

**MINISTERIO DEL AMBIENTE**  
Vice Ministerio de Gestión Ambiental  
Dirección General de Calidad Ambiental

## **GUÍA PARA LA ELABORACIÓN DE PLANES DE DESCONTAMINACIÓN DE SUELOS**

En el marco del Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, que aprueba los  
Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo

2014

## ÍNDICE

ÍNDICE.....	1
I. GLOSARIO.....	3
II. INTRODUCCIÓN.....	6
1. FASE DE IDENTIFICACIÓN.....	8
1.1. EVALUACIÓN PRELIMINAR.....	8
1.1.1. INVESTIGACIÓN HISTÓRICA.....	9
1.1.2. LEVANTAMIENTO TÉCNICO DEL SITIO.....	11
1.1.3. MODELO CONCEPTUAL INICIAL.....	13
1.2. MUESTREO DE IDENTIFICACIÓN.....	13
1.3. MUESTREO DE NIVEL DE FONDO.....	14
1.4. INFORME DE IDENTIFICACIÓN DE SITIOS CONTAMINADOS.....	14
2. PLAN DE DESCONTAMINACIÓN DE SUELOS.....	16
2.1. FASE DE CARACTERIZACIÓN.....	16
2.1.1. ESTRATEGIA PARA EL ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN.....	16
2.1.2. MUESTREO DE DETALLE.....	16
2.1.3. EVALUACIÓN DE RIESGOS A LA SALUD Y EL AMBIENTE.....	17
2.2. PROPUESTA DE ACCIONES DE REMEDIACIÓN.....	17
2.3. CONTENIDO DEL PLAN DE DESCONTAMINACIÓN DE SUELOS.....	19
BIBLIOGRAFÍA.....	30
ANEXOS.....	31

## LISTA DE TABLAS

Tabla N° 1: Documentos de consulta y fuentes para la investigación histórica .....	9
Tabla N° 2: Posibles preguntas durante la entrevista .....	11
Tabla N° 3: Guía de aspectos y preguntas claves para el levantamiento técnico .....	12
Tabla N° 4: Estructura del Informe de Identificación de Sitios Contaminados .....	15
Tabla N° 5: Contenido de un Plan de Descontaminación de Suelos .....	19

## LISTA DE ANEXOS

Anexo N° 1: Flujograma para elaboración de PDS .....	32
Anexo N° 2: Formato de cuestionario – Fase de Identificación .....	33
Anexo N° 3: Elementos orientativos .....	35
Anexo N° 4: Ejemplo de Esquemas del modelo conceptual.....	39
Anexo N° 5: Formato de tabla de presentación de resultados del Muestreo .....	41
Anexo N° 6: Orientaciones para el levantamiento topográfico .....	42
Anexo N° 7: Matriz de determinación para el análisis de alternativas de remediación .....	43

## LISTA DE ACRÓNIMOS

ERSA	Evaluación de Riesgo a la Salud y al Ambiente.
ECA	Estándar de Calidad Ambiental.
EO	Elemento Orientativo
IGA	Instrumento de Gestión Ambiental
IGP	Instituto Geofísico del Perú
INDECOPI	Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual.
LMP	Límite Máximo Permisible
MD	Muestreo detallado.
MI	Muestreo de Identificación o Exploratorio.
MF	Muestreo de Fondo.
MC	Muestreo de Comprobación
MINAM	Ministerio del Ambiente
PDS	Plan de Descontaminación de Suelos.
SISCO	Sistema de Información sobre Sitios Contaminados
UTM	Universal Transverse Mercator

## I. GLOSARIO

**Área de Potencial Interés:** Extensión de terreno sobre el que se realizarán efectivamente las labores de muestreo. Se trata de áreas identificadas durante la Fase de Identificación en las cuales existe alguna evidencia de potencial contaminación del suelo.

**Agua Subterránea:** Se consideran aguas subterráneas las que dentro del ciclo hidrológico, se encuentran en la etapa de circulación o almacenadas debajo de la superficie del terreno y dentro del medio poroso, fracturas de las rocas u otras formaciones geológicas, que para su extracción y utilización se requiere la realización de obras específicas.

**Autoridad competente:** Entidad del Estado del nivel nacional, regional o local que con arreglo a sus atribuciones y según lo disponga su normativa específica ejerce competencia en materia de evaluación de impacto ambiental, en el marco de lo establecido por la Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, su Reglamento aprobado por Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM, y demás disposiciones complementarias o modificatorias.

**Bioacumulación:** Concentración resultante acumulada en el ambiente o en los tejidos de organismos a partir de la incorporación, distribución y eliminación de contaminantes obtenidos por todas las rutas de exposición por ejemplo por aire, agua, suelo, sedimento y alimento.

**Caracterización de sitios contaminados:** Determinación cualitativa y cuantitativa de los contaminantes químicos o biológicos presentes, provenientes de materiales o residuos peligrosos, para estimar la magnitud y tipo de riesgos que conlleva dicha contaminación.

**Contaminante:** Cualquier sustancia química que no pertenece a la naturaleza del suelo o cuya concentración excede la del nivel de fondo susceptible de causar efectos nocivos para la salud de las personas o el ambiente.

**Evaluación de riesgos a la salud y el ambiente:** Es el estudio que tiene por objeto definir si la contaminación existente en un sitio representa un riesgo tanto para la salud humana como para el ambiente, así como los niveles de remediación específicos del sitio en función del riesgo aceptable y las acciones de remediación que resulten necesarias.

**Fracción de hidrocarburos F1 o hidrocarburos fracción ligera:** Mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas contengan entre cinco y diez átomos de carbono ( $C_5$  a  $C_{10}$ ). Los hidrocarburos fracción ligera deben analizarse en los siguientes productos contaminantes: mezcla de productos desconocidos derivados del petróleo, petróleo crudo, gasavión, gasolvente, gasolinas, gas nafta.

**Fracción de hidrocarburos F2 o hidrocarburos fracción media:** Mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas contengan entre diez y veintiocho átomos de carbono ( $C_{10}$  a  $C_{28}$ ). Los hidrocarburos fracción media deben analizarse en los siguientes productos contaminantes: mezcla de productos desconocidos derivados del petróleo, petróleo crudo, gasóleo, diesel, turbosina, queroseno, mezcla de creosota, gasavión, gasolvente, gasolinas, gas nafta.

**Fracción de hidrocarburos F3 o hidrocarburos fracción pesada:** Mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas contengan entre veintiocho y cuarenta átomos de carbono ( $C_{28}$  a  $C_{40}$ ). Los hidrocarburos fracción pesada deben analizarse en los siguientes productos contaminantes: mezcla de productos desconocidos derivados del petróleo, petróleo crudo, combustóleo, parafinas, petrolatos, aceites derivados del petróleo.

**Materiales y residuos peligrosos:** Aquellos que por sus características fisicoquímicas y/o biológicas o por el manejo al que son o van a ser sometidos, pueden generar o desprender polvos, humos, gases, líquidos, vapores o fibras infecciosas, irritantes, inflamables, explosivos,

corrosivos, asfixiantes, tóxicos o de otra naturaleza peligrosa o radiaciones ionizantes en cantidades que representan un riesgo significativo para la salud, el ambiente o a la propiedad.

**Modelo Conceptual:** Relato escrito y/o representación gráfica del sistema ambiental y de los procesos físicos, químicos y biológicos que determinan el transporte de contaminantes desde la fuente, a través de los medios que componen el sistema, hasta los potenciales receptores que forman parte de él.

**Muestreo de Identificación:** Es aquel orientado a identificar si el suelo está contaminado o no. Entiéndase que toda referencia hecha al muestreo exploratorio en el Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, se entenderá como referida al muestreo de identificación.

**Muestreo de Detalle:** Es aquel orientado a identificar el área y el volumen del suelo impactado, y de ser el caso, de otros medios afectados por las sustancias señaladas en el Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM.

**Muestreo de Comprobación:** Es aquel orientado a comprobar si se alcanzaron con los ECA para suelo, los niveles de fondo, los niveles de remediación determinados en el ERSA u otros objetivos de remediación establecidos.

**Muestreo de Nivel de Fondo:** Es aquel orientado a identificar el nivel de fondo en el suelo.

**Nivel de Fondo:** Concentración en el suelo de los químicos regulados que no fueron generados por la actividad objeto de análisis y que se encuentran en el suelo de manera natural o fueron generados por alguna fuente antropogénica ajena a la actividad bajo análisis.

**Nivel de Remediación:** Concentración de un químico de interés determinado de manera específica para las condiciones del sitio, a través del estudio de evaluación de riesgos a la salud y el ambiente.

**Plan de Descontaminación de Suelos:** Instrumento de gestión ambiental que tiene por finalidad remediar los impactos ambientales originados por una o varias actividades pasadas o presentes en los suelos. Los tipos de acciones de remediación que se podrán aplicar, sola o en combinaciones, son: acciones de remediación para la eliminación de los contaminantes del sitio, acciones para evitar la dispersión de los contaminantes, acciones para el control del uso del suelo, y acciones para monitoreo del sitio contaminado. La presentación del Plan de Descontaminación de Suelos no exime de la responsabilidad de elaborar y presentar ante la autoridad competente, los demás instrumentos de gestión ambiental propios de la actividad.

**Puntos de Exposición:** Lugares donde es posible encontrar presencia de contaminantes y donde los receptores, a través de alguna vía, pueden entrar en contacto con los medios contaminados (medios de contacto).

**Remediación:** Tarea o conjunto de tareas a desarrollarse en un sitio contaminado con la finalidad de eliminar o reducir contaminantes, a fin de asegurar la protección de la salud humana y la integridad de los ecosistemas.

**Riesgo:** Probabilidad o posibilidad de que un contaminante pueda ocasionar efectos adversos a la salud humana, en los organismos que constituyen los ecosistemas o en la calidad de los suelos y del agua, en función de las características y de la cantidad que entra en contacto con los receptores potenciales, incluyendo la consideración de la magnitud o intensidad de los efectos asociados y el número de individuos, ecosistemas o bienes que, como consecuencia de la presencia del contaminante, podrían ser afectados tanto en el presente como en el futuro.

**Sitio contaminado:** Aquel suelo cuyas características químicas han sido alteradas negativamente por la presencia de sustancias químicas contaminantes depositadas por la actividad humana, en concentraciones tal que en función del uso actual o previsto del sitio y sus alrededores represente un riesgo a la salud humana o el ambiente.

**Suelo:** Material no consolidado compuesto por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y organismos, que comprende desde la capa superior de la superficie terrestre hasta diferentes niveles de profundidad.

**Suelo contaminado:** Suelo cuyas características químicas, han sido alteradas negativamente por la presencia de sustancias contaminantes depositadas por la actividad humana, según lo establecido en el D.S. N° 002-2013-MINAM.

**Suelo agrícola:** Suelo dedicado a la producción de cultivos, forrajes y pastos cultivados. Es también aquel suelo con aptitud para el crecimiento de cultivos y el desarrollo de la ganadería. Esto incluye tierras clasificadas como agrícolas, que mantienen un hábitat para especies permanentes y transitorias, además de flora y fauna nativa, como es el caso de las áreas naturales protegidas.

**Suelo comercial:** Suelo en el cual, la actividad principal que se desarrolla está relacionada con operaciones comerciales y de servicios.

**Suelo industrial/extractivo:** Suelo en el cual, la actividad principal que se desarrolla abarca la extracción y/o aprovechamiento de recursos naturales (actividades mineras, hidrocarburos, entre otros) y/o, la elaboración, transformación o construcción de bienes.

**Suelo residencial/parques:** Suelo ocupado por la población para construir sus viviendas: incluyendo áreas verdes y espacios destinados a actividades de recreación y de esparcimiento.

## II. INTRODUCCIÓN

La Guía para la Elaboración de Planes de Descontaminación de Suelos (PDS) establece lineamientos para la actuación de los titulares de actividades extractivas, productivas o de servicios, responsables naturales o jurídicos, públicos o privados de la descontaminación de suelos contaminados, y para lo cual deben elaborar el PDS como un instrumento de gestión ambiental<sup>1</sup>, conforme lo establece el Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo.

La necesidad de la elaboración de un Plan de Descontaminación de Suelos, se deriva en general de la evidencia de que un sitio supera los ECA para suelo o los niveles de fondo, calificándose como suelo contaminado; siendo necesario para determinar esta condición el desarrollo de la evaluación preliminar del sitio y del muestro de identificación en las áreas de potencial interés.

Determinada la necesidad de elaboración de un PDS, procede el muestreo de detalle, el estudio de caracterización, y cuando corresponda el estudio de Evaluación de Riesgos a la Salud y el Ambiente (ERSA), que junto a la propuesta de acciones de remediación forman parte integrante del Plan de Descontaminación de Suelos.

Todos estos estudios tienen como finalidad establecer las actividades a realizar en el sitio contaminado, causantes de los daños ambientales; los sucesos que condujeron a la contaminación del suelo, el subsuelo y la napa freática, las condiciones hidrogeológicas que prevalecieron en el sitio con base a informaciones documentales, si existen; así como las relaciones de posesión y uso pasado y presente del predio o predios en los cuales se localice el sitio contaminado.

De esta manera, para la aplicación de los ECA para suelo a todo proyecto o actividad que genere o pueda generar riesgos de contaminación del suelo en su emplazamiento y áreas de influencia, se identifican 3 fases claramente diferenciadas<sup>2</sup> según los objetivos que persiguen, éstas son:

- a) Fase de identificación (Previo a la elaboración del PDS)
- b) Fase de caracterización (Elaboración del PDS)
- c) Fase de remediación (Posterior al PDS)

Con este propósito, la Guía provee información para la identificación de suelos contaminados, así como para determinar la magnitud de la contaminación del suelo y definir las propuestas de acciones de remediación orientadas a eliminar los riesgos a la salud y el ambiente o reducirlos a niveles aceptables; incluyéndose además detalles del contenido del Informe de Identificación de Sitios Contaminados y del Plan de Descontaminación de Suelos, ambos a ser presentados a la autoridad competente.

La estructura de la Guía para la Elaboración de Planes de Descontaminación de Suelos (PDS) permite su aplicación por parte de los titulares de proyectos nuevos, actividades en curso, y para sitios contaminados en los que la autoridad competente o la entidad de fiscalización

---

<sup>1</sup> D.S. N° 08-2005-PCM, Reglamento de la Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental, Art. 62°

<sup>2</sup> Ver Anexo N° 1 Flujograma para la elaboración del PDS

ambiental determine que no se cumplieron con los objetivos de remediación previstos en el instrumento de gestión ambiental.

La implementación de las acciones de remediación corresponde a la Fase de remediación, la cual queda fuera del alcance de la presente Guía.



## 1. FASE DE IDENTIFICACIÓN

La Fase de identificación, tiene por objeto determinar si un sitio supera o no los ECA para Suelo o los niveles de fondo. Para su desarrollo se debe realizar una evaluación preliminar que comprende la investigación histórica y el levantamiento técnico del sitio; y sobre esta base se ejecuta el **muestreo de identificación o exploratorio**. Los parámetros que se analicen serán aquellas sustancias químicas de interés toxicológico o ecotoxicológico generados por la actividad presente o pasada, en el sitio de estudio.

