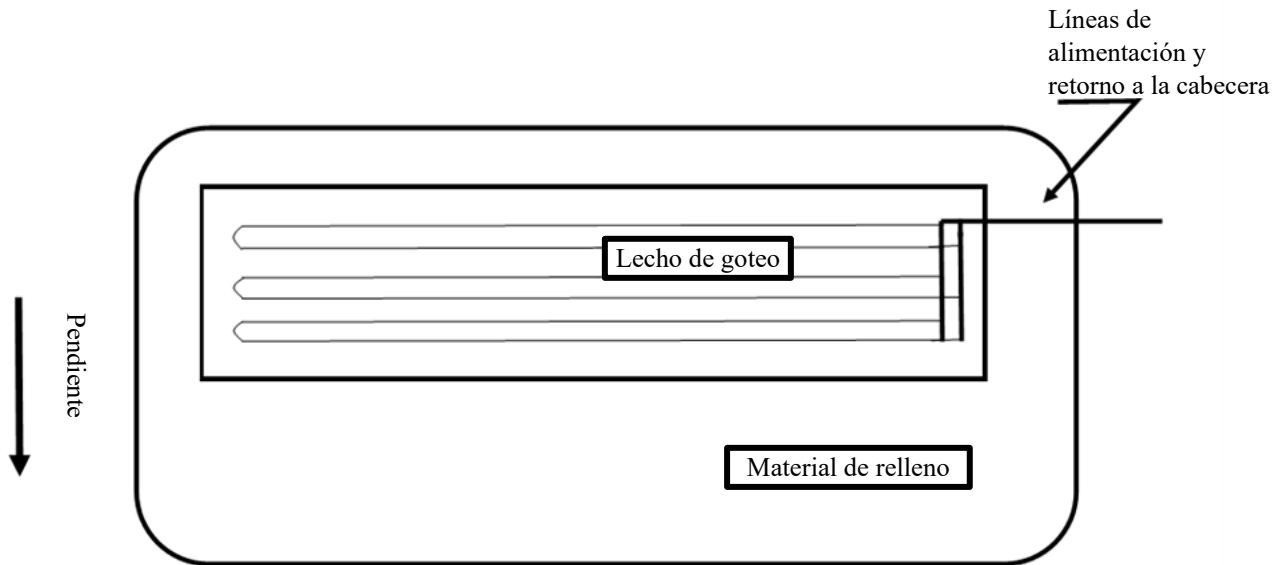
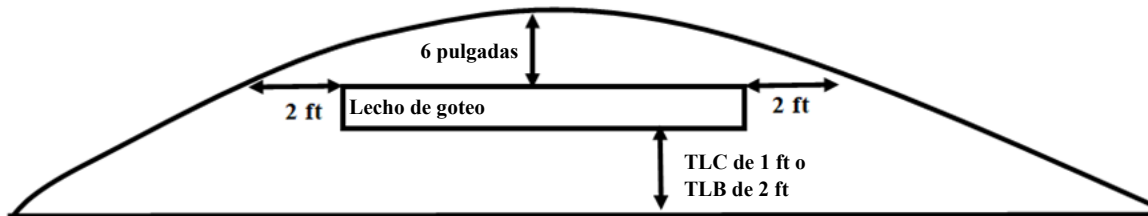
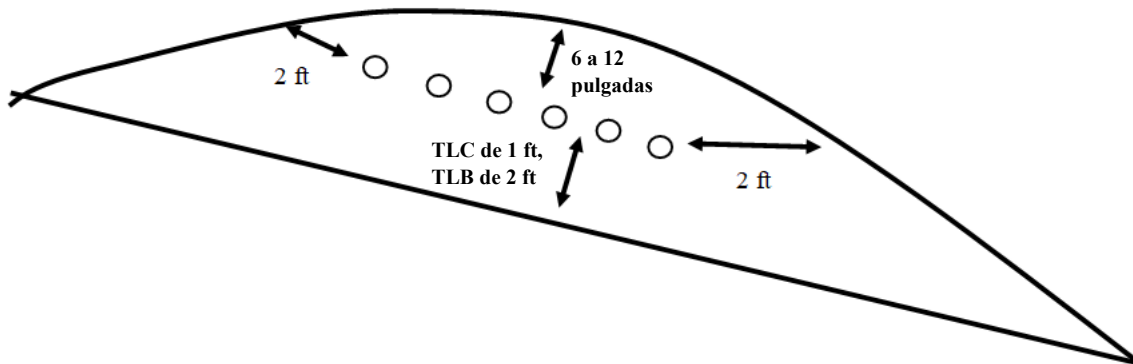


Imagen 13. Vista lateral de un montículo de goteo



***El lecho de goteo debe diseñarse de acuerdo con el documento Normas y Directrices Departamentales para Sistemas de Riego por Goteo Subterráneo.**

Imagen 14. Vista lateral de un montículo de goteo en una pendiente



Consejos para la construcción de montículos utilizando distribución por goteo:

1. Se puede instalar tubería de goteo a lo largo del contorno de la pendiente.
2. Se requiere una pendiente de 3:1 en todos los lados del montículo.
3. El espaciamiento entre las líneas de goteo será el indicado en las DS&G de Sistemas de goteo subterráneos.
4. 2 ft de separación horizontal entre el borde exterior de la tubería de goteo y todos los lados del montículo.
5. Se pueden instalar puertos de supervisión en el lado descendente del montículo, en la interfaz entre el montículo y los suelos naturales. Es posible que un puerto de supervisión en el tubo de goteo en un terreno inclinado no muestre ningún indicio de falla. Las fallas en los montículos suelen ocurrir en la base de estos.
6. Mínimo 6 pulgadas de arena C-33 o arena gruesa sobre el tubo de goteo. La jurisdicción local de salud puede requerir 6 pulgadas adicionales de suelo para cubrir el montículo y protegerlo de la erosión o los climas fríos.
7. En terrenos inclinados se debe considerar el uso de esteras de yute u otros métodos de control de la erosión, como la siembra de plantas autóctonas de raíces poco profundas o trébol.
8. 12 pulgadas de arena C-33 o arena gruesa debajo de los tubos de goteo hasta el suelo natural cumplirán los requisitos de TL C / BL 3.
9. 24 pulgadas de arena C-33 o arena gruesa debajo de los tubos de goteo hasta el suelo natural cumplirán los requisitos TLB / BL2

