

PERSULF

Catalyzed Persulfate



Instrucciones de aplicación

Tabla resumen de la aplicación PersulfOx

La siguiente tabla es una guía de referencia rápida que proporciona solo la información más relevante. Revise detenidamente todo el documento, así como la ficha de datos de seguridad del producto, antes de cualquier aplicación. Póngase en contacto con el servicio de asistencia técnica de REGENESIS para obtener más asistencia.

Posibles métodos de aplicación	Empuje directo (direct push); En pozos; En puntos fijos con válvulas; En excavación
Materiales compatibles	Los compuestos a base de persulfato son corrosivos. Examine cuidadosamente la compatibilidad de PersulfOx con equipos de aplicación, puntos de inyección e infraestructuras subterráneas en o alrededor del área de inyección. Ejemplos de materiales compatibles: acero inoxidable, PVC, polietileno. Ejemplos de materiales incompatibles: aluminio, acero al carbono, hierro, hormigón
Número de campañas de inyección	Normalmente se requieren más campañas. Distancia típica entre campañas: 1 a 2 meses. Se recomienda discutir la estructura y dosis de las campañas con REGENESIS
Factor de dilución típico	15% (se recomienda discutir el factor de dilución exacto con REGENESIS). 15 kg de PersulfOx en 85 litros de agua
Actividad de mezcla	Agregar PersulfOx en polvo al tanque ya lleno de agua. Mezclar bien hasta que esté completamente disuelto. Mantener la mezcla durante el proceso de inyección
Bomba de inyección recomendada	Bomba de diafragma
Presión de inyección recomendada	Inyección de baja o media presión. Normalmente de 1 a 5 bares. Ajustar la presión con el regulador de presión. Anotar la presión y el caudal de cada paso
Inyección de empuje directo	Se recomienda la punta retráctil; punta activada por presión como alternativa. Pasos de inyección típicos cada 30 cm. Definir en el campo si usar la secuencia de arriba hacia abajo o de abajo hacia arriba
Aplicación en pozo	Inyección a presión; NO alimentar por gravedad. Usar obturador inflable simple o doble. Lavar bien con agua limpia después de la aplicación. Es de esperar una reducción en la eficiencia del pozo, debido a los residuos sólidos
Aplicación en puntos fijos con válvulas	Esperar a que el cemento en los puntos madure antes de realizar inyecciones (al menos 2-4 semanas). Utilizar un obturador inflable doble para aislar grupos de válvulas individuales
Aplicación en excavación	Mezclar con agua antes de la aplicación. Colocar en el fondo de la excavación. Mezclar bien con el suelo en la base de la excavación con una excavadora, para facilitar el contacto
Recomendaciones adicionales	Lavar y limpiar siempre los equipos con agua limpia. Sellar los puntos de inyección de empuje directo después de la inyección. No utilizar bombeo u otras actividades que puedan alterar el agua subterránea en el área circundante durante y después de la inyección (a menos que esté programado para la recuperación de contaminantes desorbidos)
Monitoreo recomendado	Frecuencia de monitoreo generalmente mensual a partir de la última campaña de inyección. Duración típicamente de 3 a 6 meses. Monitoreo recomendado también entre campañas de inyección (mayor frecuencia, también en función de si se realiza o no bombeo para la recuperación de contaminantes desorbidos). Parámetros: contaminantes de interés. Parámetros de soporte adicionales: O ₂ , redox, pH, conductividad eléctrica, eventuales subproductos de degradación

Instrucciones de aplicación

La aplicación al subsuelo de PersulfOx® mediante inyecciones a presión se realiza comúnmente utilizando tecnología de empuje directo, a través de pozos de inyección, puntos fijos con válvulas o en el fondo de una excavación. PersulfOx es un producto monocomponente para oxidación química in situ (ISCO) a base de persulfato de sodio con activación incorporada. Es un polvo blanco seco clasificado como oxidante Clase 5.1 y empaquetado en sacos de 25 kg. La ficha de datos de seguridad (SDS) se proporciona junto con cada envío de material; esta debe ser leída y comprendida cuidadosamente por el usuario, a fin de asegurarse de que PersulfOx se manipule y almacene de manera adecuada, y que se utilice el equipo de protección personal adecuado.

Antes de la aplicación, es necesario identificar cualquier estructura o servicio subterráneos en o cerca del área de tratamiento y evaluar la idoneidad de la aplicación de PersulfOx.

Se asume que el usuario está adecuadamente formado y es competente en la materia y que ha realizado una evaluación completa y específica de los riesgos para la salud, seguridad y medio ambiente de las obras a realizar. Esto debe incluir una revisión exhaustiva de los equipos de protección personal (EPP) requeridos y su uso correcto.

Actividad previa a la aplicación

Antes de la aplicación de PersulfOx, REGENESIS recomienda completar una prueba de inyección preliminar en el área de inyección con agua limpia. Este procedimiento es útil para determinar la cantidad de líquido que el área de tratamiento puede aceptar y proporcionará información valiosa sobre el caudal y la presión que se utilizarán al aplicar el producto. Se recomienda que el volumen de la prueba de inyección con agua sea entre un 15 y un 20% más que el volumen previsto en un solo punto de inyección, es decir, si el proyecto especifica un volumen de PersulfOx de 1000 litros por punto, la inyección de prueba de agua debe apuntar a inyectar 1150-1200 litros. La prueba de inyección con agua debe realizarse utilizando los mismos métodos de inyección que para el reactivo.