### 1.1. EVALUACIÓN PRELIMINAR

La condición actual de un sitio es consecuencia de las actividades que en el mismo se han desarrollado. El conocimiento de su historia permite resolver si es necesario continuar con las siguientes etapas de investigación que confirmen o descarten la contaminación en el suelo.

Una forma eficaz de obtener evidencias de contaminación del suelo es a través de una investigación histórica del sitio y sus actividades. En esta sección se brindan procedimientos y criterios para ejecutar esta tarea.

La evaluación preliminar, tiene como objetivo recopilar, complementar y validar información requerida para determinar:

- Las áreas de potencial interés,
- Los parámetros a ser analizados en los suelos,
- Los esfuerzos de muestreo, entre otros.

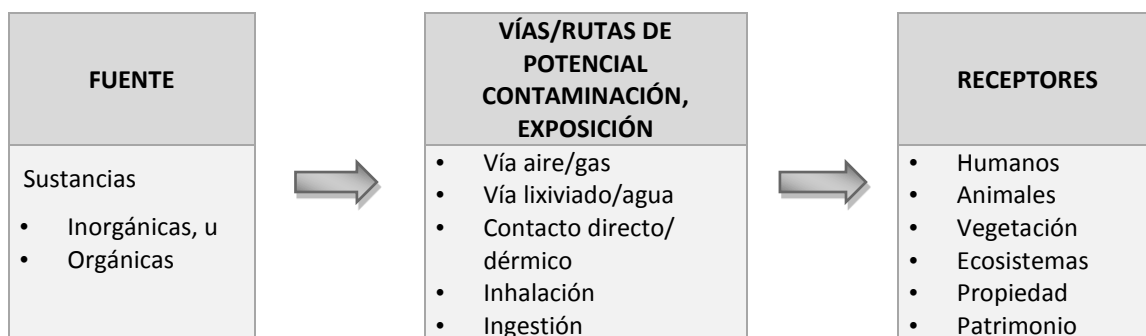
Este proceso permite reconstruir detalladamente el pasado del sitio para:

- Confirmar los indicios que clasifican al sitio como potencialmente contaminado (denuncias, uso de suelo industrial o disposición de residuos, etc.).
- Conocer las operaciones desarrolladas (principales y secundarias o auxiliares) en el sitio para definir la naturaleza de la potencial contaminación, los contaminantes, las distintas rutas, vías de exposición y los efectos adversos observados en el ambiente o los efectos potenciales que pudieran presentarse.
- Delimitar las áreas que pueden estar contaminadas y requieren de un Muestreo de Identificación (MI).
- Elaborar recomendaciones que orienten las etapas subsecuentes, en forma de un modelo conceptual y la definición del alcance del Muestreo de Identificación, y de ser el caso las recomendaciones específicas para investigaciones técnicas (caracterización).

#### **Procedimiento secuencial de la evaluación preliminar y planeamiento estratégico**

- Identificar fuentes primarias – las causas de la contaminación
- Caracterizar focos o fuentes secundarias – calificar la contaminación
- Definir las vías y rutas de exposición y receptores - propagación de los contaminantes y bienes a proteger (estimación del riesgo).
- Juntar la información y modelar los escenarios de exposiciones potenciales relevantes – desarrollo de un modelo conceptual inicial.

Escenario de exposición:



A través de la revisión de documentos y de entrevistas con referentes calificados, el investigador deberá hacer los mayores esfuerzos en conocer la evolución cronológica de los usos del suelo hasta el presente. Para optimizar ambas tareas, se sugiere definir una estrategia de búsqueda y fijar plazos convenientes. En el Anexo N° 3 se brindan algunos Elementos Orientativos (EO) para el desarrollo de la evaluación preliminar.

Toda la información recopilada ha de ser usada para la preparación del Informe de Identificación de Sitios Contaminados.

#### 1.1.1. INVESTIGACIÓN HISTÓRICA

Esta tarea consiste en reunir y revisar documentos sobre el sitio y sus actividades, para obtener la siguiente información:

- Evolución cronológica de los usos y ocupación del sitio
- Tipos y ubicación en el sitio de los principales procesos productivos y operaciones desarrollados en cada actividad.
- Características y gestión de las emisiones a la atmósfera, efluentes líquidos y residuos sólidos generados por cada actividad.
- Eventos significativos ocurridos en el sitio, que pudieran haber provocado un impacto sobre el mismo.

No es común encontrar registros específicos sobre el sitio, pero el investigador deberá consultar la mayor cantidad de fuentes para obtener un conocimiento amplio, contrastar estos datos y validarlos. En la Tabla N° 1 se presenta una lista de algunos documentos que se pueden consultar y la información relevante a obtener.

**Tabla N° 1: Documentos de consulta y fuentes para la investigación histórica**

Tipo de documento	Información relevante
Mapas, planos, fotografías aéreas o imágenes satelitales de alta definición.	Ubicación del sitio, superficie ocupada, topografía e hidrología, usos del suelo en el sitio y su entorno para distintos años.
Registros geológicos e hidrogeológicos.	Características geológicas e hidrogeológicas locales y regionales, aptitud y usos locales del agua subterránea.
Revistas y libros que brinden referencias históricas sobre la localidad y sus actividades productivas.	Uso y ocupación del suelo en la localidad.
Registros de la actividad y producción industrial y agropecuaria.	Datos históricos de producción en las actividades de interés: materias primas y productos, volúmenes de producción,

Tipo de documento	Información relevante
	tecnologías y procesos.
Registros de disposición final de residuos sólidos municipales y peligrosos.	Localización de áreas de disposición final de residuos dentro y fuera del sitio.
Registros de incendios y accidentes químicos.	Identificación de áreas afectadas por accidentes en el sitio y su entorno
Registros de quejas y denuncias de vecinos (posibles perjuicios producidos por las actividades que se han desarrollado en el sitio).	Identificación de potenciales impactos ambientales generados por las actividades desarrolladas en el sitio.
Licencias y autorizaciones.	Identificación de procesos y operaciones, su ubicación dentro del sitio, potenciales impactos ambientales y de salud generados por las actividades desarrolladas en el sitio.
Registros de denuncias de accidentes laborales, intoxicaciones y otras afecciones a la salud vinculadas al sitio.	Identificación de potenciales impactos en la salud generados por las actividades desarrolladas en el sitio.
Registro de conflictos laborales en las actividades desarrolladas en el sitio	Identificación de cambios en los procesos productivos (clausuras, suspensión temporal de actividades, cambios de tecnología, variación en volúmenes de producción), y en las condiciones de salud laboral.

Las fuentes de información histórica de un sitio pueden ser:

1. **Fuentes documentales oficiales:** Propietario del predio<sup>3</sup>, instituciones y entidades gubernamentales a nivel regional, y municipal para la obtención de los registros de agua, electricidad y drenaje, procedimientos por denuncias y sanciones, registro público de la propiedad.
2. **Fuentes documentales no oficiales:** Universidades, empresas consultoras, periódicos, revistas, registros de la empresa sobre los eventos relacionados con la contaminación en el sitio, expedientes, autorizaciones de construcción, permisos de descarga u otros.
3. **Fuentes no documentales válidas:** Como por ejemplo entrevistas a ex trabajadores y pobladores del sitio o empleados municipales.

**NOTA:** Tales documentos e informaciones pueden ser solicitados mediante comunicación formal, o acceso a la información pública por sus diversas vías. Es recomendable guardar constancia de las solicitudes de información y sus respuestas.

### **Entrevistas**

Las entrevistas son herramientas para buscar información que valide o mejore el conocimiento obtenido a través de la revisión de documentos, y de la inspección del sitio.

Frecuentemente, es la única forma de obtener información sobre las actividades debido a la ausencia de registros, y por lo tanto es el único paso substancial de la investigación. En cualquier caso, la revisión de documentos, las entrevistas y la inspección del sitio forman parte de un proceso interactivo de búsqueda y validación, que se retro-alimenta a medida que se va obteniendo mayor información.

<sup>3</sup> Diagramas de flujo de procesos y sus modificaciones a lo largo del tiempo, registros de producción, materias primas utilizadas, productos producidos, residuos generados, registros de ocurrencias fugas, layout, accidentes, identificación de las sustancias químicas de interés, entre otros.

Los entrevistados deberán ser referentes calificados por su relación con el sitio y las actividades, por ejemplo:

- Personas vinculadas directamente a las actividades desarrolladas en el sitio, actualmente o en el pasado: operarios, personal de jerarquía, representantes legales y empresarios, sindicatos, clientes y proveedores.
- Vecinos, propietarios, o habitantes actuales y anteriores del sitio.
- Historiadores, periodistas y otros referentes con amplios conocimientos de la localidad y su historia.
- Especialistas y referentes locales en la temática ambiental.

Es conveniente establecer previamente las consultas que se van a realizar durante la entrevista, para lo cual se sugieren las preguntas clave presentadas en la Tabla N° 2.

**Tabla N° 2: Posibles preguntas durante la entrevista**

<p><i>¿Cuál ha sido su relación con el sitio y las actividades?</i></p> <p><i>¿Qué actividades se desarrollan/ han desarrollado en el sitio? ¿Durante qué período?</i></p> <p><i>¿Qué personal emplea/ empleaba cada actividad?</i></p> <p><i>¿Conoce en la localidad alguna filial, sucursal o área de operaciones de estas actividades fuera del sitio?</i></p> <p><i>¿Quién es el propietario del sitio?</i></p> <p><i>¿Conoce alguna actividad similar que se desarrolle o se haya desarrollado en la localidad?</i></p> <p><i>¿El sitio ha sufrido modificaciones en su morfología? ¿Qué edificaciones se han construido, cuál ha sido su uso y donde están ubicadas?</i></p> <p><i>¿Han ocurrido accidentes y eventos notables concernientes a la salud ocupacional (incendios, derrames)?</i></p> <p><i>¿Cuáles eran/ son las emisiones a la atmósfera, los efluentes líquidos y residuos sólidos de las actividades?</i></p> <p><i>¿Cómo han sido/ son manejadas?</i></p> <p><i>¿Dónde se ubican los puntos de vertido de los efluentes líquidos de cada actividad?</i></p> <p><i>¿Han existido/ existen áreas de depósito, tratamiento o disposición final de residuos, por ejemplo, rellenos sanitarios, botaderos, etc.?</i></p> <p><i>¿Cómo se conducían/ conducen las aguas pluviales?</i></p> <p><i>¿El sitio ha sufrido/ sufre inundaciones?</i></p> <p><i>¿Los vecinos del sitio se han visto afectados y han presentado quejas por las actividades?</i></p> <p><i>¿Quién o qué institución podría brindar información adicional?</i></p> <p><i>Entre otras</i></p>
---

Es necesario dejar registro de todas las entrevistas para su consulta cada vez que sea necesario, y para que otros investigadores cuenten con este material. Para ello es útil tomar notas y, si es posible usar una grabadora cuando el entrevistado no presente objeciones.

### **1.1.2. LEVANTAMIENTO TÉCNICO DEL SITIO**

Luego de haber realizado la investigación histórica del sitio, se tiene un conocimiento general sobre la actividad desarrollada; pero no en todos los casos y por diferentes razones (ej. falta de registros o testimonios) es posible obtener información. Una vez agotadas las posibilidades y las fuentes de información, con base en la información recabada se debe realizar el levantamiento técnico del sitio (inspección del sitio).

El objetivo de esta etapa es obtener información precisa que sirva de sustento para la planificación del muestreo de identificación y de ser el caso, de la fase posterior de caracterización; para la identificación de los usos actuales del sitio y del entorno; los receptores humanos, ambientales y ecológicos; y la identificación de los usos pasados.

La inspección del sitio incluye entre otras cosas: el recorrido del sitio, la memoria fotográfica del sitio durante el recorrido, el levantamiento topográfico de los límites del predio o predios,

la localización de estructuras y construcciones, la identificación de todos los componentes, estructuras, instalaciones y obstáculos físicos que influyen en la localización de los puntos de muestreo, la descripción y localización de todas las áreas con antecedentes de manejo de sustancias potencialmente contaminantes, la descripción de las características hidrogeológicas del suelo con base a la información documental, la descripción de los depósitos, apilamientos o hallazgos de residuos depositados, entre otros aspectos relevantes del sitio.

El levantamiento técnico del sitio cumple varias funciones: confirmar y complementar la información ya recopilada, y recabar en la medida de lo posible la información faltante.

Antes de realizar la inspección al sitio, es necesario planificar la inspección, con el objetivo de centrar la atención en los aspectos claves a levantar.

Para cada sitio en particular, la información a levantar será diferente y específica dependiendo de la información previa obtenida. Para ayudar en la etapa de inspección, existen una serie de preguntas que deben responderse durante la inspección al sitio (ver Tabla N° 3 y Anexo N° 2), en el caso de que no se puedan responder todas las preguntas, es importante que se aclare si esto ha sido por falta de información disponible. Durante la inspección del sitio, es importante que se tomen registros fotográficos que acompañen la información levantada.

**Tabla N° 3: Guía de aspectos y preguntas claves para el levantamiento técnico**

*¿Cómo se ingresa al sitio? ¿El acceso es controlado o está limitado?*  
*¿Qué actividades se observan en el sitio y su entorno al momento de la inspección? (recreativa, residencial, agrícola, comercial, industrial) ¿Está abandonado?*  
*¿Es un "área de paso" para vecinos?*  
*¿Existe cubierta vegetal del suelo?*  
*¿Cuál es la superficie aproximada del sitio?*  
*¿Existen construcciones en el sitio? ¿En qué condición se encuentran las instalaciones y cuál es su función?*  
*¿Existen evidencias de áreas de disposición final de residuos en el sitio? Ubicar y describir las áreas identificadas.*  
*¿Se observan residuos sólidos en áreas exteriores del sitio o al interior de edificios?*  
*¿Cuenta con equipos transformadores o capacitores? (Año de fabricación)*  
*Ubicar y describir las áreas identificadas. Identificar los residuos, las condiciones de depósito, y estimar su volumen.*  
*¿Existen evidencias de derrames en el sitio? Ubicar y describir las áreas identificadas.*  
*¿Existen tanques de combustible o de otros productos químicos en áreas exteriores o al interior de edificios?*  
*¿Hay personas habitando en el sitio? Describir esta población: N° de familias, distribución por edades, situación socio-económica, actividades laborales.*  
*¿Se crían animales para consumo humano en el sitio y su entorno? ¿Qué animales?*  
*¿Existen áreas de cultivo para consumo humano en el sitio y su entorno? Ubicar y describir las áreas identificadas.*  
*¿Existen cuerpos de agua próximos o que atraviesen el sitio? (ríos, lagunas, arroyos, cochas, etc.) ¿Cuál es su uso? (recreativo, pesca, consumo humano, etc.).*  
*¿Existen pozos de extracción de agua subterránea en el sitio o su entorno?*  
*¿Se utiliza el agua subterránea para consumo humano, de animales o productivo?*  
*¿Existen áreas recreativas y de reunión de niños<sup>4</sup> en el sitio o en el entorno? Ubicar y describir las áreas identificadas.*  
*Realice una descripción general de la topografía, morfología y vegetación del sitio.*  
*Entre otras preguntas.*

<sup>4</sup> Actividades recreativas como por ej. parques, y clubes deportivos, incluyendo instituciones educativas como guarderías y escuelas, etc.

