



*Jornadas técnicas sobre aprovechamiento de aguas subterráneas para
riego*

*DIAGNOSTICO Y TRATAMIENTO DE ACUIFEROS CONTAMINADOS
POR ACTIVIDADES INDUSTRIALES*

Centro Nacional de Tecnología de Regadíos

San Fernando de Henares, 9 al 11 de junio de 2010

Pedro Verzier Lisón - URS España

C/Méndez Alvaro 9 - 28045 Madrid

Tel: 91 506 47 30

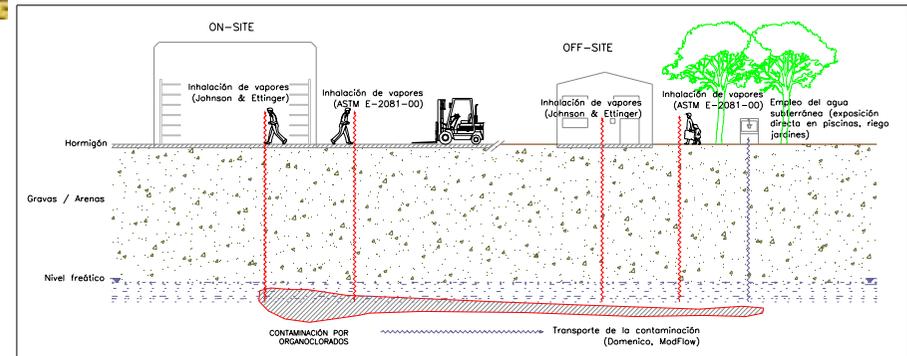
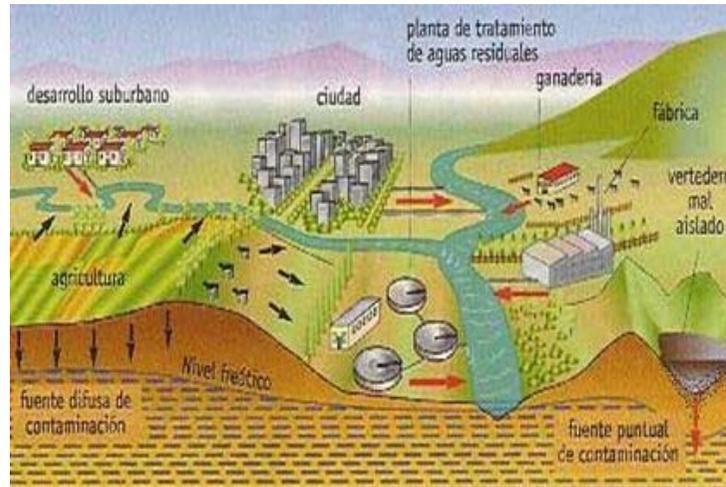
pedro_verzier@urscorp.com



ÍNDICE

- **CARACTERÍSTICAS DE LA CONTAMINACIÓN LIGADA A ACTIVIDADES INDUSTRIALES**
 - ✓ Origen
 - ✓ Detección e Impactos de la contaminación
 - ✓ Caracterización y Diagnóstico del emplazamiento
- **RIESGOS ASOCIADOS A LA CONTAMINACIÓN**
 - ✓ Concepto de riesgo: Análisis de Riesgos Cuantitativo
 - ✓ Definición de objetivos de remediación
 - ✓ Selección de técnicas de remediación
- **TIPOS DE REMEDIACIÓN**
 - ✓ Clasificación general por tipo
 - ✓ Técnicas emergentes: Bioremediación y ANM
- **EJEMPLOS - CASOS**

RIESGO GENERADO POR LA CONTAMINACION DEL ACUIFERO



ESCENARIOS DE EXPOSICIÓN Y METODOLOGÍAS DE CÁLCULO

RIESGO GENERADO POR LA CONTAMINACION DEL ACUIFERO

- Impacto de la contaminación de origen industrial en suelos y acuíferos:

- Cambios de pH
- Aportes de metales pesados
- Compuestos orgánicos de alta toxicidad

Pérdida de la capacidad agrícola



LA CONTAMINACION LIGADA A ACTIVIDADES INDUSTRIALES

- **ORIGEN**

- ✓ **Derrames y vertidos accidentales**

- ✓ **Gestión inadecuada de residuos industriales (Vertidos incontrolados, almacenamientos de residuos deficientes, etc.)**

- ✓ **Fugas puntuales o crónicas de almacenamientos líquidos subterráneos y superficiales**

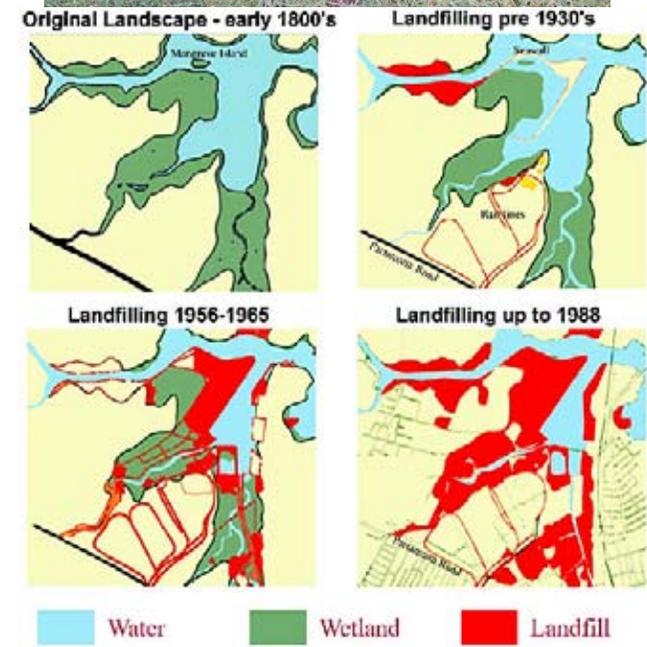
- ✓ **Fugas y pérdidas en colectores, alcantarillados, pozos de infiltración, depuradoras, etc.**



LA CONTAMINACION LIGADA A ACTIVIDADES INDUSTRIALES

DETECCION

- ✓ Procedimientos de declaración de suelos contaminados
- ✓ Compra / Venta y/o cambio de uso del emplazamiento
- ✓ Programas de actuación dentro del grupo empresarial
- ✓ Denuncias y afecciones a infraestructuras de captación, degradación de la calidad del agua subterránea



LA CONTAMINACION LIGADA A ACTIVIDADES INDUSTRIALES

- **CARACTERISTICAS**

- ✓ **Contaminación ligada a focos (primarios o secundarios)**

- ✓ **Generación de lixiviados**

- ✓ **En algunos casos contaminantes de alta toxicidad y poco**

- biodegradables**

- ✓ **Afección duradera de la calidad del recurso hídrico**



LA CONTAMINACION LIGADA A ACTIVIDADES INDUSTRIALES

•ACTUACIONES URGENTES

- Caracterización de la degradación de condiciones físico-químicas
- Evaluación de impactos y de soluciones alternativas de recursos
- Barreras: físicas, hidráulicas, reactivas, etc...

•CARACTERIZACIÓN Y DIAGNOSTICO

- ✓ Comprensión del proceso industrial e Identificación de posibles contaminantes
- ✓ Identificación de focos potenciales, implantación de sondeos de investigación y muestreos de suelos y aguas subterráneas
- ✓ Caracterización de los contaminantes
- ✓ Definición del alcance de la contaminación en 3D
- ✓ Definición del contexto geológico e hidrogeológico del medio
- ✓ Caracterización de las condiciones de atenuación (Penacho estable/Creciente/en retroceso)
- ✓ Identificación de los receptores y caracterización del entorno

CARACTERIZACIÓN DEL EMPLAZAMIENTO

Investigación:

**Instalación de
piezómetros**



URS

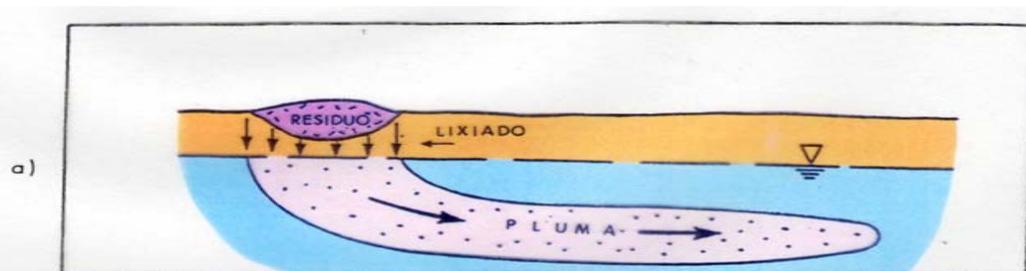
CARACTERIZACIÓN DEL EMPLAZAMIENTO

Muestreo de agua subterránea

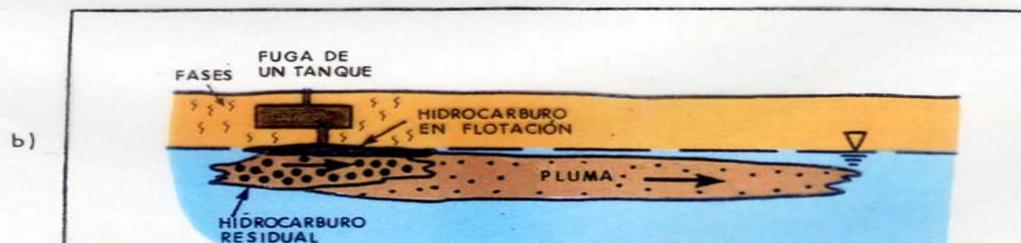


URS

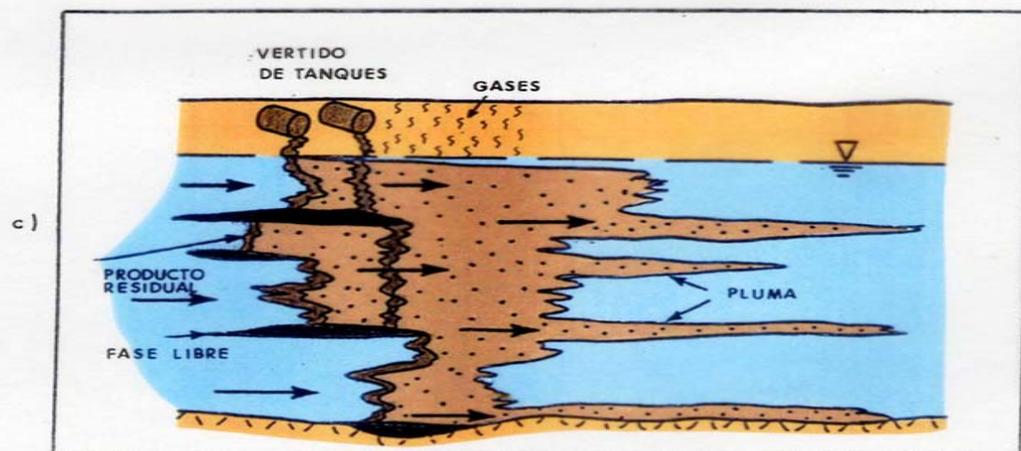
Tipologías de la migración de contaminantes



