

CI61Q

## CI61Q/CI71M PRINCIPIOS DE REMEDIACION Y RESTAURACION

CARACTERIZACION HIDROGEOLOGICA DE UN SITIO  
CONTAMINADO

SEMESTRE PRIMAVERA 2007



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL



CI61Q

El objetivo de una investigación hidrogeológica de un sitio es caracterizar los problemas de contaminación del suelo y agua subterránea, para facilitar el diseño de una acción correctiva que sea costo-efectiva.

Medición de parámetros físicos que controlan el transporte de contaminantes en subsuperficie, en un sitio determinado.

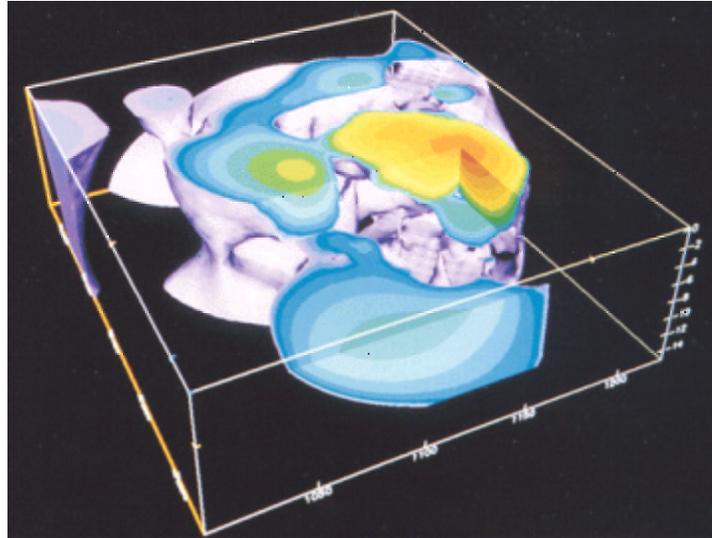
Datos de origen **Geológico**, **Hidrológico** y **Químico** deben ser recolectados e integrados para definir la naturaleza y extensión de la contaminación del suelo y agua subterránea, así como el potencial de migración de contaminantes hacia el sistema acuífero.



INTRODUCCION

CI61Q

SITIO CONTAMINADO



<http://www.simultec.ch/>

INTRODUCCION

CI61Q

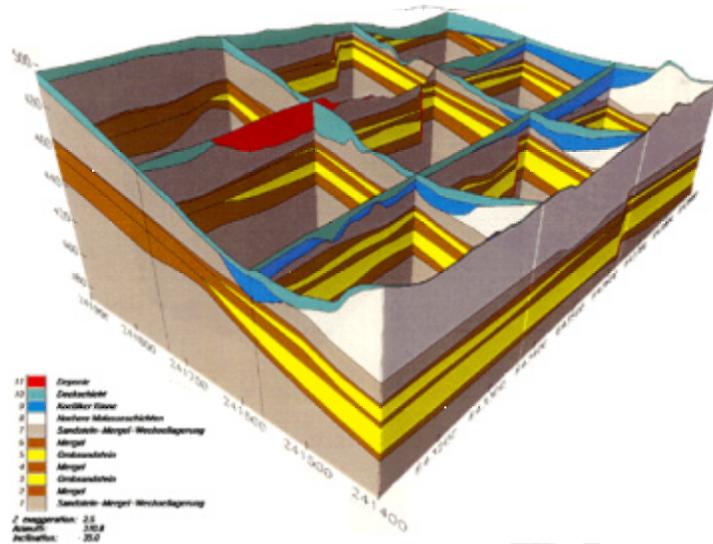
Procesos hidrogeológicos son complejos: heterogeneidad de las formaciones acuíferas, efectos transientes de la recarga y descarga, presencia de contaminantes irregularmente distribuidos y que reaccionan con las formaciones acuíferas y con el agua subterránea.

Una detallada caracterización del transporte de contaminantes y la distribución de éstos no es posible.

Lograr una caracterización adecuada para diseñar medidas efectivas para controlar o revertir problemas de contaminación que afectan a suelos o agua subterránea.

CI61Q

SITIO CONTAMINADO



CI61Q

### OBJETIVOS DE UNA INVESTIGACION HIDROGEOLOGICA

Caracterizar de manera completa un sitio contaminado, procediendo de forma ordenada para recolectar la información necesaria y realizar los análisis técnicos correspondientes

Estudio hidrogeológico puede ser desarrollado por etapas.