En la inspección, se puede tomar como indicios:

- Ausencia de vida salvaje (pájaros y animales) y/o de vegetación
- Olores extraños
- Vegetación estresada o muerta
- Coloración o decoloración de suelos y pisos
- Impermeabilización deficiente
- Suelo retirado del local
- Amontonado en pilas
- Disposición de cilindros desordenadas
- Constatación de derrames o fugas.

### 1.1.3. MODELO CONCEPTUAL INICIAL<sup>5</sup>

Existen diferentes maneras de elaborar un modelo conceptual inicial del sitio, puede ser una descripción gráfica o una descripción esquemática de la relación entre la fuente de la contaminación y los receptores vulnerables potenciales las cuales van acompañadas de descripciones escritas.

El modelo conceptual incluye:

- Fuente de los contaminantes críticos seleccionados.
- Receptores de la contaminación.
- Rutas de exposición (mecanismos de transporte).
- Vías de exposición.
- Posible migración de los contaminantes de un medio físico a otro y su posible migración fuera de los límites del sitio de estudio.
- Otros factores de estrés diferentes a los contaminantes evaluados.
- Factores que modifiquen el efecto de los contaminantes sobre los receptores por ejemplo el estado nutricional de los organismos receptores, la temperatura, salinidad y pH del medio, presencia de materia orgánica, aporte de sedimentos.

En los modelos conceptuales iniciales se indican las posibles consecuencias negativas al ambiente y a las poblaciones expuestas a los contaminantes críticos. Durante el desarrollo del estudio de evaluación de riesgos a la salud y el ambiente, el modelo conceptual inicial puede ser modificado con el propósito de que se incorporen nuevos elementos o se consideren solo aquellos elementos relevantes para la determinación de las acciones de remediación. Ver también Anexo 3 – Elemento Orientativo N° 7.

### 1.2. MUESTREO DE IDENTIFICACIÓN

El alcance del muestreo de identificación o exploratorio ha de quedar definido por los resultados y conclusiones de la evaluación preliminar. El muestreo de identificación tiene por objetivo investigar la existencia de contaminación del suelo a través de la obtención de muestras representativas con el fin de establecer si el suelo supera o no los ECA para suelo y/o los niveles de fondo de acuerdo a lo establecido en el D.S. N° 002-2013-MINAM.

Aquellas sustancias identificadas en los procesos principales, secundarios o auxiliares del sitio en estudio, que por el momento no se encuentran reguladas por el Anexo N° 1 del ECA para suelo, y que son considerados potenciales contaminantes, también deben ser analizadas como parte del Muestreo de Identificación.

<sup>5</sup> Ver Anexo N° 4

El diseño del plan de muestreo de acuerdo a lo que establece la Guía para muestreo de suelos, debe proporcionar información para identificar el número total de muestras necesarias a coleccionar en un área bajo condiciones específicas (distancia estimada de la fuente de contaminación, localización geográfica, condiciones climáticas, entre otros), para caracterizar de forma preliminar la dispersión de la contaminación. A lo largo del proceso de diseño de muestreo, la eficiencia del uso de tiempo, dinero, y los recursos humanos son consideraciones críticas para su elaboración.

Los resultados del muestreo de identificación servirán para el desarrollo del plan de descontaminación de acuerdo a lo que establece el artículo 10° del D.S. N° 002-2013-MINAM..

### **1.3. MUESTREO DE NIVEL DE FONDO**

El objetivo de este muestreo es determinar la concentración de los químicos regulados por el ECA Suelo en sitios contiguos al área contaminada, los mismos que pueden encontrarse en el suelo de manera natural o fueron generados por alguna fuente antropogénica ajena a la considerada, siendo aplicable a metales y metaloides.

Cuando se trate de sitios con antecedentes de presencia natural de sustancias potencialmente tóxicas en el sitio en estudio, se deberá tomar muestras fuera del área de influencia del contaminante, pero de características geográficas similares, que sirvan para establecer niveles de fondo de dichos contaminantes.

Para el desarrollo del muestreo de nivel de fondo aplicar la **Guía para muestreo de suelos**.

### **1.4. INFORME DE IDENTIFICACIÓN DE SITIOS CONTAMINADOS**

El informe consigna los resultados de la evaluación preliminar y del muestreo de identificación. En el caso de que los resultados del muestreo de identificación indicaran que los valores del ECA para suelo y/o niveles de fondo hayan sido superados, el informe se ha de complementar con una propuesta de actividades para la ejecución de la fase de caracterización, la que puede incluir el estudio de evaluación de riesgos a la salud y el ambiente (ERSA).

El informe debe ser remitido en versión física (el número de ejemplares será determinado por la Autoridad Competente) y en versión electrónica (PDF y formatos editables).

El informe debe incluir los resultados de los parámetros de interés que no estando regulados por el Anexo N° 1 del ECA para suelo, han sido evaluados; debiendo precisar los estándares internacionales tomados como referencia para estos parámetros en función al escenario de exposición (por ejemplo el uso del suelo o las matrices de interés). La Autoridad Competente evaluará la pertinencia de la aplicación del estándar internacional utilizado.

La estructura del informe se describe a continuación:

**Tabla N° 4: Estructura del Informe de Identificación de Sitios Contaminados**

CONTENIDO
<p><b>1. Información documental del predio (actual e histórico) (EO 1)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre del sitio (nombre oficial y denominación popular)</li> <li>• Ubicación del sitio (incluye dirección y coordenadas geo-referenciadas)</li> <li>• Usos del suelo actual e histórico</li> <li>• Título de Propiedad, contratos de arrendamiento, concesiones, u otras</li> <li>• Mapa de Procesos</li> <li>• Cuadros de materia prima, productos, subproductos, residuos</li> <li>• Sitios de disposición y descargas</li> <li>• Informes de monitoreo dirigidos a la autoridad</li> <li>• Estudios específicos dentro del predio</li> <li>• Procedimientos administrativos a los que se vio sometido el predio</li> </ul> <p><b>2. Características generales naturales del sitio:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geológicas (estructura, estratigrafía, litología)</li> <li>• Hidrogeológicas</li> <li>• Hidrológicas (localización de pozos, datos de potenciometría, profundidad de nivel de agua, calidad del agua, zonas de recarga y descarga)</li> <li>• Topográficas</li> <li>• Datos climáticos (precipitación, temperatura, dirección predominante del viento, velocidad de viento).</li> <li>• Cobertura vegetal</li> </ul> <p><b>3. Fuentes potenciales de contaminación (EO 2 y EO 3)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fugas y derrames visibles</li> <li>• Zonas de tanques de combustibles, insumos químicos, etc.</li> <li>• Áreas de almacenamiento de sustancias y residuos</li> <li>• Drenajes</li> <li>• Zonas de carga y descarga</li> <li>• Áreas sin uso específico, y otros</li> </ul> <p><b>4. Focos potenciales (EO 4 y EO 5)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Priorización y validación</li> <li>• Mapa de los focos potenciales (mapa de riesgos)</li> </ul> <p><b>5. Vías de propagación y puntos de exposición (EO 7)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Características del uso actual y futuro</li> </ul> <p><b>6. Características del entorno (EO 6)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuentes en el entorno</li> <li>• Focos y vías de propagación (agua subterránea, aire)</li> </ul> <p><b>7. Plan de Muestreo de Identificación</b></p> <p><b>8. Resultados del Muestreo de Identificación</b></p> <p><b>9. Modelo Conceptual Preliminar (inicial) (EO 7+ fuentes y foco fuera del predio)</b></p> <p><b>10. Propuesta de actividades en la Fase de Caracterización*</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Incluye el cronograma de actividades para la elaboración del PDS</li> </ul> <p><b>11. Anexos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Planos topográficos de la ubicación de puntos de muestreo, ubicando aquellas que superan los ECA para suelo y/o los niveles de fondo</li> <li>• Planos de las instalaciones (normalmente 1:10000), geo-referenciados y orto-correctos.</li> <li>• Memoria fotográfica</li> <li>• Documentos que sustenten la investigación preliminar</li> <li>• Entrevistas</li> </ul>

*\* Sólo en el caso de que se excedan los niveles ECA para suelos o los Niveles de Fondo en la Fase de Identificación, se propondrá la propuesta de actividades de la Fase de Caracterización para el desarrollo del PDS.*



## 2. PLAN DE DESCONTAMINACIÓN DE SUELOS

Cuando se determine la existencia de un sitio contaminado derivado de las actividades extractivas, productivas o de servicios, el titular debe presentar el Plan de Descontaminación de Suelos (PDS), el cual es aprobado por la autoridad competente. El PDS abarca la fase de caracterización y las propuestas de acciones de remediación.

La **fase de caracterización** procede cuando los resultados de la fase de identificación determinan que se supera los ECA para suelo o los niveles de fondo. Tiene por objeto determinar la extensión y profundidad de la contaminación del sitio, y comprende el desarrollo del muestreo de detalle, el estudio de caracterización, el estudio de evaluación de riesgo a la salud y el ambiente (ERSA) cuando corresponda, que junto a la propuesta de acciones de remediación, conforma el **Plan de Descontaminación de Suelos (PDS)**, que debe ser presentado a la autoridad competente para su evaluación y aprobación.

### 2.1. FASE DE CARACTERIZACIÓN

Tal como se indicó está conformado por el estudio de caracterización, el muestreo de detalle y el estudio de evaluación de riesgo a la salud y el ambiente (ERSA) cuando corresponda.

#### 2.1.1. ESTRATEGIA PARA EL ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN

Con la información recopilada en la fase de identificación, y habiendo realizado el modelo conceptual inicial del sitio contaminado, se debe planificar el proceso de intervención para la caracterización del sitio, determinando las concentraciones de los contaminantes en el suelo, las posibles rutas de exposición, y en base a ello determinar la posible contaminación de componentes ambientales como aguas superficiales y/o subterráneas y la fase gaseosa del suelo en la atmósfera circundante. La aplicación de una planeación dinámica permite correcciones durante el proceso de caracterización conforme se va ganando conocimientos.

Objetivos principales de la estrategia de caracterización son:

- Determinar la profundidad y extensión de la contaminación del sitio en estudio.
- Comprobar o descartar sospechas de contaminación (sustancias y focos) fuera y dentro del sitio.
- Retroalimentar el Modelo Conceptual (ver Anexo N° 4), considerando las rutas, vías de exposición y los efectos en los receptores.
- Conocer la posibilidad de contaminación procedente de otras fuentes no asociadas al sitio.

Como resultado de la información generada, se establece la necesidad de continuar con los siguientes procesos de gestión de un suelo contaminado: la realización del ERSA (de ser el caso) y la propuesta de acciones de remediación.

#### 2.1.2. MUESTREO DE DETALLE

Tiene por objetivo obtener muestras representativas de suelo para determinar el área y volumen (la distribución horizontal y vertical) de los contaminantes del suelo en las áreas de interés determinadas a través de la fase de identificación.

El muestreo de detalle, cuantifica y delimita las zonas de afectación del suelo y las plumas de propagación en el agua superficial o subterránea, tanto en espacio y tiempo, a partir del modelo conceptual redefinido. Caracteriza los medios en relación a factores que influyen en la liberación, migración y comportamiento de los contaminantes, a través de la delimitación y cuantificación de los focos; así el muestreo de detalle deberá también enfocarse a la determinación de las probables rutas y vías de exposición debiendo considerar los posibles puntos de exposición en el caso de que se lleve a cabo una ERSA.

### **2.1.3. EVALUACIÓN DE RIESGOS A LA SALUD Y EL AMBIENTE**

Es el estudio que tiene por objeto definir si la contaminación existente en un sitio representa un riesgo tanto para la salud humana como para el ambiente, así como los niveles de remediación (NR) específicos del sitio en función del riesgo aceptable y las acciones de remediación que resulten necesarias.

Los estudios de evaluación de riesgo a la salud y el ambiente (ERSA) no tienen como objeto el justificar la no realización de acciones de remediación, sino determinar técnicas de remediación aptas para mitigar los riesgos a la salud y el ambiente a un nivel aceptable. La ERSA se elabora a través del modelo conceptual del sitio, considerando la toxicidad, las características físico-químicas, la distribución, los mecanismos de liberación y de transporte de los contaminantes infiriéndose las posibles rutas y vías de exposición así como los receptores potenciales dentro del sistema.

De acuerdo a la Segunda Disposición Complementaria del D.S. N° 002-2013-MINAM, la elaboración del Estudio de Evaluación de Riesgos a la Salud y el Ambiente se realiza en base a la Guía para la elaboración de Estudios de Evaluación de Riesgos a la Salud y el Ambiente.

## **2.2. PROPUESTA DE ACCIONES DE REMEDIACIÓN**

La propuesta de acciones de remediación se elabora con base en el estudio de caracterización de sitios contaminados y, de ser el caso, en el estudio de evaluación de riesgo a la salud y el ambiente (ERSA).

Los tipos de acciones de remediación que se podrán aplicar, sola o en combinaciones, son: acciones de remediación para la eliminación de los contaminantes del sitio, acciones para evitar la dispersión de los contaminantes, acciones para el control del uso del suelo, y acciones para el monitoreo del sitio contaminado.

Las acciones de remediación en orden de prioridad incluyen (entre otras):

1. Acciones físicas directas (tratamiento, remoción o destrucción de contaminantes) u
2. Otras soluciones para la gestión del riesgo (tales como la construcción de barreras físicas para el aislamiento o contención de los contaminantes, atenuación natural monitoreada etc.).

Estas acciones no necesariamente comprenden la aplicación de técnicas que reconviertan el sitio a sus condiciones originales (restauración), sino la remediación del suelo para un uso determinado en condiciones seguras.

Para la elección de las acciones de remediación se debe evaluar la viabilidad de las posibles alternativas de remediación y determinarlas en función al:

- Análisis de las mejoras técnicas disponibles
- Análisis de sostenibilidad de alternativas
- Análisis de Ecoeficiencia
- De ser el caso: Resultados de ensayos de laboratorio y/o ensayo piloto
- Análisis de costo/efectividad (opcional)

Más detalles para la elaboración del análisis de viabilidad se señalan en el capítulo 2.3.