Tablas

Tabla 1. Niveles de rendimiento de los componentes del tratamiento y método de distribución. Posibles aplicaciones para montículos según el Capítulo 246-272A del WAC

Separación vertical (en pulgadas)	Tipo de suelo		
	1	2	3-6
12 < 18	<p>Presión TLA y BL1 con dosificación temporizada</p> <p><i>(Tecnología TLB más montículo con 2' de medio filtrante)</i></p>	<p>Presión TLB y BL2 con dosificación temporizada</p> <p><i>(Tecnología TLB más montículo con 1' de medio filtrante solo para dispersión o montículo con 2' de medio filtrante)</i></p>	<p>Presión TLB y BL2 con dosificación temporizada</p> <p><i>(Tecnología TLB más montículo con 1' de medio filtrante solo para dispersión o montículo con 2' de medio filtrante)</i></p>
≥ 18 < 24	<p>Presión TLB y BL2 con dosificación temporizada</p> <p><i>(Montículo con 2' de medio filtrante)</i></p>	<p>Presión TLB y BL2 con dosificación temporizada</p> <p><i>(Montículo con 2' de medio filtrante)</i></p>	<p>Presión TLB y BL2 con dosificación temporizada</p> <p><i>(Montículo con 2' de medio filtrante)</i></p>
≥ 24 < 36	<p>Presión TLB y BL2 con dosificación temporizada</p> <p><i>(Montículo con 2' de medio filtrante)</i></p>	<p>Presión TLC y BL3</p> <p><i>(Montículo con 1' de medio filtrante)</i></p>	<p>Presión TLE</p> <p><i>(Montículo con 1' de medio filtrante)</i></p>

Tabla 2. Ancho máximo del lecho¹

Tipo de capa restrictiva	Profundidad disponible del suelo (en pulgadas)		
	12 a < 18	18 a < 24	≥ 24
Nivel freático u otra capa restrictiva, excluyendo el lecho rocoso sin grietas.	5 ft	7.5 ft	10 ft
Lecho rocoso, sin grietas.	No está permitido	7.5 ft	10 ft

¹Los anchos indicados para los lechos son los anchos acumulados máximos permitidos para uno o más lechos en el mismo plano descendente de una sola parcela.

Tabla 3. Tasas de infiltración/carga para calcular el área basal de los sistemas de montículos (tasas de carga de la columna A del Capítulo 246-272A del WAC*)

TIPO DE SUELO	DESCRIPCIÓN DE LA CLASIFICACIÓN TEXTURAL DEL SUELO	TASA DE CARGA galones/ft ² /día
1	Arenas gruesas con gran cantidad de grava, todos los suelos con gran cantidad de grava, excepto los tipos de suelo 5 y 6, todos los tipos de suelo con un 90 % o más de fragmentos rocosos.	1.0
2	Arenas gruesas	1.0
3	Arenas medianas, arenas gruesas limosas, arenas medianas limosas.	0.8
4	Arenas finas, arenas finas arcillosas, limos arenosos, limos.	0.6
5	Arenas muy finas, arenas limosas muy finas; o limos arcillosos, limos arcillosos arenosos, limos arcillosos y limos arcillosos limosos con una estructura moderada o fuerte (excluyendo una estructura laminar).	0.4
6	Otros suelos limosos, suelos franco-arenosos, suelos franco-arcillosos, suelos franco-limosos.	0.2
7	Arcilla arenosa, arcilla, arcilla limosa y suelos firmes fuertemente cementados, suelos con estructura laminar moderada o fuerte, cualquier suelo con estructura masiva, cualquier suelo con cantidades apreciables de arcillas expansivas.	Inadecuado

*Las tasas de carga de la columna B pueden utilizarse para calcular el área basal. La jurisdicción local de salud puede requerir un área basal adicional (tasas de carga más bajas) en áreas de especial interés.

Tabla 4. Correcciones de ancho descendente y ascendente (multiplicadores) para montículos en terrenos inclinados (pendientes laterales de 3:1)

Pendiente en porcentaje	Pendiente descendente (I) Factor de corrección	Pendiente ascendente (J) Factor de corrección
0	1.00	1.00
2	1.06	0.94
4	1.14	0.89
6	1.22	0.85
8	1.32	0.81
10	1.44	0.77
12	1.58	0.74
14	1.74	0.71
16	1.95	0.68
18	2.21	0.66
20	2.55	0.64

Anexos

Anexo A: Especificaciones de los medios filtrantes

A. Análisis del tamaño de las partículas

El método estándar utilizado para realizar el análisis del tamaño de las partículas debe cumplir con uno de los siguientes requisitos:

- a. El método de tamizado especificado en las normas ASTM D136 y ASTM C-117.
- b. El método especificado en *Soil Survey Laboratory Methods and Procedures for Collecting Soil Samples, Soil Survey Investigation Report #1, US Department of Agriculture, 1984*.

B. Medio filtrante del montículo

El medio filtrante debe cumplir los requisitos a, b y c que se indican a continuación: (Fuente: State of Oregon On-Site Sewage Disposal Rules and the State of Wisconsin Single Pass Sand Filter Component Manual)

a. Especificación de medios de arena gruesa

La especificación de los medios de arena gruesa limita la cantidad de granos finos, lo que la hace mucho más resistente a las obstrucciones que la norma ASTM C-33. Proporciona de manera eficaz el nivel de tratamiento necesario cuando las aguas residuales son más fuertes de lo esperado, los caudales son elevados o se producen otros factores inesperados que provocan obstrucciones. El uso de la especificación de los medios de arena gruesa, aunque no reduce la eficacia del tratamiento de los montículos, requiere un volumen de dosis menor y un patrón de frecuencia de dosificación más alto. Cuanto menor es la dosis, mejor es el contacto de las aguas residuales con las bacterias del suelo. Además, la arena está menos saturada, lo que permite una difusión suficiente de oxígeno en el sistema.