Desarrollar plan de trabajo especificando:

- objetivos
- proposición de puntos de muestreo
- procedimientos de terreno
- análisis de laboratorio
- bases para modificación del plan original

## CI61Q

Una investigación hidrogeológica de un sitio permite construir un modelo conceptual del sitio contaminado, lo que requiere las siguientes componentes:

- Geología**: marco físico en el cual se desarrolla el movimiento de fluidos y contaminantes.
- Hidrología**: cómo se produce el movimiento de los fluidos en la formación acuífera.
- Química**: naturaleza de los constituyentes químicos que se encuentran presentes en el agua o el suelo, así como las interacciones físicas y químicas entre el agua y la formación acuífera.



## CI61Q

### CONSIDERACIONES GENERALES

Una investigación hidrogeológica de un sitio representa un compromiso entre calidad de la información y recursos económicos disponibles.

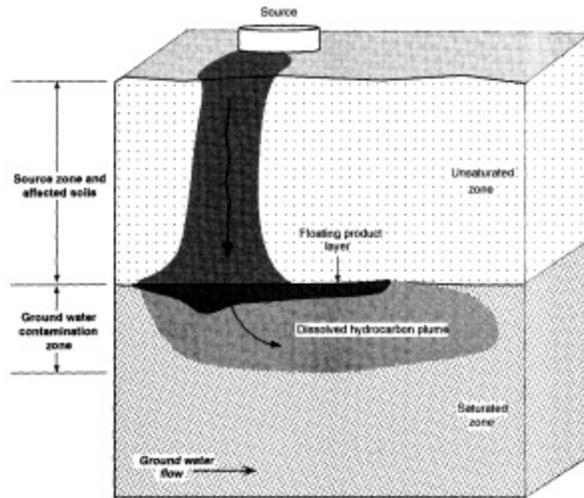
Compatibilizar aspectos técnicos y regulatorios.

Como estrategia de análisis se debe considerar la presencia de dos zonas características de contaminación:

- Materiales contaminados y suelo en la zona no saturada que forman parte de la fuente de contaminación
- NAPLs y contaminantes disueltos presentes en la zona saturada del suelo.



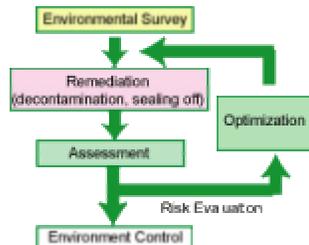
CI61Q



CI61Q



Geo-Analysis System  
(Toxic Substance Tracing System)



## CI61Q

### CARACTERISTICAS ZONA NO SATURADA

Incidentes de contaminación con productos químicos ocurren a nivel de la superficie.

Gran cantidad de los líquidos o productos contaminantes son retenidos en la zona no saturada por efectos de filtración, adsorción, o retención capilar.

Materiales acumulados son una fuente de contaminación que puede perdurar por muchos años.

Protección del agua subterránea puede significar: remoción de suelo, cobertura de superficie, extracción de compuestos por aireación.



## CI61Q

### CARACTERISTICAS DE LA PLUMA CONTAMINANTE

Compuestos disueltos contenidos en fluidos contaminantes pueden alcanzar la napa subterránea provocándose la expansión longitudinal y lateral de éstos, dando origen a una pluma de contaminante que se moverá con gradientes locales.

NAPLs (**N**on **A**queous **P**hase **L**iquids) también pueden alcanzar la zona saturada quedando sobre ella (LNAPLs) o percolando hacia el fondo de la formación acuífera (DNAPLs).

En cualquier caso la contaminación del agua subterránea es un problema que afecta a un fluido: **remover suelo del acuífero** no es solución para este problema.