Disolución

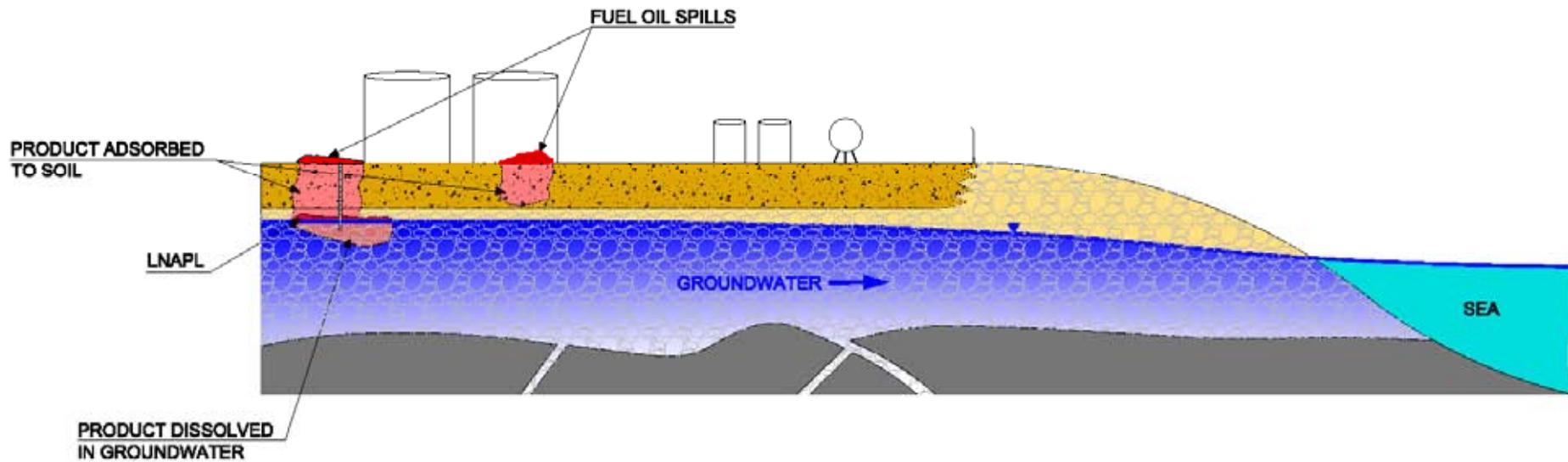


Impacto por hidrocarburos
Densidad < agua



Impacto por disolventes clorados
Densidad > agua

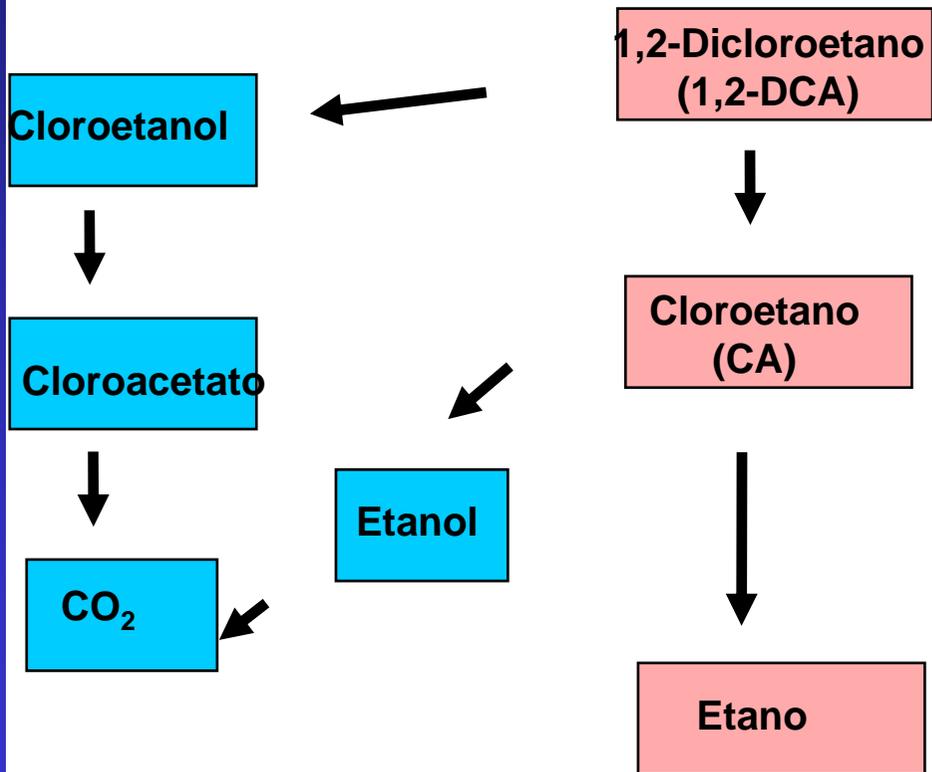
CARACTERIZACIÓN DEL EMPLAZAMIENTO



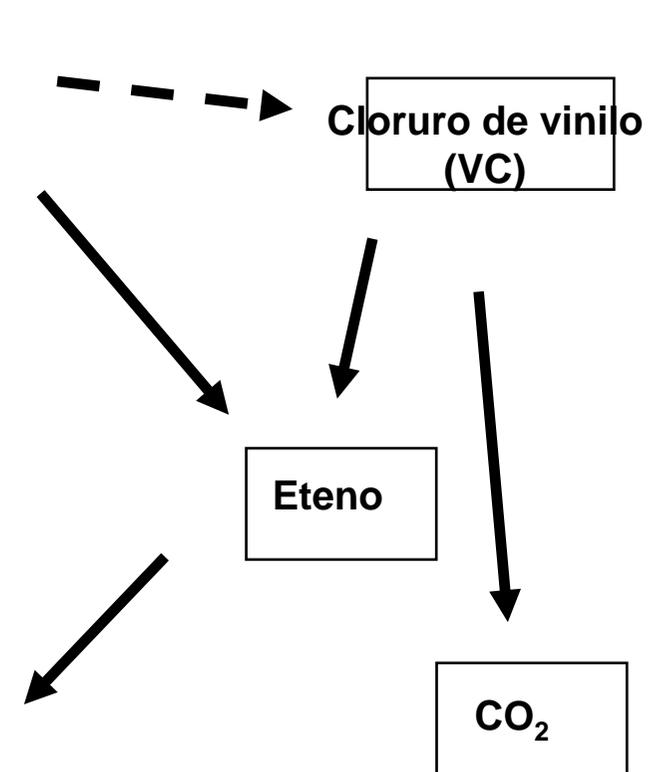
CARACTERIZACIÓN DEL EMPLAZAMIENTO

Condiciones del penacho

Condiciones aeróbicas

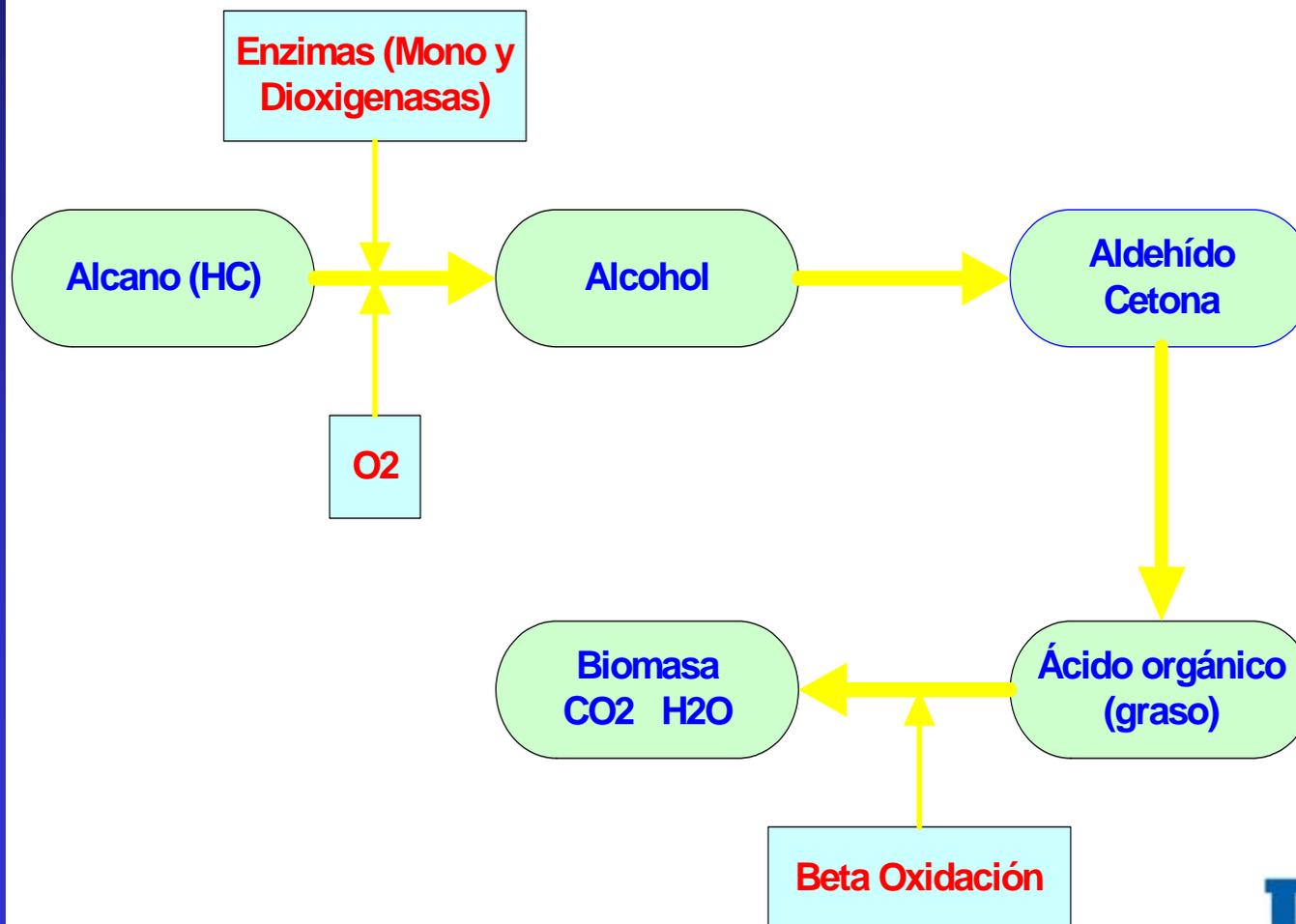


Condiciones anaeróbicas



Biodegradación - Conceptos básicos

- Proceso de degradación de hidrocarburos



RIESGO ASOCIADO AL IMPACTO: ANÁLISIS DE RIESGOS

FUENTES



VÍAS DE
EXPOSICIÓN



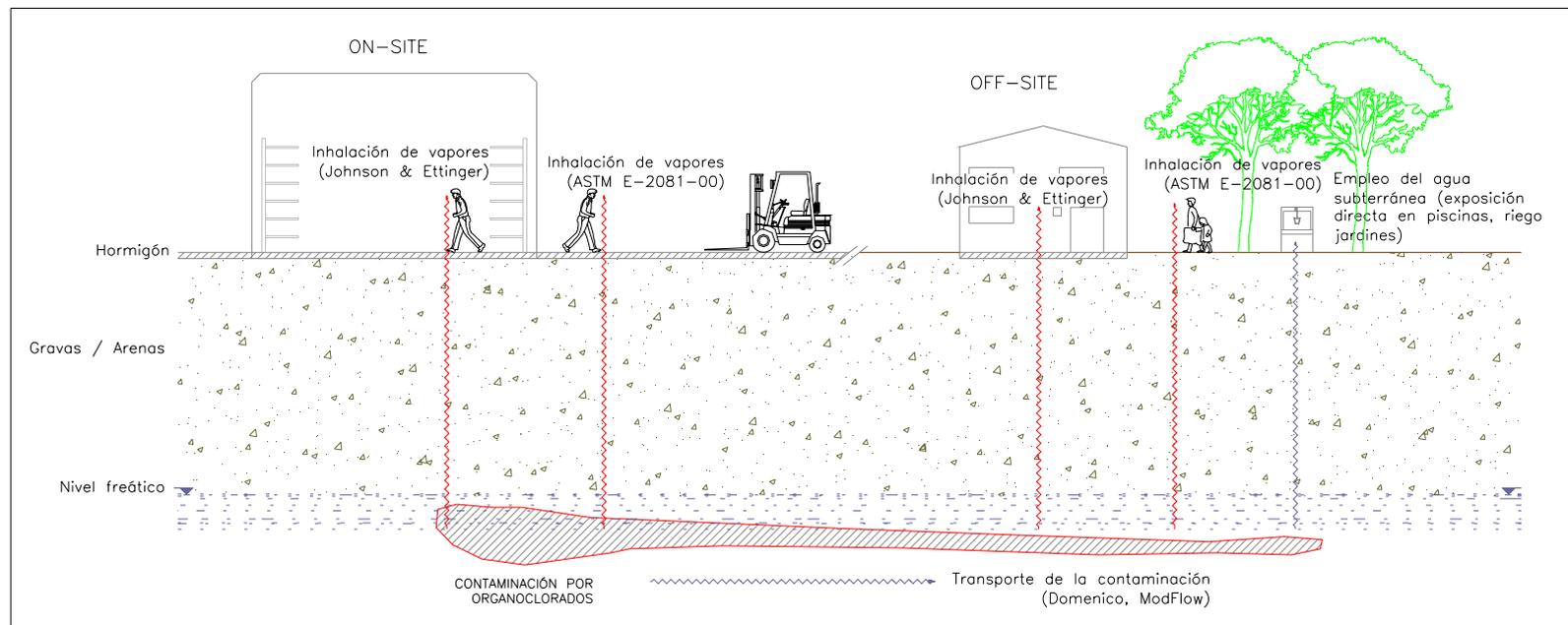
RECEPTORES

VARIABLES

- CONTAMINANTES
 - CONCENTRACIONES
 - TIEMPO
 - LOCALIZACIÓN
-
- MEDIO (AGUA/SUELO/AIRE)
 - VELOCIDAD DE MIGRACIÓN
 - TIEMPO
 - CARGAS Y RECARGAS
-
- TIPOS
 - SENSIBILIDAD
 - TIEMPO
 - CONCENTRACIÓN-DOSIS

RIESGO ASOCIADO AL IMPACTO: ANÁLISIS DE RIESGOS

MODELO CONCEPTUAL



ESCENARIOS DE EXPOSICIÓN Y METODOLOGÍAS DE CÁLCULO

RIESGO ASOCIADO AL IMPACTO: ANÁLISIS DE RIESGOS

- **DEFINICIÓN DE OBJETIVOS DE REMEDIACIÓN**

Los objetivos vendrán marcados en función de los riesgos asociados al impacto y podrían fijarse en base a:

- ✓ Ley (ej. potabilidad)
- ✓ Estándares comunitarios o internacionales
- ✓ Metodología del análisis de riesgos

- **PLAZOS DE ACTUACIÓN**

- ✓ Situaciones de emergencia: afecciones a receptores
- ✓ Accidentes
- ✓ Contaminación histórica o de fondo

Introducción a las técnicas de tratamiento

Técnicas convencionales de remediación – Clasificación

✓ Por modo de implantación:

- **EX – SITU:** Requiere excavación e implantación de infraestructuras de tratamiento “*en el emplazamiento*” o “*Fuera del emplazamiento*”.
- **IN – SITU:** No requiere excavación del subsuelo.

