

## Categorías

EC	Control de la Erosión	<input checked="" type="checkbox"/>
SE	Control de los Sedimentos	
TC	Control para Mitigar el Traspaso de Sedimentos	
WE	Control de la Erosión Causada por el Viento	
NS	Control de Manejo de las Aguas que no Son de Lluvia	
WM	Manejo de Desechos y Control de Contaminación de Materiales	

## Referencia:

- Categoría Primaria
- Categoría Secundaria

## Descripción y Propósito

Los Sistemas de Tratamiento Activo (STA) reducen la turbidez del escurrimiento del agua del sitio de construcción introduciendo químicos a las aguas de lluvia a través de la dosificación directa o de una corriente eléctrica, a fin de mejorar la floculación, coagulación y asentamiento de los sedimentos en suspensión. Los coagulantes y floculantes se utilizan para mejorar el asentamiento y extracción de los sedimentos en suspensión y, en general, incluyen sales inorgánicas y polímeros (USACE, 2001). El aumento de la floculación ayuda en el asentamiento y capacidad de retirar sedimentos finos en suspensión, lo cual reduce la turbidez del escurrimiento de aguas de lluvia y mejora la calidad del agua.

## Aplicaciones Adecuadas

Los STA pueden proporcionar de manera fiable reducciones excepcionales de la turbidez y contaminantes asociados, y su uso debe considerarse donde las descargas turbias a aguas sensibles al sedimento y la turbidez no pueda evitarse utilizando mejores prácticas de manejo (Best Management Practices o BMPs) tradicionales. Además, puede ser adecuado usar un STA cuando las restricciones del sitio inhiban la capacidad de construir una cuenca de captación de sedimentos del tamaño adecuado, cuando haya arcilla y/o suelos altamente erosionables, o cuando el sitio tenga pendientes muy pronunciadas o largas.

## Limitaciones

Los descargadores que elijan utilizar tratamientos químicos en un STA deben seguir todas las pautas del Apéndice F del Permiso General de la Construcción, Requisitos de los Sistemas Activos de Tratamiento. Las limitaciones generales son las siguientes:

## Componentes Específicos

Sedimentos	<input checked="" type="checkbox"/>
Nutrientes	
Basura	
Metales	
Bacterias	
Aceite y Grasa	
Materia Orgánica	

## Alternativas Posibles

Ninguna

Copyright 2025 by the California Stormwater Quality Association



- Límite Numérico de Descarga (NEL) para todas las descargas (10 UNT de promedio ponderado diario de flujo)
- Disponibilidad limitada de procedimientos de ensayo de residuos químicos que cumplan los requisitos de los permisos para el tratamiento de flujo continuo
- Capacitación específica teórica y práctica sobre los STA para operar los equipos
- El tratamiento por lotes requiere pruebas de toxicidad del efluente exhaustivas
- El tratamiento por lotes requiere una gran superficie para admitir las celdas de tratamiento
- Requiere filtración adicional para retirar la floculación residual y los químicos de tratamiento antes de la descarga
- No se deben utilizar polímeros derivados del petróleo
- Requiere diseños y equipos específicos al sitio
- Tasas de descarga limitadas dependiendo de la masa de agua receptora
- Operaciones y mantenimiento trabajosos
- Los costos unitarios de los STA son mayores en los sitios más pequeños, en donde se espera que el nivel del escurrimiento del agua a tratar sea menor
- Los costos de los STA varían según la estación debido al aumento y la disminución de las precipitaciones

## Implementación

La turbidez es difícil de controlar una vez que las partículas finas están suspendidas en el escurrimiento de las aguas de lluvia de un sitio de construcción. Los estanques de sedimentación son eficaces para eliminar las partículas de mayor tamaño a través de la sedimentación por gravedad, pero resultan ineficaces para eliminar las partículas más pequeñas, como la arcilla y el limo fino. Los estanques de sedimentación en general se diseñan para eliminar sedimentos no menores al limo medio (0.02 mm). Los STA pueden utilizarse para reducir la turbidez del escurrimiento de aguas de lluvia. Con un STA, la turbidez muy alta puede reducirse a niveles comparables a lo que se encuentra en los arroyos durante épocas secas.