El medio filtrante debe cumplir los requisitos i, ii y iii que se indican a continuación (según el State of Oregon On-Site Sewage Disposal Rules and the State of Wisconsin Single Pass Sand Filter Component Manual):

- i. Distribución del tamaño de las partículas:

Tamiz	Tamaño de las partículas	Porcentaje de paso
3/8"	9.50 mm	100
N.º 4	4.75 mm	95 a 100
N.º 8	2.36 mm	80 a 100
N.º 16	1.18 mm	45 a 85
N.º 30	0.6 mm	15 a 60
N.º 50	0.3 mm	3 a 15
N.º 100	0.15 mm	0 a 4

- ii. Tamaño efectivo de las partículas (D_{10}) > 0.3 mm

- iii. Coeficiente de uniformidad (D_{60}/D_{10}) < 4.0

- b. Especificación ASTM C-33

Existe preocupación por la posibilidad de obstrucción prematura y/o fallo de los montículos con medios filtrantes que cumplen la especificación ASTM C-33. La distribución del tamaño de las partículas de la norma ASTM C-33 permite que las partículas de arena más pequeñas llenen los huecos entre las partículas grandes, lo que da lugar a espacios porosos más pequeños y más intrincados. Si bien esta condición proporciona un alto grado de tratamiento de las aguas residuales, favorece la obstrucción de los espacios vacíos restantes con sólidos en suspensión y crecimiento biológico, lo que aumenta la probabilidad de que se forme una biopelícula restrictiva.

El medio filtrante debe cumplir los requisitos I, ii y iii que se indican a continuación: (Según la norma ASTM C-33-99a, Especificación para áridos finos):

- i. Distribución del tamaño de las partículas:

Tamiz	Tamaño de las partículas	Porcentaje de paso
3/8"	9.50 mm	100
N.º 4	4.75 mm	95 a 100
N.º 8	2.36 mm	80 a 100
N.º 16	1.18 mm	50 a 85
N.º 30	0.6 mm	25 a 60
N.º 50	0.3 mm	5 a 30
N.º 100	0.15 mm	0 a 10

*Ningún material utilizado para los montículos pasa por un tamiz de 200

- ii. La arena no debe tener más del 45 % pasando por cualquier tamiz y retenida en el tamiz consecutivo siguiente de los mostrados anteriormente.
- iii. El módulo de finura debe estar entre 2.3 y 3.1. El módulo de finura se calcula sumando los porcentajes acumulativos del material de la muestra retenido en los tamices mostrados anteriormente y dividiendo la suma por 100.

Anexo B: Proceso de diseño del montículo

El diseño de un sistema de montículos se puede dividir en cinco pasos principales: (Las letras que indican las distintas dimensiones se corresponden con las de las imágenes 5 a la 8).

Paso 1. Evaluación del terreno/suelo: evaluar las características del terreno y del suelo para determinar si un sistema de montículos es la tecnología de alcantarillado adecuada para el terreno y el proyecto.

Paso 2. Caudal diario de diseño/Determinación del dispositivo de pretratamiento: identificar el caudal diario de diseño y el nivel de tratamiento requerido (cámara séptica u otra unidad de pretratamiento).

Caudal diario de diseño (galones/día) = Cantidad de dormitorios x 120 galones/día (mínimo).

Paso 3. Configuración y dimensiones del montículo

- Dimensionar el área de infiltración (lecho) dentro del medio filtrante
- Dimensionar los componentes de la altura del montículo
- Dimensionar la longitud y ancho del medio filtrante
- Dimensionar el área basal

La configuración del sistema de montículos responde a la pendiente, la forma, el tamaño y las características del terreno.

3a. Dimensionar el área de infiltración (lecho) dentro del medio filtrante

$$\text{Área superficial infiltrada (lecho)} = \frac{\text{Caudal diario (galones/día)}}{1.0 \text{ gal/ft}^2/\text{día (máximo)}}$$

Las dimensiones del lecho (consulte la imagen 8) se calculan de la siguiente manera:

Ancho del lecho (**A**) = Depende de la profundidad del suelo. Consulte la tabla VI del Capítulo 246-272A del WAC.

$$\text{Longitud del lecho. B.)} = \frac{\text{Área superficial infiltrante inferior requerida}}{\text{Ancho del lecho (A)}}$$

3b. Determinar la altura del montículo – La altura del montículo se compone de lo siguiente:

- La profundidad del medio filtrante por debajo del fondo del lecho (**D y E**)
- La profundidad del lecho de infiltración (**F**)
- La profundidad de la cubierta y la capa superficial (**G y H**)

Profundidad del medio filtrante (D y E)

Profundidad del medio filtrante por debajo del borde ascendente del lecho (**D**) = 2' para cumplir con el TL B o 1' si solo es para dispersión o para cumplir con el TL C.

Profundidad del medio filtrante por debajo del borde descendente del lecho (**E**) = D + [% de pendiente natural en decimal* x ancho del lecho (A)]

*Consulte la tabla 3

Profundidad del lecho (F)

Profundidad del lecho (F) = 9" (mínimo para un diámetro lateral de 1") en la grava. Se pueden considerar otras tecnologías de dispersión, que tienen diferentes alturas.

Cubierta y capa superior del suelo (G y H)

Profundidad de la cubierta y capa superficial sin asentar en el centro del lecho (**H**) = 18"

Profundidad de la cubierta y capa superficial sin asentar en los bordes del lecho (**G**) = 12"

3c. Longitud y ancho del medio filtrante

La longitud y ancho del medio filtrante dependen de la longitud y ancho del área de infiltración, la profundidad del medio filtrante y las pendientes laterales y finales del medio filtrante (no más pronunciadas que 3:1).

