



Guía del ciudadano: El enjuague de suelos por bombeo in-situ

Oficina de Innovación Tecnológica

Perfil Tecnológico

CONTENIDO

	Página
¿Qué es el enjuague de suelos por bombeo in-situ?	1
¿Cómo funciona?	2
¿Por qué considerar el enjuague de suelos por bombeo in-situ?	3
¿Funciona en todos los sitios?	3
¿Dónde se ha optado por el enjuague de suelos por bombeo in-situ?	3
Para mayor información	4

¿Qué es el enjuague de suelos por bombeo in-situ?

El enjuague de suelos por bombeo in-situ es una técnica innovadora de tratamiento que consiste en la irrigación de los suelos contaminados por debajo de la superficie con una solución que encausa los contaminantes a una zona donde éstos pueden ser extraídos. In-situ —que significa, en el sitio mismo— se refiere al tratamiento de suelos contaminados sin tener que recurrir a su excavación y remoción.

Los contaminantes presentes en los suelos determinan el tipo de solución líquida a usar en el proceso de descontaminación. La solución de enjuague consiste por lo general en uno de estos líquidos: 1) *agua*; 2) agua mas aditivos como *ácidos* (de bajo pH), *bases* (de elevado pH) o *emergentes* (como los detergentes); o 3) *solventes orgánicos*.

El agua se usa para tratar los contaminantes que se disuelven fácilmente en el agua. Una *solución ácida* es una mez-

cla de agua y ácido, como en el caso del ácido nítrico o el ácido clorídrico. Las soluciones ácidas se usan para extraer metales y contaminantes orgánicos tales como aquéllos que generalmente se encuentran en el proceso de reciclado de baterías o en la industria del cromado de metales. Por ejemplo, la contaminación con cinc —que puede generarse en la operación del cromado— sería tratado con una solución ácida.

Una *base* es una mezcla de agua y una base, como el hidróxido de sodio. Un ejemplo de una base comúnmente usada en el hogar es el amoníaco. Las bases se usan para tratar fenoles y otros tipos de metales.

Un *emergente* es un detergente o emulsificador. Los emulsificadores pueden unirse a sustancias que normalmente no se mezclan, como el agua y el aceite. Las soluciones de emergencia son eficaces en la remoción de contaminantes como el petróleo.

EL SUPERFUND

Esta guía forma parte de una serie producida y patrocinada por el Programa *Superfund* de la EPA (Agencia de Protección Ambiental en Inglés). El *Superfund* es líder en el desarrollo de nuevas tecnologías para responder a las necesidades de descontaminación nacional en forma rápida y eficiente. Es compromiso de la EPA llevar a la población a un mejor entendimiento de los métodos de limpieza ambiental y de las nuevas técnicas disponibles para este fin.

Perfil de la técnica del enjuague de suelos por bombeo in-situ

- Inyecta una solución de lavado en los suelos no excavados para bombear los contaminantes.
- Es más efectiva en los suelos con bajo contenido de cieno o arcilla.
- Requiere de la perforación de pozos de inyección y de extracción in-situ.
- Es una técnica que se puede transportar al lugar una vez instalados los pozos.

Los *solventes orgánicos* son sustancias que generalmente disuelven los contaminantes que el agua no puede disolver. Los removedores de pintura y los removedores de barniz de uñas son productos domésticos que contienen solventes orgánicos.

¿Cómo funciona?

La figura 1 ilustra un ejemplo del proceso de enjuague por bombeo in-situ. El proceso comienza con la excavación de pozos de inyección y extracción en el subsuelo, donde se encuentra el material contaminado. La cantidad y la ubicación, y profundidad de los pozos de inyección y extracción depende de varias circunstancias geológicas y de ingeniería. La instalación de los pozos puede ser tanto vertical como horizontal. Cuando los pozos están listos, el equipo de limpieza de suelos, y por lo general el sistema de tratamiento de aguas, son llevados o construídos en el sitio.