## ***Criterios para el Uso de Productos de STA***

Las aguas de lluvia tratadas químicamente que se descargan desde los sitios de construcción no deben ser tóxicas para los organismos acuáticos. Se debe utilizar el siguiente protocolo para evaluar los productos químicos propuestos para el tratamiento de las aguas de lluvia en los sitios de construcción. La autorización para utilizar un producto químico en el campo en función de este protocolo no exime al solicitante de la responsabilidad de cumplir todos los criterios de descarga y de aguas receptoras aplicables a un sitio.

- Se debe preparar y enviar a la Junta Regional de Control de la Calidad del Agua (RWQCB) un Plan de STA que incluya un componente de Operaciones y Mantenimiento, un componente de

Supervisión, Muestreo e Informe, un componente de Salud y Seguridad y un componente de Prevención de Derrames.

- Los químicos de tratamiento deben estar aprobados por la EPA para el uso de agua potable o, de lo contrario, se debe demostrar que son protectores de la salud humana y el ambiente. Se requieren ensayos de residuos químicos o pruebas de toxicidad de todo el efluente.
- Antes del uso de tratamientos químicos en el campo, se deben llevar a cabo pruebas de frasco para demostrar que se puede alcanzar una reducción de la turbidez que cumpla con los criterios de NEL y aguas receptoras. Las condiciones de la prueba, que incluyen, entre otras, la calidad del agua cruda y los procedimientos de pruebas de frascos, deben ser indicativas de las condiciones de campo. Aunque no se espera que estas pruebas a pequeña escala reproduzcan el rendimiento bajo las condiciones de campo, son indicativas de la capacidad del tratamiento. Se deben llevar a cabo al menos seis pruebas de frasco específicas al sitio por químico.
- La dosis máxima propuesta debe ser al menos un factor de cinco menor que la concentración sin efecto observado (CSEO).
- La descarga de efluentes desde un STA a aguas receptoras está sujeta a los resultados favorables de las pruebas de bioensayo/toxicidad de efluentes enteros a escala completa para los sistemas de tratamiento por lotes y a los ensayos de residuos químicos para los sistemas de flujo continuo.
- Comuníquese con la RWQCB para obtener una lista de los químicos de tratamiento que pueden estar preaprobados para utilizar.