Longitud del medio filtrante (**L**) = Longitud del lecho (**B**) + [2 x pendiente final (**K**)]

$$\begin{aligned} & \text{Pendiente final (K)} \\ & = \left[\left(\frac{D + E}{2} \right) + F + H \right] \\ & \times \text{Seleccionado horizontal gradiente de pendiente lateral (3 si es 3:1)} \end{aligned}$$

Ancho del medio filtrante (**W**) = ancho de la pendiente ascendente (**J**) + ancho de la pendiente descendente (**I**) + ancho del lecho (**A**)

Ancho de la pendiente ascendente (**J**) = Profundidad del medio filtrante en el borde ascendente del lecho (D + F + G) x gradiente horizontal de la pendiente lateral (3 si es 3:1) x factor de corrección de la pendiente (consulte la tabla 3).

Ancho de la pendiente descendente (**I**) = Profundidad del medio filtrante en el borde descendente del lecho (**E + F + G**) x gradiente horizontal de la pendiente lateral (3 si es 3:1) x factor de corrección de la pendiente (consulte la tabla 3).

3d. Área basal

En terrenos nivelados, el área basal total [longitud del medio filtrante (**L**) x ancho del medio filtrante (**W**)] situada debajo del medio filtrante está disponible para la absorción del efluente en el suelo. Consulte la imagen 5.

En el caso de los terrenos inclinados, la única superficie basal disponible es la superficie situada debajo del lecho (**A x B**) y la superficie inmediatamente inferior al lecho [longitud del lecho (**B**) x ancho de la pendiente (**I**)]. Incluye la superficie delimitada por [**B x (A + I)**]. Consulte la imagen 5. Las pendientes ascendentes y finales transmitirán muy poco del efluente en terrenos inclinados y, por lo tanto, no se tienen en cuenta.

Es importante comparar el área basal requerida con el área basal disponible. El área basal disponible debe ser igual o superior al área requerida.

$$\text{Área basal requerida} = \frac{\text{Caudal Diseño Caudal}}{\text{Tasa de infiltración del suelo original}}$$

Áreas basal disponible:

$$\text{Terrenos inclinados} = B \times (A + I)$$

$$\text{Terrenos nivelados} = L \times W$$

Paso 4. Diseñar la red de distribución de presión dosificada en el tiempo: el diseño, la disposición y la instalación de la línea de transmisión entre la cámara de bombeo y el montículo deben tener en cuenta y abordar de manera satisfactoria la posibilidad de que el agua subterránea o superficial se canalice hacia el montículo o la cámara de bombeo, lo que podría causar problemas relacionados con la infiltración. La red de distribución debe cumplir con las *Normas y Directrices Departamentales para la Distribución de Presión o para Sistemas de Riego por Goteo Subterráneo*. La cantidad de dosis diarias depende del medio arenoso utilizado.

Paso 5. Plan de construcción/Manual del propietario: desarrolle el plan de construcción específico para el terreno y el manual del propietario. El sistema de montículos, incluida la zona alrededor de la base y la pendiente descendente, debe protegerse para evitar daños causados por vehículos, ganado o tráfico peatonal excesivo. Consulte los apartados 3.11, 3.12, 3.13 y 3.14 de esta DS&G.

Anexo C: Ejemplos de diseño de montículos

EJEMPLO 1: SUELO PERMEABLE POCO PROFUNDO

Condiciones del terreno:

Pendiente	-	6 %
Tamaño de parcela	-	2 acres
Suelo natural	-	Marga limosa, 27" de profundidad hasta la capa dura
Nivel freático	-	25"
Tamaño de la vivienda	-	3 dormitorios

Paso A: Caudal diario de diseño

Caudal diario de diseño = # Dormitorios x 120 galones/día recomendados = 3 x 120 galones/día = 360 galones

Paso B: Diseño del área de infiltración

1. Dimensionar el área de infiltración

a. Tasa de infiltración del medio filtrante requerido = 1.0 gal/ft²/día

b. Área superficial infiltrada (lecho) = $\frac{\text{Flujo Diseño Caudal (gal/día)}}{1.0 \text{ gal/ft}^2/\text{día (máximo)}}$

$$= \frac{360}{1.0 \text{ gal/ft}^2/\text{day}}$$

$$= 360 \text{ ft}^2$$

2. Configuración del sistema

a. Ancho del lecho (**A**) = Depende de la profundidad del suelo. Seleccione 6'. Debido a las preocupaciones sobre los suelos compactos y la pendiente relativamente poco profunda, no se seleccionó 10'.

b. $\text{Bed Length (B)} = \frac{\text{Required Bottom Infiltrative Surface Area}}{\text{Bed Width (A)}}$

$$= \frac{360 \text{ ft}^2}{6 \text{ ft}}$$

$$\text{B} = 60 \text{ ft}$$

Paso C: Diseñar todo el montículo

1. Altura del medio filtrante

a. Profundidad del medio filtrante

1.a.1. Profundidad en el borde ascendente del lecho (D) = 1' (se seleccionó 1' para cumplir con el TL C porque el suelo natural no era excesivamente permeable, no había lecho rocoso agrietado debajo de los 24" superiores y había al menos 24" de suelo original).

1.a.2. Profundidad en el borde inferior de la cama (E) = 1 pie + [% de la pendiente natural en decimal] x [ancho del lecho (A)]

$$E = 1 + (.06) (6)$$

$$E = 1.4 \text{ ft}$$

b. Profundidad del lecho (F) = 0.75 ft (prever 1" lateral)

c. Cubierta y capa superficial

1.c.1. Profundidad de la cubierta y la capa superficial sin asentar en el centro del lecho (H) = 18"

1.c.2. Profundidad de la capa superior y el suelo vegetal sin asentar en los bordes del lecho (G) = 12"

Aproximadamente 6 a 8" de cada una de las profundidades originales no asentadas de la cubierta y la capa superficial consistirían en tierra vegetal, y el resto sería material adecuado para la capa superior.