Introducción a las técnicas de tratamiento

Técnicas convencionales de remediación - Ejemplos

Ex situ

- ✓ Landfarming
- ✓ Biopilas
- ✓ Desorción Térmica
- ✓ Lavado de suelos etc...

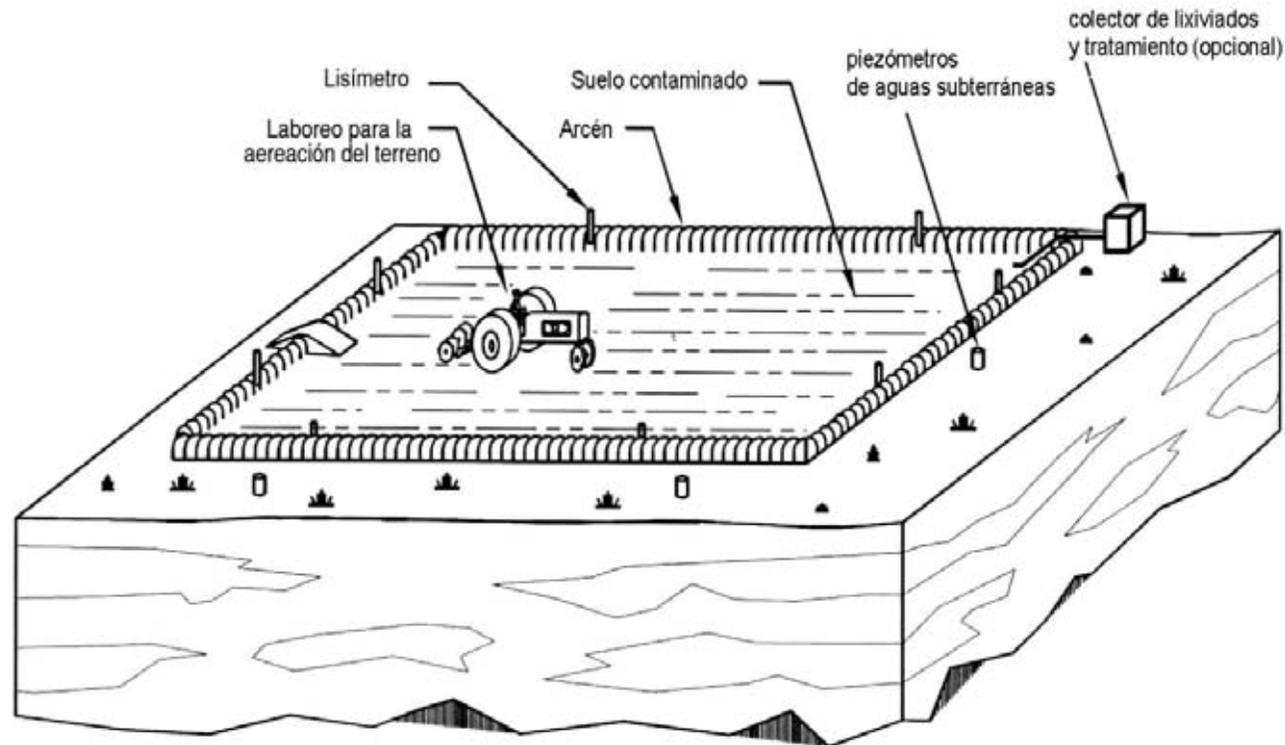
In situ

- ✓ Ventilación / Bioventilación (SVE)
- ✓ Air Sparging
- ✓ Biorremediación In Situ
- ✓ Extracción multifase (Alto vacío)
- ✓ Barreras hidráulicas por bombeo
- ✓ Barreras de tratamiento (reactivas, confinantes etc.)
- ✓ Oxidación Química (ISCO) etc..

Introducción a las técnicas de tratamiento

LANDFARMING

✓ Los suelos contaminados se excavan y se extienden en parcelas de tratamiento adecuadas.



Introducción a las técnicas de tratamiento

LANDFARMING – PREPARACIÓN DE PARCELAS



Introducción a las técnicas de tratamiento

LANDFARMING – PREPARACIÓN DE PARCELAS



Introducción a las técnicas de tratamiento

LANDFARMING – EXCAVACIÓN SUELO AFECTADO



URS

Introducción a las técnicas de tratamiento

LANDFARMING – TRATAMIENTO DE SUELO AFECTADO



URS

Introducción a las técnicas de tratamiento

LANDFARMING – REPOSICIÓN DE SUELO TRATADO

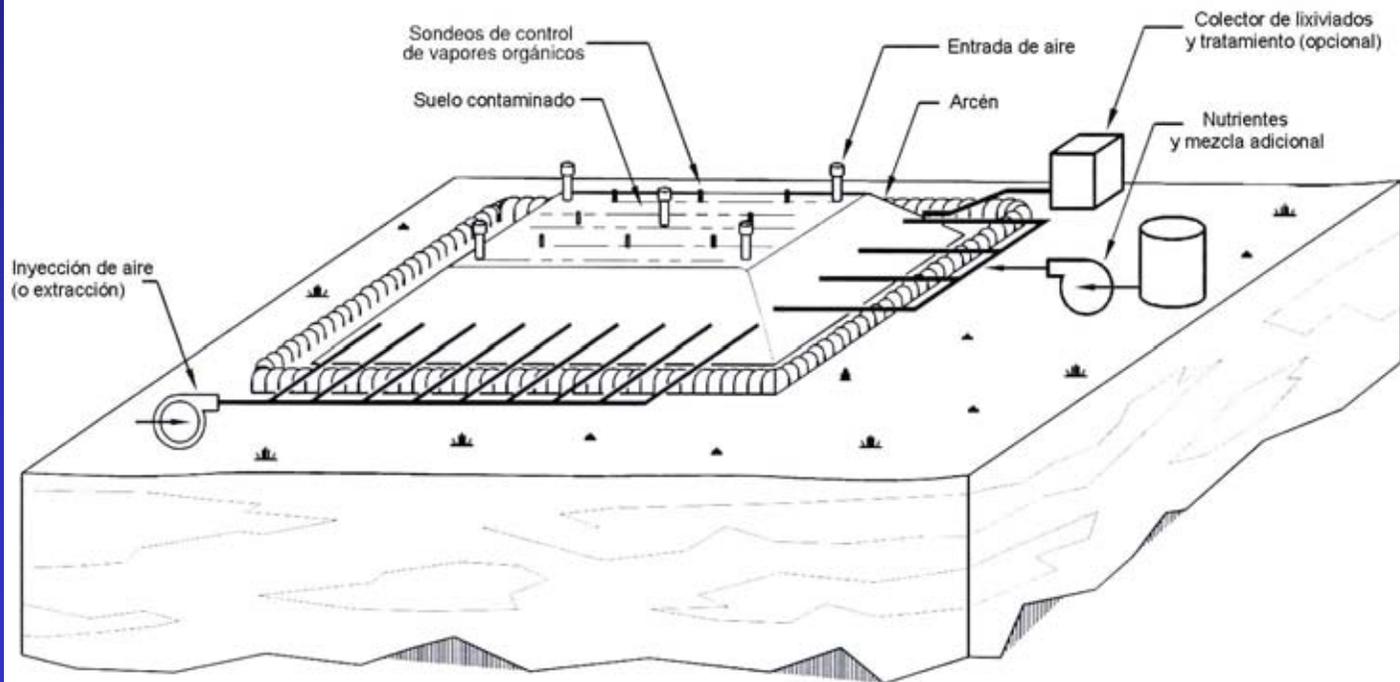


URS

Introducción a las técnicas de tratamiento

BIOPILAS

✓ El suelo contaminado se apila en montones que se cubren y se fuerza a circular el aire a su través favoreciendo la volatilización y biodegradación.



Introducción a las técnicas de tratamiento de suelos contaminados

BIOPILAS – EXCAVACIÓN SUELO AFECTADO



Introducción a las técnicas de tratamiento

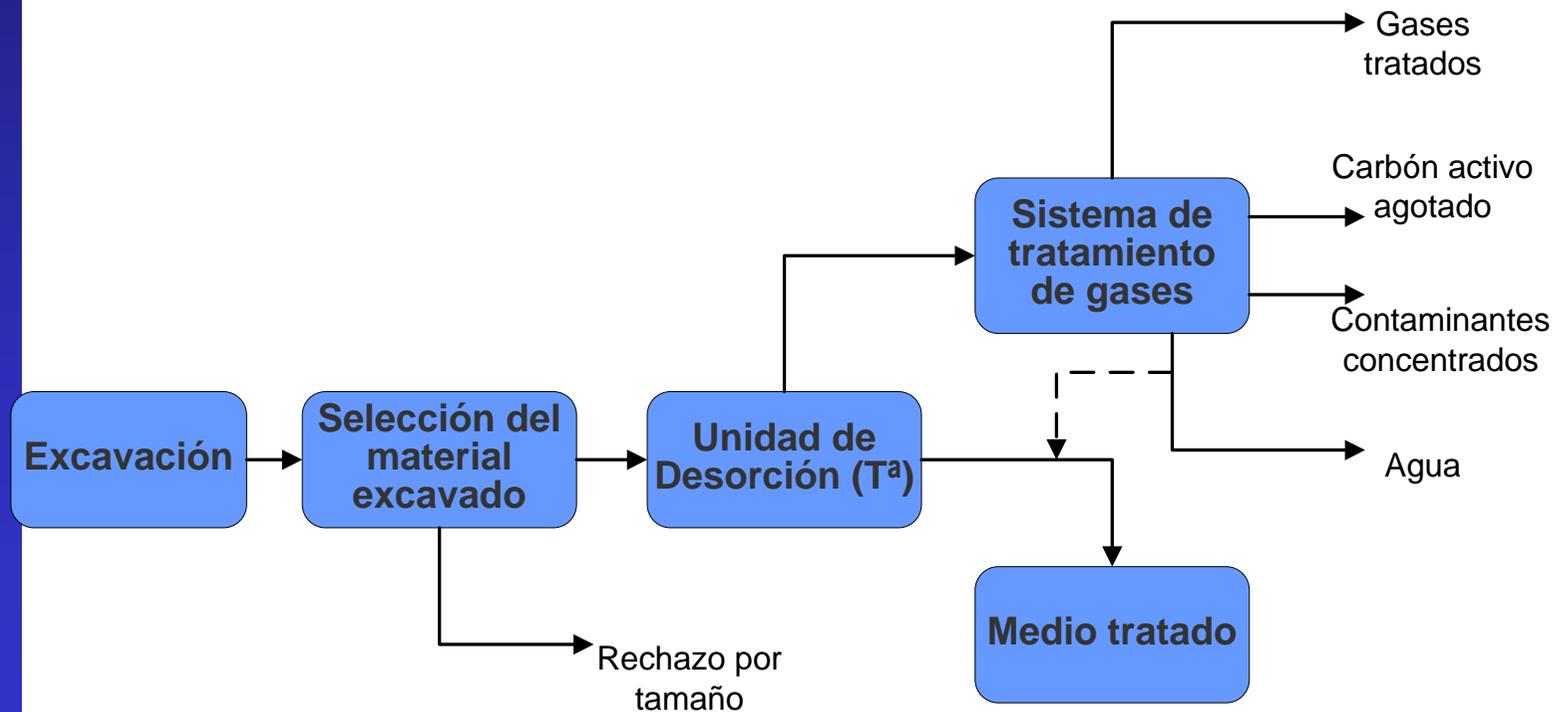
BIOPILAS – IMPLANTACIÓN DEL PARQUE DE BIOPILAS



Introducción a las técnicas de tratamiento

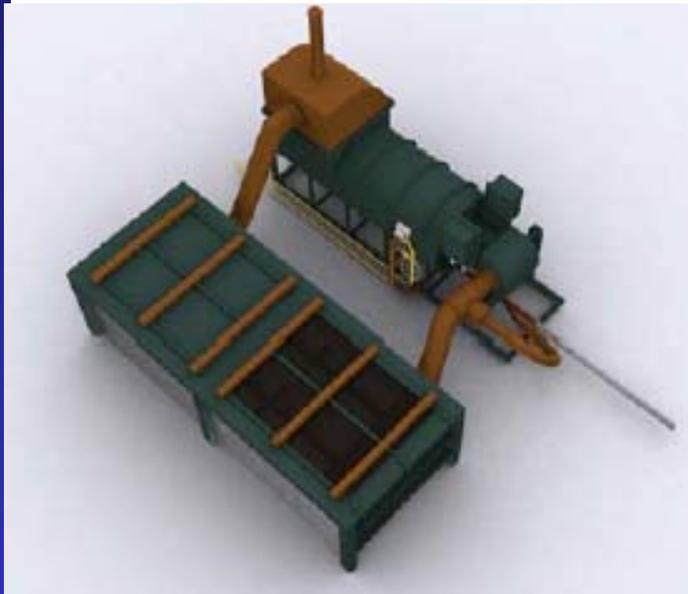
TRATAMIENTO TÉRMICO

✓ Esquema de funcionamiento del tratamiento de suelos mediante tratamiento / desorción térmica