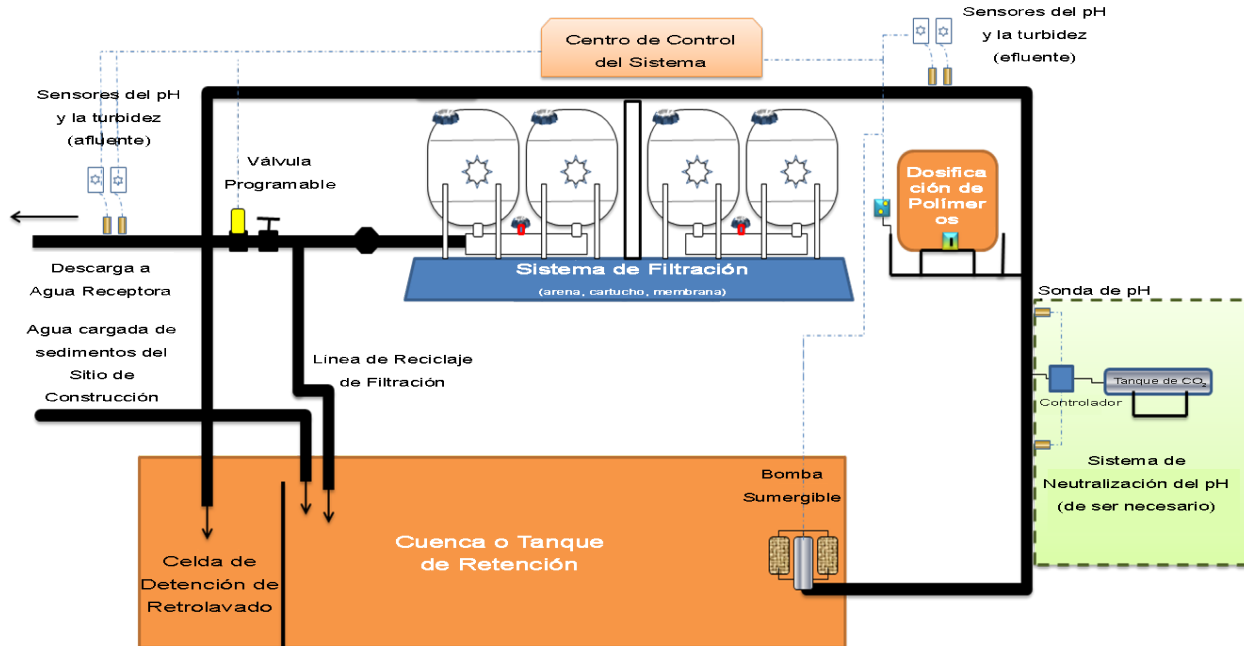
### ***Consideraciones de Diseño para los Sistemas de Tratamiento Activo***

El diseño y la operación de un STA debe tener en cuenta los factores que determinan un rendimiento óptimo y rentable. Aunque las características del sitio influirán en el diseño del sistema, es importante reconocer las siguientes consideraciones principales:

- El químico correcto debe utilizarse en la dosis correcta. Una dosis demasiado baja o demasiado alta no generará la turbidez más baja. Hay una dosis óptima. Esta es una de las situaciones en donde el dicho "más siempre es mejor" no aplica.
- El coagulante debe mezclarse rápido en el agua para asegurar una dispersión adecuada.
- El sistema de mezclado para el tratamiento por lotes debe dimensionarse de modo que proporcione una mezcla adecuada para el volumen de almacenamiento de diseño. La falta de mezcla adecuada durante la fase de floculación da lugar a flóculos demasiado pequeños y/o insuficientemente densos. La mezcla excesiva puede destruir el flóculo rápidamente mientras se forma.
- Se debe tener cuidado al diseñar el sistema de extracción para minimizar las velocidades de los flujos de salida y evitar la descarga de flóculos. La descarga debe pasar a través de un sistema de filtrado, como un filtro de arena, de bolsa o de cartucho, que pueda capturar cualquier descarga de flóculos no intencionada.
- Un STA también regula el pH de la descarga. Se debe agregar un químico de ajuste del pH al agua tratada para controlar el pH si el coagulante elegido requiere la alteración del pH porque la descarga está fuera del rango aceptable.

## Diseño de Sistemas de Tratamiento Activo

Los STA pueden diseñarse como sistemas de tratamiento por lotes usando estanques o tanques portátiles montados sobre remolques, o como sistemas de flujo continuo utilizando una variedad de sistemas de diseño patentados.



La figura se ha adaptado de la respuesta del Puerto de Seattle a la Orden de Acción 2948 del Departamento de Ecología de Washington

## Tratamiento por Lotes

Los sistemas de tratamiento activo consisten en un sistema de recolección de aguas de lluvia (ya sea por un desvío temporal o un sistema de drenaje permanente del sitio); una cuenca de captación de sedimentos, una trampa de sedimentos o un tanque de retención de sedimentos; sumideros; un sistema de alimentación química; celdas de tratamiento; y una tubería de interconexión.

Los sistemas de tratamiento por lotes deben usar un mínimo de dos celdas de tratamiento revestidas. Las celdas de tratamiento múltiples permiten clarificar el agua tratada mientras se llenan o vacían otras celdas. Las celdas de tratamiento pueden ser cuencas, trampas o tanques. En algunos sitios, también son adecuados los tanques portátiles.