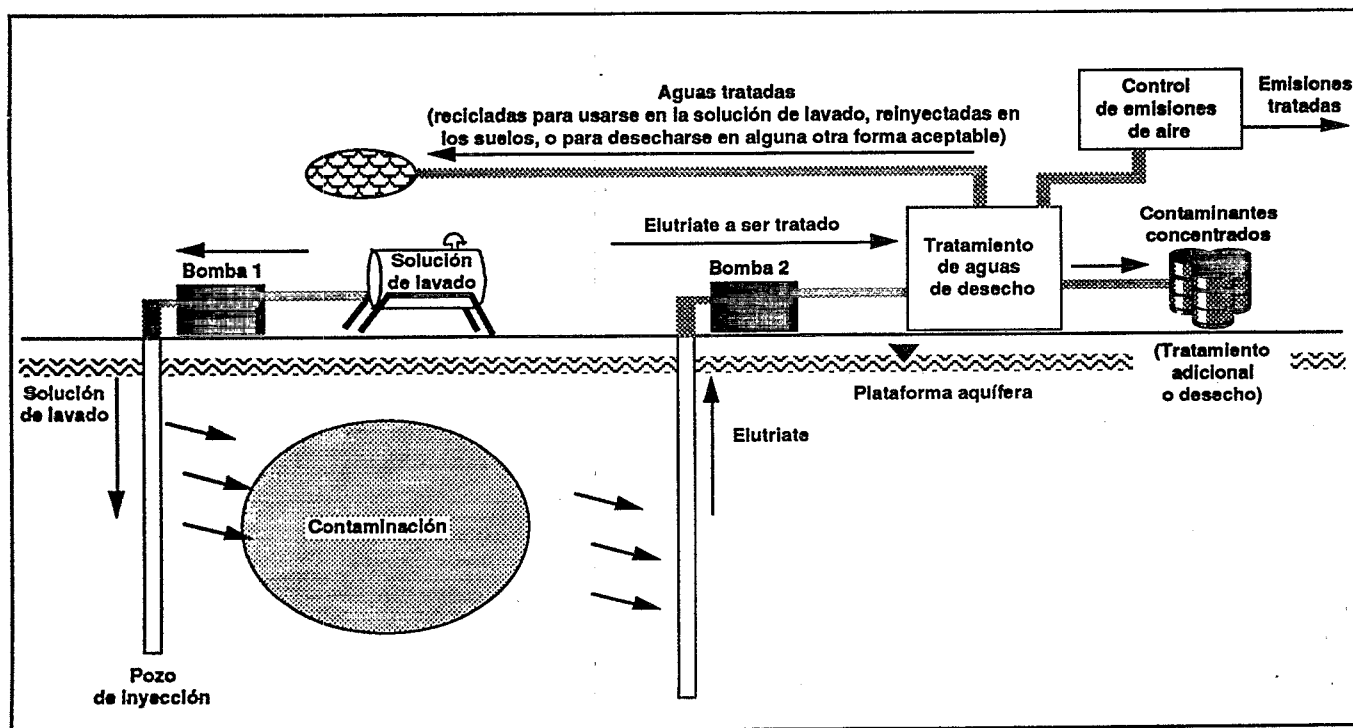
El equipo de lavado de suelos bombea la solución elegida en los pozos de inyección. Esta se filtra por los suelos, llevando consigo los contaminantes. El flujo natural de este filtrado desplaza la solución hacia los pozos de extracción. Los pozos de extracción recogen el elutriado subsecuente —la solución de lavado mezclada con los contaminantes.

¿Qué es una técnica innovadora de tratamiento?

Las técnicas de *tratamiento* son los procesos que se aplican durante el ciclo de tratamiento de desechos tóxicos o materiales contaminados, para alterar permanentemente su condición, ya sea por medios químicos, biológicos o físicos. Las técnicas que se han probado, elegido o empleado para el tratamiento de desechos tóxicos o materiales contaminados, que carecen de datos precisos en cuanto a su costo y rendimiento bajo diversas condiciones de operación, se conocen como técnicas *innovadoras* de tratamiento.