Pendiente final (K) = (profundidad del medio filtrante en el centro) x (pendiente horizontal de la pendiente lateral seleccionada)

$$\text{Pendiente final (K)} = \left[\left(\frac{D + E}{2} \right) + F + H \right] \times \text{gradiente horizontal seleccionado de la pendiente lateral (3 si es 3:1)}$$

$$K = \left[\left(\frac{1 + 1.4}{2} \right) + 0.75 + 1.5 \right] \times 3$$

$$K = 10.4 \text{ ft}$$

final (K)] Longitud del medio filtrante (L) = Longitud del lecho (B) + [2 x pendiente

$$L = 60 + [(2) (10,4)]$$

$$L = 80.8 \text{ ft}$$

d. Ancho del medio filtrante

Ancho de la pendiente ascendente (J) = Profundidad del medio filtrante en el borde ascendente del lecho (D + F + G) x gradiente horizontal de la pendiente lateral (3 si es 3:1) x factor de corrección de la pendiente (consulte la tabla 3)

$$J = (1 + 0.75 + 1.0) (3)(0.85)$$

$$J = 7.0 \text{ ft}$$

Ancho de la pendiente descendente (I) = Profundidad del medio filtrante en el borde descendente del lecho (E+F+G) x gradiente horizontal de la pendiente lateral x factor de corrección de la pendiente (tabla 3)

$$I = (1.4 + 0.75 + 1.0) (3)(1.22)$$

$$I = 11.5 \text{ ft}$$

Ancho del medio filtrante (W) = ancho de la pendiente ascendente (J) + ancho de la pendiente descendente (I) + ancho del lecho (A)

$$W = 7 + 11.5 + 6$$

$$W = 24.5 \text{ ft}$$

2. Compruebe el área basal

En terrenos inclinados, se considera que el área basal efectiva es el área situada debajo y cuesta abajo del lecho [B x (A+J)].

$$\begin{aligned} \text{a. Área basal requerida} &= \frac{\text{Daily Design Flow}}{\text{Infiltration Rate of Original Soil}} \\ &= \frac{360}{0.45 \text{ gal/ft}^2/\text{day}} \\ &= 800 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b. Área basal disponible} &= B \times (A+I) \\
 &= (60) (6 + 11.5) \\
 &= 1,050 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

Se dispone de superficie suficiente. Si no fuera así, habría que aumentar la longitud del montículo para proporcionar una superficie basal suficiente. Cuando el suelo es muy permeable, es posible aumentar el ancho de la pendiente descendente (I) para crear la superficie basal requerida.

Paso D: Diseño de la red de distribución

EJEMPLO 2: SUELOS PERMEABLES POCO PROFUNDOS

Condiciones del terreno:

Pendiente	-	8 %
Tamaño de parcela	-	5 acres
Suelo natural	-	20" de marga arenosa hasta sedimentos glaciales consolidados
Nivel freático	-	No se ha observado ninguna; el agua fluye cuesta abajo sobre la capa de till durante las lluvias
Tamaño de la vivienda	-	3 dormitorios

(Tras una investigación minuciosa y detallada, se demostró que las aguas residuales fluirían satisfactoriamente fuera del terreno en las 20" de suelo y que no se producirían fugas cuesta abajo que pudieran causar molestias o suponer un peligro para la salud pública. Debido a la pendiente y a la poca profundidad del suelo, es necesario un sistema largo y estrecho paralelo al contorno de la pendiente).

Paso A: Caudal diario de diseño

$$\begin{aligned}
 \text{Caudal diario de diseño} &= \# \text{ Dormitorios} \times 120 \text{ galones/día recomendados} = 3 \times 120 \text{ galones/día} \\
 &= 360 \text{ galones}
 \end{aligned}$$

Paso B: Diseño del área de infiltración

1. Dimensionar el área de infiltración

- a. Tasa de infiltración de arena media = 1.0 gal/ft²/día

$$\begin{aligned} \text{b. Área superficial infiltrada (lecho)} &= \frac{\text{Daily Design Flow (gal/day)}}{1.0 \text{ gal/ft}^2/\text{day (maximum)}} \\ &= \frac{360}{1.0 \text{ gal/ft}^2/\text{day}} \\ &= 360 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

2. Configuración del sistema

- a. Ancho del lecho (**A**) = depende de la profundidad del suelo. Seleccione 3'. Debido a la preocupación por la superficie descendente, no se seleccionó 5'. El ancho más estrecho del lecho ejerce menos carga sobre el suelo receptor por cada pie de longitud del lecho.

$$\begin{aligned} \text{b. Longitud del lecho (B)} &= \frac{\text{Required Bottom Infiltrative Surface Area}}{\text{Bed Width (A)}} \\ &= \frac{360 \text{ ft}^2}{3 \text{ ft}} \\ \mathbf{B} &= 120 \text{ ft} \end{aligned}$$

Paso C: Diseñar todo el montículo

1. Altura del medio filtrante

- a. Profundidad del medio filtrante

- 1.a.1. En el borde ascendente del lecho (**D**) = 2 ft

(Dado que solo quedan 20" del suelo original, la separación vertical entre 18 Y 24" para el tipo de suelo 4 requiere UN TL B con presión y dosificación programada).