Los siguientes equipos deben ubicarse en un lugar seguro y cubierto:

- El inyector químico
- El contaminante secundario para ácido, cáustico, compuesto tampón y químico de tratamiento
- Ducha de emergencia y fuente para el lavado de emergencia de los ojos
- Los equipos de supervisión que constan de un pHmetro y un turbidímetro (en caso de que no estén ya en el panel de instrumentación del inyector químico)

## Tratamiento de Flujo Continuo

Como mínimo, un STA de flujo continuo consiste en un sistema de recolección de aguas de lluvia (ya sea por un desvío temporal o un sistema de drenaje permanente del sitio); un estanque de almacenamiento o tanque de retención de aguas de lluvia no tratadas, y un sistema de filtración químicamente mejorado.

Las aguas de lluvia se recolectan en puntos de intercepción en el sitio y se desvían por gravedad o bombeo a un estanque de almacenamiento de aguas de lluvia no tratadas u otra zona de retención de aguas de lluvia no tratadas. El agua de lluvia se almacena hasta que se produzca el tratamiento. Es importante que el tanque de retención sea lo suficientemente grande como para proporcionar un almacenamiento adecuado.

A continuación, las aguas de lluvia se bombean desde el estanque de almacenamiento de aguas de lluvia no tratadas hasta el sistema de filtración químicamente mejorado donde se agrega el polímero. Puede ser necesario ajustar el pH antes de la adición química. El sistema de filtración supervisa continuamente la turbidez y el pH del agua de lluvia. Si el agua de descarga no está dentro del rango de turbidez o pH aceptable, el agua se reenvía al estanque (o tanque de retención) de aguas de lluvia no tratadas donde se la puede volver a tratar. Los sistemas de flujo continuo deben asegurarse de que:

- El volumen de aportación se registre diariamente. El sistema de registro de datos debe tener la capacidad de registrar un mínimo de siete días de datos continuos.
- Los sistemas de instrumentación estén interconectados con el control del sistema para proporcionar cierre o recirculación automáticos en caso de que las mediciones del efluente muestren excesos en la turbidez o el pH.
- En caso de inestabilidad del sistema, corte de energía u otro evento catastrófico, el STA pase por defecto a un modo de recirculación o apagado seguro.
- El sistema de instrumentación proporcione un método para controlar la dosis de coagulante, a fin de evitar una posible sobredosificación.

### ***Criterios de Dimensionamiento***

Un STA debe estar diseñado y aprobado por un Profesional Certificado en Control de Erosión y Sedimentos (CPESC), un Profesional Certificado en Calidad de Aguas de Lluvia (CPSWQ); un ingeniero civil registrado en California; o cualquier otro ingeniero registrado en California.

El STA debe estar diseñado para capturar y tratar (en un plazo de 72 horas) el escurrimiento del agua del evento de tormenta de 24 horas de duración con una recurrencia de 10 años. El volumen del escurrimiento del agua de la zona de la cuenca que se va a tratar a partir de un evento de tormenta de este tamaño se debe calcular usando el Método Racional con un coeficiente del escurrimiento del agua de 1.

Si se utilizan cuencas de captación de sedimentos para captar el flujo continuo o para el tratamiento por lotes, consulte SE-2, Cuenca de Captación de Sedimentos, para obtener información sobre los criterios de diseño. Se debe proporcionar un bypass alrededor del STA para tener capacidad en casos de eventos de tormenta extremos. Se debe fomentar la sedimentación primaria en la cuenca de

captación de sedimentos/estanque de almacenamiento. Puede ser beneficioso colocar un depósito de carga con acceso para mantenimiento.

