

Por qué niveles múltiples Brindan una comprensión más clara de las condiciones del subsuelo

Cuando se monitoriza una serie de intervalos aislados discretos a varias profundidades en una sola perforación se capturan datos de calidad superior. La información detallada proporcionada por los niveles múltiples en forma de caudal horizontal y vertical, junto con el muestreo de zonas discretas para detectar contaminantes, es necesaria para realizar evaluaciones precisas del sitio.

- **Mejora las evaluaciones del sitio y la gestión del riesgo**
- Los multiniveles proporcionan datos de alta resolución para la entrada en modelos de sitios conceptuales "dinámicos" más representativos.
- Los cortes transversales de los niveles múltiples a través de un paso del caudal del agua subterránea proporcionan los mejores datos para emplear en los cálculos de Flujo de masa. Esto ha demostrado que es una herramienta importante para las evaluaciones del sitio que requieren estimaciones reales de máxima concentración de contaminantes/riesgo a receptores.

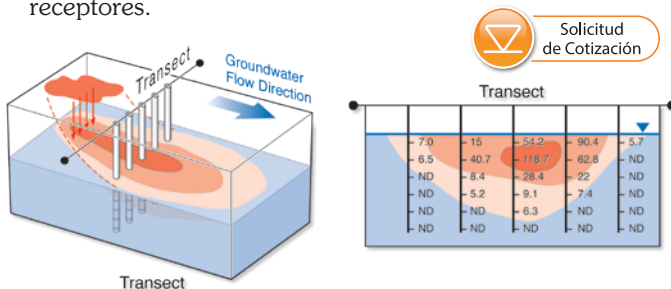
- Optimice el rendimiento de la remediación activa mediante el uso de datos tridimensionales detallados de una serie de multiniveles. Posteriormente, los transectos se pueden utilizar para evaluar el éxito de la opción de remediación elegida e identificar cualquier área que requiera mejoras.

- **La economía tiene sentido**

- Reducciones de costos comprobadas para perforación y desechos de perforación.
- Los costos del tiempo del personal de campo y eliminación son bajos cuando se reducen los volúmenes de purgado. El intervalo discreto que abarca un puerto de niveles múltiples da lugar a volúmenes más pequeños de purgado, respuestas rápidas a cambios de nivel y es ideal para técnicas de muestreo de bajo caudal.

- **Superar sesgos con pozos con filtro por mucho tiempo**

- La mezcla de contaminantes en pantallas largas enmascara las variaciones verticales que resultan en la subestimación de la extensión total de las columnas y la dilución de la verdadera concentración de contaminantes.
- El caudal vertical ambiental dentro del pozo tiene potencial para transmitir contaminantes a zonas no contaminadas.



Los multiniveles proporcionan datos tridimensionales de las aguas subterráneas.
Ilustración cortesía de LFR Levine-Fricke y el American Petroleum Institute

Sistema* Waterloo de monitorización de niveles múltiples de agua subterránea

El sistema Waterloo se usa para obtener muestras de agua subterránea, mediciones con el cabezal hidráulico y mediciones de permeabilidad desde muchas zonas discretamente aisladas en una sola perforación.

El Dr. John Cherry en el Groundwater Institute de la Universidad de Waterloo creó el sistema Waterloo en 1984. Desde entonces, Solinst ha realizado regularmente un desarrollo y ajuste sobre una base continua.

Ventajas del sistema Waterloo

- Profundidad detallada de caudal y concentraciones
- Costos reducidos del proyecto
- Tiempos reducidos de purga y muestreo
- Menos pozos perforados
- Alteración reducida del sitio
- Diversas opciones de monitorización
- Muestreo aislado en zonas discretas con contaminantes
- Caracterización de alta resolución del sitio

Datos detallados en 3 D

Cuando se emplean varios sistemas Waterloo en un sitio, éstos permiten obtener información detallada en tres dimensiones del agua subterránea a un costo razonable. Una ventaja es la menor cantidad de pozos perforados y los tiempos reducidos de monitorización.