CI61Q

### ENFOQUE EN DOS ETAPAS

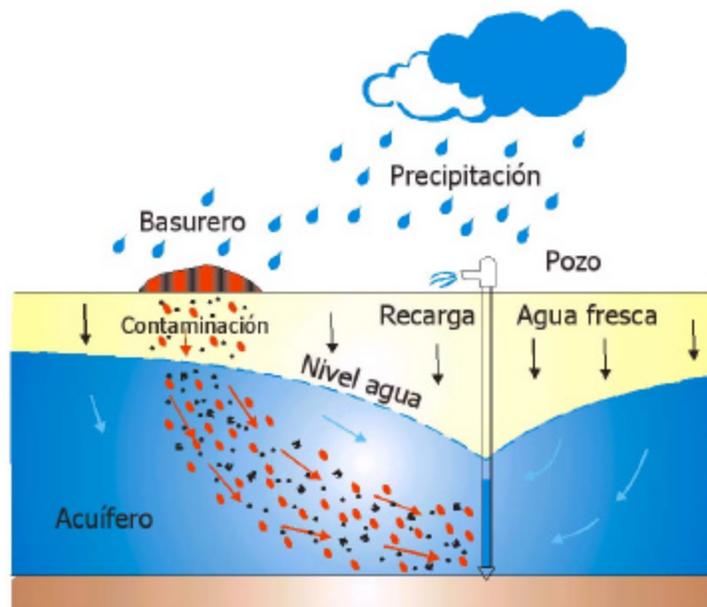
En la práctica habitual una investigación o caracterización hidrogeológica de un sitio posee dos etapas claramente diferenciadas:

–**CARACTERIZACION ZONA NO SATURADA:** delinear la fuente de contaminación ubicada en la zona no saturada, compuesta de elementos contaminantes y suelo

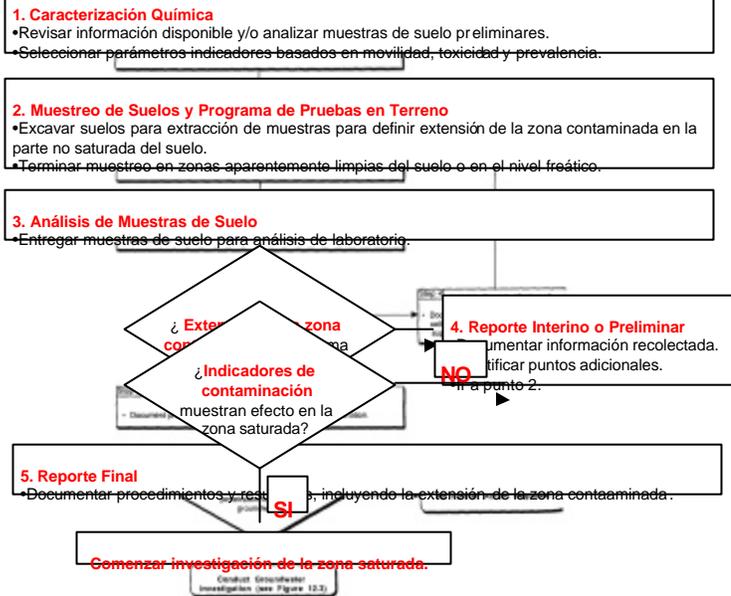
–**DELINERAR PLUMA DE CONTAMINANTE EN AGUA SUBTERRANEA:** investigar la presencia y expansión de los compuestos contaminantes dentro del sistema de aguas subterráneas.



CI61Q



## CARACTERIZACION ZONA NO SATURADA



CI61Q

## CARACTERIZACION ZONA NO SATURADA

Número y ubicación de muestras

- Caracterización inicial con una a cuatro muestras.
- Patrón espacial de muestreo.
- Definir área limpia (concentración base o estándar).

Profundidad de muestreo

- Extraer hasta profundidad limpia o nivel freático
- Cuidado con estratos confinados

Métodos de muestreo y pruebas de terreno

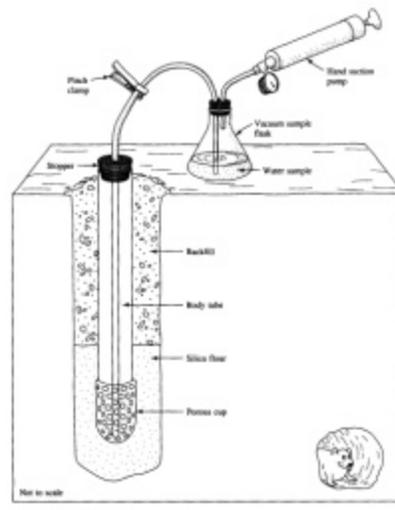
- Muestreo inicial abarca muchos parámetros
- Focalizar en número más reducido