Actividad de mezcla

Antes de la aplicación, PersulfOx (normalmente envasado en sacos de 25 kg) debe mezclarse con agua para crear una solución inyectable. PersulfOx se puede mezclar en agua con una concentración entre el 5% y el 20% de PersulfOx. Para la mayoría de las aplicaciones, REGENESIS recomienda una solución al 15-20%. La Tabla 1 muestra las cantidades de agua de dilución y los volúmenes de inyección finales utilizando los factores de dilución recomendados.

Solución a preparar (%)	Cantidad de PersulfOx (kg)	Volumen de agua de mezcla (L)	Volumen final aproximado (L)
5%	25	475	500*
10%	25	225	250*
15%	25	142	167*
20%	25	100	125*

Tabla 1: Cantidades para la mezcla de PersulfOx

* El volumen total aumenta como resultado de la adición de PersulfOx

Si el producto se suministra en envases de diferentes tamaños, es necesario mantener la misma proporción de mezcla, según la tabla anterior. La solución de PersulfOx debe mezclarse en tanques de tamaño adecuado. Idealmente, el tanque debe ser cónico o de fondo plano para permitir una mezcla completa y no tener depósitos de sólidos sin disolver. **La solución PersulfOx es corrosiva y ácida, por lo que los tanques, equipo de mezcla, bombas, tuberías, varillas de inyección y todas las conexiones deben estar hechas de materiales químicamente resistentes como acero inoxidable, PVC, polietileno. Materiales como aluminio, acero al carbono, hierro no deben usarse para aplicaciones de PersulfOx.**

Se recomienda que el polvo de PersulfOx se agregue lentamente a la cantidad requerida de agua y se mezcle con un equipo de tamaño adecuado para asegurar una mezcla completa en todo el tanque. REGENESIS no recomienda depender únicamente de la recirculación para mezclar PersulfOx, aunque este método puede ayudar al proceso de mezcla. PersulfOx se mezcla rápidamente en agua cuando se dosifica en el rango de solución recomendado. Una vez mezclado, PersulfOx se disuelve y permanece en solución; sin embargo, al igual que con todas las mezclas químicas, se recomienda verificar periódicamente la solución de PersulfOx durante la jornada laboral. La solución de PersulfOx generalmente tiene una apariencia blanca turbia asociada con la formación de una pequeña cantidad de floculado (<1%). Este floculado está asociado con los minerales presentes en la mayoría de las aguas utilizadas para la mezcla.



Fig. 1 PersulfOx en el tanque de mezcla. El equipo utilizado está fabricado con materiales químicamente resistentes.

Una vez que se ha vaciado el tanque de mezcla, se recomienda usar agua limpia para lavar/ limpiar el tanque para evitar acumulaciones de sólidos no disueltos con el tiempo. Esto también ayudará a lavar la bomba de inyección y las líneas. REGENESIS también recomienda lavar todos los equipos con abundante agua limpia al final de cada jornada laboral y al final del trabajo de inyección.

Aplicación de empuje directo

REGENESIS recomienda el uso de puntas perforadas retráctiles o puntas perforadas para la inyección de arriba hacia abajo en lugar de puntas activadas por presión, ya que permiten una mayor facilidad de inyección y una mejor distribución del reactivo.



Fig. 2: Punta perforada retráctil (izquierda); punta perforada para inyección de arriba hacia abajo © esp-shop.com (centro); punta activada por presión (derecha)

Las varillas de inyección deben empujarse hasta la profundidad de inyección del paso específico y luego debe inyectarse PersulfOx; será necesario tomar nota de los caudales y presiones utilizados en cada paso de inyección. Al final de la inyección en el paso, es necesario mover las varillas de inyección y luego continuar con las inyecciones en el siguiente paso, hasta el final de las inyecciones previstas para cada punto. Una vez que se ha aplicado el volumen deseado, se debe usar agua limpia para enjuagar la bomba, el tubo y la punta de inyección y asegurarse de que se aplique todo el PersulfOx en las capas de interés.

Una vez que se completa este paso, el punto de inyección debe sellarse adecuadamente con bentonita o cemento. El propósito de esta actividad es aislar las posibles vías a la superficie que podrían causar la fuga de PersulfOx inyectado y/o de agua subterránea.

Si la aplicación se basa en una configuración de cuadrícula de puntos, la aplicación debe realizarse trabajando sistemáticamente desde el exterior hacia el centro del área de inyección para minimizar la sobrepresión local del agua subterránea y el desplazamiento de la contaminación. Siempre que sea posible, se debe mantener una distancia adecuada entre los puntos de inyección consecutivos para evitar sobrecargar la formación con el producto inyectado (por ejemplo, inyectar en un punto cada 3 puntos de la barrera o saltar al menos 1-2 puntos en una configuración de cuadrícula).