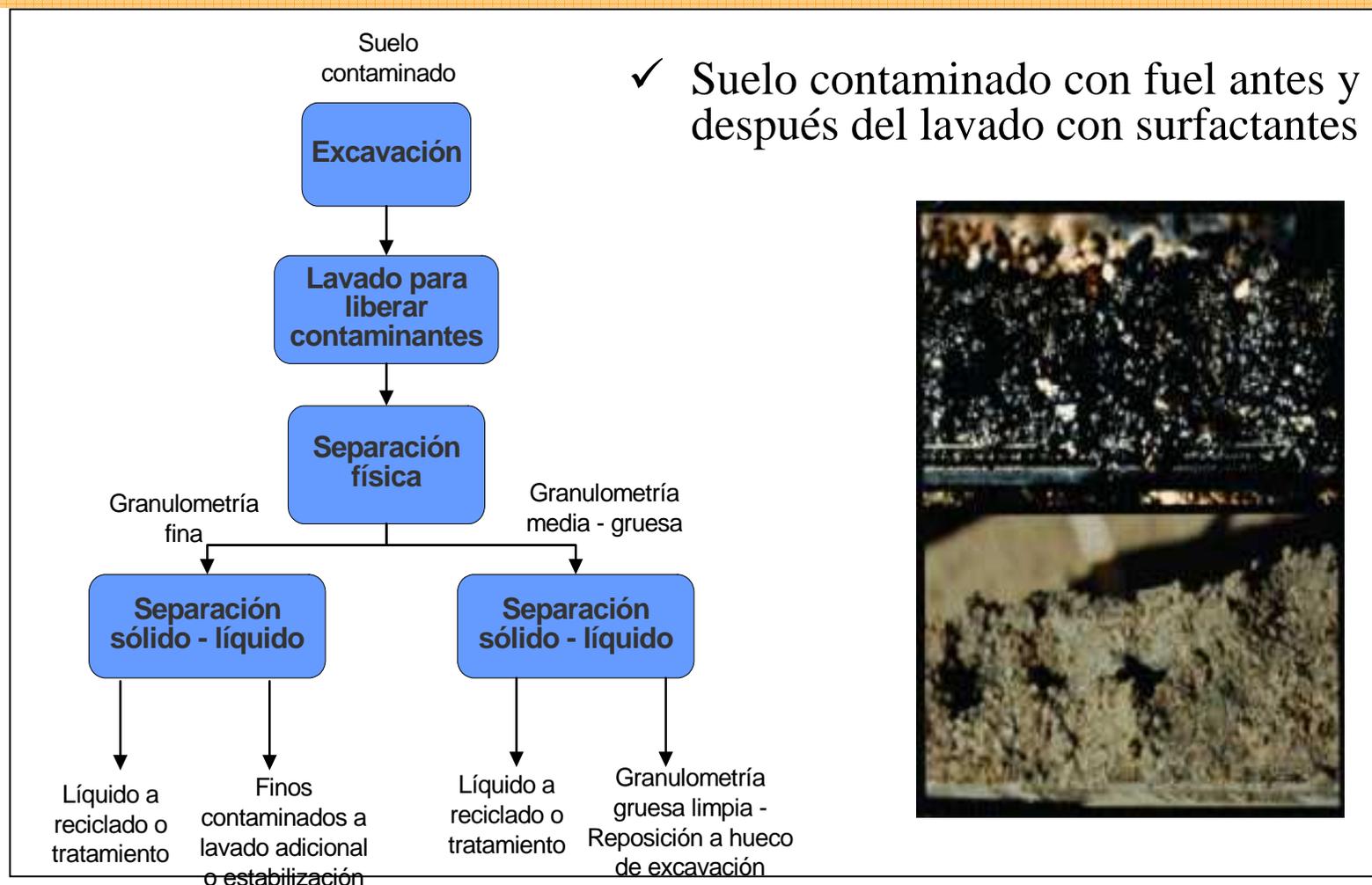
Introducción a las técnicas de tratamiento

TRATAMIENTO TÉRMICO – INSTALACIÓN TIPO



Introducción a las técnicas de tratamiento

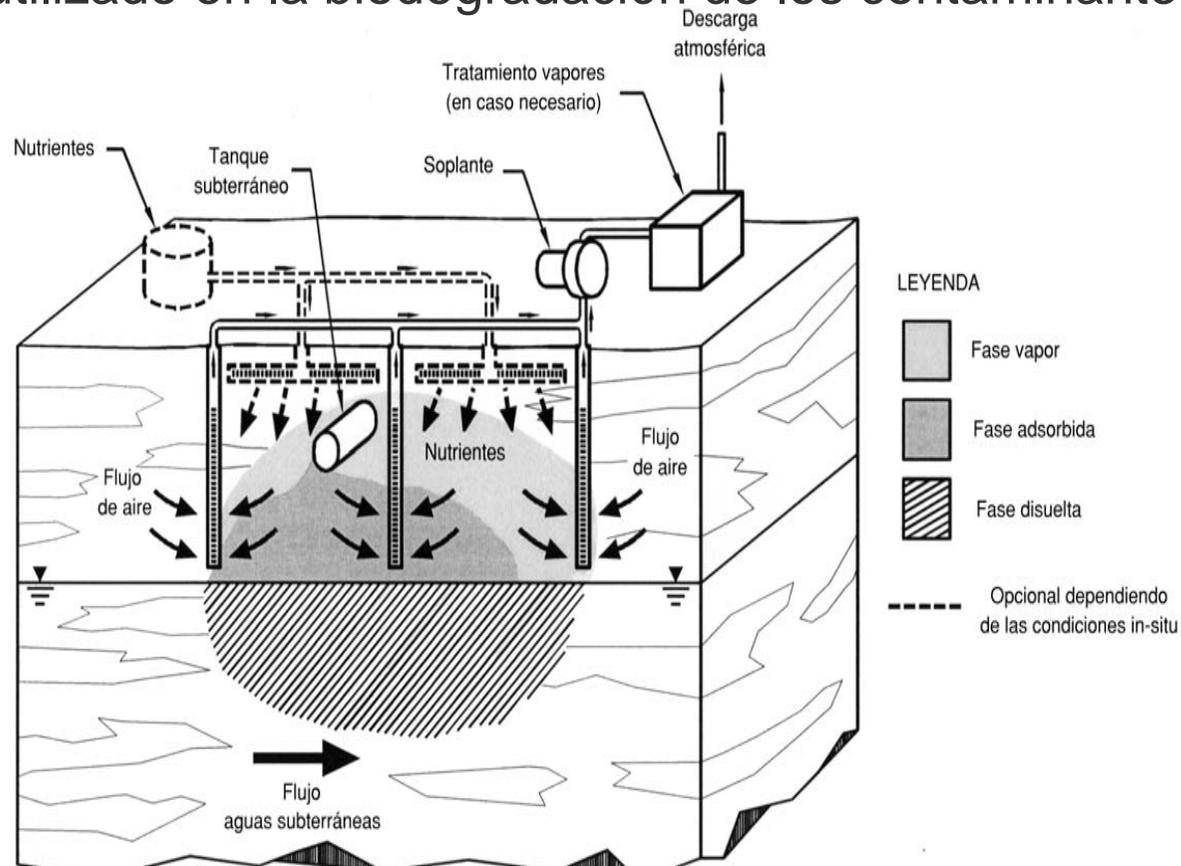
LAVADO DE SUELOS



Introducción a las técnicas de tratamiento

VENTILACIÓN / BIOVENTILACIÓN – (SVE)

✓ Induce la eliminación de compuestos volátiles adsorbidos sobre el suelo y favorece la entrada de oxígeno atmosférico utilizado en la biodegradación de los contaminantes