Seleccionada una alternativa de remediación, para su ejecución se requiere de, una planificación detallada, considerando:

- Descripción detallada y representación gráfica de las acciones de remediación
- Plan de control y de monitoreo en la ejecución
- Plan de muestreo de comprobación
- Cronograma de ejecución de actividades
- Propuestas de medidas de seguimiento
- Estimación de costos

En la elaboración de las propuestas de acciones de remediación, se debe considerar entre otros, los siguientes puntos:

- Si se remueven los suelos contaminados durante los procesos de tratamiento, se almacenarán y manejarán en lugares o superficies, de manera tal que se evite la lixiviación y la filtración de contaminantes en suelos.
- Cuando las acciones de remediación se lleven a cabo en el sitio de la contaminación, se deberá contar con un sistema de captación de lixiviados y no deberán aplicarse proceso o medida de tratamiento alguno en el que se involucren soluciones de agentes químicos o biológicos que transfieran de manera descontrolada los contaminantes de un medio a otro.
- Cuando en las acciones de remediación se empleen métodos o técnicas que liberen vapores, se deberá contar con el sistema de captación correspondiente.
- Los polvos y gases que se emitan como resultado de tratamientos térmicos en la remediación no excederán las concentraciones establecidas en los ECA de aire y/o los LMP.
- La disposición final de los suelos tratados que hayan cumplido con los ECA para suelo, los NF y/o los NR establecidos, podrá realizarse en los sitios que de común acuerdo se establezcan entre la autoridad competente y el responsable.
- En caso de que el suelo contaminado haya sido excavado para su confinamiento, el sitio deberá ser rellenado con material semejante al de la localidad y conforme a la topografía del sitio.
- Cuando deba excavar o removerse el suelo contaminado para llevar a cabo las acciones de remediación, no deberá quedar remanente de contaminación en el sitio de acuerdo con los ECA para suelo, NF o los NR (de ser el caso) establecidos en la propuesta de remediación.
- La adición de microorganismos al suelo se realizará, únicamente, cuando se haya comprobado en campo su necesidad y eficacia.

Se considerará que los suelos son tratados a un lado del sitio (on-site), cuando el tratamiento se realiza sobre un área adyacente al sitio contaminado o sobre un área dentro del sitio contaminado, previa remoción del suelo y materiales semejantes a suelos.

Serán suelos tratados fuera del sitio (off-site), cuando se remueve el suelo y los materiales semejantes a suelos contaminados a un lugar fuera de aquél donde se ubican, para someterlos a tratamiento en instalaciones fijas autorizadas.

Son materiales semejantes a suelos todos aquéllos que por sus propiedades mecánicas, físicas y químicas presenten semejanzas con los suelos contaminados, tales como lodos de presas, lodos y sedimentos de cárcamos<sup>6</sup>, tanques de almacenamiento, entre otros.

## 2.3. CONTENIDO DEL PLAN DE DESCONTAMINACIÓN DE SUELOS

En la Tabla N° 5 se presenta los elementos que forman parte del Plan de Descontaminación de Suelos, y documentos anexos.

**Tabla N° 5: Contenido de un Plan de Descontaminación de Suelos**

CONTENIDO
<b>1. Datos generales</b>
1.1. Nombre y/o Razón Social del que presenta el PDS
1.2. Nombre y firma del representante legal (en su caso)
1.3. Domicilio para recibir notificaciones
1.4. Datos de las empresas (consultoras, laboratorios, etc.) que intervinieron en la elaboración del PDS
<b>2. Estudio de Caracterización</b>
<b>2.1. INFORMACIÓN DEL SITIO CONTAMINADO</b>
2.1.1. Ubicación del sitio contaminado
2.1.2. Descripción del sitio contaminado
2.1.3. Uso actual del sitio contaminado
2.1.4. Descripción de las condiciones climáticas, geológicas, hidrológicas e hidrogeológicas
2.1.5. Levantamiento técnico y topográfico de las condiciones del sitio
<b>2.2. DESCRIPCIÓN Y RESULTADOS DEL MUESTREO DE DETALLE</b>
2.2.1. Descripción del trabajo en campo
2.2.2. Resultados de campo
2.2.3. Resultados analíticos
<b>2.3. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DISPONIBLES</b>
2.3.1. Modelo Conceptual
2.3.2. Estimación del área y volumen del suelo contaminado
2.3.3. Conclusiones y recomendaciones
<b>3. Evaluación de Riesgos a la Salud y el Ambiente (ERSA) - Opcional<sup>7</sup></b>
<b>4. Propuestas de Acciones de Remediación</b>
<b>4.1. OBJETIVOS Y ALCANCE DE LA REMEDIACIÓN</b>
<b>4.2. ANÁLISIS DE VIABILIDAD DE LAS ACCIONES (ALTERNATIVAS) DE REMEDIACIÓN</b>
4.2.1. Análisis de mejores técnicas disponibles
4.2.2. Análisis de la sostenibilidad de las alternativas
4.2.3. Análisis de ecoeficiencia de las propuestas

<sup>6</sup> Fosa que se hace en el suelo para capturar agua pluvial o tratada para posteriormente ser bombeada a algún sitio.

<sup>7</sup> Basarse en la Guía para Evaluación de Riesgos a la Salud y el Ambiente

<b>CONTENIDO</b>
4.2.4. Resultados de ensayos de laboratorio y/o ensayo piloto
4.2.5. Análisis de costo/efectividad (opcional)
4.2.6. Propuesta seleccionada de acciones de remediación
<b>4.3. PLANIFICACIÓN DETALLADA DE LA PROPUESTA SELECCIONADA</b>
4.3.1. Descripción de las acciones de remediación
4.3.2. Plan de control y de monitoreo en la ejecución
4.3.3. Plan de muestreo de comprobación
4.3.4. Plan de manejo de residuos
4.3.5. Cronograma de ejecución de actividades
4.3.6. Propuestas de medidas de seguimiento
4.4. ESTIMACIÓN DE COSTOS
<b>5. Anexos</b>
5.1. Planos
5.2. Plan de muestreo de detalle
5.3. Documentación del muestreo de detalle
5.4. Tablas y representación gráfica de los resultados
5.5. Memoria fotográfica del sitio y de los trabajos efectuados (caracterización )
5.6. Documentos de procesos administrativos
5.7. Hojas técnicas y de seguridad de insumos

## Descripción del contenido del Plan de Descontaminación de Suelos

### 1. Datos Generales

*Los puntos del 1 al 4 son datos que no requieren mayor detalle.*

### 2. Estudio de Caracterización

#### 2.1. INFORMACIÓN DEL SITIO CONTAMINADO

##### 2.1.1. Ubicación del Sitio Contaminado

- *Departamento, provincia, municipio, centro poblado, localidad.*
- *Si el sitio está localizado en un área urbana además: Urbanización y dirección.*
- *Si el sitio está localizado en un área rural: Nombre de localidad más cercana.*
- *Si el sitio se encuentra en una vía de comunicación: kilómetro en ducto o kilómetro en carretera o información similar.*
- *Se deberán establecer las coordenadas UTM (WGS 84) del polígono del predio en estudio en áreas industriales y dentro del polígono la localización de las áreas contaminadas.*
- *Se deberán establecer las coordenadas UTM (WGS 84) del polígono de todo el sitio contaminado en el caso de áreas no urbanas (por ejemplo concesiones mineras y lotes petroleros) geo-referenciados mediante polígonos con 9 puntos como mínimo.*

##### 2.1.2. Descripción del sitio

*Resultados del Informe de Identificación de Sitios Contaminados e investigaciones anteriores, debe considerar:*

- *Las características del terreno.*
- *Fechas relevantes como periodos de operación, fecha de cierre de operaciones, fecha de clausura u otras fechas importantes.*
- *Tipo de instalación.*
- *Motivo o causa de la contaminación de cada área afectada.*
- *Tipo de contaminante por área.*

- *Residuos depositados en el sitio.*
- *Instalaciones remanentes en el sitio.*
- *Ordenamiento territorial: Zonificación urbana y/o clasificación de tierras*
- *Aspectos socio – económicos: Servicio básicos del entorno, sistemas de producción, acceso a servicio de salud e incidencia de enfermedades, percepción de la población sobre la contaminación del sitio.*
- *Área Natural Protegida: Si o no, nombre.*
- *Zona de veda y de protección de agua, señalar si pertenece a cabera de cuenca.*

#### *2.1.3. Uso actual del sitio contaminado*

*Debe señalarse todas las actividades que se desarrollan en el sitio y/o los fines para los cuales se destinan las distintas áreas del predio.*

#### *2.1.4. Descripción de las condiciones climáticas, geológicas, hidrológicas e hidrogeológicas*

*Descripción en base a información documental de las condiciones climáticas<sup>8</sup>, geológicas, hidrológicas e hidrogeológicas.*

#### *2.1.5. Levantamiento técnico y topográfico de las condiciones del sitio*

*Incluye entre otros:*

- *El recorrido del sitio.*
- *El levantamiento topográfico (Anexo N°6) de los límites del predio o predios.*
- *La identificación y localización de todos los componentes, estructuras, edificios, cimentaciones y sus condiciones instalaciones superficiales y subterráneas existentes como drenajes, líneas de conducción, túneles, y obstáculos físicos que influyen en la localización de los puntos de muestreos.*
- *La descripción de todas las áreas con antecedentes de manejo de sustancias potencialmente contaminantes.*
- *La descripción de los depósitos, apilamientos o hallazgos de residuos depositados en el sitio.*
- *Existencia de un sellado superficial del sitio, tipo de sellado (por ejemplo asfalto, concreto, bloques, empedrados, etc.) y porcentajes de áreas selladas y áreas no selladas.*
- *Inclinación y morfología del terreno.*

## **2.2. DESCRIPCIÓN Y RESULTADOS DEL MUESTREO DE DETALLE**

### *2.2.1. Descripción del trabajo en campo*

- *Periodo de la realización del muestreo de detalle.*
- *Puntos y técnicas de muestreo (indicar profundidad y extensión).*
- *Número y listado de las muestras tomadas.*
- *Otros medios o matrices muestreadas (aguas superficiales y/o subterráneas, gases en el suelo).*
- *Justificación en caso de modificación o alteración de la ejecución del plan de muestreo de detalle.*
- *Mediciones en campo (técnicas, dispositivos utilizados, y parámetros de análisis).*

### *2.2.2. Resultados de campo*

- *Observaciones organolépticas.*
- *Perfiles edáficos y geológicos identificados.*

---

<sup>8</sup> Incluye: Precipitación media mensual, media anual, media estacional: temporada de lluvias, temporada de estiaje, temperatura media mensual, evaporación media, y dirección de vientos predominantes

- *Niveles freáticos determinados en campo.*
- *Fuentes de contaminación observados en campo.*
- *Otras observaciones de campo, dependiendo de la técnica de muestreo.*
- *Resultados de las mediciones en campo (en caso de que una prueba de campo incluya toma de muestras, la presentación de los resultados se diferenciará de otros análisis de laboratorio).*

### 2.2.3. Resultados Analíticos

*Los resultados de las determinaciones analíticas de los contaminantes y otros parámetros químicos, físicos y biológicos en las muestras de suelos y otros medios o matrices en estudio (de ser el caso).*

*Los resultados son de fácil comprensión cuando se les resume ordenadamente en una tabla (Ver Anexo N° 5), que muestre:*

- a) La denominación de la muestra.*
- b) La fecha de muestreo.*
- c) El punto de muestreo del cual fue extraída la muestra.*
- d) La profundidad a la que fue tomada la muestra en metros.*
- e) Los valores de concentración de los contaminantes que rebasan y los que no rebasan los valores establecidos en los ECA para suelos, y si la concentración está por debajo del límite de detección, indicar la abreviatura [ <LD ] “Debajo de Limite de Detección”.*

*Otras informaciones relevantes, con respecto a los resultados analíticos que puede contener el informe, son:*

- a) Método analítico por parámetro analizado.*
- b) La fecha de ingreso al laboratorio.*
- c) La fecha de análisis químicos.*
- d) El número máximo de días para transporte y análisis indicado por el método de análisis.*
- e) La preparación de la muestra efectuada.*
- f) Los días de almacenamiento.*
- g) La temperatura de almacenamiento.*
- h) Diferencia de días entre muestreo y análisis.*

*Es importante recalcar que:*

- *Las hojas que emite el laboratorio acreditado de los resultados químicos individuales deben estar membretadas y firmadas; y*
- *La cadena de custodia que emite el laboratorio acreditado o el responsable del muestreo debe estar membretada y firmada.*

## 2.3. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DISPONIBLES

### 2.3.1. Modelo Conceptual

*De acuerdo a la fase de identificación, el modelo conceptual será retroalimentado, para ello se debe tomar en cuenta las siguientes actividades.*

- *Identificación de los contaminantes potenciales.*
- *Identificación y caracterización de las fuentes de contaminación.*
- *Identificación de los mecanismos de migración a través de los medios afectados (suelo, agua subterránea, agua superficial, biota, sedimentos y aire).*
- *Establecer las condiciones del nivel de fondo para cada medio afectado.*
- *Identificar y caracterizar los receptores potenciales.*

- *Determinar los límites del área en estudio o las condiciones de contorno.*

*El nivel de complejidad de un modelo conceptual es definido por la complejidad del área y de los datos disponibles. Al iniciar la investigación de un área contaminada, el modelo conceptual debe ser definido lo antes posible.*

*Al final de la caracterización, el modelo conceptual deberá contener información suficiente para dar soporte al modelo de exposición que será adoptado de ser el caso en la evaluación de riesgo a la salud y el ambiente.*

*Todas estas informaciones que describen la liberación de los contaminantes, migración de los contaminantes y exposición de los receptores, deben ser descritas e integradas en el modelo conceptual, indicando las incertidumbres que permanecen presentes al final de su elaboración.*

*Con base en el refinamiento del modelo al final de cada etapa, evaluar si las incertidumbres resultantes llegaron a niveles aceptables para permitir una toma de decisión.*

*El modelo conceptual debe necesariamente identificar todas las informaciones que necesitan ser levantadas en la próxima etapa del proceso de investigación.*

*Investigación del nivel de fondo:*

- *Establecer la variación en la concentración natural en el suelo.*
- *Establecer la variación en la concentración natural, que puede ser atribuida a la fuente o a otras fuentes.*
- *Evaluar en cuánto la contaminación excede la concentración natural*

*Caracterización de la Fuente:*

- *Localización*
- *Límites*
- *Volumen*

*El posicionamiento de la fuente en los mapas debe ser preciso, incluyendo escala e indicación de orientación (norte; sur), caso disponible, la duración y tasa de liberación de contaminantes.*

*Identificar los caminos de migración de la contaminación:*

- *Distinguir entre caminos ya confirmados y potenciales.*
- *Mecanismos de liberación de los contaminantes de las fuentes primarias y secundarias.*
- *Mecanismos de transporte.*
- *Puntos de exposición.*

*Agua Subterránea<sup>9</sup> – contaminantes sólidos o líquidos que entraron en contacto con el agua subterránea:*

- *Espesor de la zona no saturada.*
- *Velocidad del agua subterránea.*
- *Presencia o proximidad de puntos de descarga, nacientes de agua, afloramientos, u otras condicionantes de flujo (preferencial).*
- *Flujos verticales acentuados (ascendente o descendente).*
- *Aguas artesianas.*
- *Pozos de bombeo.*

---

<sup>9</sup> En relación a las aguas subterráneas, el tema debe ser gestionado bajo los procedimientos que establezca la Autoridad Nacional de Agua y a falta de éstos, se aceptaran procedimientos reconocidos por entidades internacionales reconocidas.