Para calcular el tamaño recomendado de las celdas de tratamiento, utilice la tasa de descarga permitida que se rige por el efecto potencial aguas abajo. Los requisitos locales relacionados con los umbrales de permisos de NPDES de Fase I o Fase II deben tenerse en cuenta al desarrollar las tasas máximas de descarga del Plan de STA.

## **Inspección y Mantenimiento**

Los encargados de la operación y el mantenimiento de los STA deben ser individuos con experiencia de uso y capacitados de acuerdo con los requisitos de capacitación que figuran a continuación. Los STA deben supervisarse continuamente mientras se utilicen. Una persona responsable designada debe estar en el sitio a diario en todo momento durante las operaciones de tratamiento. Se debe llevar a cabo un control visual diario del funcionamiento correcto del sistema en el sitio y registrarlo en el registro de datos del proyecto. Se debe incluir el nombre, el número de teléfono y la documentación sobre la capacitación de la persona responsable de la operación y supervisión del sistema en el registro de datos del proyecto.

Los siguientes requisitos y resultados de la supervisión deben registrarse en el registro de datos:

### ***Supervisión Operativa y de Cumplimiento***

- El caudal y el volumen del efluente se deben controlar continuamente y registrarse a intervalos de 15 minutos o menos.
- El pH del afluente y efluente debe supervisarse continuamente y registrarse a intervalos de 15 minutos o menos.
- La turbidez del afluente y efluente (expresada en UNT) debe supervisarse continuamente y registrarse a intervalos de 15 minutos o menos.
- El tipo y la cantidad de químicos utilizados para el ajuste del pH, si los hubiera, deben supervisarse y registrarse.
- La tasa de dosificación utilizada en el STA (expresada en mg/L) debe supervisarse e informarse 15 minutos después de la puesta en marcha y cada 8 horas de funcionamiento.
- Duplicados de laboratorio: se deben realizar duplicados de laboratorio mensuales de análisis de coagulante residual y se deben mantener registros en el sitio.
- Se debe supervisar el efluente y registrar los niveles de químicos/aditivos residuales.
- Si no existe una prueba de químicos o aditivos residuales y el STA está funcionando en un modo de operación de tratamiento por lotes, consulte los requisitos de supervisión de la toxicidad que están a continuación.

### ***Supervisión de la Toxicidad***

#### Tratamiento por Lotes

Las pruebas de toxicidad para los sistemas operados en un modo de tratamiento por lotes deben realizarse de acuerdo con lo siguiente:

- Se deben llevar a cabo pruebas de toxicidad aguda en muestras de efluentes que representen los efluentes de cada lote antes de comenzar la descarga. Todos los bioensayos deben enviarse a un laboratorio certificado por el Programa de Acreditación de Laboratorios Ambientales (ELAP) del Departamento de Servicios de Salud (DHS). El número de campo requerido para las pruebas de Toxicidad Total del Efluente (WET) es E113.
- Las pruebas de toxicidad aguda se llevarán a cabo con las siguientes especies y protocolos. Los métodos a utilizar en las pruebas de toxicidad aguda deben ser los descritos para una prueba aguda de 96 horas en "Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluents and Receiving Water to Freshwater and Marine Organisms, USEPA-841-R-02-012" para el pez cabeza gorda, *Pimephales promelas*. La trucha arco iris, *Oncorhynchus mykiss*, se puede utilizar como sustituto del pez de cabeza gorda.

Todas las pruebas de toxicidad deben cumplir los criterios de garantía de calidad y los criterios de aceptabilidad de las pruebas de las versiones más recientes del método de prueba de la EPA para las pruebas de WET.

