

### Anexo 3. Control de Erosión, Sedimentación y Vertidos

Todos los planes de manejo ambiental deben dar respuesta a la matriz de aspectos e impactos del proyecto. Ver *Anexo 2*.

#### Objetivo:

El objetivo del plan de control de erosión, sedimentación y vertidos de un proyecto es minimizar los impactos asociados a las actividades en la obra asociados a la gestión del agua lluvia, la erosión del suelo, la sedimentación en las fuentes receptoras y los vertidos de aguas residuales.

#### Responsables:

- **Elaboración:** Se recomienda que el responsable de su elaboración sea el diseñador hidráulico del proyecto, un ingeniero civil o afín con el conocimiento técnico para diseñar las medidas de control necesarias para la mitigación de los impactos mencionados.
- **Aplicación:** Los responsables del cumplimiento en obra se extiende a todos los contratistas y subcontratistas
- **Seguimiento:** Se debe identificar un responsable de su seguimiento, asociado al líder de sostenibilidad del proyecto, apoyado de la cuadrilla o brigada de sostenibilidad. Ver capítulo de Etapa de Pre construcción.

#### Elaboración:

El plan debe contener el diseño de las medidas y estructuras para manejo del agua lluvia y residual durante la actividad constructiva. Para esto es necesario que el diseñador hidráulico del proyecto tenga en cuenta:

- La topografía del lugar es uno de los insumos para determinar las estrategias de direccionamiento de aguas de escorrentía con el fin de evitar ser contaminadas con materiales ubicados en la intemperie o sedimentos de suelo erosionado.
- El régimen hidrológico y el tipo de suelo de la zona son aspectos que determinarán la magnitud de la erosión que se puede presentar en el suelo, y con este definir las medidas de contingencia a realizar ante grandes eventos de precipitación, así como las mejores medidas de protección para ese tipo de suelo.
- La capa vegetal de la zona juega un papel importante en reducir la velocidad de la escorrentía, incrementar la infiltración y ayudar a estabilizar el suelo.
- Identificación de fuentes de agua residual. Dentro de una obra se puede tener agua residual doméstica (baños de empleados) y no doméstica (casino, agua contaminada)

por derrames, laboratorio, planta de concreto, lavado de maquinaria, lavado de llantas etc.), y en ambos casos se debe contar con una gestión para su vertido.

- Identificación de puntos de vertido. Estos pueden ser de tipo superficiales o subterráneos y de tipo directo o indirecto, como se indican en la Ilustración 1. Esta identificación debe ir acompañada de solicitud de permiso a la autoridad local y cumplimiento de las condiciones para el vertido, principalmente relacionados con cantidad y calidad del agua. Dependiendo de la fuente generadora de agua residual y del volumen de la misma, se debe tener un tratamiento de acuerdo a las condiciones requeridas para el vertido o el reúso. La idoneidad del tratamiento la determina el diseñador hidráulico y/o especialista en tratamiento de aguas residuales.

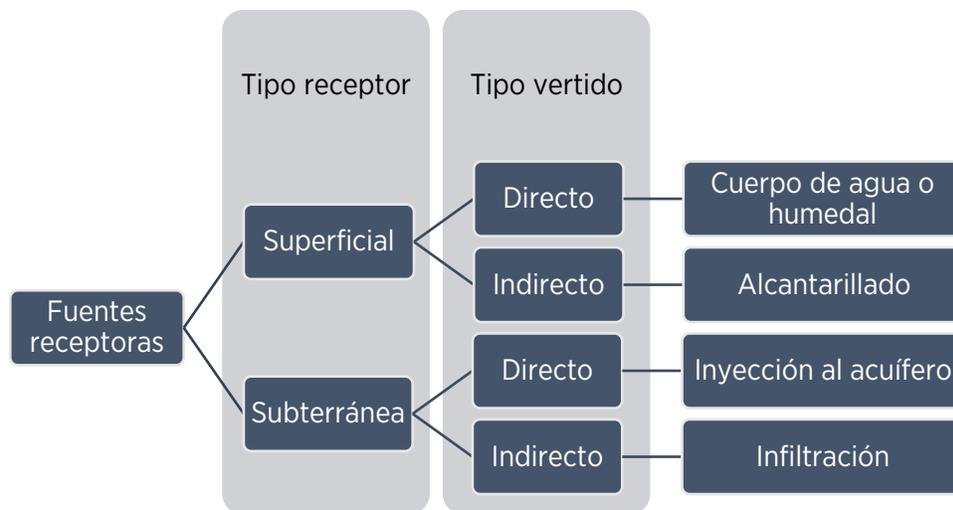


Ilustración 1. Tipos de fuentes receptoras de vertidos. Elaboración propia

- Las estrategias de control de erosión y sedimentación se pueden dividir de acuerdo con el sitio donde se implementan: de fuente, si se protege el suelo para evitar que se genere erosión; de medio cuando se evita que el agua transporte sedimentos de suelo erosionado al alcantarillado o receptor final; y de receptor cuando se protege directamente la entrada de agua a la fuente receptora como el alcantarillado o cuerpo de agua superficial. (Ver Ilustración 2).