Introducción a las técnicas de tratamiento

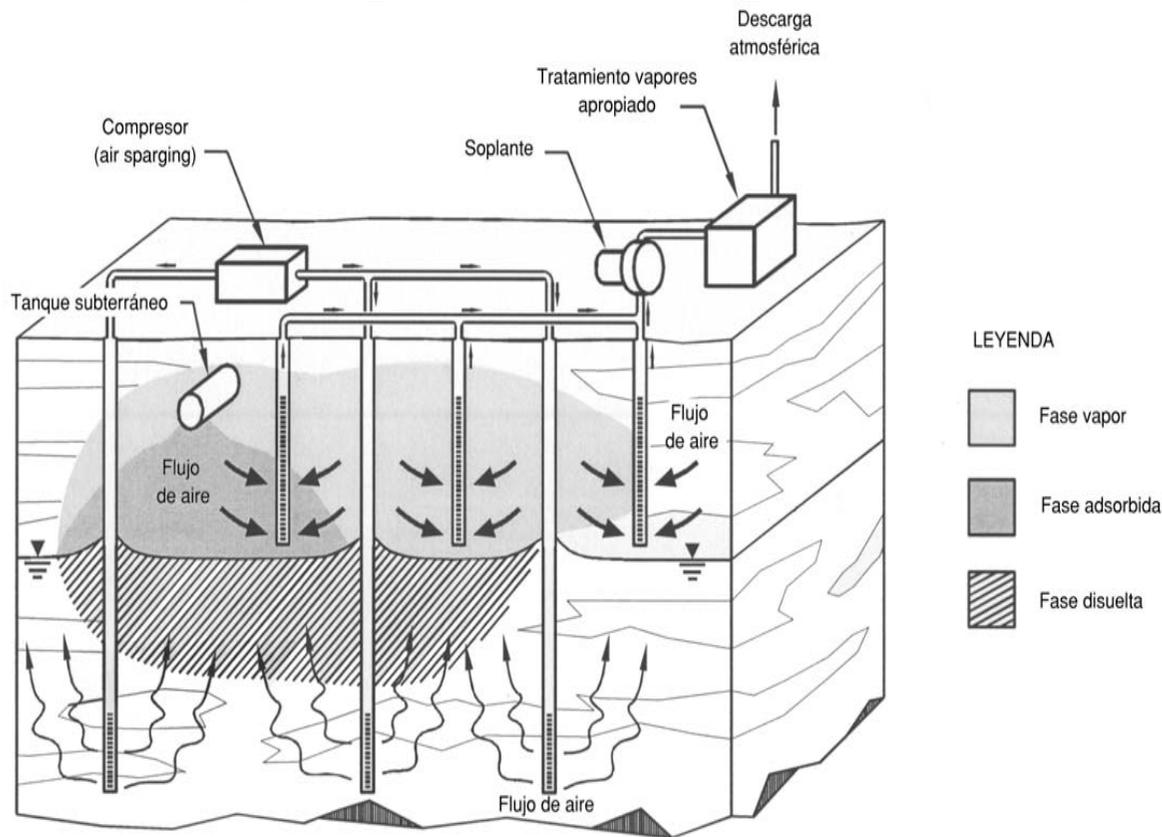
VENTILACIÓN / BIOVENTILACIÓN



Introducción a las técnicas de tratamiento

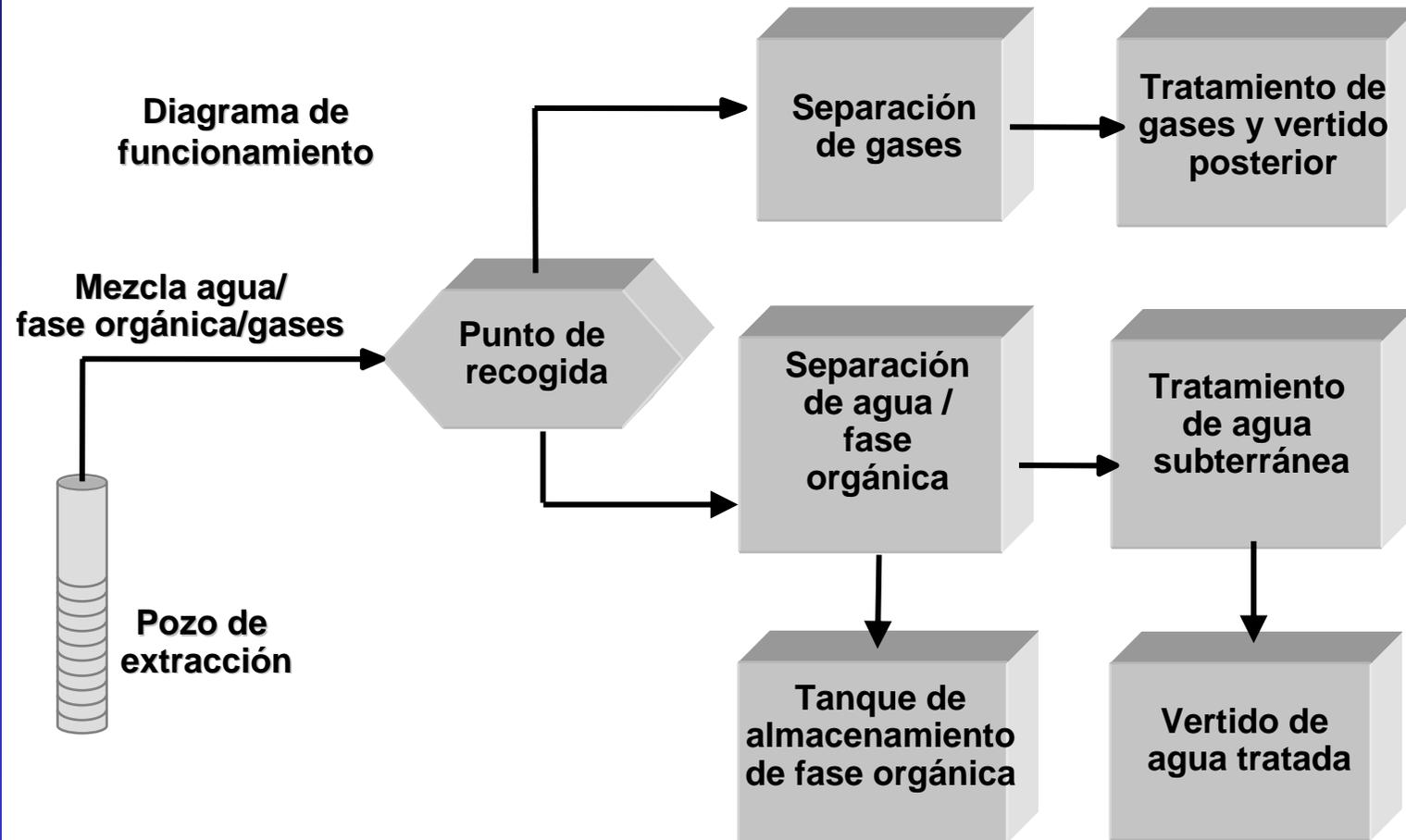
AIR SPARGING

✓ Inyección de aire al agua subterránea para favorecer la volatilización de los contaminantes disueltos → Oxigenación paralela → Los vapores generados se recogen con soplantes (SVE)



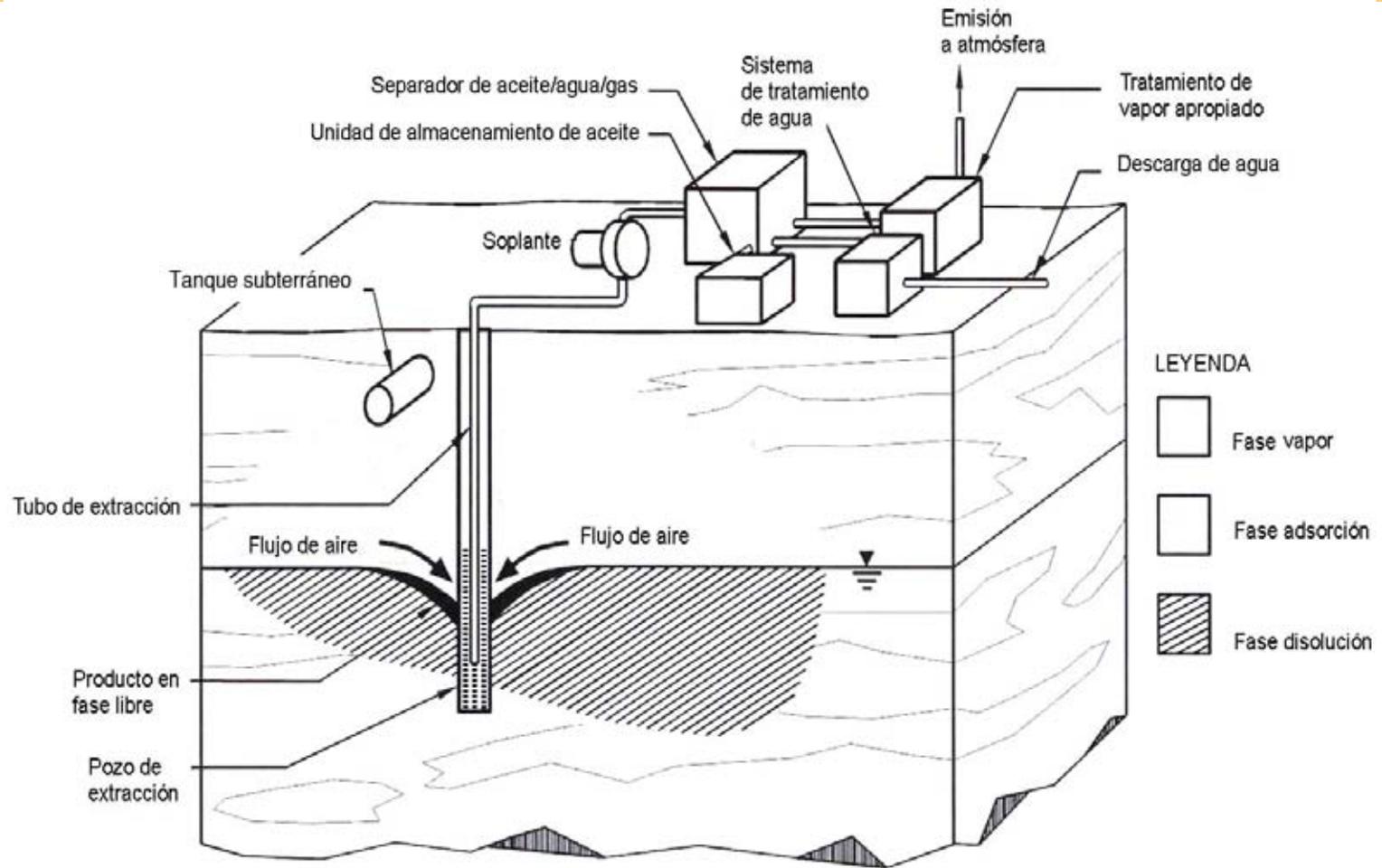
Introducción a las técnicas de tratamiento

EXTRACCIÓN MULTIFASE



Introducción a las técnicas de tratamiento

EXTRACCIÓN MULTIFASE



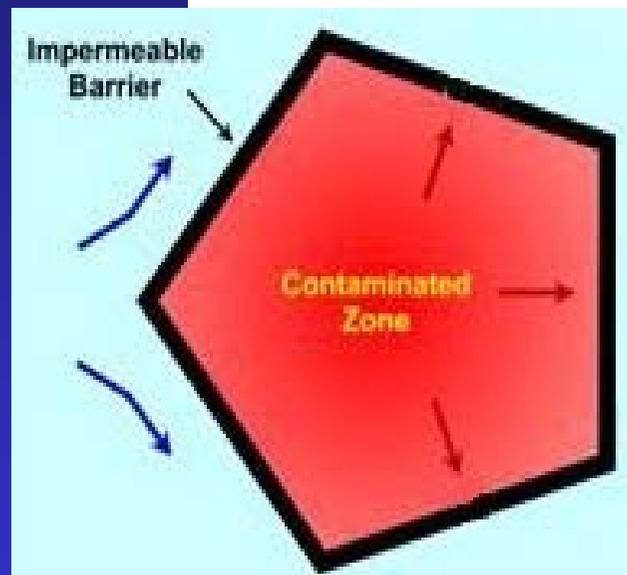
Introducción a las técnicas de tratamiento

EXTRACCIÓN MULTIFASE – TRATAMIENTO DE EFLUENTES

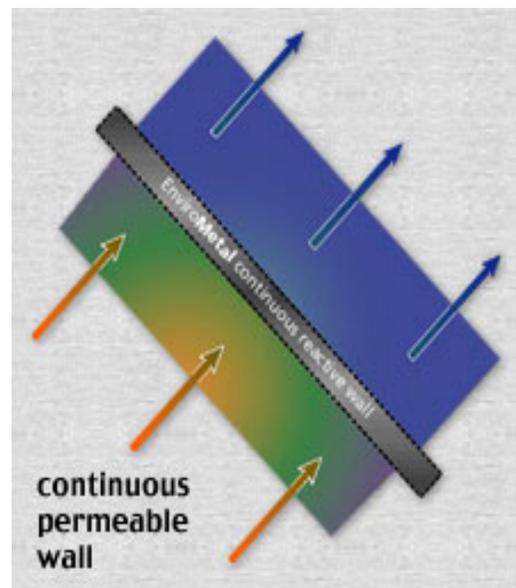


Introducción a las técnicas de tratamiento

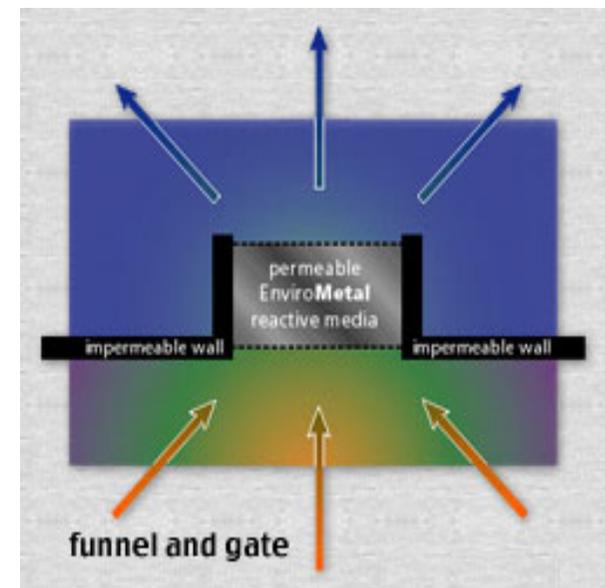
BARRERAS DE TRATAMIENTO



- ✓ Impermeables
- ✓ Confinan la contaminación



- ✓ Reactivas (permeables)
- ✓ El relleno trata la contaminación

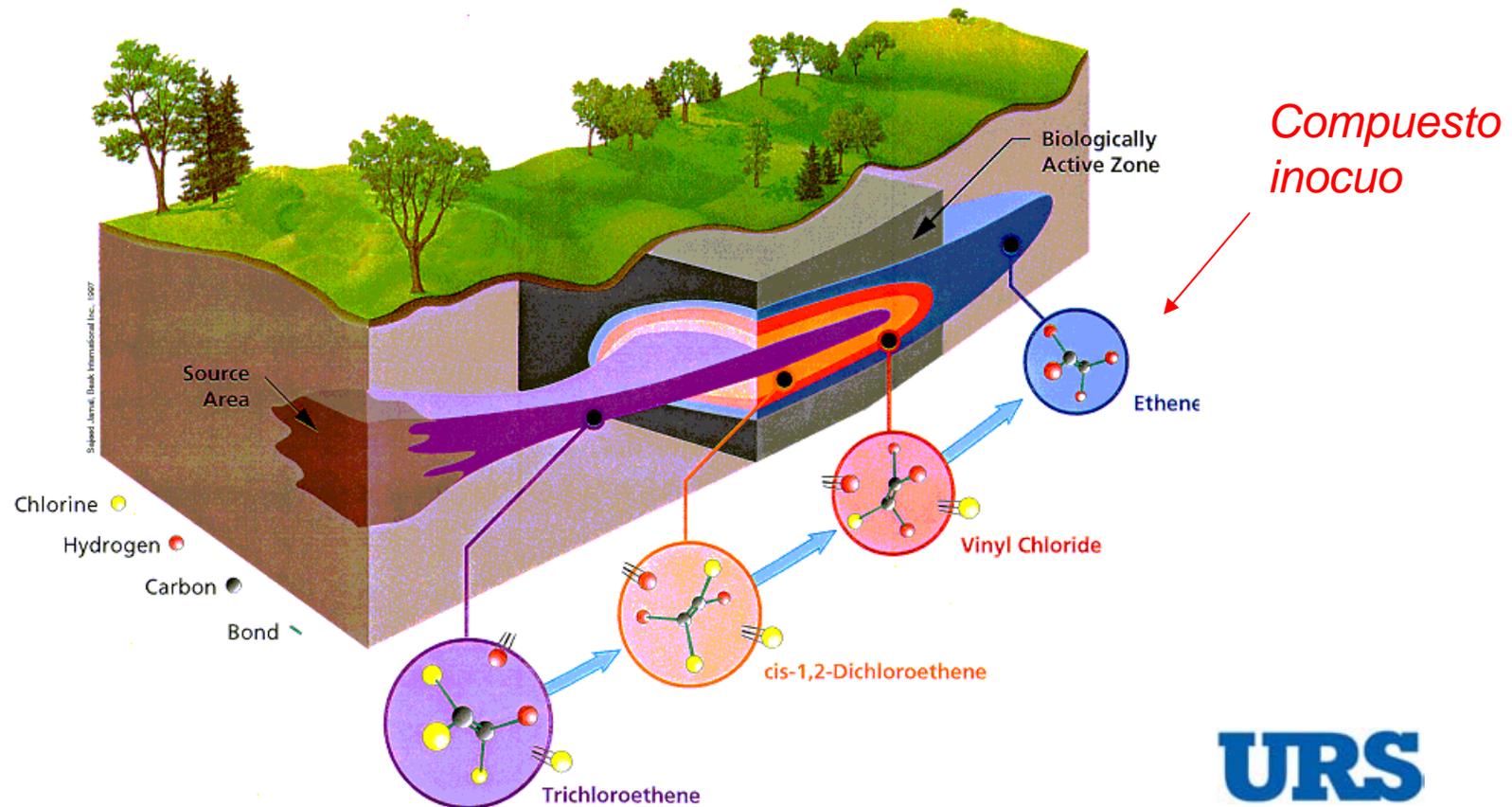


- ✓ "Funnel & Gate"
- ✓ Canalizan el flujo

Introducción a las técnicas de tratamiento

BIORREMEDIACIÓN IN SITU

- ✓ Procesos diseñados para favorecer la biodegradación de los contaminantes In Situ. Múltiples variantes: Aplicación de nutrientes, O_2 , enzimas etc.