*Descripción de la geología e hidrogeología (identificación de caminos preferenciales):*

- *Agua superficial y sedimentos.*
- *Los valores de la permeabilidad de los estratos muestreados.*
- *Perfil del suelo (la sucesión de estratos).*
- *Cuerpo de agua en contacto directo con la fuente de contaminación.*
- *Mecanismo de transporte válido de la fuente para el cuerpo de agua.*
- *Análisis químicos que indican alteración de la calidad.*
- *La distancia desde la superficie del suelo al nivel del napa freática (aguas someras o cuerpos de aguas colgados) y/o al nivel del acuífero productor.*
- *Descarga de efluentes o drenaje superficial contaminado.*
- *Pluma disuelta o en fase libre descargando en el cuerpo de agua.*
- *En caso de una afectación en aguas subterráneas incluir: dirección del flujo dada a partir de las alturas piezométricas del sitio y el tipo de acuífero (confinado, semi-confinado, abierto, etc.).*
- *Grado de escurrimiento superficial, método de cálculo y memoria de cálculo.*

*Aire:*

*Contaminación del suelo superficial o subsuperficial, agua subterránea, superficial, u otro medio capaz de liberar gases o partículas para el aire.*

*Fuente primaria que libera por el aire contaminación que alcanza otros medios.*

*Suelo:*

*Suelo contaminado que puede entrar en contacto con los receptores potenciales por contacto dérmico, inhalación de partículas o ingestión accidental.*

*Biota:*

- *Bioacumulación*
- *Bioconcentración*

*En el Anexo N° 4 se presenta ejemplo de esquemas de Modelo Conceptual.*

#### *2.3.2. Estimación del área y volumen de suelo contaminado*

*Estimar áreas o sub-áreas, la profundidad y el volumen del suelo contaminado, de ser el caso diferenciado por diferentes agentes contaminantes. Los resultados deben presentarse en tablas y planos.*

#### *2.3.3. Conclusiones y recomendaciones*

*Definidas las áreas y volúmenes de suelo contaminado, se determinan la necesidad de implementar acciones de remediación o complementar la fase de caracterización con el Estudio de Evaluación de Riesgos a la Salud y el Ambiente.*

### **3. Evaluación de Riesgos a la Salud y el Ambiente (ERSA) - Opcional**

*La Evaluación de Riesgos a la Salud y el Ambiente (ERSA) se elabora en base a la guía correspondiente.*

### **4. Propuestas de Acciones de Remediación**

#### **4.1. OBJETIVOS Y ALCANCE DE LA REMEDIACIÓN**

*Los objetivos de la remediación tienen como finalidad asegurar, que al cumplir con la remediación no quede ningún riesgo inaceptable para la salud humana y/o el ambiente.*

*Estos objetivos son en función del modelo conceptual, o de ser el caso la ERSA, considerando:*

- *Los ECA para Suelo, los niveles de fondo y/o los niveles de remediación establecidos por la ERSA.*
- *Potenciales riesgos de contaminación a otros medios (agua y aire).*

*En el caso de que sea previsible un futuro uso más sensible del sitio, por ejemplo un uso residencial o agrícola en una zona comercial/industrial, se debe considerar el uso futuro en la determinación del objetivo de remediación.*

#### **4.2. ANÁLISIS DE VIABILIDAD DE LAS PROPUESTAS DE ACCIONES DE REMEDIACIÓN**

*En el caso de que se consideren más de una alternativa de remediación, incluir el análisis realizado de la viabilidad de las diferentes propuestas de acciones de remediación.*

*En el desarrollo de las propuestas de remediación se deben excluir propuestas de acciones de remediación que no cumplan con los siguientes criterios:*

- *Obtención de los objetivos de remediación*
- *Factibilidad técnica*
- *Pertinencia jurídica*

*Es útil representar el análisis de viabilidad en una matriz de determinación, como la señalada en el Anexo N° 7.*

*El análisis de viabilidad de las propuestas remanentes debe considerar:*

##### **4.2.1. Análisis de mejores técnicas disponibles, considerando**

- *La aptitud de la técnica con respecto a los contaminantes, tipo de suelos, materiales, y características del sitio.*
- *La eficacia con respecto al objetivo de la remediación.*
- *Impactos en las personas que se encuentran en el área de influencia.*
- *Requerimiento de autorizaciones relacionadas a la implementación de las acciones de remediación.*
- *Requerimientos de medidas de higiene y seguridad ocupacional.*
- *Opciones de acciones complementarias.*

##### **4.2.2. Análisis de la sostenibilidad de las alternativas, considerando**

- *Necesidad de seguimiento de las acciones implementadas después de la remediación.*
- *Capacidad de vigilancia/monitoreo del sitio remediado (de ser necesario).*
- *Duración de las medidas, con respecto a la alternativa más eficiente.*

##### **4.2.3. Análisis de Ecoeficiencia de las medidas propuestas, considerando:**

- *Generación, aprovechamiento y eliminación de residuos (durante la remediación).*
- *Consumo de energía.*
- *Generación de gases de efecto invernadero (GEI): CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>*
- *Consumo de recursos naturales: por ejemplo agua, suelo.*

##### **4.2.4. Resultados de ensayos de laboratorio y/o ensayo piloto (de ser el caso).**

- *Diseño del ensayo piloto.*
- *Análisis químicos a realizar.*

- *Plan de muestreo del ensayo piloto.*
- *Resultados del ensayo piloto y conclusiones con respecto a la viabilidad de la técnica de remediación bajo estudio.*

#### *4.2.5. Análisis de costo/efectividad (opcional)*

*Opcionalmente se puede presentar un análisis de costo/efectividad de las propuestas (alternativas) de remediación. Este análisis no tiene como finalidad excluir alternativas de remediación por costos altos, es más bien, un criterio pertinente en la comparación de dos alternativas de remediación, que resulten similares bajo los otros criterios de viabilidad.*

#### *4.2.6. Propuesta seleccionada de acciones de remediación*

*Recomendar y fundamentar una propuesta de remediación en base a los resultados del análisis de viabilidad.*

### **4.3. PLANIFICACIÓN DETALLADA DE LA PROPUESTA SELECCIONADA**

#### *4.3.1. Descripción de las acciones de remediación*

- *Nombre de la técnica o proceso de remediación.*
- *Orden de aplicación de las técnicas o procesos de remediación a aplicar.*
- *Áreas del sitio contaminado donde se aplicará cada técnica o proceso.*
- *Descripción de cada paso a realizar u operación unitarias que conforman el proceso de la remediación.*
- *Objetivos específicos a alcanzar en cada paso u operación de remediación.*
- *Diagramas de flujo de las operaciones a realizar durante la remediación que muestren los flujos de masa de suelos, de los contaminantes y de los insumos.*
- *Puntos críticos donde se pueden generar emisiones a la atmósfera, descargas de agua contaminada, subproductos y residuos peligrosos y los volúmenes aproximados de generación.*
- *Resultados de las pruebas de adecuación de campo de las técnicas de remediación especiales, en su caso.*
- *La indicación del destino final del suelo ya tratado dentro del predio y fuera del sitio.*
- *Descripción de obras civiles involucradas en la remediación en especial de aquellas que requieran mantenimiento para garantizar un nivel de riesgo aceptable.*
- *Especificaciones técnicas y de materiales para la aplicación de medidas constructivas de reducción de la exposición en especial las especificaciones constructivas de obra civil, las especificaciones de la calidad de los materiales utilizados en dichas obras y las especificaciones del plan de mantenimiento de dichas obras de ser necesario.*

#### *4.3.2. Plan de control y de monitoreo en la ejecución*

*Medidas de supervisión internas para garantizar la calidad y eficacia de las obras de remediación con respecto a:*

- *El manejo del suelo en la excavación, la separación y reposición.*
- *Tratamiento del suelo y de las aguas subterráneas, desgasificación o extracción de vapores del suelo.*
- *Medidas de seguridad e higiene ocupacional*
- *Muestreo y análisis de acompañamiento a las obras de remediación.*

#### *4.3.3. Plan de Muestreo de Comprobación*

*De conformidad con lo establecido en la Guía de Muestreo de Suelos.*

#### *4.3.4. Plan de manejo de residuos*

*El cronograma calendarizado de desalojo de los residuos incluyendo aquellos residuos que las operaciones o acciones de remediación pudieran generar (de ser el caso) y su manejo.*

#### 4.3.5. Cronograma de ejecución de actividades

*Cronograma calendarizado de los trabajos a realizar, incluyendo el programa de transporte, de reubicación o de movimiento de suelos.*

#### 4.3.6. Propuestas de medidas de seguimiento

*Plan de monitoreo después de las obras de remediación en los diferentes medios afectados, para probar la sostenibilidad con respecto a la eficacia de las acciones de remediación implementadas.*

### 4.4. ESTIMACIÓN DE COSTOS

*Estimación de costos de remediación, considerando:*

- *Mano de obra*
- *Materiales, insumos y equipos*
- *Consumo de agua y energía*
- *Manejo, tratamiento y disposición de residuos*
- *Muestreo y análisis*
- *Servicios de ingeniería*
- *Planificación y supervisión*
- *Etc.*

## 5. Anexos

### 5.1. PLANOS<sup>10</sup>

*El número de planos requeridos debe basarse en los resultados obtenidos en función a los objetivos planteados en el Plan Descontaminación de Suelos. Los planos elaborados deben ser sinópticos y contar con la información relevante.*

*Todos los planos deben contener como información técnica: Nombre de proyecto, persona que solicita, autor, escala del plano, nombre del plano, fecha de elaboración, de verificación y de firma y orientación geográfica (N, S, E, O), geo-referenciados con coordenadas UTM (WGS 84) y orientación geográfica.*

- ***Plano de ubicación del área en estudio*** a nivel nacional y provincial.
- ***Planos de Detalle***, a una escala tal que permita apreciar la información requerida.
- ***Plano del área en estudio***, donde se muestren:  
*Los principales accidentes como lo son accidentes topográficos, carreteras, puentes, caminos, vías férreas, poblaciones más cercanas, asentamientos humanos más cercanos, ríos, lagos, u otros cuerpos de aguas superficiales cercanos cuando éstos existan. Predio o predios que conforman el sitio contaminado.*
- ***Los planos de instalaciones***, considerando:  
*Instalaciones y equipos (presentes y pasados).  
Depósitos o almacenes de residuos, depósitos o almacenes de materiales peligrosos, Tuberías aéreas y subterráneas.  
Líneas de conducción de electricidad, agua y otros servicios, en caso de verse afectadas o ser necesaria su protección o transferencia durante las acciones de remediación.  
Caminos de acceso y de servicios.*

---

<sup>10</sup> Considerando lo establecido en Anexo N° 6

*Instalaciones o construcciones subterráneas de otra índole.*

- **Plano de ubicación de puntos de muestreo en el área en estudio**, considerando todos los puntos de muestreo disponibles (fase de identificación y de caracterización, de ser el caso de otros estudios):  
*Las características propias dentro del sitio y sus colindancias como caminos de acceso, calles, instalaciones, edificios, drenajes elevaciones de terreno (de ser necesario), etc.*  
*Áreas contaminadas y áreas no contaminadas de suelo.*  
*De ser el caso, cuerpos de agua superficiales afectados, aledaños al sitio.*  
*Los puntos de muestreo en el sitio con las denominaciones que se den en los resultados de los análisis químicos del contaminante.*
- **Planos isométricos de concentraciones y migración del contaminante en el suelo y subsuelo**: Planos que muestren la distribución de los contaminantes por estrato en dos dimensiones, geo-referenciados, a color, en los que se señalen los valores que rebasen los establecidos en el ECA suelo, o en su caso los niveles de remediación específicos del sitio determinados a través de un estudio de riesgos a la salud y el ambiente.
- **Planos isométricos de vista superficial y de vista lateral** de la migración del contaminante en suelo, subsuelo y napa freática.
- **Planos isométricos de vista superficial y de vista lateral** que muestren la estructura y estrato del suelo, subsuelo y napa freática.

#### 5.2. Plan de Muestreo de Detalle

*El plan deberá ceñirse a los procedimientos establecidos en la Guía de Muestreo para Suelos, siendo el contenido principal:*

- *La definición de las responsabilidades y actividades del personal involucrado en cada procedimiento.*
- *La sustentación de la ubicación y el número de puntos de muestreo, la profundidad y el volumen de muestra a colectar.*
- *La estrategia y tipo de muestreo a realizar.*
- *Las técnicas, el equipo y los instrumentos a emplearse en el muestreo.*
- *Los resultados del levantamiento técnico del sitio.*
- *El tipo de los recipientes para conservar las muestras, el tipo y características de la preservación y conservación de las muestras a emplearse durante el transporte de las muestras al laboratorio.*
- *Los procedimientos de aseguramiento de la calidad incluyendo tipo de muestras para asegurar la calidad del muestreo, del transporte y de las pruebas analíticas.*
- *Las medidas de seguridad a seguirse durante el muestreo y manejo de muestras, lo suficientemente explicitadas para asegurar la calidad del muestreo y del personal.*

#### 5.3. Documentación del muestreo de detalle

*Incluye cadena de custodia, fichas de campo, certificados de laboratorio, entre otros.*

#### 5.4. Tablas y representación gráfica de los resultados

*Presentar los resultados de la fase de caracterización, considerando toda la información obtenida previamente de una forma sinóptica, en tablas, diagramas y representaciones gráficas.*

#### 5.5. Memoria fotográfica del sitio y trabajos efectuados en la fase de caracterización

*Se refiere al archivo fotográfico que muestra las características relevantes del sitio con respecto a la evaluación de la contaminación y sus riesgos. La memoria fotográfica deberá cubrir:*

- *Los trabajos efectuados de perforación, en su caso.*
- *La toma de muestras.*
- *La forma de almacenamiento de la muestra.*
- *Edificaciones, en su caso.*
- *Infraestructura como son drenajes, líneas de conducción, instalaciones de servicios, y calles aledañas.*
- *Particularidades del sitio.*
- *Accesos al sitio y sus colindancias.*
- *Imágenes que muestren la extensión de los daños en suelos y edificaciones, accidentes topográficos, características especiales del sitio como arriba se señalan, medidas de emergencia/urgencia aplicadas, medidas de contención del peligro. Todas las imágenes deben estar numeradas y contar con explicación o referencia a pie de imagen.*

#### *5.6. Documentos de procesos administrativos*

- *Indicación de si la autoridad del agua fue informada de algún daño a los mismos (cargo de recepción de la información cursada a la autoridad del agua).*
- *Licencias y/o permisos otorgados al predio para sus operaciones y procesos.*
- *Procesos sancionadores pasados o en curso.*

#### *5.7. Hojas técnicas y de seguridad de insumos*

*En el caso de aplicar sustancias químicas y/o biológicas (microorganismos) en la fase de remediación en el suelo, las aguas subterráneas y/o la fase gaseosa del suelo, se deben adjuntar las hojas técnicas y de seguridad de estas sustancias.*