El sistema modular se puede personalizar para los requerimientos únicos del proyecto. Esto permite monitorizar zonas ubicadas en profundidades deseadas usando opciones adecuadas para aplicaciones de roca de fondo, sobrecarga o combinación.

La monitorización discreta de zona es el único medio de obtener datos precisos para la interpretación y evaluaciones del sitio. Los cortes transversales de niveles múltiples proveen los datos detallados necesarios para calcular el flujo de masa y evaluar aproximadamente el riesgo para los receptores.

Fabricado bajo licencia exclusiva de la Universidad de Waterloo. Patente canadiense n.º 1232836 Patente estadounidense n.º 5048605 y patentes internacionales.

Sistemas de monitoreo de agua subterránea multinivel de Solinst



Piezómetro de Hincado Multinivel 615ML Sistema 403 CMT® Sistema 401 Waterloo

Además del Sistema Waterloo 401, Solinst fabrica otros dos sistemas multinivel, cada uno adecuado para diferentes entornos y aplicaciones.

El piezómetro de hincado multinivel 615ML cuenta con puertos de monitorización de acero inoxidable conectados mediante tubería de impulsión y acoplamiento de acero de 3/4" NPT. Los vástagos de doble lengüeta permiten que la tubería de conexión cree hasta 3 ó 6 zonas de monitorización, dependiendo del tamaño de la tubería. Los sistemas multinivel de Drive-Point pueden instalarse simplemente utilizando métodos de empuje directo, incluyendo un martillo deslizante manual. Estos sistemas son fáciles de transportar con opciones de muestreo y monitorización de nivel portátiles (véase la ficha técnica modelo 615ML).

El 403 CMT® Sistema consiste en un tubo de polietileno extruido de forma continua con siete o tres canales separados a lo largo de su longitud. Las zonas de monitoreo se crean y sellan mecánicamente, una en cada canal separado en diferentes intervalos verticales. CMT ofrece flexibilidad de diseño en campo, es de bajo costo y fácil de instalar. El sistema de 7 canales es de 1,7" (43 mm) y el de 3 canales es de 1,1" (28 mm). Son ideales para aplicaciones poco profundas en pozos de diámetro estrecho (consulte la ficha técnica del modelo 403).



Manifold de purgas múltiples

Sello mecánico permanente Waterloo

Bombas de muestreo dedicadas y transductor

Caja y tapón de PVC de 2

Diseño del sistema Waterloo explicado

El sistema Waterloo usa componentes modulares que forman una cuerda de encamisado sellada de diversas longitudes de encamisado, sellos mecánicos, puertos, un conector base y un manifold de superficie. Esto permite la colocación precisa de puertos en zonas exactas de monitorización.

Los tubos de monitoreo conectados al vástago de cada puerto conectan individualmente esa zona de monitoreo a la superficie. El sistema estándar está construido en PVC de 2 "(50 mm) Sch. 80 para adaptarse a perforaciones de 3" - 4 "(75 - 100 mm) y utiliza empacadores de 3 pies (915 mm) de largo. Componentes de acero inoxidable y varios diámetros de tubería de monitoreo están disponibles.

Juntas de modulares de sellado**

El diseño de junta deslizante del sistema Waterloo utiliza un alambre de cizalla de nailon y un sello de junta tórica doble. Esto proporciona uniones fiables y a prueba de fugas para que el núcleo de la sarta de revestimiento Waterloo esté aislado de las aguas de formación externas. Solo se puede acceder al agua subterránea a través de los vástagos del puerto y el equipo de monitoreo adjunto. Este sello hermético también evita el contacto entre el agua de inflado del empacador dentro de la carcasa y el agua de formación fuera de la carcasa.

Manifolds de cabezal de pozo personalizados

El manifold completa el sistema en la superficie. Organiza, identifica y coordina la tubería y/o cables desde cada zona de monitorización.

El manifold permite la conexión a cada transductor dedicado por vez y una conexión sencilla de un solo paso para la operación de las bombas. Cuando se seleccionan las bombas dedicadas, un único cabezal de pozo permite que se purguen zonas individuales en forma separada o que se purguen muchas zonas simultáneamente para reducir tiempos de campo.

