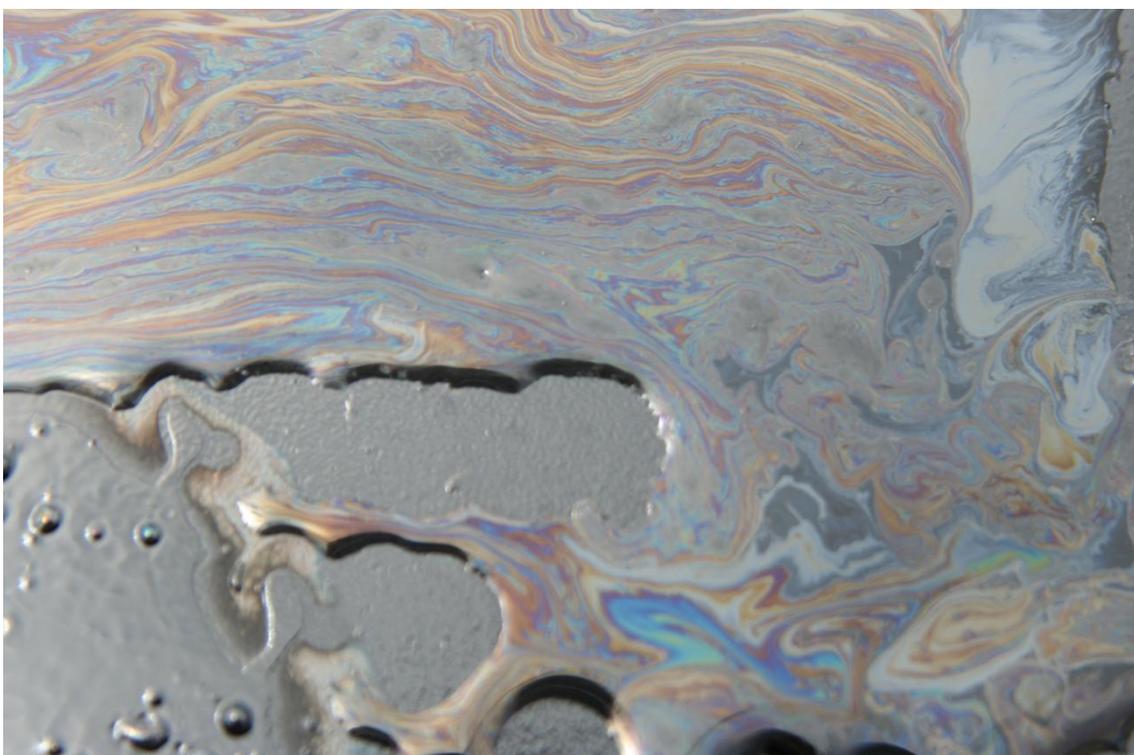


**CRITERIOS DE CONTROL Y PROTOCOLO DE ACTUACIÓN DE  
DESCONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS.  
CONTAMINACIÓN PRODUCIDA POR FUGAS EN TANQUES Y  
CONDUCCIONES SOTERRADAS DE HIDROCARBUROS.**



**Govern de les Illes Balears**

Conselleria d'Agricultura, Medi Ambient i Territori  
Direcció General de Recursos Hídrics

Servei d'Estudis i Planificació.2011.

Direcció General de Recursos Hídrics

Conselleria d'Agricultura, Medi Ambient i Territori

Fotografia: Gasoline and water. Ardelfin.



<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>2. CRITERIOS DE CONTROL DEL MEDIO</b> .....	<b>2</b>
2.1. <i>CARACTERIZACIÓN DEL EMPLAZAMIENTO.</i> .....	2
2.2. <i>SONDEOS DE CONTROL Y DETECCIÓN.</i> .....	3
2.3.1. <i>SONDEOS PARA CONTROL Y DETECCIÓN DE VAPORES.</i> .....	3
2.3.2. <i>SONDEOS PARA CONTROL Y DETECCIÓN DE FASE LIBRE.</i> .....	4
<b>3. PROTOCOLO DE DESCONTAMINACIÓN</b> .....	<b>6</b>
3.1. <i>CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA AFECTADA</i> .....	6
3.1.1. <i>INFORMACIÓN PRELIMINAR DEL EMPLAZAMIENTO</i> .....	7
3.1.2. <i>CARACTERIZACIÓN EFECTIVA DE LA ZONA AFECTADA</i> .....	8
3.2. <i>RESTAURACIÓN DEL ENTORNO AFECTADO</i> .....	9
3.2.1. <i>INFORME DE ACTUACIONES DE RESTAURACIÓN</i> .....	9
3.2.2. <i>INFORME DE SEGUIMIENTO DE ACTUACIONES DE RESTAURACIÓN</i> .....	10
3.2.3. <i>CARACTERÍSTICAS DE LAS REDES DE SEGUIMIENTO</i> .....	11
3.3. <i>SEGUIMIENTO DE LA EVOLUCIÓN DEL MEDIO</i> .....	14
3.3.1. <i>NIVELES DE ALERTA Y DE INTERVENCIÓN</i> .....	14
3.3.2. <i>PROTOCOLO DE ACTUACIONES</i> .....	16
3.4. <i>CIERRE DEL EXPEDIENTE DE RESTAURACIÓN</i> .....	18