## Tratamiento de Flujo Continuo

Las pruebas de toxicidad para los sistemas de tratamiento de flujo continuo deben realizarse de acuerdo con lo siguiente:

- Se utilizará un método de prueba químico residual que tenga un límite de detección del método (MDL) del 10% o menos que el umbral de concentración máxima admisible (MATC) para el coagulante específico en uso y para las especies más sensibles del producto químico utilizado. El MATC es igual a la media geométrica de la Concentración Sin Efecto Observado (NOEC) y la Concentración Mínima con Efecto Observado (LOEC) en los resultados de toxicidad aguda y crónica para la especie más sensible determinada para el coagulante específico.
- El método de prueba de químicos residuales debe producir un resultado en el plazo de una hora desde que se toma la muestra.
- Un laboratorio certificado por el Estado de California debe validar la prueba de químicos residuales seleccionada. Específicamente, el laboratorio debe revisar el protocolo de la prueba, los parámetros de la prueba y el límite de detección del coagulante. El descargador debe enviar esta documentación de manera electrónica como parte del Plan de STA.

## ***Cumplimiento del Límite Numérico de Descarga (NEL):***

Todas las aguas de lluvia tratadas químicamente deben someterse a muestreo y pruebas para garantizar el cumplimiento de los límites de pH y turbidez. Estos límites fueron establecidos por el Permiso General de la Construcción. En algunos sitios, también puede ser necesario realizar muestreos y pruebas para otros contaminantes. Los límites de turbidez se han fijado en 10 NTU como promedio ponderado diario de flujo o en 20 NTU desde una sola muestra. El pH debe estar dentro del rango de 6.0 a 9.0 unidades estándar. Suele ser posible descargar las aguas de lluvia tratadas que tengan una turbidez inferior a la del agua receptora y el mismo el pH.

Las muestras y medidas de las aguas de lluvia tratadas deben tomarse de la tubería de descarga u otra ubicación representativa de la naturaleza de la descarga de aguas de lluvia tratadas. Las

muestras utilizadas para determinar el cumplimiento de los estándares de la calidad del agua en el agua receptora no deben tomarse del estanque de tratamiento antes de la decantación. El cumplimiento de los estándares de la calidad del agua se determina en el agua receptora.

### ***Capacitación de Operadores:***

Los operadores deben tener una capacitación específica sobre el uso de STA y coagulantes líquidos para las descargas de aguas de lluvia en California. La capacitación debe ser en forma de una clase formal con un certificado y requisitos para la realización de pruebas y la renovación del certificado. La capacitación debe incluir un mínimo de 8 horas de clase en un aula y 32 horas de formación de campo.

### ***BMPs estándar:***

Se deben implementar BMPs de control de la erosión y los sedimentos en todo el sitio para evitar la erosión y la descarga de sedimentos en los STA. Algunos tipos de coagulación y floculación química solo son alcanzables en aguas con una turbidez por debajo de cierto nivel; por lo tanto, minimizar la cantidad de sedimentos que llegan al sistema aumentará la probabilidad de cumplir con los límites de efluente y, potencialmente, reducirá los costos de dosificación química.

### ***Retiro y Eliminación de los Sedimentos***

- Los sedimentos deben retirarse de las celdas de almacenamiento o tratamiento según sea necesario para garantizar que las celdas mantengan su nivel de almacenamiento de agua requerido (es decir, volumen).
- La manipulación y eliminación de todos los sólidos generados durante las operaciones de STA deben realizarse de acuerdo con todas las leyes y regulaciones locales, estatales y federales.
- Si se determina que los sedimentos no son tóxicos, pueden incorporarse al sitio, lejos de los drenajes.

### **Referencias y Recursos Adicionales (Disponibles Solo en Inglés)**

Construction Site Best Management Practices (BMPs) Manual CTSW-RT-24-425.11.1, California Department of Transportation (Caltrans), March 2024.

Engineering and Design – Precipitation/Coagulation/Flocculation. United States Army Corps of Engineers, EM 1110-1-4012, 2001.

Evaluation of Active Treatment Systems (ATS) for Construction Site Runoff. California Building and Industry Association (prepared by Geosyntec Consultants), 2008.

Stormwater Management Manual for Western Washington, Volume II – Construction Stormwater Pollution Prevention, Washington State Department of Ecology, August 2001.