Instalaciones en puertos múltiples

- **Instalaciones de sobrecarga o roca de fondo**
 - Permiten monitorizar múltiples zonas en cualquier escenario geológico
 - Instalaciones en zonas de agua subterránea o vadosas
- **Sellos mecánicos permanentes Waterloo**
 - Diseñados para roca de fondo u orificios encamisados
 - Diseñado para sellos permanentes



Juntas o-ring con cable de refuerzo



Manifold de purgas múltiples

* Patente de EE. UU. 5,255,945



Puertos de acero inoxidable



Sello mecánico permanente Waterloo

Tecnología de puertos de zonas discretas

Los puertos de monitorización del sistema Waterloo están fabricados en acero inoxidable 316. Los sellos mecánicos aíslan a los puertos en cada zona de monitorización deseada y se conectan en forma individual al manifold de la superficie con tubos de diámetro angosto. De esta manera, el agua ingresa al puerto, pasa por dentro del vástago hacia arriba dentro del tubo de monitorización conectada al vástago hasta su nivel estático.

Se puede especificar una bomba de muestreo o un transductor de presión para cada zona de monitorización conectando el vástago del puerto. Se dispone de puertos de vástago dual para permitir mediciones tanto de muestreo como de cabezal hidráulico desde el mismo puerto. En forma alternativa, la tubería de monitorización puede dejarse abierta para permitir mediciones de muestreo y de cabezal hidráulico con equipo portátil.

**Sellos mecánicos permanentes:
Sellos diseñados**

Los sellos diseñados aseguran integridad a largo plazo de los sellos en orificios de fondo de roca y pozos encamisados. Usan una manga de expansión activada de agua colocada sobre el cuerpo del sello mecánico perforado. Una capa de plástico poroso distribuye el agua en forma pareja hacia el material de expansión del sello mecánico. Una funda de goma/kevlar/goma envuelve el material de expansión. La capa de kevlar provee fuerza para puentear a través de fisuras grandes. El caucho de la goma forma un sello efectivo contra la pared de la perforación.

Se agrega agua dentro de la cuerda encamisada sellada después de la instalación. El agua pasa a través del cuerpo del sello mecánico dentro de la manga de expansión, haciendo que el material se expanda. De esta manera un sello diseñado se forma permanentemente contra la pared de la perforación.

Instalación del sistema Waterloo

La instalación del sistema Waterloo comienza con el conector de la base y las secciones más inferiores. Los componentes se unen en el orden requerido. A medida que cada puerto nuevo pone en posición un nuevo tubo de monitorización, se conecta a ésta una bomba dedicada y/o un transductor. Los siguientes componentes se enroscan sobre esta tubería, construyendo

la cuerda de encamisado hasta que se completa el armado del sistema Waterloo. Generalmente, las instalaciones se completan en un día usando un equipo de 3 a 4 personas. Solinst puede proveer capacitación para el sistema Waterloo, según solicitud.

Flexibilidad del sistema Waterloo

El sistema Waterloo es flexible para adaptarse a sus criterios de diseño. Cada sistema Waterloo está personalizado para satisfacer las necesidades únicas de monitorización y las condiciones del subsuelo del sitio:

- aplicaciones de fondo de roca o sobrecarga
- monitorización en zonas de agua subterránea o vadosas

Los sellos mecánicos y puertos se instalan con precisión para poder monitorizar cada zona discreta aislada de interés, eliminando todas las zonas con contaminación cruzada en el área.

Aplicaciones de sobrecarga

Los sistemas de niveles múltiples pueden usarse para monitorizar zonas múltiples dentro de formaciones no consolidadas como en fondo de roca.

Hay tres métodos de instalación del sistema Waterloo:

- Dentro del vástago de perforación o el encamisado temporal. Se deja que las formaciones de arena colapsen alrededor del sistema Waterloo.
- Dentro del vástago de perforación o encamisado temporal se usan métodos estándar de tolva para colocar arena alrededor de los puertos y sellos de bentonita en el espacio anular entre las zonas de monitorización, ya que se eleva el vástago de perforación o el encamisado temporal.
- Dentro de un pozo encamisado o con filtro se usan sellos mecánicos para sellar zonas.