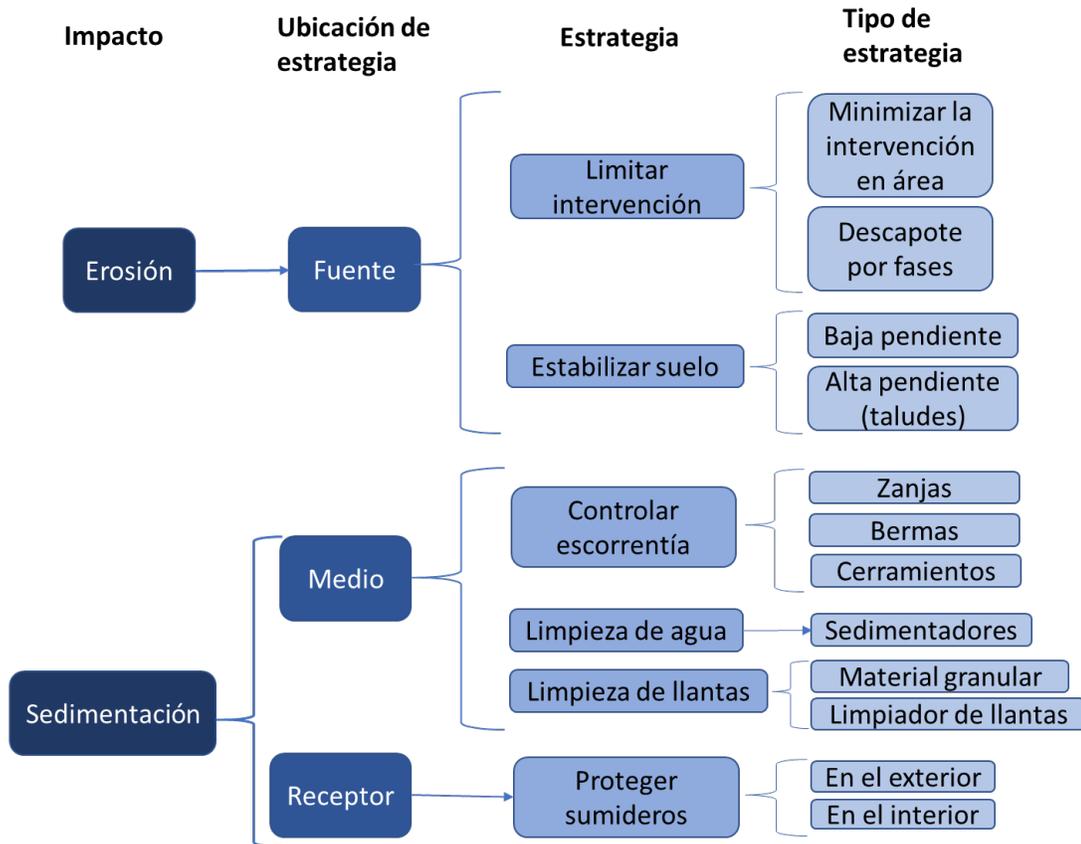


Ilustración 2. Estrategias de control de erosión y sedimentación. Elaboración propia

- Usando las estrategias que se muestran en la ilustración se debe realizar un mapa de sitio que además de ubicar las instalaciones provisionales de la obra, el cerramiento, el acceso y la obra; muestre el flujo del agua en el proyecto, las estrategias de erosión y sedimentación que se van a implementar con su ubicación, así como los sitios de especial cuidado como el acopio de residuos peligrosos, de RCD o la vegetación de preservación (Ilustración 3).

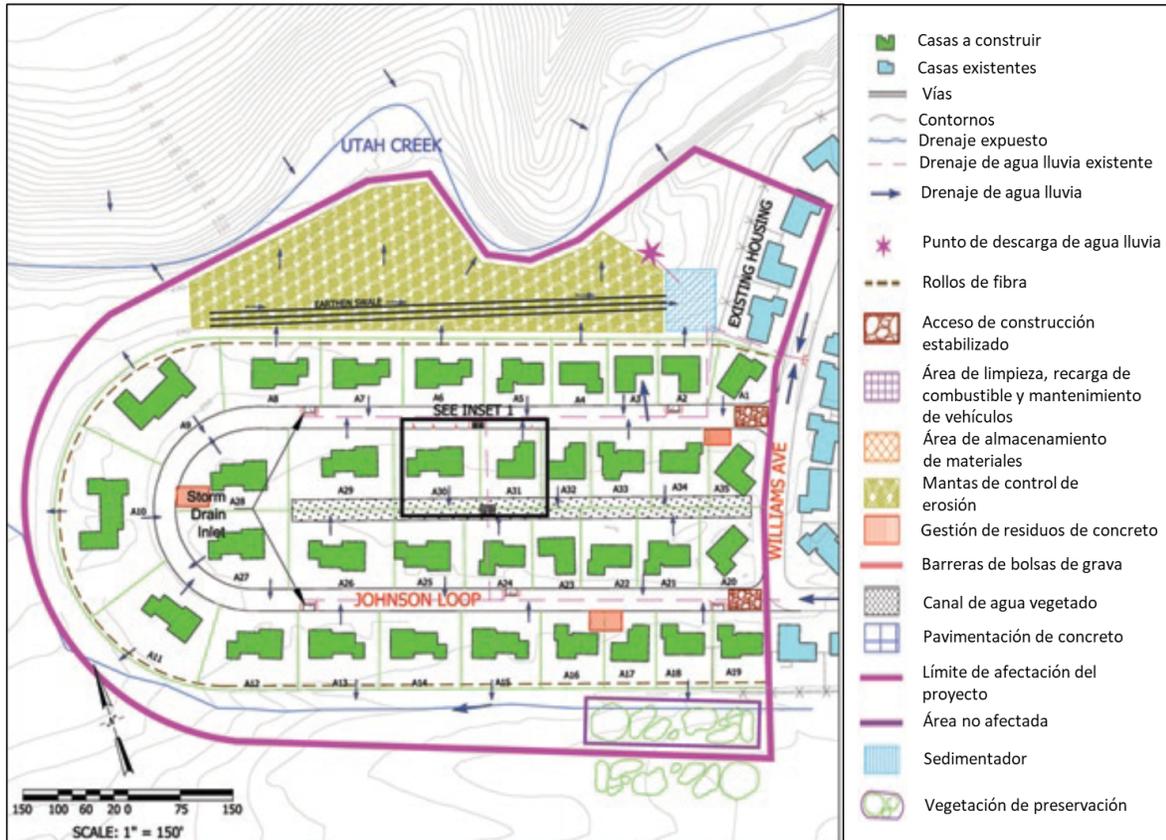


Ilustración 3. Mapa de sitio con estrategias de control de erosión y sedimentación. Fuente: (Environmental Protection Agency [EPA], 2007)

## Estrategias:

A continuación, se enuncian algunas estrategias:

### Limitar intervención del suelo

Dado que la vegetación es un medio de protección para la erosión, es recomendable que desde la planeación se defina realizar trabajos de descapote solo por los sectores que vayan requiriendo las actividades secuencialmente (descapote selectivo) y evitar la intervención de suelo sobre grandes superficies que posteriormente queden al descubierto.

Se pueden delimitar físicamente los espacios que se van a intervenir (Ilustración 4), así como la estabilización de vías por donde transitará la maquinaria.



*Ilustración 4. Descapote selectivo. Fuente: (Orejuela, 2011)*

Así mismo, la tierra orgánica que se extraiga debería separarse de la vegetación para poder ser reutilizada ya sea dentro del mismo proyecto en los espacios verdes del urbanismo o externamente en otros proyectos que lo requieran.