De los pozos de extracción, el elutriado se bombea a la superficie terrestre. Aquí, el elutriado es generalmente tratado por un sistema de tratamiento de aguas para extraer los contaminantes. Los contaminantes están sujetos a tratamientos posteriores o bien a ser desechados, y el agua tratada puede ser reciclada para su uso en la solución de lavado, reinyectado en los suelos, o desechado en alguna otra forma aceptable. Debido a este proceso circular, a veces se les dice a los sistemas de enjuague por bombeo in-situ, sistemas de inyección/circulación.

Figura 1
El enjuague de suelos por bombeo in-situ* (usando pozos verticales)



*Esta figura muestra un tipo de lavado de suelos que se ha llevado a cabo bajo condiciones de suelos saturados.

Los sistemas de enjuague por bombeo in-situ están diseñados para operar sin emisiones de aire. No obstante, durante el tratamiento de aguas de desecho pueden emitirse vapores. De ser necesario, se pueden controlar las emisiones de aire recogiendo y tratando el aire antes de dejarlo escapar.

¿Por qué considerar el enjuague de suelos por bombeo in-situ?

La técnica de enjuague de suelos por bombeo in-situ fue diseñada para tratar contaminantes específicos. Agregando ciertos agentes de limpieza a la solución de lavado, por ejemplo, la solución puede ajustarse para mezclarse más fácilmente con ciertos contaminantes de suelos. Estos contaminantes, a su vez, son desplazados con el elutriato. Dado que esta técnica está diseñada para tratar contaminantes específicos, no resulta ser muy efectiva si se trata desuelos con una gran variedad de sustancias tóxicas. Sería difícil preparar una solución de enjuague que fuera efectiva en la remoción de diferentes tipos de contaminantes.

Además, ya que el enjuague de suelos por bombeo se lleva a cabo in-situ, no se requiere de excavación. Esto reduce la necesidad de excavar, manipular, o transportar las sustancias nocivas. El proceso ha tenido su mayor éxito en la remoción de contaminantes tales como los que se encuentran identificados en la figura 2 a continuación. Algunas industrias donde estos contaminantes se han encontrado se enlistan también a continuación.

¿Funciona en todos los sitios?

El enjuague de suelos por bombeo in-situ funciona mejor con suelos que contienen muy poco sedimento o arcilla. Si el suelo contiene un porcentaje alto de sedimentos o arcilla, la solución de enjuague no puede deslizarse por los suelos con facilidad. Esto limita la efectividad global del proceso del enjuague de suelos. Además, algunos líquidos de lavado contienen aditivos o agentes limpiadores que pueden crear cierto grado de contaminación del subsuelo ya que no pueden degradarse en su totalidad.

Hay otras limitaciones para el uso de ésta técnica. Por ejemplo:

- El flujo del agua del subsuelo debe ser bien definido para diseñar el sistema de pozo para un sitio en particular. La definición del flujo del agua del subsuelo puede requerir de extensas investigaciones de campo.
- En algunos casos, las reacciones químicas del suelo con las soluciones de lavado pueden disminuir la facilidad con que los contaminantes son acarreados con el elutriato. A fin de ilustrar ésto, supongamos que un sitio contiene un suelo básico y está contaminado con metales. El líquido de enjuague más adecuado para este sitio será una solución ácida. No obstante, si el suelo es una base, puede neutralizar la solución ácida, inhibiendo el transporte de los metales.

¿Dónde se ha optado por el enjuague de suelos por bombeo in-situ?

La tabla 1 de la página 4 enlista algunos sitios del *Superfund* donde el enjuague de suelos por bombeo in-situ se ha elegido como método de tratamiento. La tabla muestra los sitios, su ubicación, y el tipo de instalaciones que requieren de tratamiento.