PLAN DE TRABAJO PARA INVESTIGACION HIDROGEOLOGICA

CI61Q

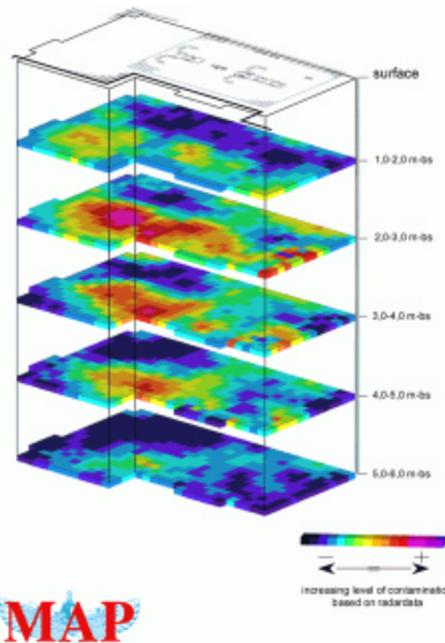
## CARACTERIZACION ZONA NO SATURADA



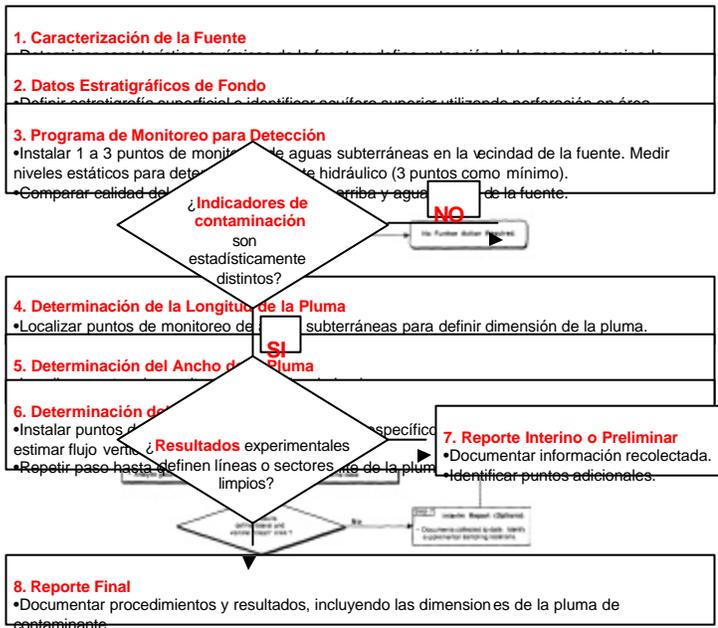
CI61Q

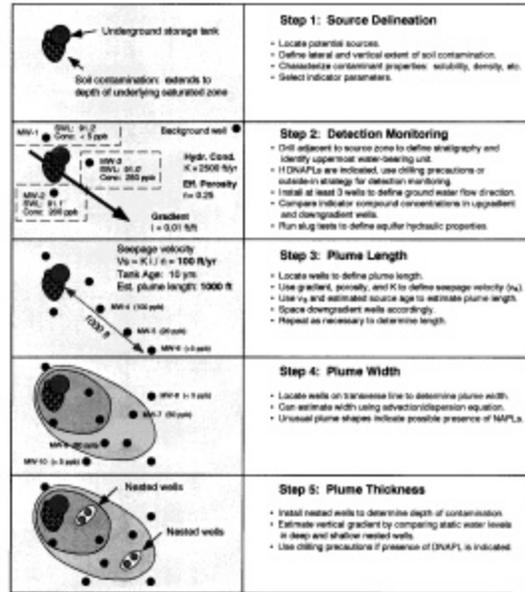


CI61Q



# CARACTERIZACION ZONA SATURADA





ESTRATEGIA PARA INVESTIGACION HIDROGEOLOGICA



**CARACTERIZACION ZONA SATURADA**

**Número y ubicación de muestras**

- Caracterización inicial con un mínimo de tres pozos.
- Muestras aguas arriba y debajo de zona contaminada.

**Profundidad de muestreo**

- Extraer muestras de distintas profundidades
- Limitar extensión de la criba a 38 cm (15")
- Piezómetros anidados (Nested) en acuíferos profundos.
- Muestreo de NAPLs requiere cribas en la parte superior (LNAPLs) o inferior (DNAPLs) del sondaje.
- Evitar interconexión de acuíferos durante investigación del sitio.