Uso de registros núcleo para identificar ubicación de puertos y sellos mecánicos (izquierda). El manifold de purgas múltiples con transductores y bombas dedicadas para cuatro monitorizaciones de zona (derecha).

Sistema Waterloo estándar de 2" (50 mm)

Opciones de monitorización que dependen del sitio	n.º de zonas
Bombas dedicadas y tubería abierta	6
Bombas dedicadas y transductores	8
Sólo bombas dedicadas	12
Sólo tubería abierta (varía con el tamaño del tubo)	15
Sólo transductores de presión dedicados	24

Número de zonas de monitorización por orificio

El número máximo de zonas e monitorización para un sistema Waterloo está determinado por el número de tubos y/o cables que entren en la cuerda de encamisado. Este número depende de las opciones de monitorización elegidas. Los sistemas pueden diseñarse para monitorizar de 2 hasta 24 zonas.

Instalación dentro del filtro de pozo/encamisado

Los contratistas de perforación pueden instalar un encamisado de 3" o 4" y cuerda de filtro usando métodos típicos de colocación de arena y bentonita. Luego se puede instalar un sistema Waterloo dentro del filtro y cuerda de encamisado con puertos y sellos mecánicos permanentes.

Consideraciones del tamaño de la perforación

Los sellos mecánicos Waterloo están diseñados para usar en perforaciones de 3"- 4" (75 - 100 mm). Los sistemas se pueden instalar en perforaciones mayores usando:

- Colocación de arena y bentonita para aislar zonas específicas de monitorización
- Malla y encamisado de 3-4" instalados dentro de un orificio mayor, completado instalando un sistema Waterloo con sellos mecánicos.

Opciones de monitorización

- **Bombas de muestreo dedicadas y/o transductores de presión**

Cada puerto de monitorización puede adecuarse con una bomba de muestreo dedicada y/o transductor de presión. Esto maximiza la velocidad dentro de la que se puede obtener cada conjunto de datos y elimina la necesidad de descontaminar y repetidamente bajar instrumentos portátiles. Las bombas de muestreo son adecuadas para muestreo de muchos tipos de contaminantes incluyendo VOC (Compuestos orgánicos volátiles, por su sigla en inglés).

Los volúmenes de purgado son muy pequeños. Se puede realizar un purgado simultáneo con bombas dedicadas en todas las zonas. Los puertos con dos vástagos permiten ubicar una bomba y un transductor en exactamente el mismo nivel.

- **Tubería abierta**

La versión más básica emplea tubo abierto conectado a cada puerto. Esta opción permite la monitorización con un muestreador portátil y un medidor de nivel de agua de diámetro estrecho. Esto proporciona un dispositivo muy económico y flexible para monitorización de niveles múltiples.

- **Combinación de tubería abierta y equipamiento dedicado**

Una tercera opción es elegir una combinación de tubería abierta y equipamiento dedicado en diferentes zonas. Este método combina las ventajas de equipamiento portátil menos costoso para zonas menos profundas y el equipamiento dedicado de tiempo más eficiente para zonas más profundas.

- **Sólo monitorización del nivel del agua**

El sistema Waterloo puede componerse sólo con transductores de presión para monitorización de presión en hasta 24 zonas discretas.

Purgado y muestreo en caudal bajo

Los volúmenes de purgado son muy pequeños debido al poco espacio anular y diámetros de tubos empleados en el sistema. En consecuencia, aunque los caudales sean bajos, el muestreo es rápido, especialmente con bombas dedicadas cuando todas las zonas se pueden purgar en forma simultánea.

Las bombas de vejiga y doble válvula dedicadas, (DVP), como una DVP portátil son ideales para cuando se desea obtener muestras de bajo caudal y técnicas de purgado.

Bombas de vejiga modelo 407 y bomba de doble válvula modelo 408



Muestreador flexible de agua subterránea

La microbomba de agua subterránea (Micro DVP) provee muestras de alta calidad, usa tubo coaxial de PTFE y es lo suficientemente pequeño para adaptarse a tubo de un DI de 1/2" (13 mm). La combinación única de flexibilidad y tamaño hace que la bomba sea ideal para muestras en profundidad en tubos flexibles pequeños.