## 1. INTRODUCCIÓN

Las instalaciones relacionadas con el almacenamiento, la distribución y la venta de combustibles están ampliamente distribuidas por el territorio de la comunidad autónoma de las Islas Baleares. En Baleares las estaciones de servicio que dispensan combustible superan el centenar, y los tanques de almacenamiento soterrados son especialmente significativos a efectos de potencial riesgo de contaminación de aguas subterráneas.

Los productos que se manipulan en estas instalaciones son sustancias incluidas en la relación I de sustancias contaminantes del anexo III del Reglamento del Dominio Público Hidráulico, por la toxicidad, la persistencia o la bioacumulación elevadas que presentan. Por la importancia de su presencia en las aguas superficiales, se consideran sustancias prioritarias y sustancias contaminantes por el Real Decreto 60/2011, de 21 de enero, sobre las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas.

Las situaciones derivadas de incidencias diversas (fugas, accidentes, roturas de conducciones, pérdida de estanqueidad en depósitos, etc.) que tienen el origen en este tipo de instalaciones pueden producir afecciones en las aguas continentales y, en particular, en las aguas subterráneas. Cuando estas afecciones se producen el remedio es enormemente costoso y largo, tal como se ha constatado a nivel mundial y también en los episodios producidos en Baleares.

A pesar de todos los elementos técnicos preceptivos según la legislación existente para estas instalaciones industriales se producen accidentes y pérdidas “ocultas” que provocan graves episodios de contaminación de las aguas subterráneas.

Por ello es necesario mejorar los sistemas de las instalaciones (tanques de doble pared, cubetos) que dificulten al máximo la posibilidad de contaminación.

El dispositivo ideal sería pues el de la figura 1 que incluye tanque de doble pared y cubeto que abarca toda la instalación y que dispone de pozo de registro.

En el cuadro adjunto se muestra, según datos de la USEPA, el volumen de hidrocarburos que pueden alcanzar las aguas subterráneas en pérdidas producidas por poros de distinto diámetro, que hemos denominado pérdidas ocultas.

TIPO DE FUGA	VOLUMEN DE HIDROCARBUROS (litros)			
	1 h	1 día	1 mes	1 año
1-2 gotas/s	0,19	4,6	136	1.656
Orificio 1,6 mm	11,4	274	8.220	98.640
Orificio 3,2 mm	38,5	926	27.780	333.360
Orificio 6,4 mm	147	3.528	105.840	1.270.080

Por todo ello es necesario disponer de un sistema de detección de hidrocarburos en el medio subterráneo que complemente los métodos de detección de fugas establecidos: inventario, balance, alarma, etc.