### Estabilización de suelo en baja pendiente

Los métodos para evitar la degradación de suelo expuesto a la intemperie se deben implementar en un periodo no mayor a 14 días luego de la exposición:

- Estabilización vegetal

La siembra de material vegetal puede ser de tipo permanente, cuando la duración de la exposición del suelo es mayor a 6 meses o temporal, en caso contrario (Georgia Soil and Water Conservation Commission, 2005). En cualquiera de los dos, es necesario que se apliquen técnicas para proteger la germinación de las plantas, tales como el “mulching”, que consiste en verter una capa de material triturado sobre el suelo para protegerlo y ayudarlo a germinar. Los materiales usados para esta técnica pueden ser de tipo orgánico como la “turba, mantillo de hojas, estiércol descompuesto, paja, compost, serrín, cortezas, astillas de madera o recortes secos de césped.” (Sanchez J. , 2018). Algunos de los materiales pueden ser encontrados en los residuos de material descapotado (tierra negra, hojas y recortes de césped), de la demolición (astillas y chips de madera) y de los domésticos (compostaje), de manera que se evite la compra de nuevos materiales, cal o fertilizantes.

Para tener éxito con la germinación de las plantas se recomienda

- Realizar un arado superficial para facilitar la penetración de las semillas.

- En caso de que el suelo haya perdido su capa de tierra vegetal o fértil, se recomienda el uso de fertilizantes inorgánicos o de enmiendas orgánicas (compost, humus o turbas) según convenga.
- Considere la aplicación hidráulica de adhesivos o emulsiones sobre el mulching o la vegetación para una mayor fijación cuando la situación de la exposición al viento y el agua sea crítica. Algunos de ellos son la poliacrilamida, guar, resinas, enzimas, surfactantes o polímeros, así como emulsiones asfálticas (Minnesota Pollution Control Agency, 2019).
- Realizar mantenimiento periódico de riesgo (si requiere), corte de plantas a no menos del 50%, el pasto debe dejarse con al menos 6 pulgadas y se recomienda el uso de fertilizante y/o cal para fortalecerlas.
  - Estabilización física

Comprende los materiales no vegetales para dar resistencia al suelo, tales como:

El Mulching es ideal aplicarlo en más del 90% del área descubierta cuando el área no tenga que estar expuesta más de 6 meses y usando materiales como la paja, el pino o la madera en un espesor de 2 a 3 pulgadas sobre el suelo.



*Ilustración 5. Mulching con chips de madera.*

Los espacios como el acceso a la obra y las vías internas de circulación son lugares críticos en los que son indeseables los suelos expuestos por el agravamiento de la erosión y emisión de material particulado por el alto tráfico. Los materiales que se recomienda usar en estos sitios son pétreos provenientes de RCD o en su defecto una capa de agregado granular de bajas especificaciones. Cabe aclarar que este material puede servir como base o subbase de las vías internas del urbanismo del proyecto en etapas posteriores.



*Ilustración 6. Estabilización de suelo de acceso al proyecto. Fuente: (Orejuela, 2011)*

### Estabilización de suelo en pendiente pronunciada

En suelos de alta pendiente o taludes se hace necesario un estudio geotécnico que determine las medidas estructurales para evitar una eventual falla. En caso de no requerir una estructura de contención, se deben proteger contra la erosión y una técnica que se puede considerar es la estabilización vegetal con hidrosiembra para la cual se usa como medida temporal las mantas de control de erosión, alfombras de refuerzo de césped y mantas de fibras enlazadas, que están en su mayoría hechas con materiales biodegradables como paja y coco, los cuales son degradados a medida que crecen plantas como medida definitiva. Cabe aclarar que la estabilización de taludes es indispensable en caso de tener cauces de agua dentro del predio, dada su susceptibilidad a la erosión y la recepción de sedimentos producidos por el proyecto.

Para tener éxito con la germinación de las plantas se recomienda (Georgia Soil and Water Conservation Commission, 2005):

- Realizar “sucos” o microterrazas en el talud, que son curvas a nivel a una profundidad de 5 a 10 cm y separadas cada 30 a 50 cm, con las cuales se disminuye la velocidad de escurrimiento del agua y facilita la penetración de las semillas en el suelo (Muñoz, 2015).



Ilustración 7. Subsulado de talud para facilitar germinación. Fuente: (Georgia Soil and Water Conservation Commission, 2005)



Ilustración 8. Subsulado de talud. Fuente: (Muñoz, 2015)

- En caso de que el suelo haya perdido su capa de tierra vegetal o fértil, se recomienda el uso de fertilizantes inorgánicos o de enmiendas orgánicas (compost, humus o turbas) según convenga.
- Dirigir el agua a un desagüe apropiado
- Conformar una topografía de canal que permita el escurrimiento del agua para mantener la vegetación (Se deben evitar las topografías triangulares):

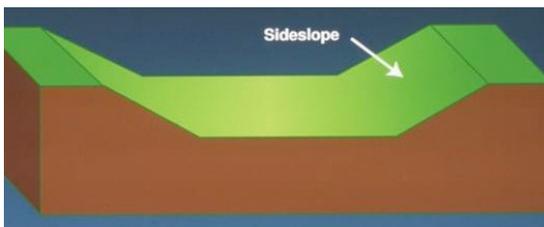


Ilustración 9. Trapezoide – base plana. Fuente: (Georgia Soil and Water Conservation Commission, 2005)

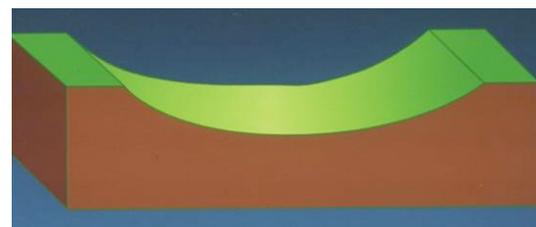


Ilustración 10. Parabólico. Fuente: (Georgia Soil and Water Conservation Commission, 2005)

- Realizar mantenimiento periódico de riesgo (si requiere), corte de plantas a no menos del 50%, el pasto debe dejarse con al menos 6 pulgadas y se recomienda el uso de fertilizante y/o cal para fortalecerlas.

Otras medidas definitivas como los geotextiles y mallas de materiales sintéticos pueden ser de gran utilidad y como medidas complementarias se debería considerar la implementación de canales perimetrales, rollos de fibra o montículos de tierra para conducir el agua fuera de los taludes (Romanello, 2017).



*Ilustración 11. Geomalla sobre talud. Fuente: (MYG-GDL, 2021)*

Se recomienda el uso de mantas en pendientes mayores a 2.5:1 y altura de talud mayor a 3 metros. Estas deben estar atrincheradas en la parte superior para evitar que el agua escurra por debajo y deben entrelazarse entre sí para asegurar que no se caigan o vuelen por efectos del viento o el agua (EPA-Environmental Protection Agency, 2007 citado en (Romanello, 2017)).