Bomba de doble válvula Modelo 408M



Monitorización de nivel de agua de zona discreta

Las mediciones de los niveles de agua se pueden realizar en los puertos del Sistema Waterloo, construidos con tubos abiertos y usando para ello el Medidor de Niveles de Agua de Cable Coaxial angosto Modelo 102. Tiene una punta P4, con 0.157" OD por 1.5" de longitud (4mm x 38 mm).

El muestreo se puede realizar en tubería abierta usando una mini bomba de inercia, la micro bomba de doble válvula o una bomba peristáltica.

Medidor de nivel de agua Modelo 102 P4





Recolección de una muestra desde un DVP dedicado y toma de mediciones de presión con el modelo 404 de lectura de cuerda vibrante Geokon.

Transductores dedicados

Los transductores de presión dedicados permiten una medición rápida y precisa de la temperatura y de la presión total del agua. A menos que los niveles de agua sean poco profundos, los transductores son el método preferido de medición de nivel de agua, tanto desde el punto de vista de eficiencia como de precisión.

Los transductores comúnmente elegidos para usar en el sistema Waterloo son transductores de cable vibrante sin ventilación, muy precisos y resistentes. Tienen una operación superior a largo plazo con cambio mínimo a lo largo del tiempo. Se pueden leer con una unidad de lectura manual o con un datalogger que puede proveer monitorización remota, sin necesidad de control continuo y telemetría, si se desea. Hay disponibles transductores de presión con rangos entre 50 y 435 psi (350 kPa a 3 MPa).

Bombas de muestreo dedicadas

El equipo dedicado reduce el tiempo y el esfuerzo requeridos para obtener datos, ya que el equipamiento no se baja dentro de la perforación y se reducen los volúmenes de purgado. Da ahorros significativos de costo y evita la contaminación cruzada.

Para muestreo de larga duración o frecuente los sistemas Waterloo usan más comúnmente impulsión a gas, bombas Solinst de doble válvula con acero inoxidable y válvulas de PTFE. Se conecta una bomba directamente al vástago de cada puerto y el tubo de polietileno de doble línea o PTFE conecta la bomba al manifold del cabezal del pozo.

Las unidades de control de bomba son fáciles de usar. Tienen acoples de conexión rápida con sólo una conexión requerida al manifold. Se obtienen muestras de todos los niveles fácil y rápidamente. La característica de purgas múltiples del manifold facilita el purgado de algunos o todos los niveles en forma simultánea.