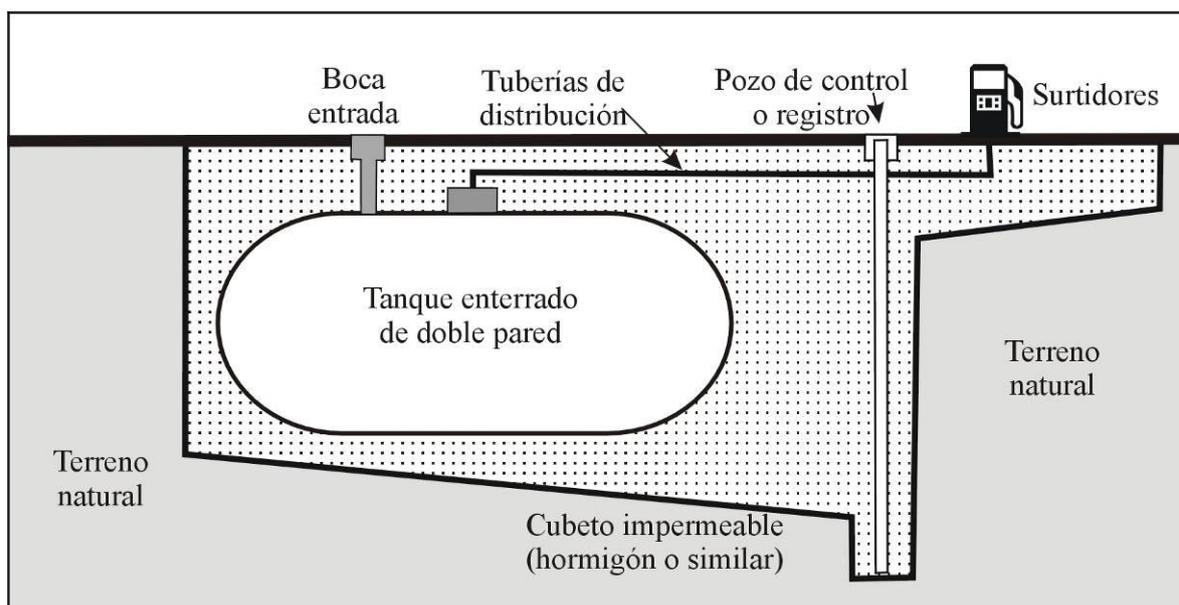


Figura 1. Dispositivo ideal que incluye tanque de doble pared y cubeto que abarca toda la instalación y que dispone de pozo de registro.

## 2. CRITERIOS DE CONTROL DEL MEDIO

Independientemente de los sistemas de control externos a través de inventario, balance, alarmas, revisiones periódicas, etc., se considera necesario, el establecimiento de sondeos de control en el recinto de las instalaciones que permitan la detección de hidrocarburos en el medio subterráneo, bien en fase de vapor cuando el nivel freático está a profundidad mayor de 8 m, o de la fase sobrenadante, cuando el nivel freático está a profundidad menor de 8 m.

### 2.1. CARACTERIZACIÓN DEL EMPLAZAMIENTO

Como fase previa a la implementación de los sondeos de control es necesaria una caracterización hidrogeológica del emplazamiento, que debe comprender:

- Caracterización litológica de los materiales y de sus características hidráulicas.
- Caracterización de la situación del nivel freático (profundidad) y evolución anual e interanual del mismo, así como sentido del flujo subterráneo.
- Si existen cauces próximos efecto de la variación de los aportes de agua en los mismos sobre el nivel freático del emplazamiento.
- Inventario de puntos de agua en un radio de 1 km y caracterización de la influencia de bombes próximos que puedan modificar las direcciones de flujo.

La no previsión en el diseño de la instalación de posibles oscilaciones de niveles freáticos puede provocar daños estructurales e incluso la rotura de los tanques y el vertido consiguiente de grandes volúmenes de hidrocarburos.

## 2.2. SONDEOS DE CONTROL Y DETECCIÓN

Pueden ser de dos tipos: detección de vapores o compuestos orgánicos volátiles (COV), para aquellos casos en los que el nivel freático se encuentra a más de 8 m de profundidad, y detección de hidrocarburos en fase libre (sobrenadante) en lugares donde el nivel freático se encuentra a menos de 8 m de profundidad.

### 2.3.1. Sondeos para control y detección de vapores

Deben alcanzar una profundidad mínima de 1 m por debajo de la base de los tanques soterrados. Se considera que su radio de eficacia de captación es de 4 m por lo que su número y distribución debe cubrir toda la instalación. Una distribución tipo se muestra en la figura 2. El esquema tipo del sondeo se muestra en la figura 3.

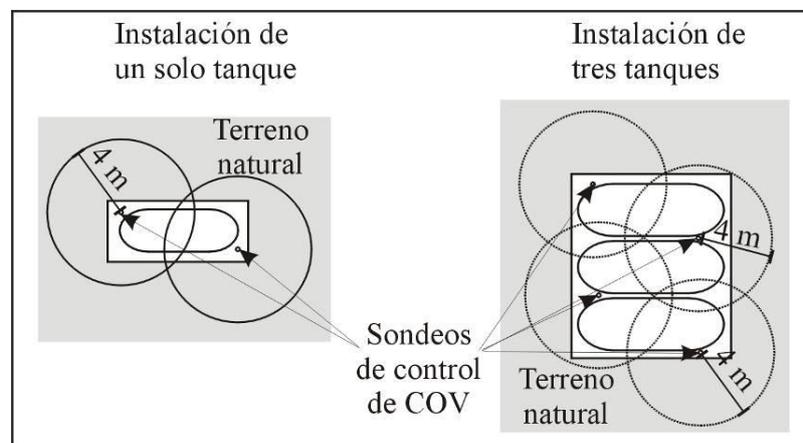


Figura 2. Distribución tipo de los sondeos de control y detección de vapores.