Introducción a las técnicas de tratamiento

BIORREMEDIACIÓN IN SITU

- ✓ Inyección de compuestos para la biorremediación de disolventes clorados.



Introducción a las técnicas de tratamiento

BIORREMEDIACIÓN IN SITU

- ✓ Inyección de O₂ + nutrientes



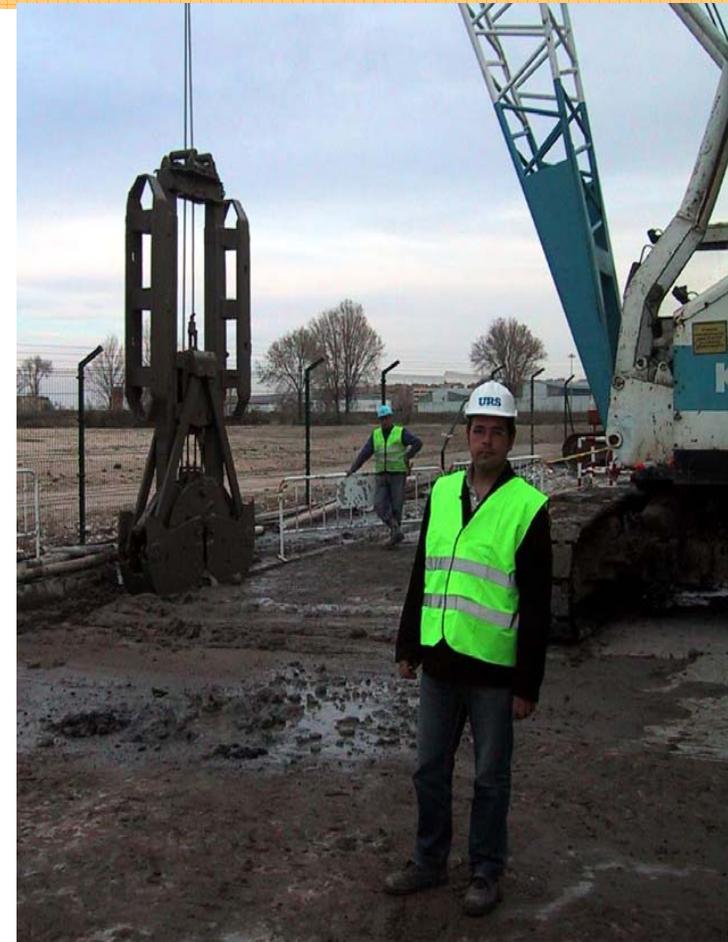
Introducción a las técnicas de tratamiento

BARRERAS DE TRATAMIENTO PROYECTO “FUNNEL & GATE”



Introducción a las técnicas de tratamiento

BARRERAS DE TRATAMIENTO PROYECTO “FUNNEL & GATE”



Introducción a las técnicas de tratamiento

BARRERAS DE TRATAMIENTO PROYECTO “FUNNEL & GATE”



Introducción a las técnicas de tratamiento

BARRERAS DE TRATAMIENTO PROYECTO “FUNNEL & GATE”



Introducción a las técnicas de tratamiento

OXIDACIÓN QUÍMICA IN SITU (ISCO)

- ✓ El oxidante se inyecta en el subsuelo y reacciona con la sustancia contaminante, descomponiéndola a compuestos inocuos.



Introducción a las técnicas de tratamiento

OXIDACIÓN QUÍMICA IN SITU (ISCO) - PERMANGANATO



TÉCNICAS DE REMEDIACIÓN

CRITERIOS GENERALES DE SELECCIÓN: AGUAS

<u>Factores</u>	<u>Técnica Aplicable</u>
Contaminantes biodegradables	Biodegradación in-situ
Contaminantes volátiles	Aireación in-situ (air sparging)
Todo tipo de contaminante	Bombeo y Tratamiento
Riesgos para receptores fuera del emplazamiento	Barreras (física, hidráulica o reactiva)

TÉCNICAS DE REMEDIACIÓN

CRITERIOS GENERALES DE SELECCIÓN: SUELOS

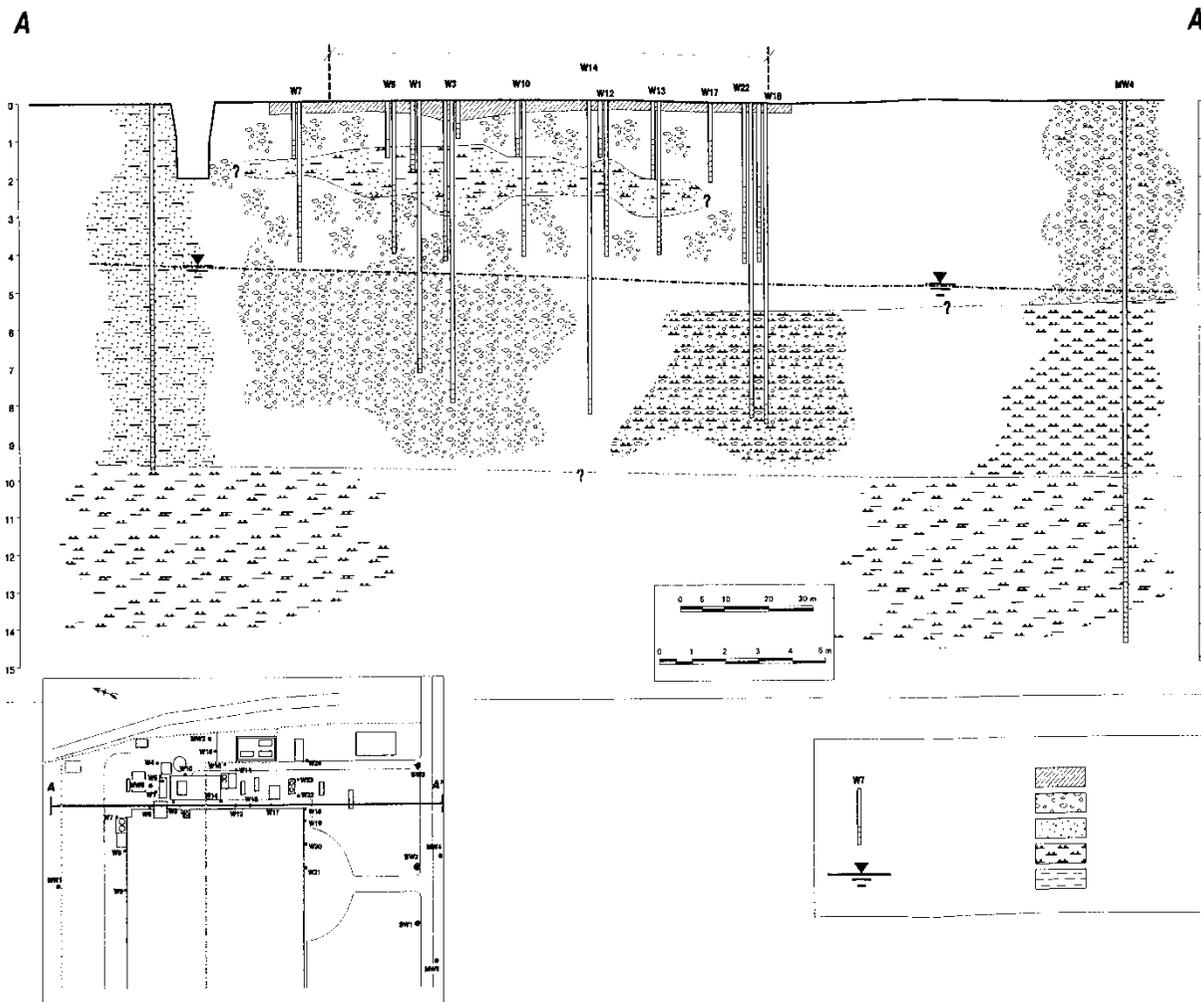
<u>Factores</u>	<u>In-Situ</u>	<u>Ex-Situ</u>
Plazos	Meses-años	Semanas
Molestias a actividades	Limitadas	Importantes
Eficacia	Alta (requiere control y toma de decisiones dinámica)	Alta
Profundidad de Contaminación	Sin Límite	Normalmente hasta 5 m
Tipos de contaminantes	Volátiles y degradables	Todos

EJEMPLO

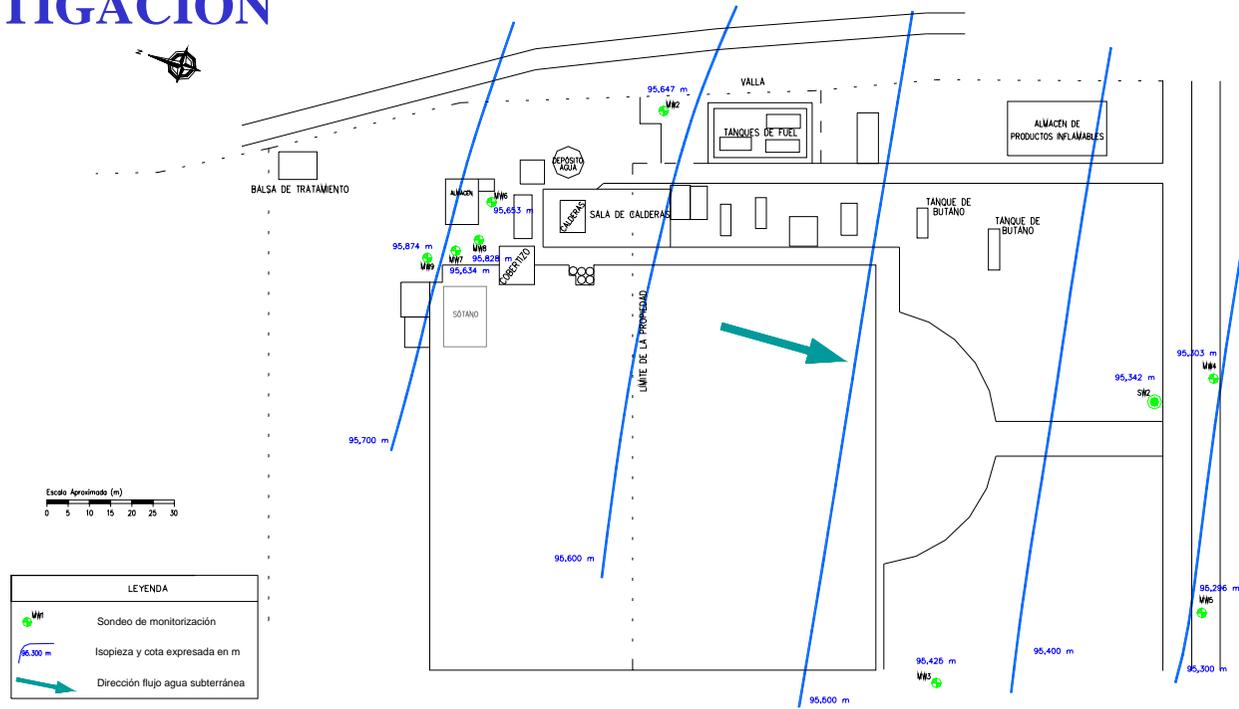
PROYECTO DE REMEDIACIÓN DEL SUBSUELO DE UNA PLANTA INDUSTRIAL AFECTADA POR HIDROCARBUROS CLORADOS (TCE)