- 1.a.2. En el borde descendente del lecho (**E**) = 2 ft + [% de la pendiente natural en decimal] x [ancho del lecho (**A**)]

$$\mathbf{E} = 2 = (0.08)(3)$$

$$\mathbf{E} = 2.3 \text{ ft}$$

- b. Profundidad del lecho (**F**) = 0.75 ft (prever 1" lateral)

c. Cubierta y capa superficial

1.c.1. Profundidad sin asentar en el centro del lecho (**H**) = 18"

1.c.2. Capa superior sin asentar en los bordes del lecho (**G**) = 12"

2. Longitud y ancho del medio filtrante

a. **Longitud del medio filtrante**

Pendiente final (**K**) = (profundidad del medio filtrante en el centro) x (pendiente horizontal de la pendiente lateral seleccionada)

Pendiente final (**K**) = $\left[\left(\frac{D + E}{2} \right) + F + H \right]$ x gradiente horizontal de la pendiente lateral seleccionada (3 si es 3:1)

$$K = \left[\left(\frac{2.4 + 2}{2} \right) + 0.75 + 1.5 \right] \times 3$$

$$K = 13.4 \text{ ft}$$

Longitud del medio filtrante (**L**) = Longitud del lecho (**B**) + [2 x pendiente final (**K**)]

$$L = 120 + [(2)(13.4)]$$

$$L = 146.8 \text{ ft}$$

b. Ancho del medio filtrante (utilice la tabla 3)

Ancho de la pendiente ascendente (**J**) = Profundidad del medio filtrante en el borde ascendente del lecho (D + F + G) x gradiente horizontal de la pendiente lateral x factor de corrección de la pendiente

$$J = (2 + 0.75 + 1.0)(3)(0.8)$$

$$J = 9 \text{ ft}$$

Ancho de la pendiente descendente (**I**) = Profundidad del medio filtrante en el borde descendente del lecho (E+F+G) x gradiente horizontal de la pendiente lateral x factor de corrección de la pendiente

$$I = (2.4 + 0.75 + 1.0)(3)(1.32)$$

$$I = 16.4 \text{ ft}$$

Ancho del medio filtrante (**W**) = ancho de la pendiente ascendente (**J**) + ancho de la pendiente descendente (**I**) + ancho del lecho (**A**)

$$\mathbf{W} = (9 + 16.4 + 3$$

$$\mathbf{W} = 28.4 \text{ ft}$$

3. Compruebe el área basal

En terrenos inclinados, se considera que el área basal efectiva es el área situada debajo y cuesta abajo del lecho [**B** x (**A**+**J**)].

$$\begin{aligned} \text{a. Área basal requerida} &= \frac{\text{Daily Design Flow}}{\text{Infiltration Rate of Original Soil}} \\ &= \frac{360}{0.6 \text{ gal/ft}^2/\text{day}} \\ &= 600 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Área basal disponible} &= \text{B} \times (\text{A}+\text{I}) \\ &= (120)(3 + 13.3) \\ &= 2328 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Hay suficiente área disponible. Si no fuera así, habría que aumentar la longitud del montículo para proporcionar suficiente área basal. Cuando el suelo es muy permeable, es posible aumentar el ancho de la pendiente descendente (**I**) para crear la superficie basal requerida.

Paso D: Diseño de la red de distribución

Anexo D: Hoja de trabajo/lista de verificación del montículo

_____ A. CAUDAL DIARIO DE DISEÑO

Caudal diario de diseño = # Dormitorios x 120 galones/día/dormitorios (mínimo)

$$= \text{_____} \times 120$$

$$= \text{_____} \text{ gal/día}$$

_____ B. DISEÑO DEL ÁREA DE INFILTRACIÓN

1. Dimensionar el área de infiltración

a. Tasa de infiltración del medio filtrante: 1.0 gal/ft²/día

b. Superficie de infiltración (lecho) = $\frac{\text{Daily Design Flow (gal/day)}}{1.0 \text{ gal/ft}^2/\text{day (maximum)}}$

=

$\frac{\text{_____}}{1.0 \text{ gal/ft}^2/\text{day (maximum)}}$

$$= \text{_____} \text{ ft}^2$$

2. Configuración del lecho

a. Ancho del lecho (**A**) = _____ ft (depende de la profundidad del suelo. Consulte la tabla 2)

b. Longitud del lecho (**B**) = $\frac{\text{Required Bottom Infiltrative Surface Area}}{\text{Bed Width (A)}}$

$$= \frac{\text{_____} \text{ ft}^2}{\text{_____} \text{ ft}}$$

$$= \text{_____} \text{ ft}$$

_____ C. **DISEÑAR TODO EL MONTÍCULO**

1. **Altura del medio filtrante**

a. Profundidad del medio filtrante (D + E)

1) Profundidad por debajo del borde ascendente del lecho (**D**) = 2 pies o 1 pie si el montículo es solo para dispersión tras el TL B.

$$= \text{_____ ft}$$

2) Profundidad en el borde descendente del lecho (**E**)

Profundidad del medio filtrante por debajo del borde descendente del lecho (**E**) = D + [% de pendiente natural en decimal x ancho del lecho (**A**)]

$$= \text{_____ ft} + (\text{_____} \times \text{_____}) \text{ ft}$$

$$= \text{_____ ft}$$

b. Profundidad del lecho (F) = 9" (mínimo para un diámetro lateral de 1") en la grava.
Se pueden considerar otras tecnologías de dispersión, que tienen diferentes alturas.

$$= \text{_____ ft}$$

c. Cubierta y capa superficial

1) Profundidad en el centro del lecho (**H**) = 18"

2) Profundidad en los bordes del lecho (**G**) = 12"

2. **Longitud del medio filtrante**

a. Ancho de la pendiente final (**K**) = Profundidad total del medio filtrante en el centro del lecho x gradiente horizontal de la pendiente lateral.