PLAN DE TRABAJO PARA INVESTIGACION HIDROGEOLOGICA

CI61Q

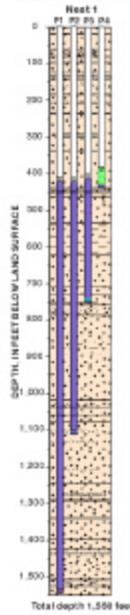


CI61Q



CI61Q

GENERALIZED LITHOLOGY, WELL CONSTRUCTION, AND WATER LEVELS AT THE 98TH STREET SITE



**EXPLANATION**

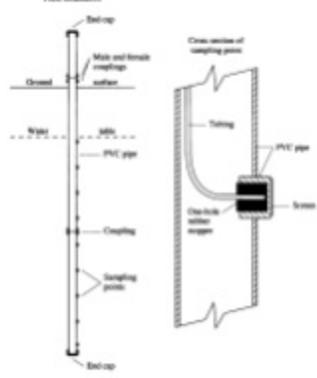
- Gravel
- Sand
- Silt
- Clay
- Screened interval (not to scale)
- Generalized water level

**Neat 1**  
 P1 - 1,534-1,539 feet  
 P2 - 1,192-1,107 feet  
 P3 - 738-744 feet  
 P4 - 388-433 feet

**Neat 2**  
 P1 - 422-87 feet  
 P2 - 423-73 feet  
 P3 - 415-85 feet  
 P4 - 382-89 feet

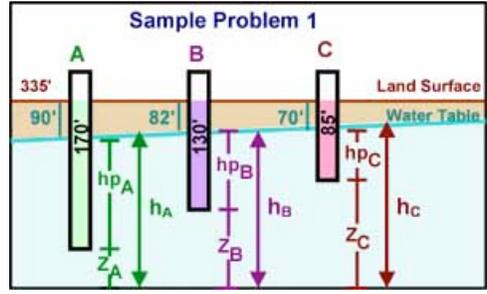
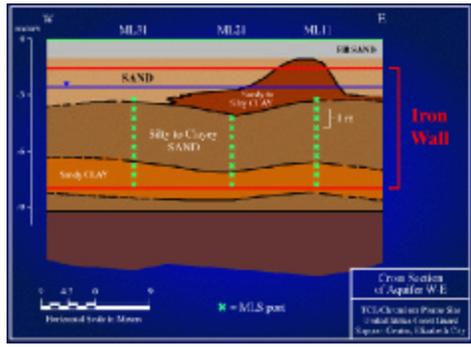
Depth to water, in feet below land surface, March 20, 2001

Distance between piezometer hole and geophysical reference hole is about 60 feet

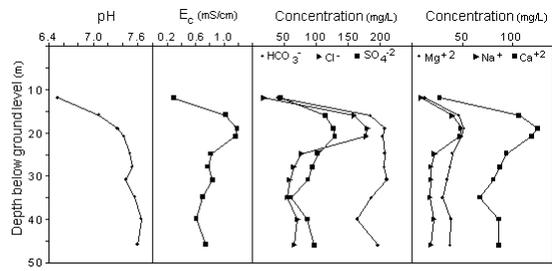
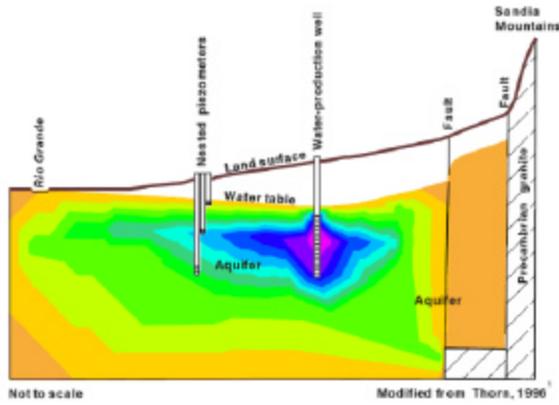


Lithology modified from Boone and others, 1988, U.S. Geological Survey Open-File Report 88-216