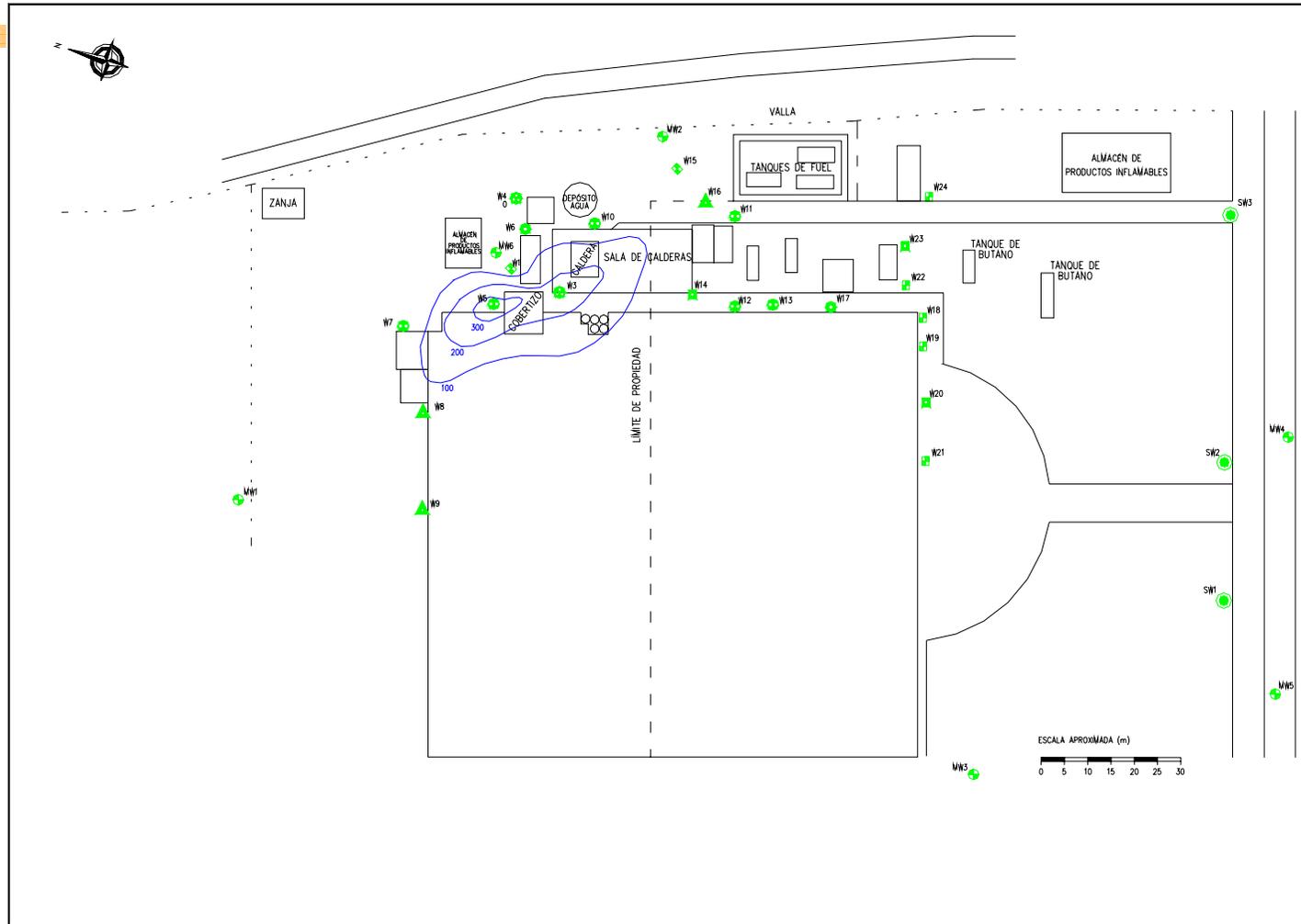
EJEMPLO

CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO



INVESTIGACIÓN



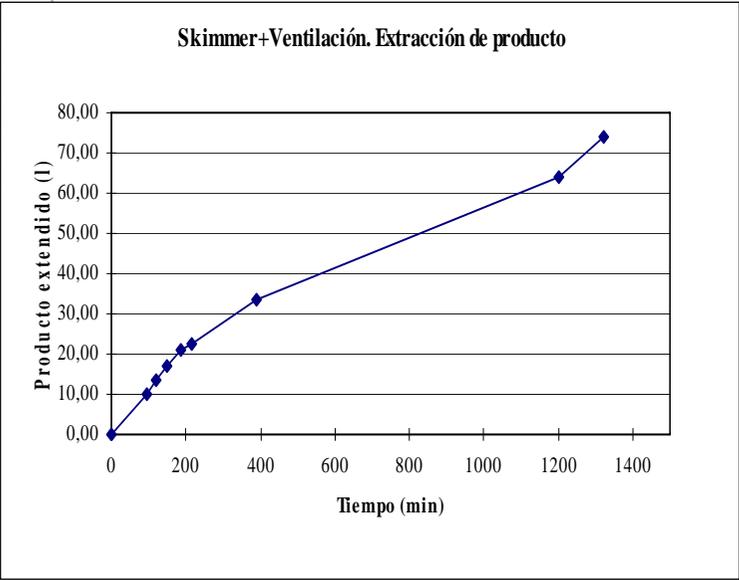
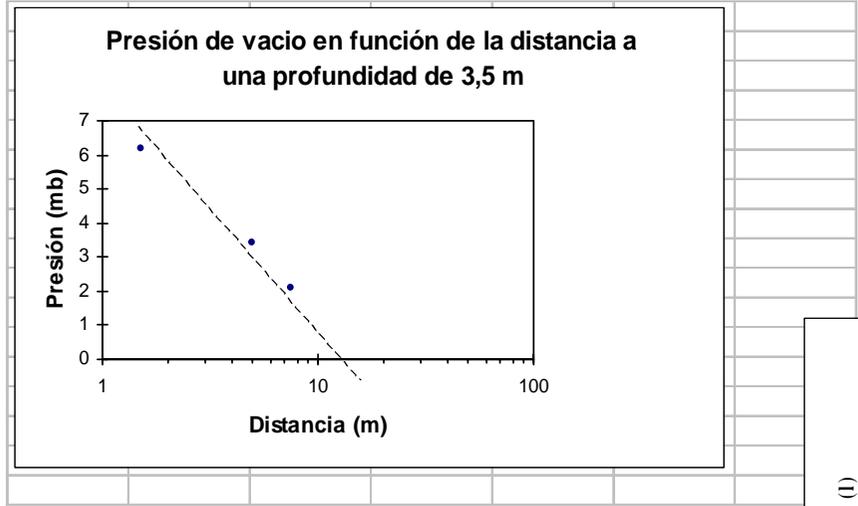