$$K = \left[\left(\frac{D + E}{2} \right) + F + H \right] \times \text{gradiente horizontal seleccionado de la pendiente}$$

lateral (3 si es 3:1)

$$K = \left[\left(\frac{\text{ft} + \text{ft}}{2} \right) + \text{ft} + \text{ft} \right] \times \text{ft}$$

$$K = \text{ft}$$

- c. Longitud del medio filtrante (L) = Longitud del lecho + [2 x ancho de pendiente final]

$$L = B + 2K$$

$$L = \text{ft} + (2 \times \text{ft})$$

$$L = \text{ft}$$

3. Ancho del medio filtrante (utilice la tabla 3)

- a. Ancho de la pendiente ascendente (J) = Profundidad del medio filtrante en el borde ascendente del lecho (D + F + G) x gradiente horizontal de la pendiente lateral (3 si es 3:1) x factor de corrección de la pendiente

$$J = (D + F + G) \times \text{gradiente horizontal} \times \text{factor de corrección de la pendiente}$$

$$J = (\text{ft} + \text{ft} + \text{ft}) \times \text{ft} \times \text{ft}$$

$$J = \text{ft} \times \text{ft} \times \text{ft}$$

$$J = \text{ft}$$

- b. Ancho de la pendiente descendente (I) = Profundidad del medio filtrante en el borde descendente del lecho (E + F + G) x gradiente horizontal de la pendiente lateral (3 si es 3:1) x factor de corrección de la pendiente

$$I = (\text{ft} + \text{ft} + \text{ft}) \times \text{ft} \times \text{ft}$$

$$I = \text{ft} \times \text{ft} \times \text{ft}$$

$$I = \text{ft}$$

- c. Ancho del medio filtrante (W) = ancho de la pendiente ascendente + ancho del lecho + ancho de la pendiente descendente

$$W = J + A + I$$

$$W = \text{_____ ft} + \text{_____ ft} + \text{_____ ft}$$

$$W = \text{_____ ft}$$

4. **Compruebe el área basal**

a. Área basal requerida = $\frac{\text{Daily Design Flow}}{\text{Infiltration Rate of Original Soil}}$

$$= \frac{\text{_____ gal / day}}{\text{_____ gal / ft}^2 \text{ / day}}$$
$$= \text{_____ ft}^2$$

b. Área basal disponible = $B \times (A+I)$

1) Terreno inclinado = Longitud del lecho x (ancho del lecho + ancho de la pendiente descendente)

$$= B \times (A + I)$$

$$= \text{_____ ft} \times (\text{_____ ft} + \text{_____ ft})$$

$$= \text{_____ ft} \times \text{_____ ft}$$

$$= \text{_____ ft}^2$$

2) Terreno nivelado = Longitud del medio filtrante x ancho de relleno

$$= L \times W$$

$$= \text{_____ ft} \times \text{_____ ft}$$

$$= \text{_____ ft}^2$$

Compare el área basal disponible con el área basal requerida. ¿Hay suficiente área basal?

SÍ _____

NO _____

Anexo E: Preparación del terreno y construcción

Procedimientos de construcción

A continuación se describe un procedimiento basado en pruebas para la construcción de sistemas de montículos. Si se siguen estos procedimientos, se minimizará la posibilidad de que surjan problemas en el futuro y el sistema de montículos funcionará correctamente.

1. Compruebe el contenido de humedad del suelo a una profundidad de 7 a 8". Si está demasiado húmedo, se producirá un empañamiento y una compactación, lo que reducirá la capacidad de infiltración del suelo. La humedad del suelo se puede determinar haciendo rodar una muestra de suelo entre las manos. Si se enrolla como un alambre, el terreno está demasiado húmedo para prepararlo. Si se desmorona, se puede proceder a la preparación del terreno. **Si el terreno está demasiado húmedo para prepararlo, no continúe hasta que disminuya la humedad del suelo.**
2. Marque el área del montículo en el terreno de acuerdo con el diseño del sistema, de modo que el lecho de infiltración quede paralelo a los contornos. Se recomienda colocar estacas de referencia desplazadas de las estacas de esquina, en caso de que estas últimas se vean afectadas durante la construcción. **Si las condiciones del terreno no permiten realizar el diseño de acuerdo con el diseño aprobado, comuníquese con el diseñador y/o el funcionario de salud local.**
3. Mida la elevación media del terreno a lo largo del borde ascendente del lecho o de la zanja superior y utilícela como referencia para uso futuro. Esto es necesario para determinar la elevación inferior del lecho.
4. Determine dónde se conecta la tubería de la cámara de la bomba al sistema de distribución en el medio filtrante. La ubicación y el tamaño de esta tubería de transporte se determinan a partir de la guía de distribución de presión.
5. Excave y coloque la tubería de efluentes desde la cámara de bombeo hasta el montículo. Corte y tape la tubería a 1 pie por debajo de la superficie del suelo. Coloque la tubería por debajo de la línea de congelación o con una pendiente uniforme hacia la cámara de bombeo para que se drene después de la dosificación.
6. Rellene y compacte el suelo alrededor de la tubería para evitar la filtración de efluentes a lo largo de esta. Este paso debe realizarse antes de arar para evitar la compactación y la alteración de la superficie.
7. Corte los árboles a nivel del suelo y elimine el exceso de vegetación segándola. Rastrille la vegetación cortada si está o va a quedar apelmazada. Prepare el terreno