Bombas de muestreo dedicadas y transductor

Un sistema Waterloo que se adapta a su aplicación

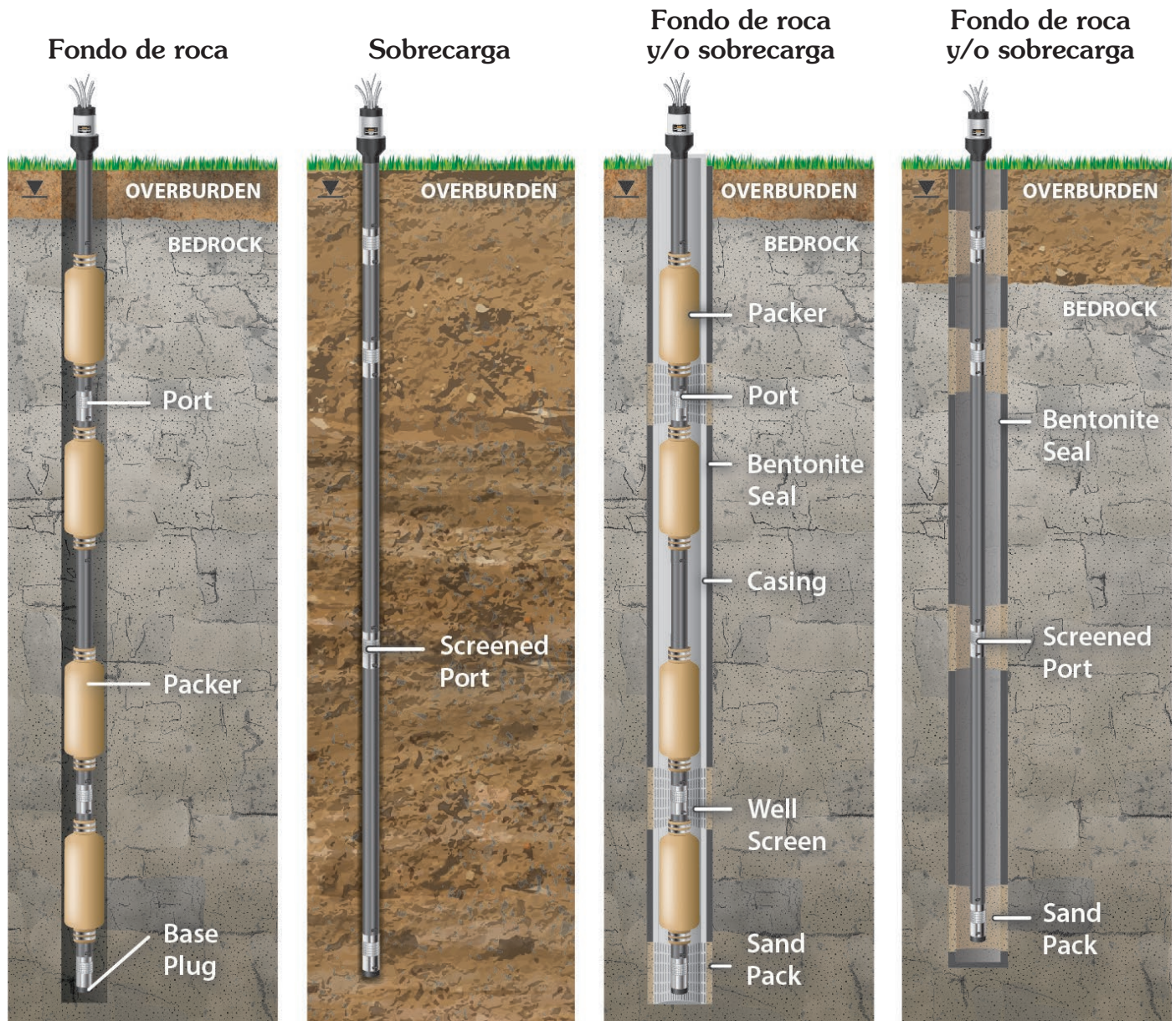
Su sistema Waterloo puede estar diseñado para adaptarse a su singular aplicación y requerimientos del sitio.

Cada diseño se puede basar en su:

- método de perforación
- zonas de interés
- métodos de monitorización preferidos
- consideraciones de costo
- profundidad, diámetro y tipo de orificio
- geología del sitio

Su sistema puede estar diseñado para que se adapte al tamaño y profundidad de perforación, haya o no encamisado presente. Puede decidir sobre el número de zonas a monitorizar y la profundidad en que se ubicarán estas zonas. Seleccione sus opciones de monitorización preferidas y todo material necesario que pueda requerir.

Durante el desarrollo de sus planes, el personal técnico de Solinst estará complacido en ayudarlo a rever las opciones y personalizar un sistema Waterloo que mejor se adapte a sus necesidades. A continuación se muestran cuatro ejemplos de instalaciones que se pueden aplicar a su proyecto:



Sellos mecánicos permanentes en orificios

Entierro directo: Colapso de formación con puertos con filtro

Empaques permanentes en un encamisado con rejilla.

Colocación directa: Arena y bentonita con puertos con filtro

Sitios de monitorización cuando se ha empleado el sistema Waterloo

Diversas industrias y consultores han especificado el sistema Waterloo para numerosos sitios en todo el territorio de EE. UU., Canadá y en el extranjero. Los sistemas Waterloo han sido especificados y aprobados en varios sitios con designación Superfund o RCRA y en cada una de las regiones E.P.A. de EE. UU.