Se recomienda el lavado frecuente y abundante con agua de las varillas y puntas de inyección, que no suelen ser de acero inoxidable, para reducir los fenómenos de corrosión.

Aplicación en pozo

REGENESIS recomienda que en general los pozos de inyección sean de PEAD (HDPE) con un diámetro ≥ 50 mm, ranurados exclusivamente en correspondencia con la capa de tratamiento y con un ancho de ranuras entre 1 y 0,5 mm. Siempre que sea posible, el sello del pozo a lo largo de la sección ciega debe consistir en un mínimo de 300-600 mm de gránulos de bentonita, sobre los cuales se aplica cemento para sellar la superficie. Antes de la inyección de cualquier reactivo, REGENESIS recomienda que los pozos de inyección se purguen de cualquier partícula fina presente. PersulfOx solo se puede inyectar bajo presión. Se recomienda utilizar obturadores inflables simples o dobles para presionar el pozo. Después de cada actividad de inyección de PersulfOx, cada pozo de inyección debe enjuagarse con agua limpia. El volumen de agua de lavado debe ser equivalente a al menos 2-3 volúmenes del pozo. Al inyectar PersulfOx en un pozo, los pozos de inyección vecinos y los piezómetros de monitoreo deben estar bien cerrados o, alternativamente, equipados con un manómetro y una válvula de seguridad, lo que reduce la posibilidad de cortocircuito del producto a la superficie. Si la aplicación se basa en una configuración de cuadrícula de puntos, la aplicación debe realizarse trabajando sistemáticamente desde el exterior hacia el centro del área de inyección para minimizar la sobrepresión local del agua subterránea y el desplazamiento de la contaminación.



Fig.3: Obturador inflable simple (arriba) (© italswiss.com) y obturador doble (abajo) (© desoi.it)

Aplicación en puntos fijos con válvulas (tubos de manguito)

Las inyecciones de PersulfOx también se pueden realizar mediante puntos fijos de inyección multinivel realizados ad hoc que permiten inyectar en el subsuelo mediante válvulas de inyección y no ranuras (parecidos a los tubos de manguito). Consisten en tubos ciegos equipados con válvulas de inyección específicas colocadas a lo largo del tramo de interés; el espacio entre la tubería y el diámetro externo de la perforación se rellena con mezclas de sellado para no crear rutas de migración preferenciales para los productos durante las fases de inyección. Una vez preparada la mezcla, las inyecciones se realizan a intervalos regulares de profundidad aislados mediante obturador inflable doble. En general, se recomienda aislar las secciones de inyección que no superen los 1,5-2 m; se recomienda contactar a los técnicos de REGENESIS para definir este parámetro antes de iniciar las actividades. Al final de las operaciones, el punto de inyección debe limpiarse cuidadosamente inyectando agua limpia para eliminar cualquier mezcla residual que pueda incrustar la tubería y dificultar las inyecciones posteriores en el futuro.



Fig.4: Tuberías para puntos fijos con válvulas (izquierda) y obturadores inflables dobles para inyección en puntos fijos con válvulas (derecha)

Aplicación en excavación

Para aplicaciones de excavación, generalmente, una concentración de PersulfOx de alrededor del 15-20% se considera óptima.

Dependiendo del tamaño de la excavación, la aplicación se puede realizar vertiendo la mezcla directamente en la excavación, usando una bomba y mangueras, o usando un cucharón de excavadora. En general, se recomienda proceder de la siguiente manera:

- lo ideal es dividir la superficie en secciones iguales, dentro de las cuales aplicar una cantidad conocida de producto;
- utilizar una excavadora con un cucharón dentado para mezclar el producto con el suelo en la base de la excavación, teniendo cuidado de no crear una capa superficial de producto sin mezclar, sino de homogeneizarlo tanto como sea posible con el suelo natural presente en el fondo de la excavación;
- proceder a rellenar la excavación inmediatamente después de la aplicación.

Se recomienda el lavado frecuente y abundante con agua del cucharón de la excavadora, en el caso que no sea de acero inoxidable, para reducir los fenómenos de corrosión.

Más consideraciones y precauciones

Es un conocimiento generalizado que las tecnologías in situ basadas en procesos químicos y de biodegradación tienen el potencial de modificar temporalmente las condiciones de potencial redox y el pH del agua subterránea en la que se aplican, lo que podría conducir a alteraciones temporales en las concentraciones de algunos metales y metaloides sensibles al redox y al pH.

Además, en el caso de aplicación en pozos o en el caso de productos que ingresen directamente a piezómetros de monitoreo, una acumulación de residuos de producto puede permanecer dentro del pozo, especialmente en el caso de solubilización incompleta de productos sólidos, lo que puede conducir a una reducción de la permeabilidad del pozo y una pérdida de representatividad del propio pozo (limitada al período de liberación de los productos).

En cualquier caso, cabe señalar que en general no se recomienda el uso de piezómetros de monitoreo como pozos de inyección, ya que consigue una pérdida de representatividad de los datos. Por favor, contacte directamente con el personal técnico de REGENESIS si necesita más información o para discutir cómo realizar una posible limpieza de los pozos de residuos de producto.