CI61Q

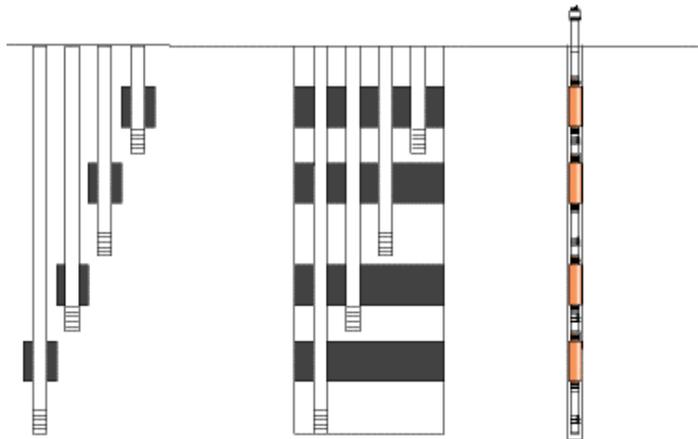


CI61Q



CI61Q

Cluster Type      Nested Type      Multilevel System



CI61Q

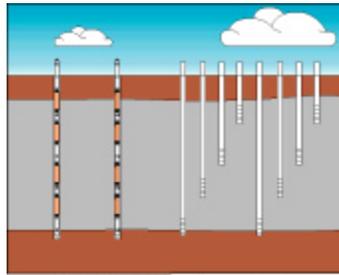


Figure 3. Comparison of single hole, nested type piezometer vs. multilevel system installation.

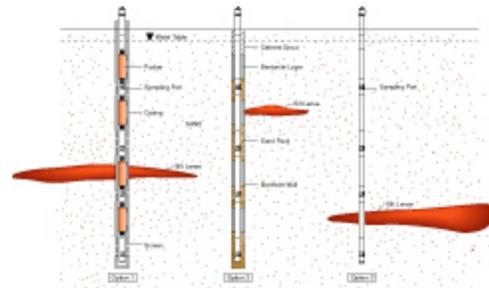
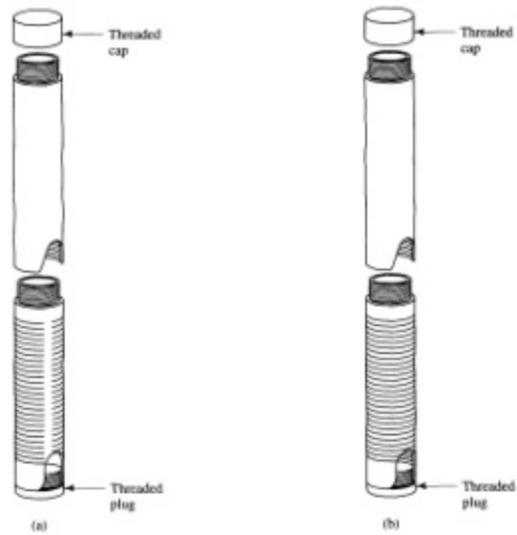
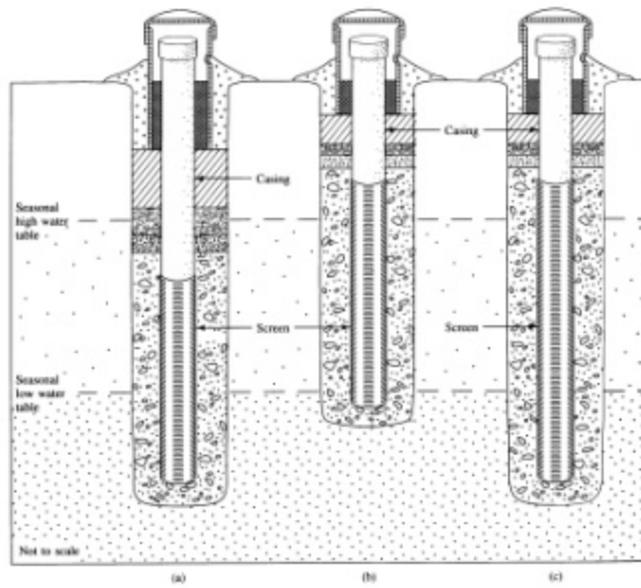


Figure 4. Options for multilevel systems installed in overburden.