### Zanjas y bermas

Son estructuras de conducción de escorrentía que evitan que se contamine con el suelo que se encuentra expuesto y se pueda dirigir el agua a un sedimentador. Se recomienda que estos canales se ubiquen en la parte alta del proyecto para que logren capturar el agua de escorrentía desde allí y no logre ingresar a las partes descubiertas en donde se está interviniendo. Las zanjas o bermas sobre pendientes deben diseñarse para altas velocidades de erosión y situaciones críticas de alta precipitación (Environmental Protection Agency [EPA], 2007).

La zanja drenante se constituye de un relleno de gravilla con un tubo que permite el paso del agua por orificios y se recomienda que se envuelva con un geotextil para evitar la colmatación por finos, mientras que las bermas sobresalen del nivel del suelo y están hechas de material vegetal o compactado filtrante como puede ser mulch de madera, compostaje o gravilla (Minnesota Pollution Control Agency, 2019).



Ilustración 13. Zanja de drenaje. Fuente: (Idroter, 2021)



Ilustración 12. Berma de drenaje. Fuente: (Environmental Protection Agency [EPA], 2007)

Las bermas filtrantes se recomiendan que se usen en el sentido de la pendiente y no se recomienda instalarlas en sitios de acumulación de flujo a menos que se combine con un sistema de mantas o estabilización vegetal. Los materiales usados para bermas dependen de la pendiente del lugar: en general, es recomendable no usarlas en pendientes mayores a 10%, para las pendientes pequeñas (menores a 6%) se deberían usar materiales biodegradables como el mulch o el compost y para suelos más empinados se pueden usar materiales pétreos. Si el suelo del sitio se compone en más de 70% de arena, no se recomienda el uso de bermas, dado que las velocidades de flujo (erosión) serán demasiado altas. Adicionalmente, si se opta por este método se debe limpiar previamente el suelo base de raíces, vegetación, rocas grandes, materia orgánica y material diferente de suelo (Minnesota Pollution Control Agency, 2019).

En el ejemplo de la Ilustración 14 se puede observar cómo se usó el material excavado para formar una berma que sirve como protección secundaria de perímetro, en vez de haber sido dispuesta toda en un acopio



*Ilustración 14. Berma de tierra excavada. Fuente: (Minnesota Pollution Control Agency, 2019).*

### Cerramientos

El uso de cerca de sedimento en los cerramientos es recomendado como protección de medio para retener los sedimentos dentro del proyecto una vez generada la erosión. Esta consiste en una malla de cerramiento, hecha de geotextil, polietileno (polisombra) o metal, la cual es enterrada a mínimo 15 cm de profundidad y 15 cm de ancho, en dirección contraria a la pendiente que direcciona el agua y unida con paraleles separados a máximo 1.5 - 2.5 metros. Dependiendo del nivel de exposición al flujo de agua y erosión se recomiendan en lo posible usar materiales como el geotextil o el metal que son de larga duración y necesitan poco mantenimiento con respecto a la polisombra de polietileno tradicional, que en principio es más económica, pero se daña fácilmente.

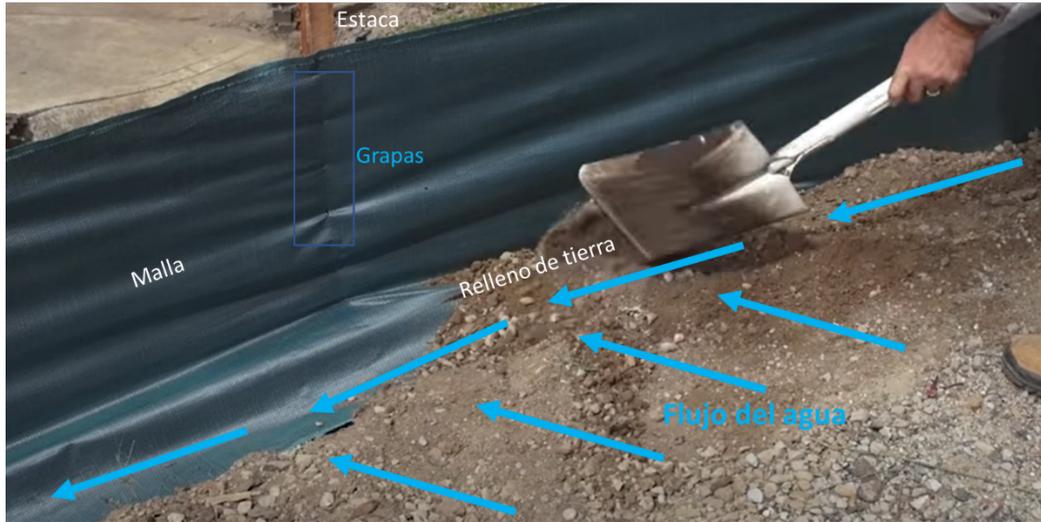


Ilustración 15. Malla de retención de sedimentos

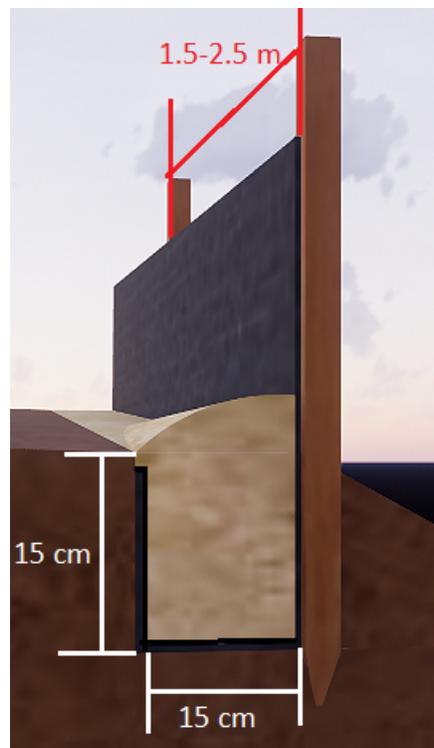


Ilustración 16. Esquema de Cerramiento

El uso de esta estrategia no se limita a los cerramientos perimetrales del proyecto, sino también en los sitios críticos de protección, como lo pueden ser sitios de alta pendiente o de protección de cuerpos de agua o biodiversidad.

Algunas recomendaciones respecto a la instalación del cerramiento son (Minnesota Pollution Control Agency, 2019):

- Para suelos arenosos se recomiendan las telas de tamaño de abertura de tamiz según el estándar estadounidense entre 10 y 30 (entre 2 y 0.595 mm), para los limosos entre 30 y 60 (entre 0.595 y 0.25 mm) y para los arcillosos de 60 en adelante (menores a 0.25 mm).
  - El cerramiento debe ir enterrado entre 15 y 30 cm para que sea efectivo.
- Rollos de fibra

Están compuestos por materiales como la paja, fibra de madera, compostaje o fibras de coco y son altamente efectivas como protecciones de perímetro en sitios relativamente planos o áreas de drenaje pequeñas. También sirven para proteger taludes en compañía de mulching o mantas que juntas desaceleran el flujo de escorrentía y la erosión (Minnesota Pollution Control Agency, 2019).