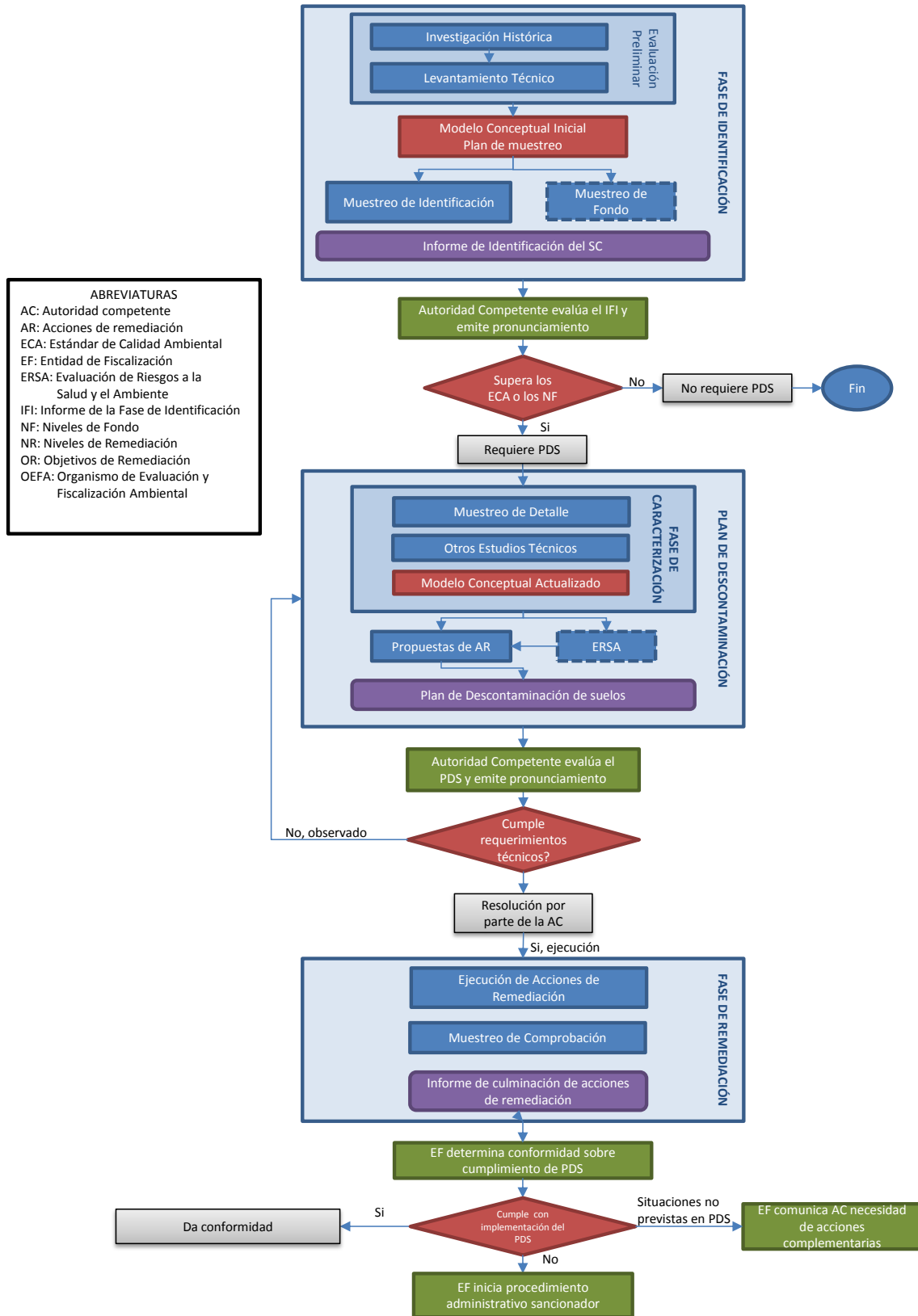
## BIBLIOGRAFÍA

- Guía Técnica para Orientar en la Elaboración de Estudios de Caracterización de Sitios Contaminados. SEMARNART – MÉXICO. 2010.
- Guía técnica para orientar la elaboración de estudios de evaluación de riesgo ambiental de sitios contaminados. Dr. Ulises Ruiz Saucedo. SEMARNAT- MÉXICO. 2006.
- Guía para la Identificación y Evaluación Preliminar de Sitios Potencialmente Contaminados. Ing. Quím. Pablo Gristo e Ing. Quím. Ana Salvarrey. DINAMA- URUGUAY. 2006.
- Guía Metodológica para la Gestión de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes. Fundación Chile. 2012.
- Avaliação preliminar do solos 5000. Projeto CETESB – GTZ. BRASIL. 1999.
- Amostragem do solo 6300. Projeto CETESB – GTZ. BRASIL. 1999.
- Módulo de capacitación: “Gestión de Sitios Contaminados. PhD. Geólogo Andreas Marker. Diplomado Internacional de especialización Avanzada en Gestión y Tecnologías Ambientales. SENATI. 2012.
- Petroleum Hydrocarbons And Chlorinated Hydrocarbons Differ In Their Potential For Vapor Intrusion. Office of Underground Storage Tanks, Washington, D.C. 20460. [www.epa.gov/oust](http://www.epa.gov/oust). EPA – Marzo 2012.

## **ANEXOS**



Anexo N° 1: Flujograma para elaboración de PDS



**Anexo N° 2: Formato de cuestionario – Fase de Identificación**

**Observación:** Este cuestionario es un ejemplo que puede ser modificado, en función de cada situación particular según tipos de actividades/emprendimientos.

**1. Datos e informaciones sobre el sitio y su histórico de uso**

**1.1. Histórico de la ocupación y uso**

1.1.1. Propietarios conocidos:

- a) .....
- b) .....
- c) .....

1.1.2. Ramo productivo actual y pasado (marcar uso principal de periodo más largo)

Actividad actual:..... a partir.....

Uso /actividad industrial anterior:.....desde.....hasta.....

Uso /actividad industrial anterior:.....desde.....hasta.....

**1.2. Informaciones complementarias**

1.2.1. ¿Existe licencia de funcionamiento ?

.....  
.....

1.2.2. Relato sobre advertencias, infracciones y multas

.....  
.....

1.2.3. Relato sobre accidentes:

.....  
.....

**2. Informaciones técnicas**

**2.1. Informaciones generales sobre el funcionamiento de la industria/ emprendimiento (USO PRINCIPAL MÁS LARGO)**

¿Cuántos empleados?

.....

¿Existen pozos, cisternas en el terreno?

.....

¿Se observan enfermedades ocupacionales durante el funcionamiento?

.....

**2.2. Informaciones sobre la producción, las materias-primas, los insumos y combustibles.**

¿Productos que salieron de la industria?

.....

¿Materia-prima, insumos y substancias?

.....

¿Piezas de metal: pinturas o superficies galvanizadas?

.....

Hornos, fundición, tratamiento con calor, calderas ¿Dónde? (anexar fotografías)

.....

**Emisiones atmosféricas:** ¿Había chimenea? Salía humo de la fábrica

.....

**¿Líquidos/ combustibles:** Recipientes como tanques, bacías, baños?

.....  
**bomba y tanque de combustible?** ubicación, anexar fotografía y llenar la tabla abajo  
 .....

	<u>Recipiente</u>	<u>¿Contiene /qué líquido contenía?</u>	<u>¿Aún existe?</u>
1.	_____	_____	_____
2.	_____	_____	_____
3.	_____	_____	_____

**Casa de fuerza eléctrica/cabina primaria:** existe/ existía transformador? describir estado de conservación del piso  
 .....

**Generador de electricidad:** tanque de combustible. Describir estado de conservación del piso  
 .....

**2.3. Informaciones sobre residuos, efluentes y accidentes.**  
 ¿Cómo han tratado y destinado los efluentes y sobras líquidas de la producción? Indicar la ubicación en los croquis, añadir fotografía.  
 .....

**¿Cómo han tratado y destinado los residuos y sobras sólidas de la producción? Indicar la ubicación en los croquis, añadir fotografía.**  
 .....

**Accidentes: Pérdidas accidentales de líquidos o explosiones ¿dónde?**  
 .....

**2.4. Observaciones sobre inconformidades ambientales en el sitio**  
 ¿Manchas en el piso en áreas diferentes de las descritas? Describir, marcar en el mapa  
 .....

¿Pozo, recipientes, alcantarillas, aguas vertidas, canaletas, tubería con presencia de líquidos nocivos, aceites con olor químico? Describir, marcar en el mapa  
 .....

---

**3. Croquis de la Planta Industrial (lay-out de la industria) y/o flujo grama**  
 Llevar una ampliación de foto aérea de gran escala para el campo para usar como base de anotaciones de los locales visitados en la industria y marcar los locales de disposición de residuos, depósitos/almacenes de materias-primas, insumos y combustibles, instalaciones de tratamiento de efluentes, de abastecimiento de energía (generadores, transformadores), calderas y unidades de producción.  
**Alternativa:** diseñar los alrededores vecinos de la propiedad y la planta baja de los predios en el área libre abajo.

**Anexo N° 3: Elementos orientativos**

**ELEMENTOS ORIENTATIVOS – EOs:**

Son orientaciones para recolectar y sistematizar la información requerida para la evaluación preliminar del sitio contaminado. Son identificados como tablas y sirven para estructurar, paso a paso la información. Los evaluadores pueden optar por su uso o de otros elementos que los apoyen en la realización de la evaluación preliminar.

**ELEMENTO ORIENTATIVO N° 1: Eventos importantes históricos**

Año	Evento importante del desarrollo de las actividades industriales con relevancia al medio ambiente	Documento de referencia
1968	Ampliación de las calderas	Licenciamiento otorgado por ...
....	Salidas accidentales de efluentes	Multa establecida por...
	.....	.....

**ELEMENTO ORIENTATIVO N° 2: Resumen de información sobre los procesos productivos**

Unidades de proceso principales	Materia prima	Productos y subproductos	Insumos combustibles	residuos
Platos Granuladores a húmedo.	<b>1975:</b> Superfosfato simple– SSP; sulfato de amonio; cloruro de potasio; MAP; pirofilita; superfosfato triple TSP; Bórax; sulfato de zinc (1975). <b>1979:</b> Todos los anteriores + urea;+ DAP –diamonia fosfato; + sulfato de magnesio;+ sulfato y óxido de Zn	NPK granulados	vapor	
Lavado de tractores; mantenimiento y abastecimiento de vehículos y tractores; pintura y electricidad				Aceite diesel
Sección de insecticidas Molino Raymond	No determinado (Mención en 1972)			Sin evidencias, única mención en texto

**ELEMENTO ORIENTATIVO N° 3:** Documentación de análisis fotogramétrico

Rastreo de la historia de un sitio con la ayuda de fotos aéreas. Utilizando la metodología de análisis estereoscópico (3D) para mejorar la detección de elementos morfológicos (pozos, huecos, agujeros, montes, colinas, desmontes) en la foto (necesidad de pares de fotografías aéreas a una escala mayor de 1: 15.000, dependiendo del propósito del análisis). Análisis multi-temporal comparando los tiempos de varios de los sobrevuelos con el propósito de trazar el desarrollo de un sitio determinado en relación con su uso como sitio de producción industrial o sitio de descarte de residuos sólidos. Documentación en forma de tabla y el mapa y/o Superposiciones con foto. Investigación y calibración de campo.

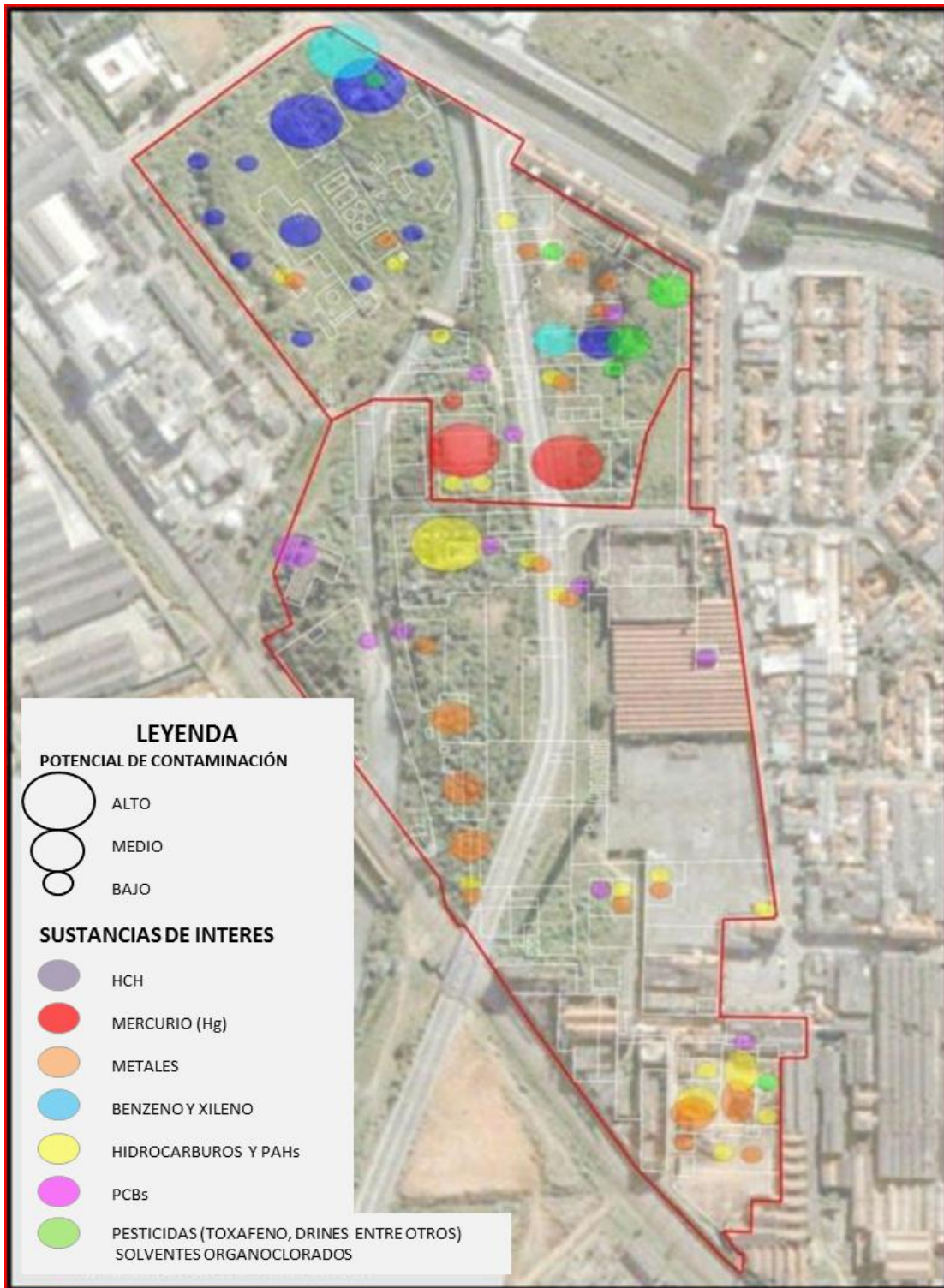
En el caso de contar con la información para el análisis estereoscópico, se podrá usar imágenes satelitales de alta resolución, los cuales pueden ser analizados o verificados con información de campo.