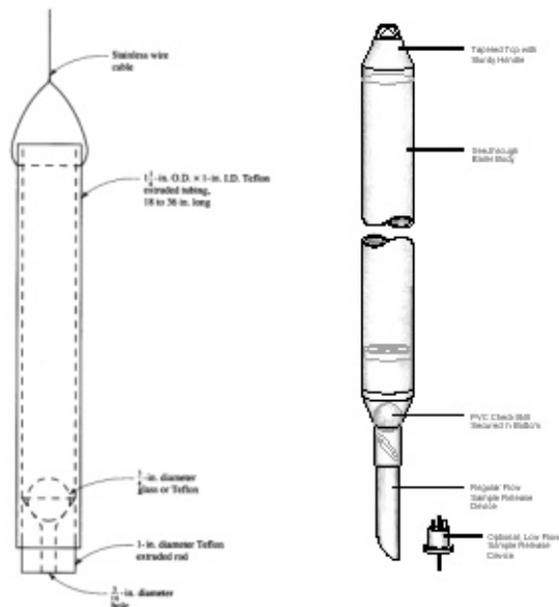
CI61Q



CI61Q



CI61Q

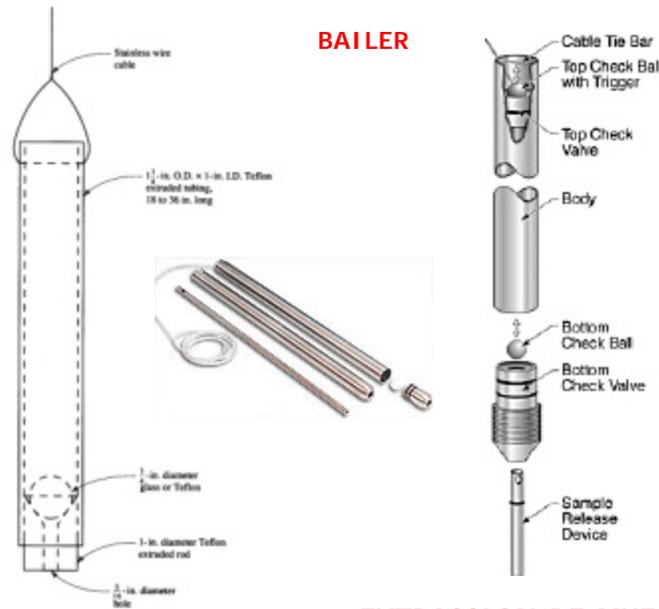


EXTRACCION DE MUESTRA



CI61Q

**BAILER**



**EXTRACCION DE MUESTRA**



CI61Q

**BOMBAS**



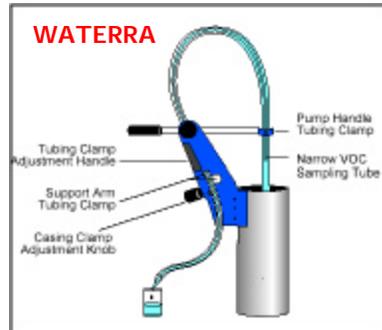
**EXTRACCION DE MUESTRA**



CI61Q

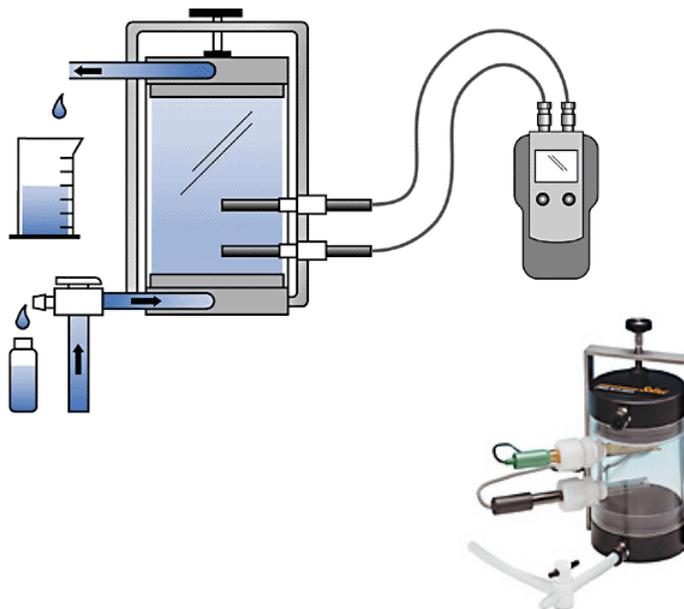


**WATERRA**



**EXTRACCION DE MUESTRA**

CI61Q



**ANALISIS DE MUESTRA EN LINEA**