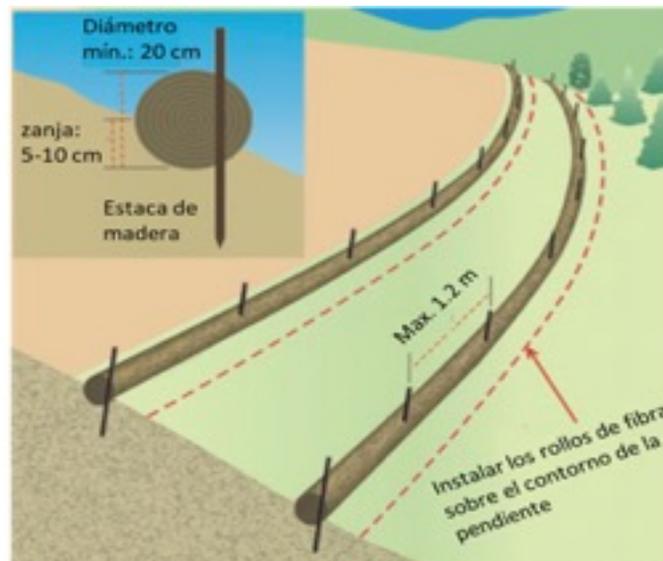


Ilustración 17. Rollos de fibra. Fuente: (Environmental Protection Agency [EPA], 2007)



*Ilustración 18. Rollos de fibra con mulching y zanjas para protección de erosión en talud. (An Wil, 2021)*

Algunas recomendaciones de uso son (Minnesota Pollution Control Agency, 2019):

- No usar como control perimetral en colinas de más de 9 metros de longitud y con pendientes de más del 15%.
  - Para pendientes de entre 10 y 15% se recomiendan rollos de 50 cm de diámetro, para las que estén entre 5 y 10% de pendiente rollos de 25 cm y para las pendientes bajas son ideales los que superen los 20 cm de diámetro.
  - Sobre las pendientes se recomienda que se instalen sobre su contorno con los bordes hacia arriba para detener mejor el flujo y los sedimentos.
  - Use estacas enterradas a 40 cm para suelos suaves y a 25 cm para suelos duros o rocosos.
  - Use separaciones entre rollos de 3 metros para pendientes de 100%, de 6 metros para pendientes de 50%, de 9 metros para pendientes del 33% y de 12 metros para pendientes de 25% o menos.
- 
- Trampas y cuencas sedimentadoras

Las estrategias que usualmente se usan para limpiar el agua contaminada de sedimentos y material particulado dentro de obra son los sedimentadores o también llamados desarenadores, que consisten en estructuras que retienen el sedimento transportado por escorrentía durante el tiempo suficiente para que los sólidos suspendidos se acumulen en el fondo por gravitación antes de que el fluido sea liberado. Se puede decir si estas son bien diseñadas, instaladas y mantenidas pueden obtener eficiencias hasta del 80% en la remoción dependiendo del tamaño de las partículas del suelo sedimentado (Minnesota Pollution Control Agency, 2019).

Se puede elegir entre dos tipos de estructuras de sedimentador con suelo natural dependiendo del tamaño del área afectada y expuesta a la intemperie: para áreas expuestas a la erosión mayores a 2 hectáreas se recomienda usar “cuencas sedimentadoras” y para áreas pequeñas que sean inferiores a 2 Ha se recomiendan las “trampas sedimentadoras” (Ilustración 21 a Ilustración 22). Cualquiera de estas dos es bastante útil para el tratamiento de agua especialmente en proyectos de pendientes medias a inclinadas. Estas pueden ser ubicadas cerca del perímetro del predio o en sitios bajos de acumulación de escorrentía que se identifiquen, sin embargo, no es recomendable que les llegue por entrada flujo de alta velocidad de otras estructuras como zanjas de alta pendiente, dado que esto puede crear turbulencia y socavación que ocasiona interferencia en el asentamiento de los sólidos en el fondo. Algunas de las medidas para mitigar esa turbulencia y optimizar el asentamiento de partículas son las barreras que se colocan transversales en serie sobre las cuencas y trampas, las cuales pueden ser de tipo porosas o impermeables (Ilustración 21 a Ilustración 23).



*Ilustración 20. Trampa sedimentadora. Fuente: (Minnesota Pollution Control Agency, 2019)*



*Ilustración 19. Cuenca sedimentadora con barreras porosas. Fuente: (Little almance Creek, 2016)*

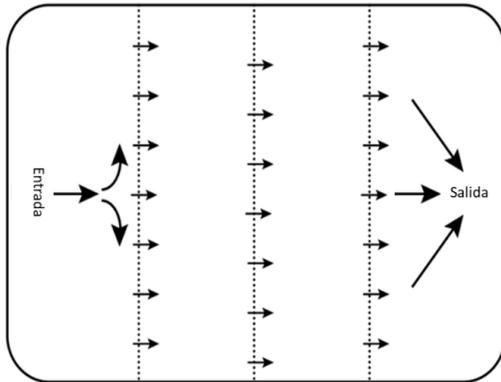


Ilustración 24. Barrera porosa y flujo de agua. Fuente: (McLaughlin, 2015)

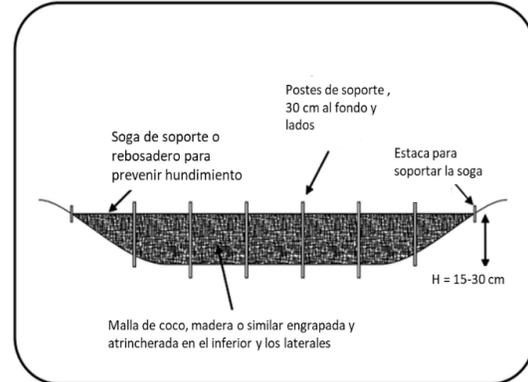


Ilustración 21. Barreras porosas. Fuente: (McLaughlin, 2015)

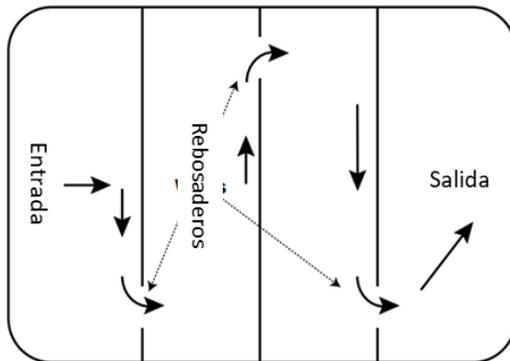


Ilustración 23. Barreras impermeables y flujo de agua. Fuente: (McLaughlin, 2015)