**ELEMENTO ORIENTATIVO N° 4:** Caracterización y ponderación de focos potenciales

Nivel evidencia	Descripción
<b>Confirmado +++</b>	El foco está probado en campo y su existencia se infiere del análisis de los procesos industriales (diagrama de flujo + planta baja). Ejemplo: se pueden observar manchas en el piso y el local aparece en la planta baja (lay out) como un área de desengrase de metales.
<b>Probable ++</b>	El foco sólo se menciona en el diagrama de flujo o plano, no hay indicios en el campo
<b>Posible +/-</b>	El foco se cita a menudo, sin mención específica. Ejemplo: la existencia de un local de desengrase se menciona en algunos documentos o en la entrevista, pero no aparece en el diagrama de flujo o de planta en la industria
<b>Sin evidencias (no confirmado):</b>	La evidencia es débil, sólo una mención o sugerencia

N. en mapa	Foco potencial	Substancia de interés + relevante	Clasificación según evidencia
39	Producción de Vicsafeno	Epicloridrina, toxafeno, (canfeno), tetracloruro de carbono,	+++
38	Antiguo depósito de benceno y xileno	Benceno y xileno	+++
	Antigua Producción de HCH	Isómeros de HCH, benceno, cloro	+++
22	Taller de baterías	Plomo, grasas	+/-

**ELEMENTO ORIENTATIVO N° 5:** Mapa de focos potenciales de contaminación y sus posibles sustancias de interés.



**ELEMENTO ORIENTATIVO N° 6:** Caracterización y ponderación de los focos potenciales fuera del predio

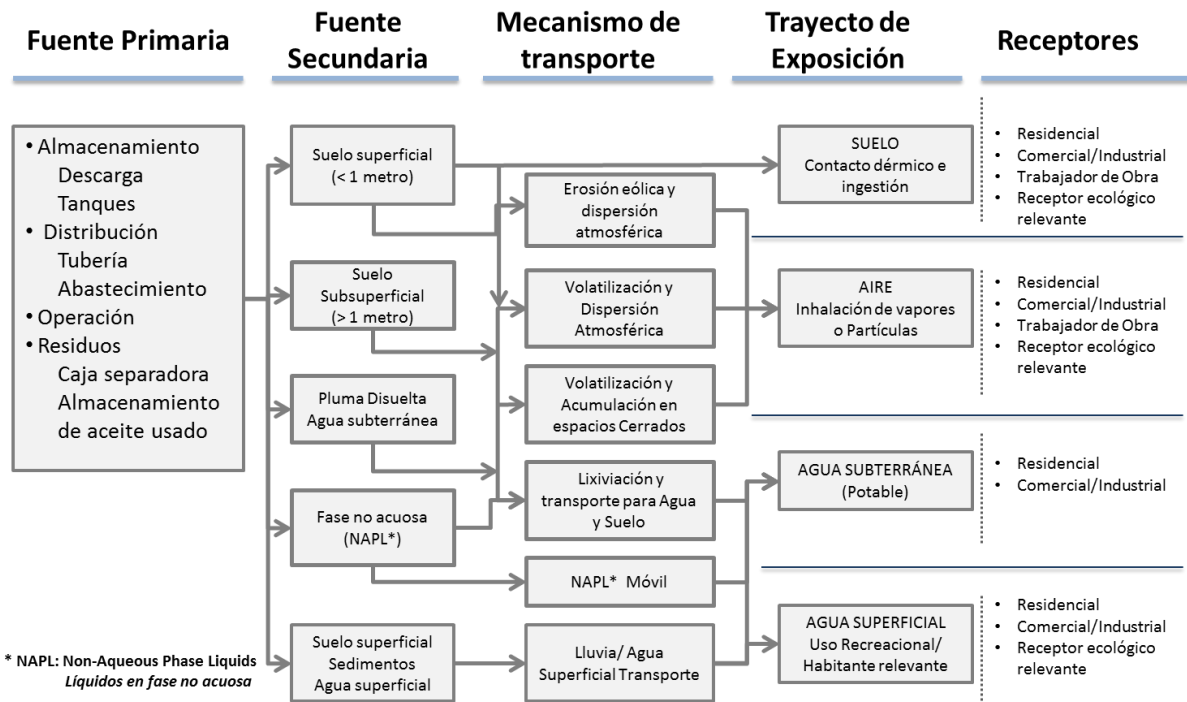
N. mapa	Foco potencial fuera	Substancia de interés + relevante	Clasificación seg. evidencia
39	Gasolinera	Hidrocarburos, gasolina, benceno	+++

**ELEMENTO ORIENTATIVO N° 7: Modelo conceptual inicial**

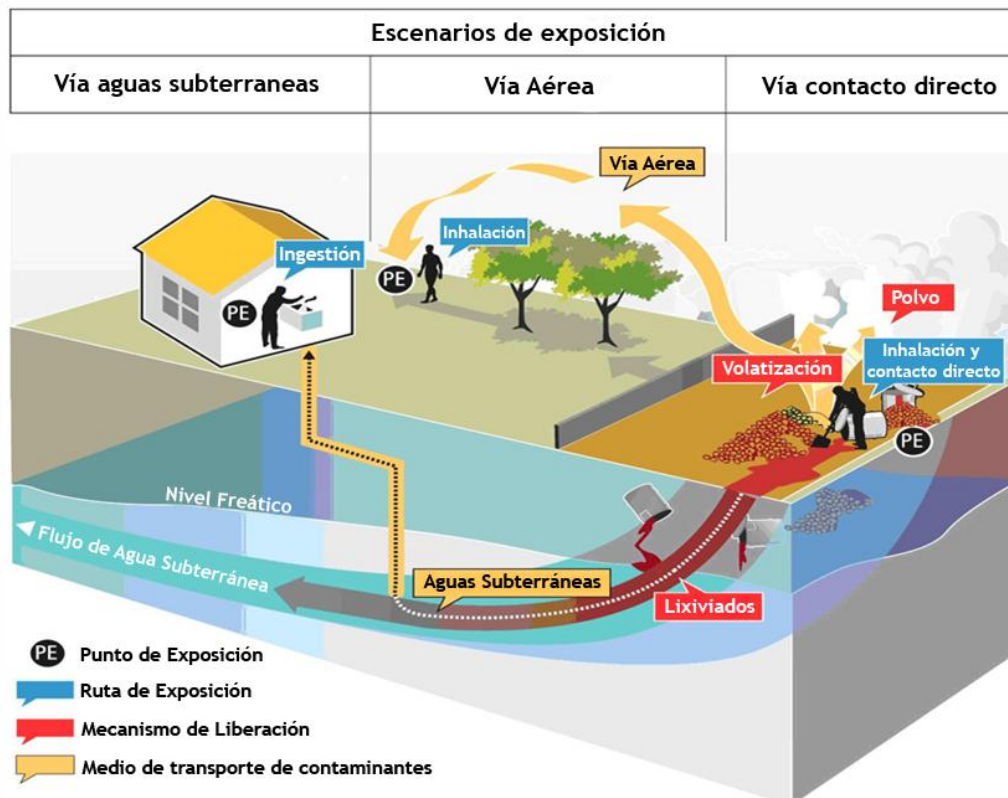
La representación gráfica debe indicar las direcciones del viento, la dirección de las aguas freáticas, delimitación del predio, y los posibles focos de contaminación por importancia y sustancia.

EJEMPLO: Modelo Conceptual - PRODUCCIÓN DE VICSAFENO Y HCH TÉCNICO			
Focos (área abajo o alrededor de)	Vías de propagación y Exposición Relevante	Sustancias Relevantes	Receptores
Unidad de producción de HCH Técnico (mezclado en el suelo)	Suelo - contacto directo	Isómeros de HCH, [clorobenceno]	Trabajadores y futuros habitantes
	Agua subterránea		Usuarios del acuífero superior
	Dispersión superficial (inundaciones) / Agua superficial		Vecinos
Tanque de benceno	Agua subterránea	Benceno	Usuarios del acuífero superior
	Gases en suelo ascendente - aire ambiente		Futuros habitantes en ambientes confinados junto al suelo
Vicsafeno (mezclado en el suelo)	Sólido mezclado en el suelo - contacto directo	Toxafeno, canfenoclorado y metabolitos.	Trabajadores y futuros habitantes
	Suelo /Agua subterránea		Usuarios del acuífero superior
Vicsafeno (impregnado en los escombros)	Escombros - contacto directo	Toxafeno, posibles metabolitos	Trabajadores
Epicloridrina (DNAPL)	Suelo / Agua subterránea	Metabolitos [alilcloruros, glicerilodichloritrina]	Eventuales usuarios del acuífero superior y acuífero profundo.
Canfeno (sólido menos denso que el agua)	Suelo - contacto directo	Canfeno (metabolitos)	Eventuales usuario del acuífero superior, futuros trabajadores y usuarios
	Posible impregnación en los escombros		
Tetracloruro de carbono	Agua subterránea	Tetracloruro de carbono, metabolitos (tetracloruro, fosgeno, cloroformo)	Eventuales usuarios del acuífero superior y acuífero profundo.
Tanque de xileno	Agua Subterránea	Xileno, [ácidos de caticol dicarbono e metilbenzoácidos]	Usuarios del acuífero superior
	Gases en suelos ascendente – aire ambiente		Futuros habitantes en ambientes confinados junto al suelo

Anexo N° 4: Ejemplo de Esquemas del modelo conceptual



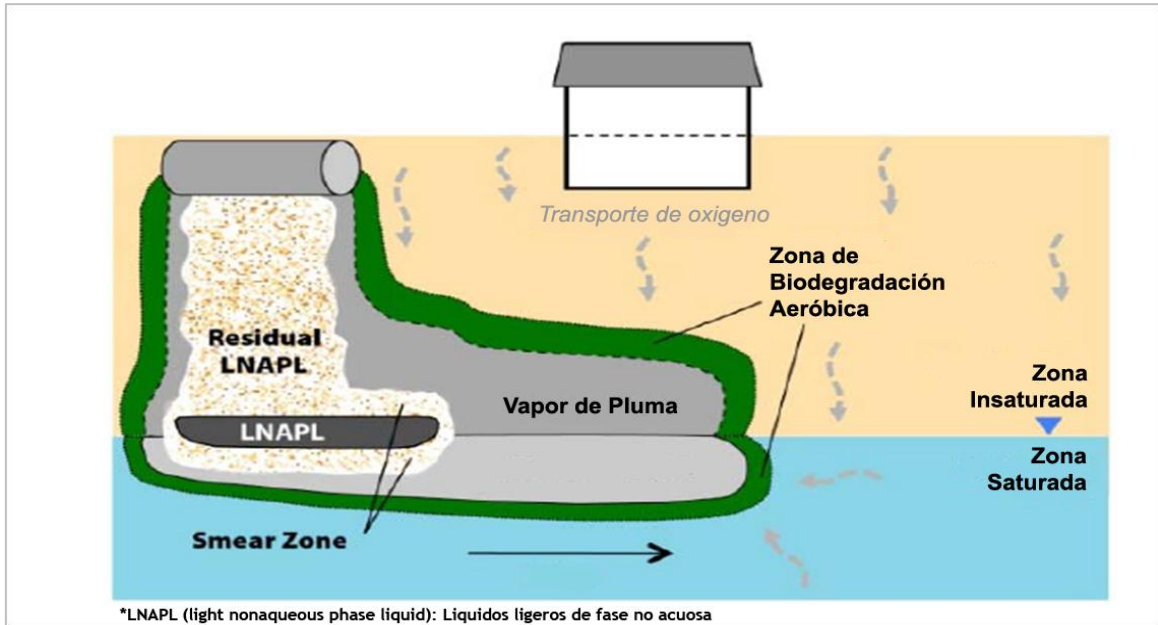
Fuente: CETESB. 2011



Fuente: Andreas Marker. 2012



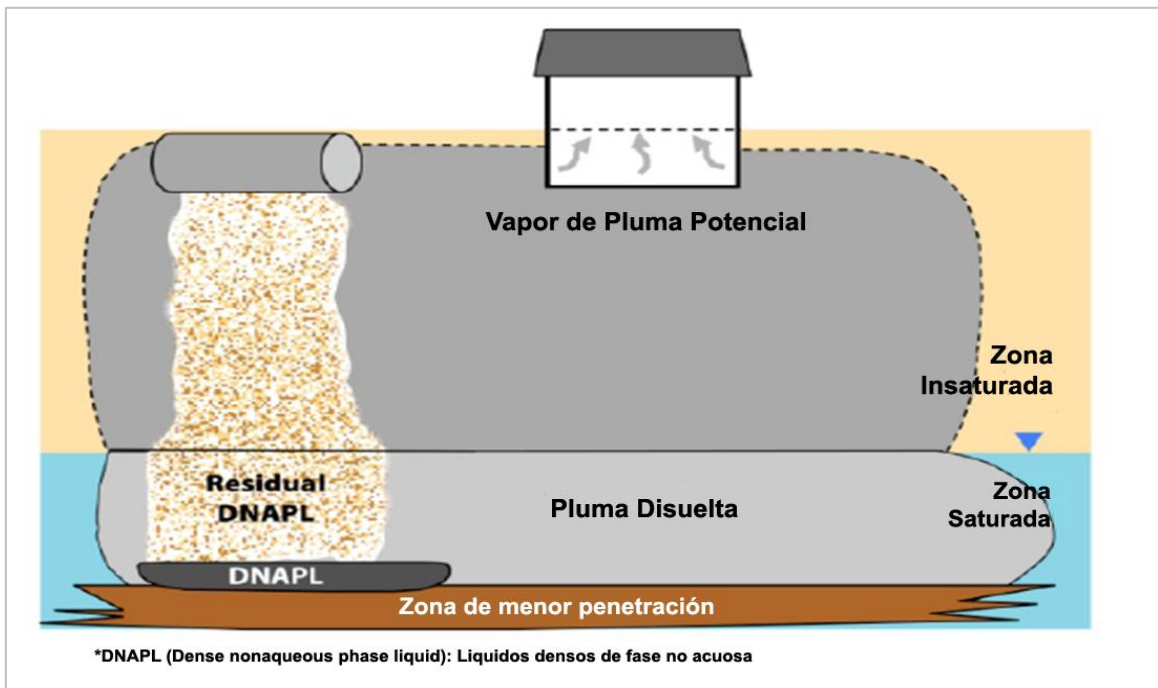
**Modelo conceptual típico del transporte de hidrocarburos de petróleo**



\*LNAPL (light nonaqueous phase liquid): Líquidos ligeros de fase no acuosa

La Biodegradación aeróbica de los hidrocarburos de petróleo a lo largo del perímetro de la pluma de vapor y la pluma disueltas limita la difusión de contaminantes en el subsuelo. El transporte de oxígeno efectivo (flechas discontinuas) mantiene las condiciones aeróbicas en la zona de biodegradación. Los LNAPL (líquidos ligeros de fase no acuosa) del petróleo se acumulan en la franja capilar entre las zonas saturadas y no saturadas. FUENTE: EPA 2012<sup>11</sup>

**Modelo conceptual típico del transporte de solventes clorados**



\*DNAPL (Dense nonaqueous phase liquid): Líquidos densos de fase no acuosa

La biodegradación de los disolventes clorados es anaeróbica y por lo general más lenta que la biodegradación de los derivados del petróleo, de modo que el vapor y plumas disueltas a menudo migran más lejos que las plumas de los derivados del petróleo. Los disolventes clorados pueden migrar como un pluma de DNAPL (líquido denso en fase no acuosa). Los DNAPL pueden caer por debajo del nivel freático, acumulándose en este caso sobre una capa menos permeable. FUENTE: EPA 2012<sup>12</sup>.