- utilizando un arado de cincel agrícola con resorte y arando en paralelo a las curvas de nivel.
8. Vuelva a colocar las estacas de las esquinas, si es necesario, utilizando las estacas de referencia desplazadas y localice las zonas de lechos o zanjas marcando sus límites con estacas.
 9. Extienda la tubería de transporte desde la cámara de la bomba (que se había cortado previamente) hasta varios pies por encima de la superficie del suelo.
 10. Instale uno o más tubos verticales (PVC de 4" con la parte inferior perforada, varillas de refuerzo y grava o geotextil alrededor de las perforaciones). Al menos uno debe estar en la parte descendente del montículo, con la parte inferior en la superficie original y la parte superior extendiéndose por encima del nivel final, donde se puede tapar. Otra podría ubicarse en el lecho, extendiéndose solo desde la parte inferior del lecho hasta por encima del nivel final. Las tuberías verticales permiten observar los niveles de agua. Las ranuras en las tapas facilitarían su extracción para permitir el acceso.
 11. Coloque el medio filtrante alrededor del borde del área arado. Mantenga las ruedas de los camiones fuera de las áreas aradas. Evite el tráfico en el lado descendente del sistema de montículos. Trabaje desde el extremo y los lados ascendentes. Esto evitará la compactación de los suelos en el lado descendente, lo que, si se compacta, afectaría el movimiento lateral lejos del montículo y posiblemente causaría filtraciones superficiales en la base del montículo.
 12. Coloque el medio filtrante en su lugar utilizando un pequeño tractor de orugas con pala. No utilice un tractor/retroexcavadora con ruedas de goma. Mantenga siempre un mínimo de 6" de medio filtrante debajo de las orugas para evitar la compactación del suelo natural.
 13. Coloque el medio filtrante a la profundidad requerida, es decir, hasta la parte superior del lecho. Dé forma a los lados con la pendiente deseada.
 14. Con la pala del tractor, forme el lecho de infiltración. Nivele a mano el fondo del lecho con una precisión de $\pm \frac{1}{2}$ pulgada.
 15. Coloque el agregado grueso, el producto sin grava o la línea de goteo en el lecho. Nivele el agregado a la profundidad prevista en el diseño.
 16. Coloque las tuberías de distribución, según lo determinado en las directrices de distribución de presión, sobre el agregado. Conecte el colector a la tubería de transporte. Incline el colector hacia la tubería de transporte. Coloque los laterales a nivel, eliminando las elevaciones y los desniveles.

17. Realice una prueba de presión en el sistema de distribución para comprobar la uniformidad del caudal.
18. Coloque 2" de agregado sobre la tubería de distribución. Coloque 6" de arena sobre las líneas de goteo.
19. Coloque un material geotextil homologado sobre el agregado.
20. Coloque la tierra para la cubierta y la capa superficial del suelo en la parte superior del lecho. Puede ser subsuelo o capa superficial del suelo. Se recomienda una profundidad inicial de 18" en el centro y 12" en el borde exterior del lecho. Esto crea una pendiente que ayuda a la escorrentía superficial de las precipitaciones. Además, esta capa proporciona cierta protección contra las heladas. No conduzca sobre la parte superior del lecho, ya que podría dañar el sistema de distribución.
21. Siembre o coloque césped en el sistema de montículos.

El objetivo de los pasos 1 a 7 anteriores es proporcionar una superficie de terreno despejada con una serie de canales verticales. Esto mejora la transferencia de humedad del relleno de arena al suelo original, al tiempo que inhibe el movimiento lateral en la interfaz entre la arena y el suelo. Los canales verticales también ayudan a estabilizar la arena en la interfaz entre la arena y el suelo de forma entrelazada.

El terreno debe ararse con un arado de cincel agrícola con resorte u otro aparato o método aceptable para preparar el suelo antes de construir el sistema de montículos. Una alternativa aceptable es cavar la superficie con una pala a mano, lo que puede ser el método de preferencia en algunos terrenos. No es aceptable el uso de un motocultor.

Es importante que quede una superficie rugosa y sin manchas, especialmente en suelos de textura fina. No se debe arar hasta que el suelo esté lo suficientemente seco como para no mancharlo durante el proceso de arado.

Si quedan tocones, se debe tener cuidado al preparar el terreno. Se debe romper la capa de césped, pero no pulverizar la capa superficial del suelo. El objetivo de este paso es romper cualquier capa superficial que pueda impedir el flujo vertical de líquido hacia el suelo natural.

Es recomendable comenzar la construcción inmediatamente después del arado. Evite la formación de surcos y la compactación del área arada por el tráfico. Si llueve después de terminar el arado, espere a que el suelo se seque antes de continuar con la construcción.

Anexo F: Eliminación de medios filtrantes contaminados

La retirada y eliminación de los medios filtrantes contaminados debe realizarse de la manera aprobada por el funcionario de salud local. Utilice medidas de protección adecuadas durante su manipulación. Lávese bien las manos y cualquier otra parte de la piel expuesta con agua caliente y jabón después de entrar en contacto con medios filtrantes de arena contaminados.

Los medios filtrantes contaminados pueden enterrarse con una capa de al menos 6" en un terreno aprobado por el funcionario de salud local. Si el material se va a colocar a nivel del suelo, debe estabilizarse con una capa de tierra de al menos 6". Evite los terrenos inclinados. Para cualquiera de estos métodos, deben cumplirse las distancias mínimas y las separaciones verticales establecidas en el Capítulo 246-272A del WAC, y el material no debe utilizarse en aplicaciones agronómicas durante 12 meses.

Si el material se va a eliminar en un vertedero sanitario local, póngase en contacto con ellos para conocer sus requisitos.

El material puede utilizarse para la producción agrícola, de acuerdo con las siguientes directrices, cuando lo apruebe el funcionario de salud local.

APLICACIÓN	RESTRICCIONES/PLAZOS
1. Cultivos de raíces, hortalizas de bajo crecimiento, frutas y bayas destinadas al consumo humano.	El material contaminado debe estabilizarse y aplicarse 12 meses antes de la siembra.
2. Cultivos forrajeros y pastos para el consumo del ganado lechero.	Los cultivos forrajeros y pastizales no están disponibles para el pastoreo de animales hasta un mes después de la aplicación del material estabilizado.
3. Cultivos forrajeros y pastizales para el consumo de ganado no lechero.	Los cultivos forrajeros y pastizales no estarán disponibles hasta dos semanas después de la aplicación del material estabilizado.
4. Huertos u otras zonas agrícolas donde el material no entre en contacto directo con productos alimenticios. O donde el material estabilizado haya sido sometido a un tratamiento adicional, como la reducción de patógenos o la esterilización.	Pueden aplicarse restricciones menos severas.

La estabilización puede lograrse aumentando el pH a 12 con la adición de un suplemento como la cal.

Bibliografía

Wisconsin Mound Soil Absorption System: siting, design and construction manual
By James C. Converse and E. Jerry Tyler, January, 2002

Adolfson Associates, Inc. 1999. Burnett Consolidated On-Site Demonstration Project, Final Report, Tacoma Pierce County Health Department, Washington, 2000