Figura 2
Contaminantes considerados para tratamiento mediante el enjuague de suelos por bombeo in-situ

Contaminantes	Industrias donde se dan*
• Metales pesados (plomo, cobre, cinc)	<i>Reciclado de baterías, cromado de metales</i>
• Solventes halogenados (TCE, tricloroetano)	<i>Tintorerías, ensamble de productos electrónicos</i>
• Aromáticos (benceno, tolueno, cresol, fenol)	<i>Tratamiento de madera</i>
• Gasolina y combustibles	<i>Petróleo, automóviles</i>
• PCB y fenoles clorinados	<i>Pesticidas, herbicidas, energía eléctrica</i>

* Todos los tipos de desecho y las condiciones de los sitios varían. Cada sitio debe estudiarse y probarse individualmente. Hay que aplicar un criterio científico y de ingeniería para determinar qué tecnología es la más adecuada para cada sitio.

¿En qué difieren el lavado de suelos y el enjuague de suelos por bombeo in-situ?

Con el enjuague de suelos por bombeo in-situ, los suelos se lavan en el sitio mismo, los suelos son tratados en el sitio mismo usando un proceso de bombeo o inyección/circulación. En cambio, el lavado de suelos implica la excavación de los suelos contaminados y su tratamiento en la superficie con un agente para el lavado de suelos.

Tabla 1
Ubicación de sitios donde se ha optado por el lavado de suelos por bombeo in-situ

Sitio	Ubicación	Descripción del local*
Byron Barrel & Drum	New York	Sitio de desecho y vertedero no controlado
Goose Farm	New Jersey	Sitio de desecho no controlado
Lipari Landfill	New Jersey	Sitio de desecho comercial
Vineland Chemical	New Jersey	Fabricación de pesticidas
L.A. Clarke & Sons	Virginia	Preservación de madera
U.S. Titanium	Virginia	Planta de dióxido de titanio
Jadco-Hughes	North Carolina	Recuperación y almacenamiento de solventes
Ninth Avenue Dump	Indiana	Sitio de desecho comercial
U.S. Aviox	Michigan	Empacadora de químicos
South Cavalcade Street	Texas	Preservación de madera y destilado de carbón y alquitrán
Poly-Carb	Nevada	Proceso inactivo de desechos
United Chrome Products	Oregon	Cromado de metales

* Todos los tipos de desecho y las condiciones de los sitios varían. Cada sitio debe estudiarse y probarse individualmente. Hay que aplicar un criterio científico y de ingeniería para determinar qué tecnología es la más adecuada para cada sitio.

Para mayor información

La EPA ha preparado esta guía para aportar información básica en cuanto a la técnica del lavado de suelos por bombeo in-situ. A continuación se enlistan otros reportes técnicos (publicados únicamente en inglés). Las publicaciones con la clave "PB" se encuentran disponibles. Comuníquese con el *National Technical Information Service (NTIS)* al 1-800-336-4700, o escribiendo a:

National Technical Information Service
 Springfield, VA 22161

El documento adicional puede solicitarse por fax al (513) 891-6685, o escribiendo a:

U.S. Environmental Protection Agency
National Center for Environmental Publications and Information
 11029 Kenwood Road, Building 5
 Cincinnati, OH 45268

Puede ser que haya un cargo por estos documentos.

- *Manual para el tratamiento de desechos tóxicos y suelos contaminados in-situ, EPA/540/2-90/002; PB90-155607.*
- *Tecnología de tratamiento móvil para desechos del Superfund, EPA/540/2-86/003; PB89-135859.*
- *Compendio de técnicas usadas en el tratamiento de desechos tóxicos, EPA/625/8-87/014.*

NOTA: Este documento es solamente una guía de información general. No pretende, ni puede usarse para conferir derecho alguno aplicable a ninguna parte en litigio con los Estados Unidos. Asimismo, la Agencia se reserva el derecho de cambiar esta guía en cualquier momento sin previo aviso al público.