<sup>11</sup> Petroleum Hydrocarbons And Chlorinated Hydrocarbons Differ In Their Potential For Vapor Intrusion. Office of Underground Storage Tanks, Washington, D.C. 20460. [www.epa.gov/oust](http://www.epa.gov/oust). EPA – Marzo 2012.

**Anexo N° 5: Formato de tabla de presentación de resultados del Muestreo**

Ejemplo de llenado

ECAS- Uso de suelo: Industrial					500	5000	6000	0.03	0.37	0.082	11
CLAVE (ID) de la muestra	Fecha de muestreo	Prof. (m)	Coordenadas UTM		Concentración en mg/kg MS						
			X	Y	HTP-F1	HTP-F2	HTP-F3	B	T	EB	X
PM130-4.80 m		4.8	623,118	2,463,439	47.74	78.19	371.28	0.74	0.74	0.74	2.22
PM140-4.80 m		4.8	622,822	2,463,609	47.94	74.71	366.47	0.74	0.74	0.74	2.21
PM140-4.80 m Dup.		4.8	622,822	2,463,609	45.03	30.73	373.95	0.75	0.75	0.75	2.25
PM1-4.80 m		4.8	621,832	2,461,360	54.11	33.50	396.82	0.80	0.80	0.80	2.39
PM4-4.80 m		4.8	622,051	2,461,446	39.48	53.68	364.33	0.73	0.73	0.73	2.19

- PM : Punto de Muestreo
- MS : Materia seca
- Prof. : Profundidad
- Dup. : Duplicado
- HTP F1 : Fracción de Hidrocarburos F1
- HTP F2 : Fracción de Hidrocarburos F2
- HTP F3 : Fracción de Hidrocarburos F3
- B : Benceno
- T : Tolueno
- EB : Etil benceno
- X : Xileno

### **Anexo N° 6: Orientaciones para el levantamiento topográfico**

Comprende la geolocalización con GPS, de alta precisión para la elaboración de planos georeferenciados en coordenadas UTM, en los que se señale los puntos de muestreo (perforaciones) que resulten necesarios para determinar el volumen del suelo contaminado y la profundidad de excavación. Debe incluir al menos lo siguiente:

1. Trazo y nivelación a base de equipo topográfico estableciendo ejes y referencias permanentes, debiéndose marcar referencias a nivel superficial horizontales y verticales,
2. La unidad de medida es el metro cuadrado (o el metro)
3. Se utilizará el sistema de proyección en coordenadas UTM
4. La utilización del equipo de GPS de alta precisión en el sitio deben estar incluido en la memoria fotográfica del sitio.
5. El levantamiento debe de estar ligado a la red geodésica nacional del Instituto Geográfico Nacional del Ministerio de Defensa
6. Un banco de nivel en el sitio con GPS de alta precisión.
7. Deberán ubicarse en planos: la infraestructura existente en el sitio; la trayectoria de ductos, estructuras subterráneas (en caso de existir); colindancias y vías de comunicación aledañas; identificación de áreas contaminadas; curvas de nivel; establecimiento de banco de nivel y puntos de control al interior y fuera del predio; puntos de muestreo; modelos de distribución horizontal de la contaminación con los hidrocarburos y otros contaminantes.
8. En la elaboración de planos en AUTOCAD deberá considerarse lo siguiente:
  - a. Los planos no deben moverse de su origen.
  - b. Los planos no deben estar escalados.
  - c. Los planos (en particular el modelo) no deben estar rotados
  - d. Los ejes de los planos (en particular el modelo) no deben estar rotados.
  - e. Los planos deben de ser coincidentes en escala y forma con las fotografías aéreas.
  - f. Se deberá entregar un plano por separado exclusivamente con el límite del predio como polilínea cerrada.

Se deberá entregar los planos de edificaciones y estructuras por tipo (cada tipo de estructura en un layer, por ejemplo en un layer banquetas, en otro layer edificios, en otro layer drenajes) como polilíneas cerradas.

**Anexo N° 7: Matriz de determinación para el análisis de alternativas de remediación**

<b>Criterio/Subcriterio</b>	<b>Meta</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Escala</b>
<b>Criterio 1: Análisis de mejores técnicas disponibles</b>		<b>60%</b>	
<b>Subcriterio 1.1:</b> La aptitud de la técnica con respecto a los contaminantes, tipo de suelos, materiales, y características del sitio	Determinar una técnica de remediación, que es idóneo con respecto a los contaminantes, tipo de suelos, materiales y características del sitio; disminuir el riesgo técnico;	10%	0 = Técnica innovadora (no es técnica óptima actual) 1 = Técnica óptima actual, pero pocas experiencias en casos parecidos 2 = Técnica óptima actual, con experiencias positivas en casos parecidos, pero éxito es dependiendo mucho de las características específicas en el sitio 3 = Técnica óptima actual, con muchas experiencias positivas en sitios parecidos 4 = Técnica óptima actual, éxito es mayormente independiente de las características específicas en el sitio
<b>Subcriterio 1.2:</b> La eficacia con respecto al objetivo de la remediación	Máxima eficacia con respecto al objetivo de la remediación	25%	0 = Sitio remediado alcanza los objetivos de remediación 1 = Sitio remediado supera los objetivos de remediación 2 = Sitio remediado supera ostensible los objetivos de remediación
<b>Subcriterio 1.3:</b> Impactos en las personas que se encuentran en el área de influencia	Disminuir los impactos en las personas que se encuentran en el área de influencia de la remediación; como impactos se entienden contaminación acústica, polvos, perturbación del tráfico y otros molestias causado por las acciones de remediación;	5%	0 = Considerables impactos 1 = Impactos, parecido a obras de construcción según la costumbre local 2 = No impactos relevantes

<b>Criterio/Subcriterio</b>	<b>Meta</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Escala</b>
<b>Subcriterio 1.4:</b> Requerimiento de autorizaciones relacionadas a la implementación de las acciones de remediación	Disminuir el requerimiento de autorizaciones relacionadas a la implementación de las acciones de remediación	2%	0 = Necesidad de involucrar a más que 5 autoridades administrativas 1 = Necesidad de involucrar de 3 a 5 autoridades administrativas 2 = Necesidad de involucrar a máximo 2 autoridades administrativas
<b>Subcriterio 1.5:</b> Requerimientos de medidas de higiene y seguridad ocupacional	Disminuir los requerimientos de medidas de higiene y seguridad ocupacional; minimizar los riesgos para los trabajadores de las obras de remediación	8%	0 = Se requieren exigentes medidas de higiene y seguridad ocupacional 1 = Se requieren medidas de higiene y seguridad ocupacional, parecidas en obras de construcción civil 2 = No se requieren relevantes medidas de higiene y seguridad ocupacional
<b>Subcriterio 1.6:</b> Opciones de acciones complementarias (después de la remediación)	Conservar opciones de acciones complementarias después de la remediación	10%	0 = No hay opciones de acciones complementarias 1 = Hay limitadas opciones de acciones complementarias 2 = Hay (ilimitados) opciones de acciones complementarias
<b>Criterio 2: Análisis de la sostenibilidad de las alternativas</b>		<b>20%</b>	
<b>Subcriterio 2.1:</b> Necesidad de seguimiento de las acciones implementadas después de la remediación	Disminuir la necesidad de seguimiento de las acciones implementadas después de la remediación	5%	0 = Se requieren extensas medidas de seguimiento (por ej. a largo tiempo) 1 = Se requieren medidas de seguimiento 2 = No se requieren medidas de seguimiento
<b>Subcriterio 2.2:</b> Capacidad de vigilancia/ monitoreo del sitio remediado (de ser necesario)	Conservar la capacidad de vigilancia/monitoreo del sitio remediado	5%	0 = No hay la posibilidad de vigilar/monitorear el sitio remediado 1 = Las posibilidades de vigilancia/monitoreo son limitadas 2 = No hay limitaciones relevantes para la vigilancia/monitoreo del sitio remediado, o no es necesario

<b>Criterio/Subcriterio</b>	<b>Meta</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Escala</b>
<b>Subcriterio 2.3:</b> Duración de las medidas, con respecto a la alternativa más eficiente	Disminuir la duración de las medidas de remediación, con respecto a la alternativa más eficiente	10%	Escala relativa, determinación en comparación con las otras técnicas propuestas 0 = Duración menor 1 = Duración entre menor y mayor 2 = Duración mayor
<b>Criterio 3: Análisis de Ecoeficiencia de las medidas propuestas</b>		<b>20%</b>	
<b>Subcriterio 3.1:</b> Generación y eliminación de residuos (durante la remediación)	Disminuir la generación y la necesidad de eliminar residuos; en este caso no se cuenta como residuos los suelos o materiales re-depositados en el sitio; criterio relativo en comparación con las otras técnicas	2%	Escala relativa, determinación en comparación con las otras técnicas propuestas 0 = Se generan altas cantidades de residuos 1 = Se generan medianas cantidades de residuos 2 = Se generan pocas cantidades/nada de residuos
<b>Subcriterio 3.2:</b> Aprovechamiento de residuos (durante la remediación)	Maximizar el aprovechamiento de residuos; en este caso no se cuenta como residuos los suelos o materiales re-depositados en el sitio;	3%	Escala relativa, determinación en comparación con las otras técnicas propuestas 0 = La tasa de aprovechamiento es alto o se generen pocos/nada de residuos 1 = La tasa de aprovechamiento es mediano 2 = La tasa de aprovechamiento es poco/no hay aprovechamiento de residuos
<b>Subcriterio 3.3:</b> Consumo de energía	Disminuir el consumo de energía; criterio relativo en comparación con las otras técnicas	5%	Escala relativa, determinación en comparación con las otras técnicas propuestas 0 = El consumo de energía es alto 1 = El consumo de energía es mediano 2 = El consumo de energía es bajo

Criterio/Subcriterio	Meta	Ponderación	Escala
<b>Subcriterio 3.4:</b> Generación de gases de efecto invernadero (GEI): CO2 y CH4	Disminuir la generación de gases de efecto invernadero (GEI)	5%	Escala relativa, determinación en comparación con las otras técnicas propuestas 0 = La generación de GEI es alto 1 = La generación de GEI es mediano 2 = La generación de GEI es bajo
<b>Subcriterio 3.5:</b> Consumo de recursos naturales: por ejemplo agua, suelo	Disminuir el consumo de recursos naturales	5%	Escala relativa, determinación en comparación con las otras técnicas propuestas 0 = El consumo de recursos naturales es alto 1 = El consumo de recursos naturales es mediano 2 = El consumo de recursos naturales es bajo

Ejemplo:

Matriz de determinar la viabilidad de propuestas de remediación			Ejemplo*					
			Puntos según escala			Puntos ponderados		
Criterio/Subcriterio	Ponderación	Puntos max	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
<b>Criterio 1: Análisis de mejores técnicas disponibles</b>								
<b>Subcriterio 1.1:</b> La aptitud de la técnica con respecto a los contaminantes, tipo de suelos, materiales, y características del sitio	10%	4	4	3	3	10.0	7.5	7.5
<b>Subcriterio 1.2:</b> La eficacia con respecto al objetivo de la remediación	25%	2	2	0	0	25.0	0.0	0.0
<b>Subcriterio 1.3:</b> Impactos en las personas que se encuentran en el área de influencia	5%	2	2	1	1	5.0	2.5	2.5
<b>Subcriterio 1.4:</b> Requerimiento de autorizaciones relacionadas a la implementación de las acciones de remediación	2%	2	1	1	0	1.0	1.0	0.0
<b>Subcriterio 1.5:</b> Requerimientos de medidas de higiene y seguridad ocupacional	8%	2	0	1	1	0.0	4.0	4.0
<b>Subcriterio 1.6:</b> Opciones de acciones complementarias (después de la remediación)	10%	2	2	1	1	10.0	5.0	5.0
<b>Criterio 2: Análisis de la sostenibilidad de las alternativas</b>								
<b>Subcriterio 2.1:</b> Necesidad de seguimiento de las acciones implementadas después de la remediación	5%	2	2	1	0	5.0	2.5	0.0
<b>Subcriterio 2.2:</b> Capacidad de vigilancia/monitoreo del sitio remediado (de ser necesario)	5%	2	2	1	1	5.0	2.5	2.5



Matriz de determinar la viabilidad de propuestas de remediación			Ejemplo*					
			Puntos según escala			Puntos ponderados		
Criterio/Subcriterio	Ponderación	Puntos max	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
<b>Subcriterio 2.3:</b> Duración de las medidas, con respecto a la alternativa más eficiente	10%	2	0	2	1	0.0	10.0	5.0
<b>Criterio 3: Análisis de Ecoeficiencia de las medidas propuestas</b>								
<b>Subcriterio 3.1:</b> Generación y eliminación de residuos (durante la remediación)	2%	2	0	2	1	0.0	2.0	1.0
<b>Subcriterio 3.2:</b> Aprovechamiento de residuos (durante la remediación)	3%	2	2	0	1	3.0	0.0	1.5
<b>Subcriterio 3.3:</b> Consumo de energía	5%	2	0	2	1	0.0	5.0	2.5
<b>Subcriterio 3.4:</b> Generación de gases de efecto invernadero (GEI): CO2 y CH4	5%	2	0	1	2	0.0	2.5	5.0
<b>Subcriterio 3.5:</b> Consumo de recursos naturales: por ejemplo agua, suelo	5%	2	0	2	1	0.0	5.0	2.5



**En este ejemplo la *Alternativa 1* resulta la más idónea**

<b>Suma:</b>	<b>64.0</b>	<b>49.5</b>	<b>39.0</b>
--------------	-------------	-------------	-------------

**\*) Caso ejemplo: Contaminación de suelo con hidrocarburos hasta 5 m de profundidad y contaminación secundario de las aguas subterráneas con BTEX**

**Alternativa 1:** Excavación completo del suelo contaminado, atenuación natural de la contaminación en las aguas subterráneas

**Alternativa 2:** Excavación superficial del suelo contaminado, contención de la contaminación más profunda con muralla de baja permeabilidad, atenuación natural de la contaminación en las aguas subterráneas

**Alternativa 3:** Excavación superficial del suelo contaminado, *bombeo y tratamiento* de la contaminación en las aguas subterránea