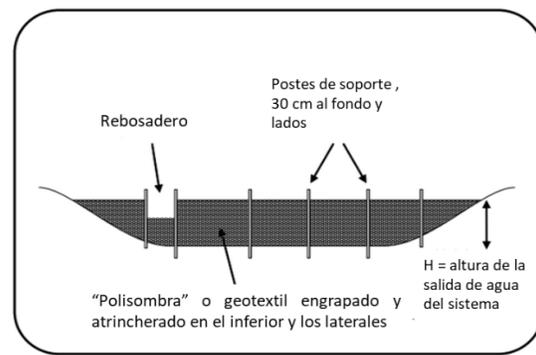


Ilustración 22. Barreras impermeables. Fuente: (McLaughlin, 2015)

- Sedimentadores en serie

Por otro lado, se puede optar por construir sedimentadores en concreto y módulos en serie (Ilustración 25), si se contempla una estrategia primaria de filtrado del agua en la operación, es decir, para que quede permanentemente en el proyecto. Así mismo, este sistema se puede tener una segunda función como trampa de grasas en proyectos rurales que no tengan conexión a servicios públicos o en proyectos que propongan reciclaje de aguas (Ilustración 26).

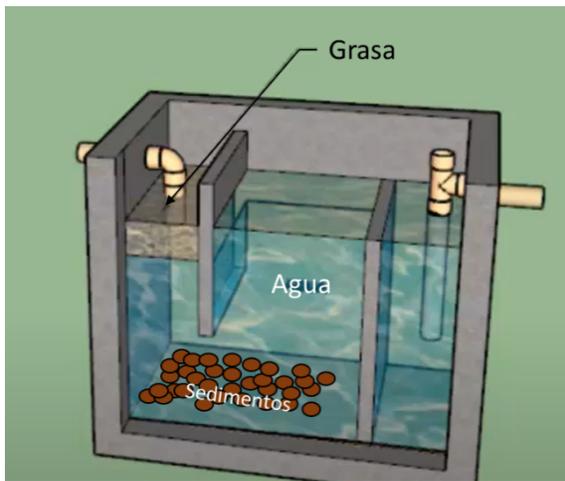


Ilustración 26. Sedimentador y trampa de grasas. Fuente: (Reyes, 2019)

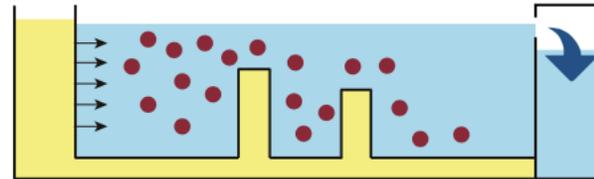


Ilustración 25. Sistema de sedimentador con varios módulos. Fuente: (Posada, 2019)

- Limpieza de llantas

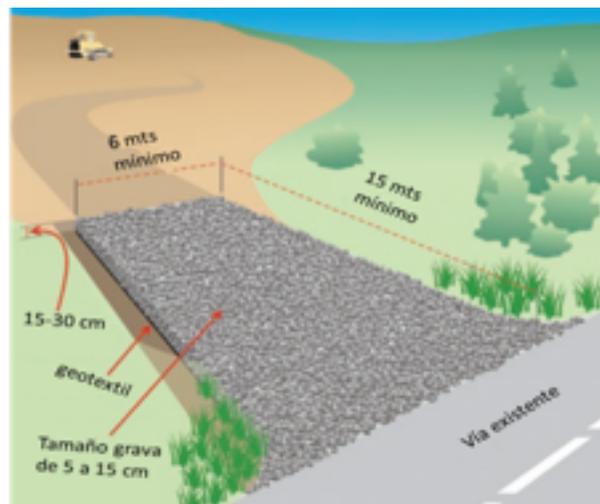
Se recomienda implementar al menos una estrategia de limpieza de llantas antes de comenzar la intervención para evitar la dispersión de material particulado o lodo en las vías exteriores circundantes o dentro de las vías internas que se encuentren pavimentadas por parte del material atrapado en las llantas de la maquinaria y los vehículos que ingresen al proyecto.

Algunas de las estrategias consisten en aplicar una capa granular (grava y piedras) sobre el suelo, posicionar un rack de tuberías, un cárcamo con placa de concreto o instalar un lavadero de llantas en el acceso del proyecto. La efectividad de los métodos la capa granular y el rack de tuberías puede ser del 30 al 60% y el de lavado de llantas de más del 75% dependiendo del diseño, la instalación, la frecuencia del uso y el mantenimiento. Por ejemplo, las capas granulares deben cuidarse del taponamiento por el suelo o lodo capturado, para lo cual se deben limpiar periódicamente con agua, que debe dirigirse a los canales como zanjas o bermas para que la dirijan al sedimentador, la capa exterior se puede reemplazar con nueva capa granular o extender el área de esta (Minnesota Pollution Control Agency, 2019). Solamente la capa granular puede ser suficiente en proyectos de bajo riesgo de transporte de sedimentos, si es bien diseñada, instalada y mantenida, mientras que en proyectos de riesgo medio a alto se puede considerar la instalación de rack de tuberías o lavadora de llantas.

A continuación, se dan algunas recomendaciones para cada estrategia de acuerdo con Minnesota Pollution Control Agency [MPCA] (2019):

- Capa de material granular
  - o Los suelos arcillosos y limosos requieren de una capa más profunda y sobre un área más extensa.

- A mayor volumen de tráfico (expresado en ejes equivalentes) sobre el acceso, mayor deberá ser el espesor de la capa granular.
- Entre más exposición a la humedad, a suelos finos y a la frecuencia de tráfico pesado, se requerirá una mayor frecuencia de limpieza y mantenimiento.
- La capa se puede colocar a nivel de terreno sin requerir excavación, a menos que se requiera nivelarla para garantizar el drenaje hacia sedimentadores, cerramientos o canales.
- Las medidas recomendadas para la capa granular se muestran en la Ilustración 27.
- Se recomienda colocar un geotextil entre el suelo y la capa granular para evitar la subsidencia y la migración del lodo del suelo inferior.