INVESTIGACIÓN COMPLEMENTARIA: FOCO



ENSAYOS PILOTO Y DE TRATABILIDAD

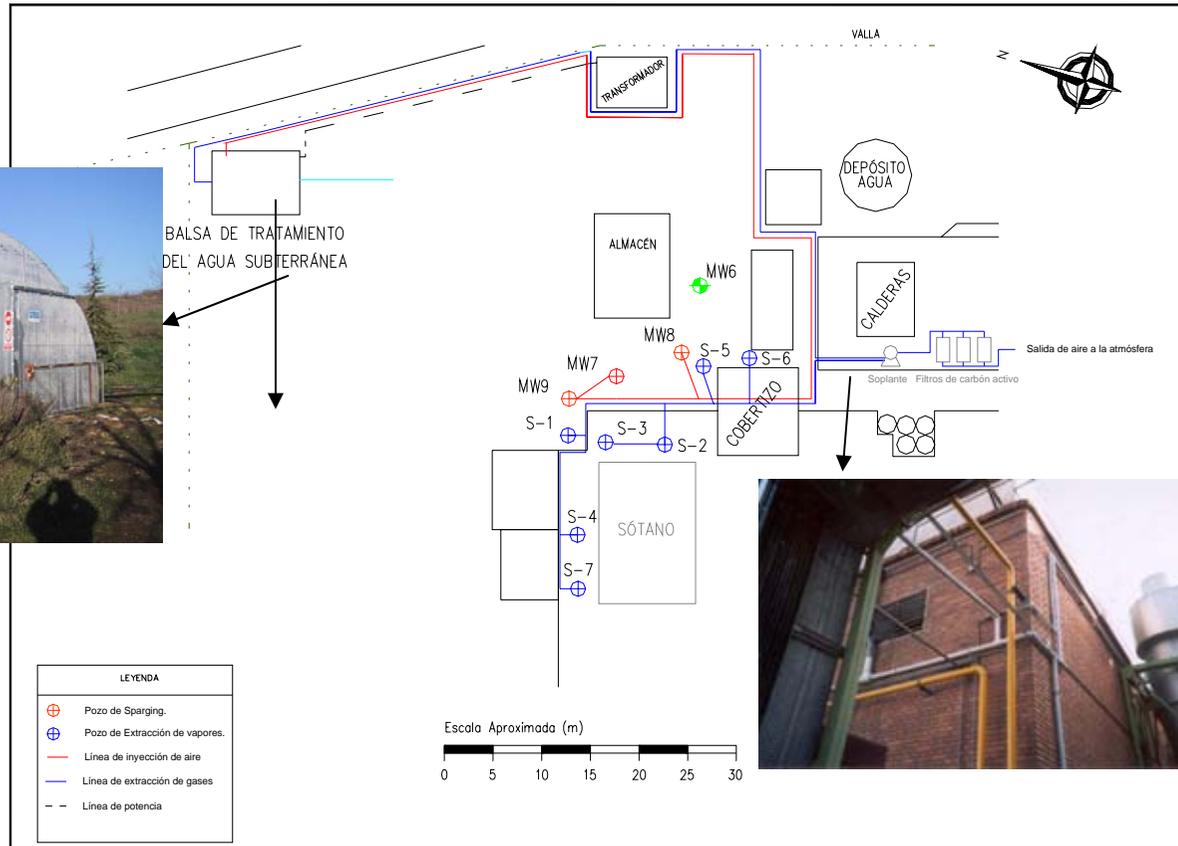




SELECCIÓN DE LA TÉCNICA DE REMEDIACIÓN

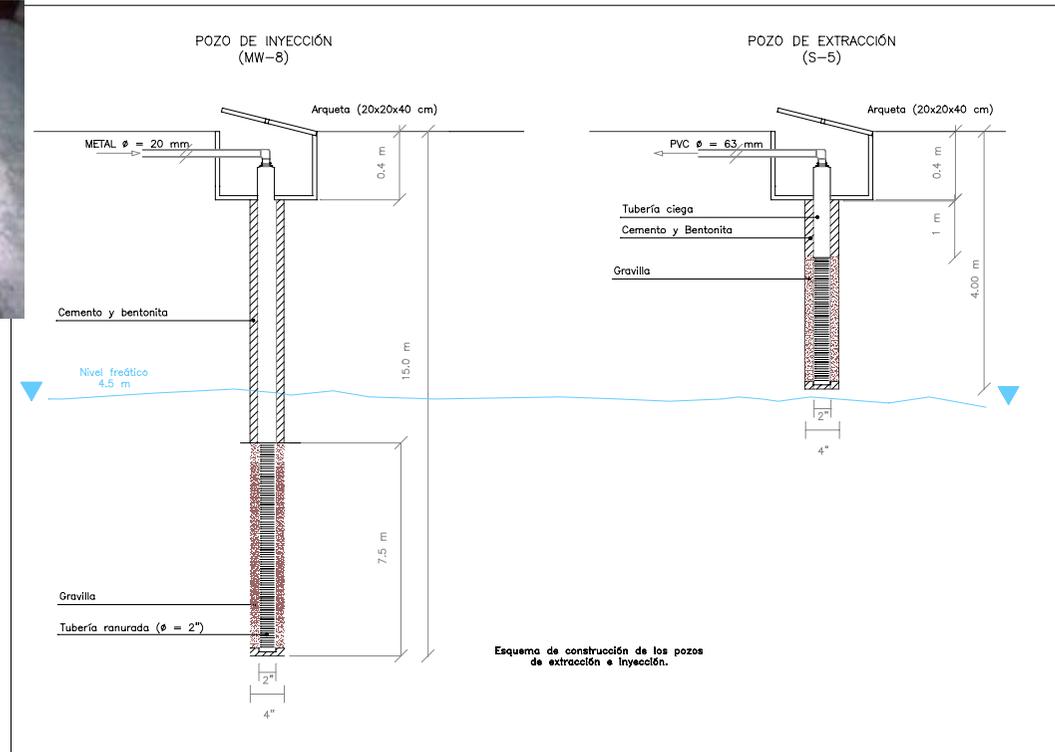
EJEMPLO

FOCO DE IMPACTO: REMED. ACTIVA SVE+SPARGING+EXTRACCIÓN



EJEMPLO

FOCO SUELO IMPACTADO: REMED. ACTIVA POZOS DE SVE+SPARGING

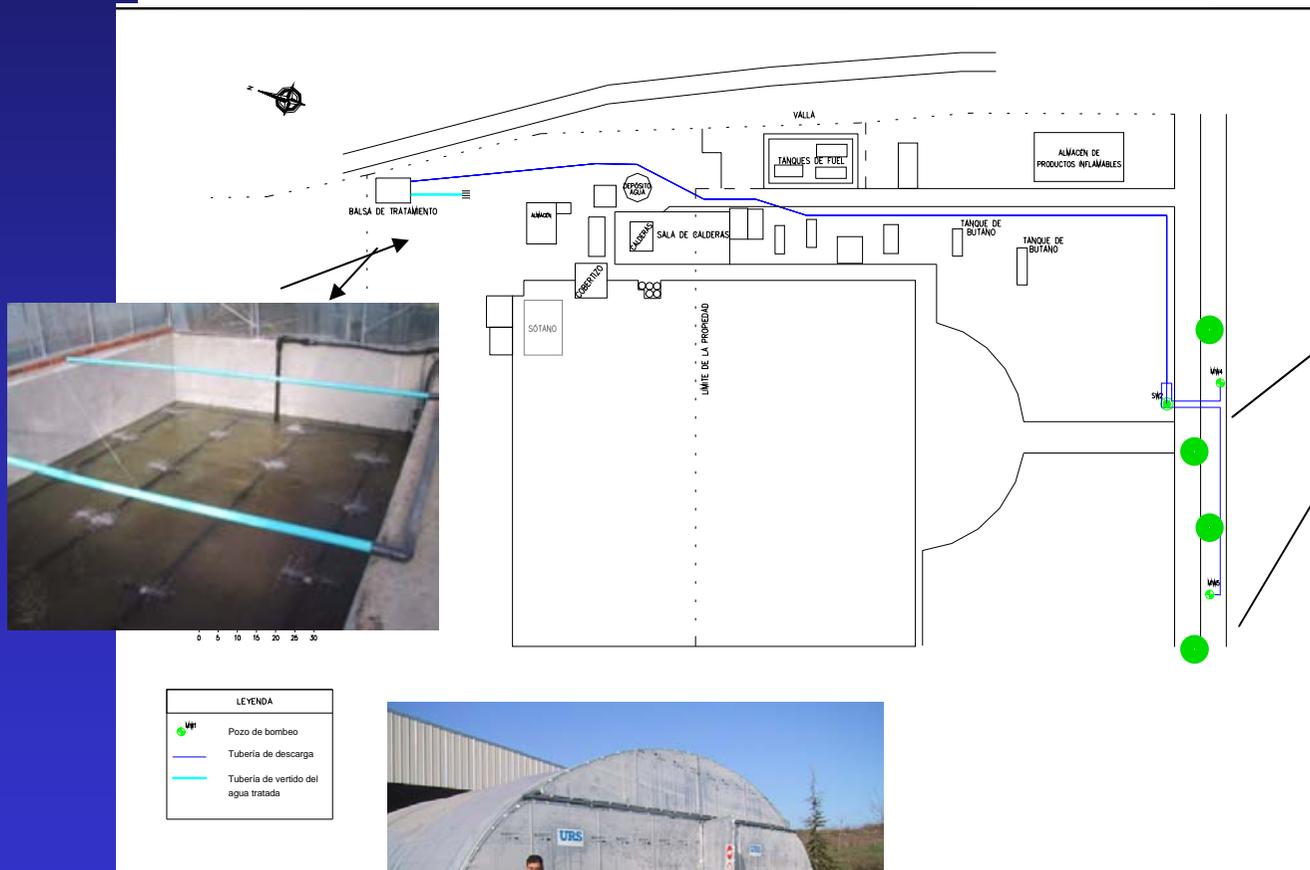


EJEMPLO

FOCO DE IMPACTO: SISTEMA DE TRATAMIENTO DE GASES DEL SUBSUELO



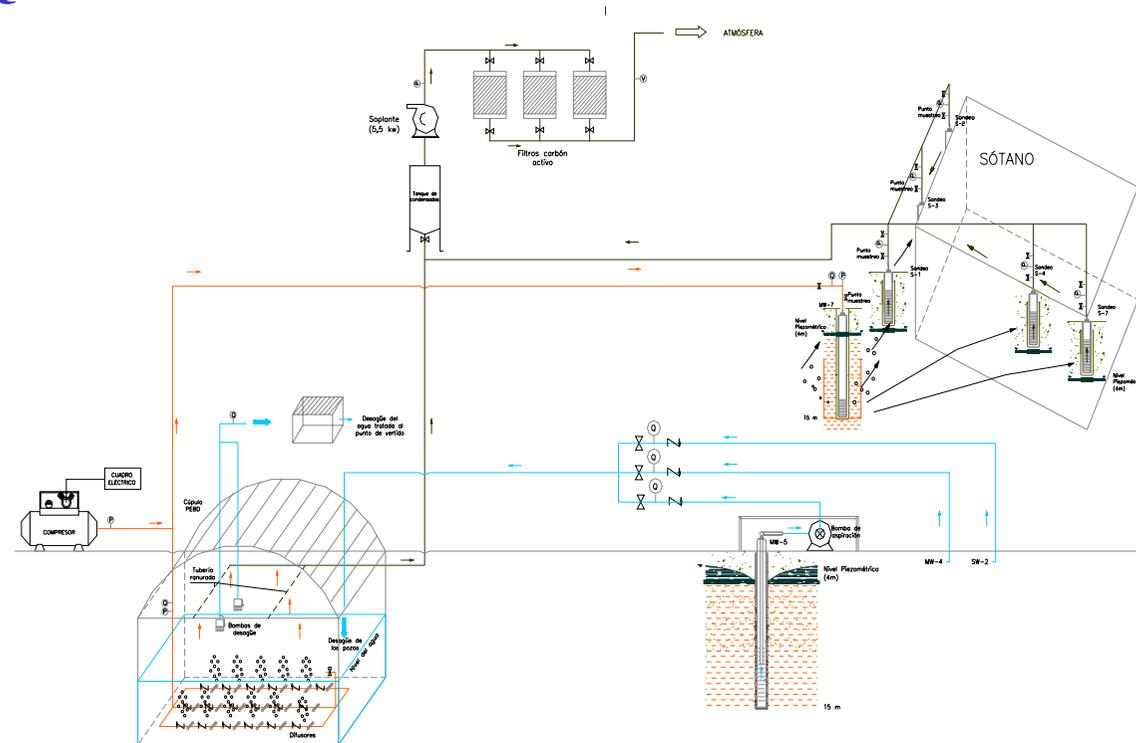
AREAS PERIFÉRICAS: SISTEMA DE CONTENCIÓN



LEYENDA	
	Pozo de bombeo
	Tubería de descarga
	Tubería de vertido del agua tratada

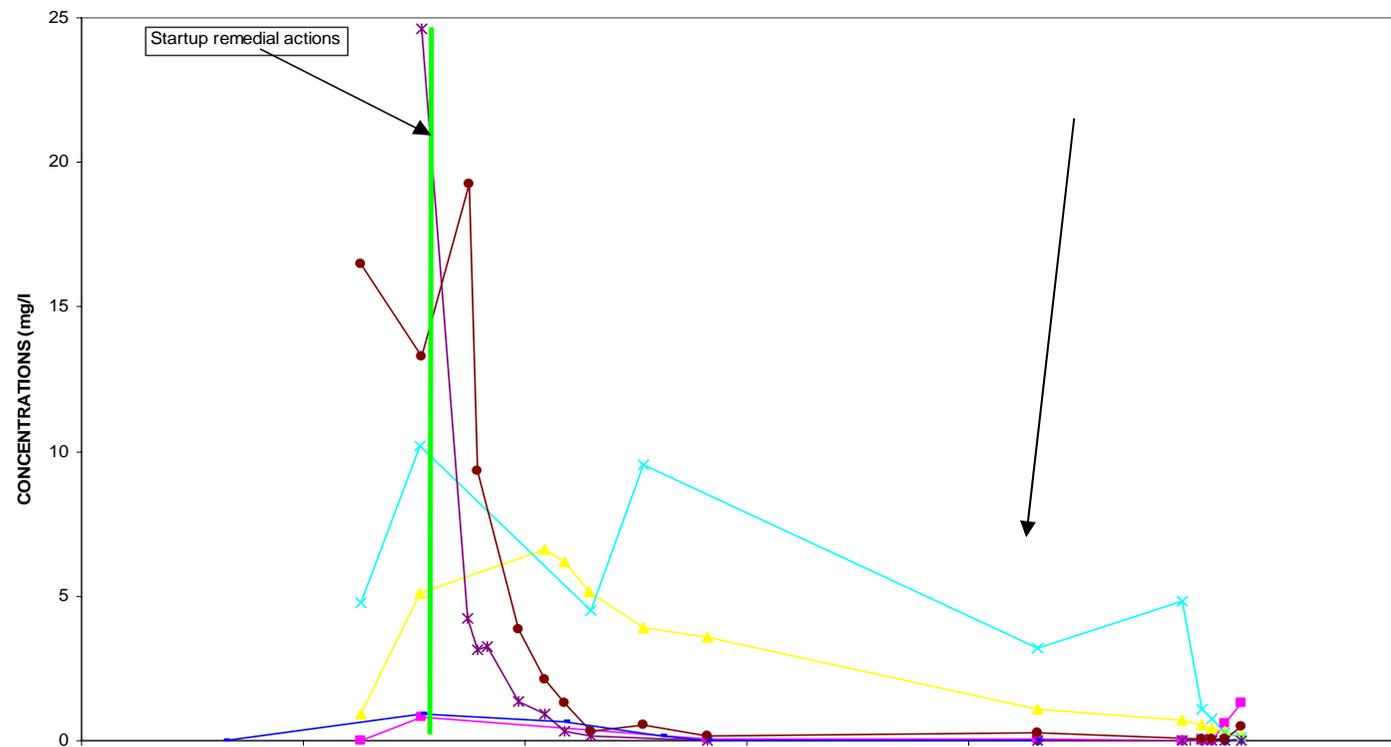


ESQUEMA GENERAL

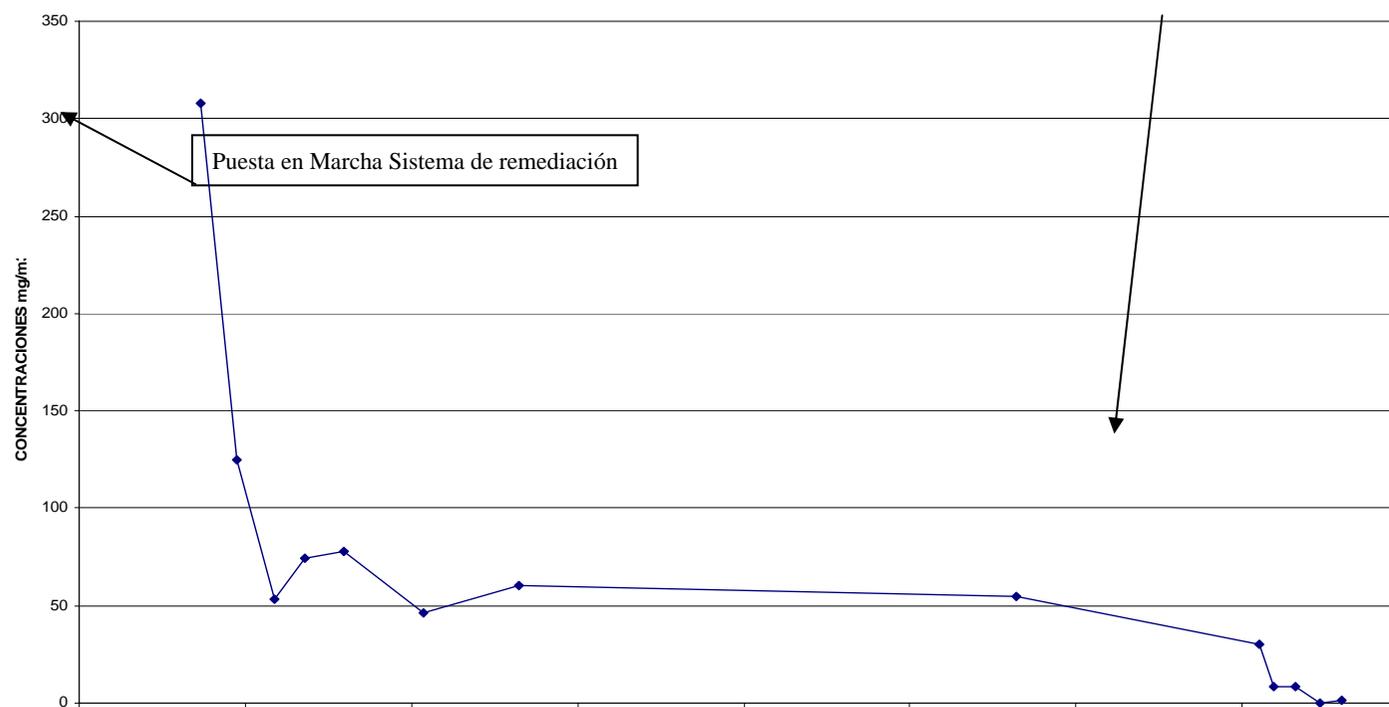


CLAVE	
— (línea naranja) —	— (símbolo) — Caudalímetro
— (línea verde) —	— (símbolo) — Medidor de presión
— (línea azul) —	— (símbolo) — Anemómetro
— (línea roja) —	— (símbolo) — Válvula de paso
— (línea negra) —	— (símbolo) — Válvula de purga
	— (símbolo) — Válvula antirretorno

OPERACIÓN Y CONTROL: EVOLUCIÓN DE LAS CONCENTRACIONES EN AGUA SUBTERRÁNEA



OPERACIÓN Y CONTROL: EVOLUCIÓN DE LAS CONCENTRACIONES GASEOSAS EN SUELOS



URS España. Contacto

Méndez Alvaro, 9. 28045 Madrid
Tel. +34 915064730. Fax 914683953

Comte d'Urgell, 143. 08037 Barcelona
Tel. +34 934571793. Fax 93458968

pedro_verzier@urscorp.com

www.urscorp.es