El sistema Waterloo se ha usado para:

- definir patrones de caudal de agua subterránea
- monitorización de rendimiento de sistemas de bomba y tratamiento
- identificación y determinación de distribución espacial de contaminantes
- Sistema de alerta temprana/detección de contaminantes migratorios

Proyectos

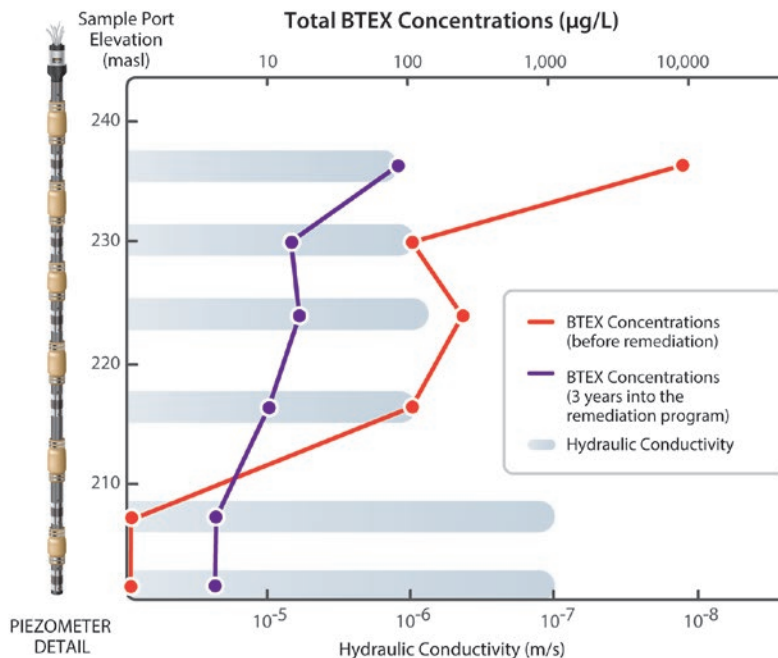
Los sistemas Waterloo se han empleado para monitorizar:

- intrusión de agua salada
- limpiezas industriales
- fugas de tubos
- fuga/rehabilitación de dique
- identificación/limpieza de contaminantes
- sitios de derrame de DNAPL y LNAPL
- desecho/vertedero de desperdicios
- encuesta de gas de tierra

Datos confiables

La efectividad del sistema Waterloo está probada por su capacidad de obtener con precisión y repetidamente datos de presión y química del agua subterránea desde varias zonas diferentes en una sola perforación.

Los datos a continuación muestran una disminución en la contaminación total de BTEX debido a operaciones continuas de bomba y tratamiento en una fuga de tubería de petróleo.



Evaluación de fuga de tubería subterránea de petróleo. Tres instalaciones de 150 pies (45 m). Se realizaron dos pruebas de permeabilidad de cabezal de elevación de dos puntos en cada intervalo del sistema de niveles múltiples. (Consulte el diagrama de la izquierda que muestra la distribución de contaminantes.)



Se instalaron cuatro sistemas Waterloo para monitorizar una liberación de compuesto clorado. Se instalaron sistemas en profundidades que oscilaban desde 430 pies a 750 pies, con 7 zonas de monitorización. Los puertos fueron construidos con bombas de doble válvula y transductores de cable vibrante.



Investigación de contaminantes en una base aérea de EE. UU. Sistemas Waterloo instalados a 700 pies en sobrecarga usando pozos con filtro y encamisados. Hasta 6 zonas por orificio con bombas y transductores dedicados.



Una investigación de propiedades hidráulicas debajo de un gran sitio de desechos. Se eligieron sistemas Waterloo de niveles múltiples para realizar muestreo de calidad del agua y poder determinar la zonas con mayor permeabilidad dentro del acuífero.



Se instalaron cinco sistemas Waterloo a 33,5 m (110 pies) en un lecho rocoso fracturado para ayudar a caracterizar una columna de clorobenceno histórica en el sitio de una bomba de agua subterránea propuesta y un sitio de tratamiento. Los transductores de cuerda vibrante y las bombas de válvula doble se dedicaron a cada una de las 4 zonas de monitoreo.