*Ilustración 27. Capa granular en acceso al proyecto. Adaptado de: (Environmental Protection Agency [EPA], 2007)*

- Rack de tuberías
  - Se recomienda que estén hechas de metal para garantizar que la vibración de las mismas retire el material de las llantas.
  - Su longitud debe ser la suficiente para lograr abarcar la totalidad de los ejes de los vehículos más grandes.
  - Para los racks de tuberías que tengan un almacenamiento interno de suelo de menos de 10 cm, se recomienda que se instalen sobre una capa granular de 15 cm.



*Ilustración 28. Rack de tuberías. Fuente: (Minnesota Pollution Control Agency, 2019)*

- Cárcamo con placa de concreto
  - o Esta estrategia debe ir acompañada por el lavado manual de llantas con manguera y se recomienda que el cárcamo desvíe el agua hacia el sedimentador o tenga algún sistema para sedimentar internamente de manera que permita la recirculación del agua.



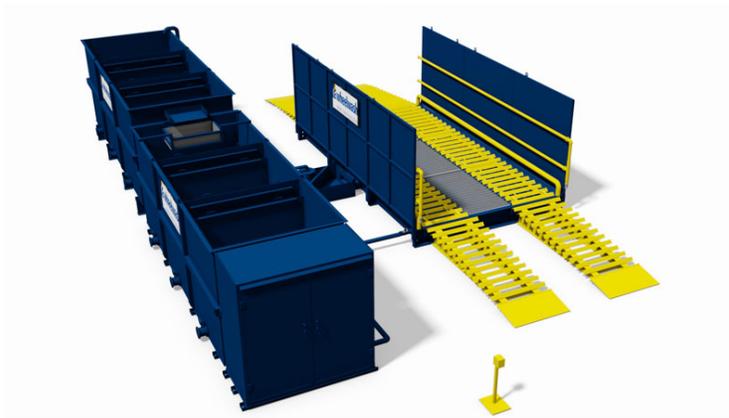
*Ilustración 29. Cárcamo con placa de concreto. Fuente: (Environmental Protection Agency [EPA], 2007)*

- Lavadora de llantas
  - o Idealmente debería implementar un sistema de recirculación del agua usada con el uso de un cárcamo o si es viable dirigir el agua contaminada al sedimentador y luego bombear agua limpia desde la salida de este.



*Ilustración 30. Lavado de llantas manual. Fuente: (SPV Alistamiento, 2021)*

- Se requerirá un acceso de doble flujo para que solo los vehículos que salgan pasen por el sistema.
- Siga las recomendaciones del proveedor y la ficha técnica de la máquina.



*Ilustración 31. Lavadora de llantas con cárcamo de recirculación de agua. Fuente: (Wash, S.F)*

Adicionalmente, se deben inspeccionar los sistemas, especialmente la capa granular del acceso al proyecto cada vez que hay un evento de lluvia, dado que puede causar colmatación por finos y un mal drenaje del agua hacia las estructuras de conducción y limpieza de sedimentos. En estos casos se puede limpiar, añadir material pétreo si se puede de mayor tamaño y/o extender el área de la capa granular, así como nivelar la capa o aumentar el tamaño del rack de tuberías y asegurarse que los conductores conduzcan a una velocidad adecuada para garantizar la remoción del material atrapado en las llantas (Minnesota Pollution Control Agency, 2019).

- Control de sedimentos en el receptor

Como primera medida para la protección del suelo y de las aguas están las medidas de control de erosión previamente vistas, luego, si estas no funcionan y la erosión se presenta por las condiciones de la zona, se trataría de frenar la sedimentación producida usando las medidas de control en el medio antes presentadas, por último, se tendría la protección en el receptor de agua, que consiste en el posicionamiento de objetos o artefactos que sirven como último filtro de material particulado antes de la entrada de agua al sumidero.

La efectividad de la protección es del 25% al 35% en la remoción de sólidos y del 15-25% de nutrientes si es debidamente instalada y mantenida, por lo que se recomienda para flujos de agua bajos y con relativamente bajos niveles de sedimento. Las estrategias de protección se pueden dividir en: externas, que caracterizan por el uso de agregado grueso cubierto con materiales como polisombra o geotextiles, o descubierto en el caso de sumideros horizontales; e internas, como los filtros inferiores con geotextiles y/o mallado en metal/polímeros.



Ilustración 32. Protección de sumidero horizontal en agregado grueso Fuente: (OkState, 2021)



Ilustración 33. Protección de sumidero vertical con filtro drenante Fuente:



*Ilustración 35. Protección de sumidero horizontal con filtro drenante Fuente: (Filtrex, 2021)*



*Ilustración 34. Protección de sumidero horizontal con filtro drenante Fuente: (Estorm water, 2018)*

Por otro lado, se debe evaluar la conveniencia de la implementación de la protección de acuerdo con la ubicación del receptor, dado que muchas veces los sumideros se encuentran sobre las vías y la protección con filtros externos pueden representar un obstáculo o un riesgo para el tránsito de vehículos, ciclistas o personas al ser objetos de gran volumen y que acumulan sedimentos y agua a sus alrededores.

Se sabe que estos elementos suelen acumular material muy fácilmente, por lo que es recomendable revisar su acumulación y efectividad al menos dos veces a la semana y cuando se presenten eventos intensos de lluvia. Se debe hacer limpieza periódica para que no pierdan su funcionalidad cada que rebasen el 50% de su capacidad, sin embargo, cabe recalcar que si se colmatan muy rápido la mejor solución es mejorar las estrategias de control de erosión y sedimentación en la fuente y en el medio, dado que estas son las que pueden estar fallando y permitiendo el paso de sedimentos hasta el sumidero.

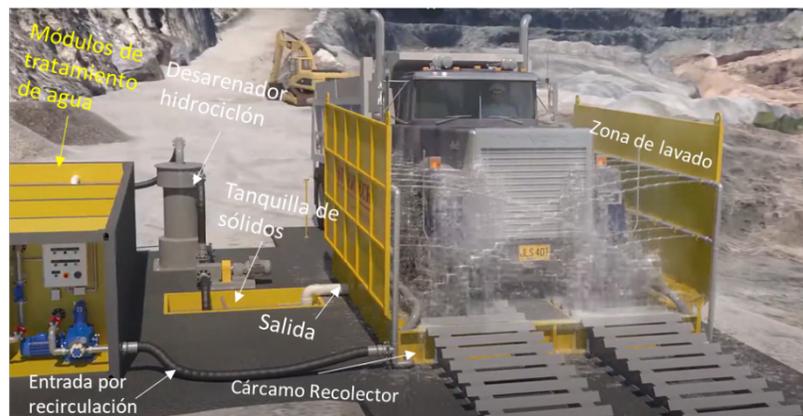
- Lavado de maquinaria y volquetas

Es necesario realizar un lavado de maquinaria, volquetas y equipos al finalizar actividades que los puedan impregnar de material particulado o RCD, ya que estos residuos pueden posteriormente ser vertidos y contaminar directamente al suelo, por acción mecánica o del viento, o a los receptores de agua, por acción de la lluvia. El lavado debe hacerse en un sitio (externo o interno) que tenga un sistema adecuado para controlar, almacenar y disponer los residuos extraídos, como lo puede ser el acceso estabilizado del proyecto con un sistema de rejillas, rack de tuberías o sistema de lavadora de llantas, los cuales recolectan el agua residual del lavado con el material mediante un cárcamo y permiten conservar el material en caso de que se trate de que esté contaminado con residuos peligrosos. En este lugar designado se puede tener un sistema de aspersión como en el caso de la lavadora de llantas o se realiza manualmente con una manguera presurizada. Luego de generarse el agua residual se debe disponer a un sistema de filtrado ya sea a los sedimentadores con un canal de desagüe (zanjas) o al sistema de recirculación en caso de que se tenga. Es importante que se retenga el agua si

está contaminada con residuos peligrosos y se deje secar para luego disponer los residuos contaminados junto con los otros RESPEL.

Algunas recomendaciones son:

- Delimitar y señalizar el lugar para no interrumpir otras actividades de la obra
- Usar un cárcamo lo suficientemente grande para que pueda capturar el agua de cada ciclo de lavado
- Inspeccionar las estrategias de contención y acumulación de agua para garantizar que no haya fugas o roturas que permitan la contaminación del suelo o agua.
- Una vez secada el agua contaminada con otros materiales, se determinará si el material puede ser idóneo para otro uso o definitivamente se debe disponer con los residuos peligrosos o contaminados.



*Ilustración 36. Sistema de tratamiento de agua in situ de Synertech SAS. Fuente: (Synertech SAS, 2021)*

- Trampa de grasas  
En caso de definir la implantación de un casino, es necesaria la instalación de una trampa de grasas para que los aceites de cocina no contaminen la fuente receptora autorizado para el vertimiento de aguas residuales. El dimensionamiento de la trampa se debe basar en la estimación del agua residual a generar en el casino o cocina.
- Protección en el acopio de materiales  
Los materiales deben permanecer en las zonas de almacenamiento destinadas por la obra, así como en las estaciones provisionales si así se requieren, las cuales deben estar delimitadas y protegidas de posible arrastre por escorrentía o viento.
- Almacenamiento de residuos peligrosos  
En caso de que se trate de un proyecto que requiera por cuestiones logísticas el almacenamiento de combustible, y otros sustancias peligrosas, estas se deben

almacenar en un espacio destinado para tal fin y estar acompañado de todas las fichas de seguridad de las sustancias allí almacenadas así como contar con un kit de derrames según las recomendaciones del fabricante. Esta zona de almacenamiento debe estar debidamente señalizada.

- Protección en el transporte de materiales  
Los vehículos encargados del transporte de material y/o residuos deben contar con elementos tipo barreras de protección que eviten que el material se disperse por acción del viento durante los trayectos del vehículo hasta su destino final. Las barreras pueden ser tipo carpas, precintos y/o amarres.

## Ejecución

Las estrategias deben estar implementadas previo a la actividad que van a controlar. Es importante que el plan indique en qué momento en el cronograma, de acuerdo al aspecto que genera el impacto (Ver anexo 2), se debe instalar o implementar la medida descrita.

Algunas recomendaciones para tener en cuenta:

- Los sedimentadores deberían tratar de colocarse lo más cerca posible a los sitios más propensos de generación de sedimentos.
- En caso de que la ubicación y topografía del lugar dificulten el direccionamiento del agua hacia los sedimentadores, se puede considerar la instalación de trampas separadas de sedimentación en serie o el uso de otros tipos de estrategias de control de sedimentación.
- Se recomienda que las pendientes que dirigen el agua hacia las cuencas o sedimentadores se encuentren en el rango de 1% y 25% para garantizar el flujo correcto para el funcionamiento.
- La ubicación de la cuenca de sedimentación debe estar a por lo menos 6 metros de la cimentación del edificio para preservar su integridad y que no interfiera con las labores de allí. Además, se debe ubicar de manera que el punto más bajo del sedimentador no esté por debajo del nivel freático del suelo.
- Se debe procurar que el agua que llegue al sedimentador sea únicamente de áreas afectadas o intervenidas.
- Se debe verificar que el suelo usado para la estructura de contención esté libre de material vegetal o impurezas que puedan afectar su cohesión o resistencia.

- Se debe revisar que los sedimentadores contengan el agua al menos 12 horas después de un evento de lluvia, dado que de lo contrario se podrían estar presentando fugas de agua.
- Los suelos en pendiente de los costados de los sedimentadores deberían estabilizarse con vegetación, mantas o rocas tan pronto como sean construidas para evitar llenar el fondo con sus propios sedimentos.
- Se deben estudiar los flujos naturales del agua y el escenario que se tendría después de intervenir para que en caso de presentar altas velocidades de flujo y/o mayores volúmenes de agua de los esperados se contemple reforzar los controles aguas arriba con cerramientos, mantas, rollos de fibra, etc.
- Se debe garantizar que el agua que salga de estas estructuras vaya directo a infiltración, al drenaje o conducida mediante canales que la protejan de la contaminación.

## Control y Mantenimiento

Las estructuras y medidas implementadas deben contar con un mantenimiento periódico de acuerdo a lo indicado por el fabricante o por el diseñador de la estructura.

Algunas recomendaciones para tener en cuenta:

- Inspeccionar las estructuras al menos una vez por semana o cuando se presente un evento de lluvia intenso. Se debe verificar que no se encuentren contaminados con residuos, erosión o desplazamiento de rocas u otros material.
- En elementos sedimentadores, se recomienda realizar una limpieza cuando el sedimento se acumule lo suficiente (50% de la profundidad en húmedo).
- Dependiendo del estado del sedimento dragado del lugar se debe decidir si se utilizará como relleno, si se estabiliza y almacena o si se dispone a otro lugar. En caso de que este esté contaminado se tratará como un residuo peligroso.
- Las aguas residuales deben tener un monitoreo de parámetros y frecuencia de acuerdo a los permisos o licencias otorgados. Los parámetros mínimos a incluir son:

Parámetro	Unidades
pH	Unidades de pH
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l
Sólidos Sedimentales (SSED)	mL/L
Grasas y Aceites	mg/L

Se recomienda llevar un seguimiento documentado de las inspecciones, estado, mantenimiento de las medidas de control de erosión, sedimentación y vertido, acompañado de un registro fotográfico con fecha y hora de captura. Ver *Anexo 3.a* para un formato guía.