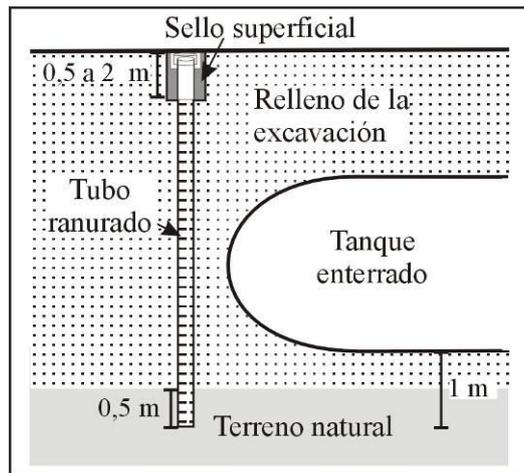


Figura 3. Sondeo tipo para detección y control de vapores.

### 2.3.2. Sondeos para control y detección de fase libre

Deben alcanzar una profundidad de 2 m por debajo del nivel freático mínimo. La distribución espacial de los sondeos de control de fase libre está en función de la dirección y sentido del flujo subterráneo. Es necesario situar como mínimo un punto de control aguas arriba de la instalación y varios aguas abajo. Una disposición tipo puede verse en la figura 4 y un esquema tipo en la figura 5.

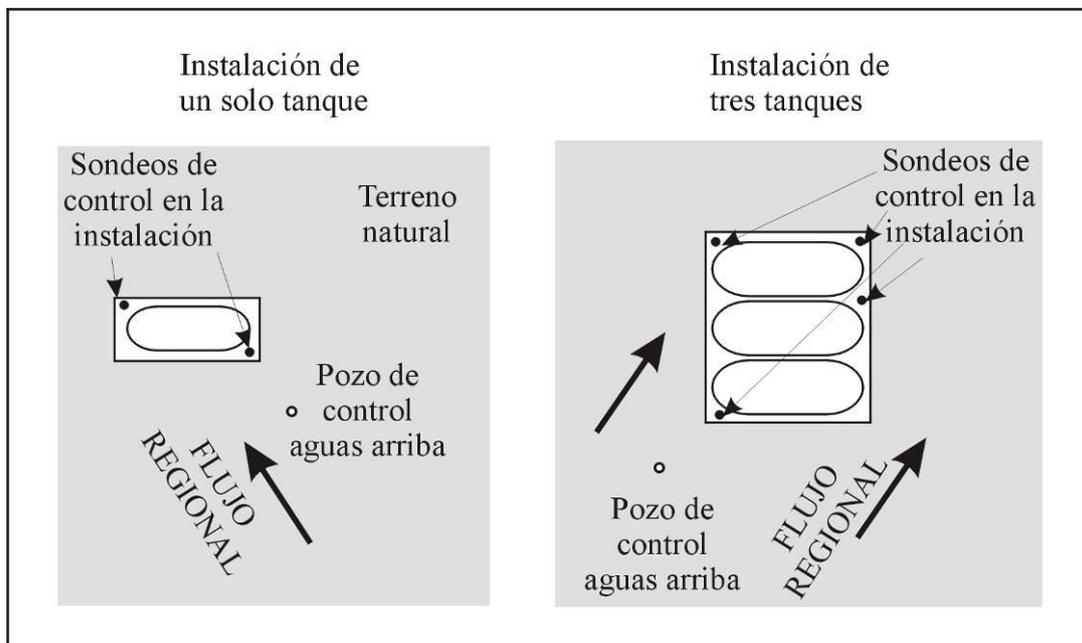


Figura 4. Distribución tipo de los pozos y sondeos de control y detección de fase libre (sobrenadante).

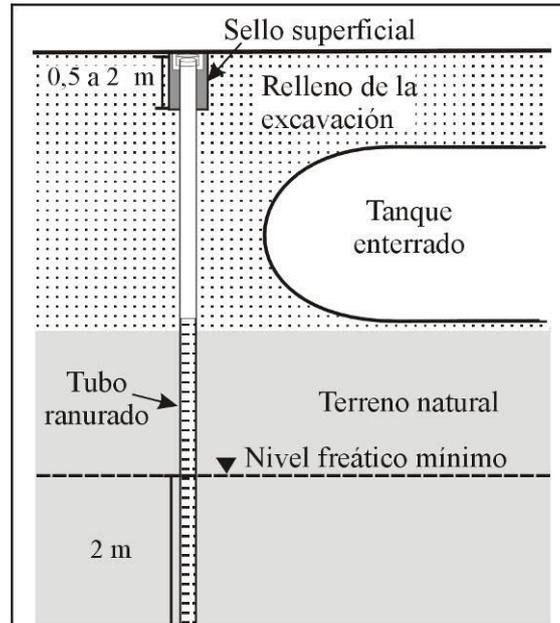


Figura 5. Sondeo tipo para detección y control de fase líquida (sobrenadante).

Los sondeos de control tanto de detección de vapor como de fase libre deben tener unas características constructivas que permitan no solo la detección sino también las primeras actuaciones de remediación.

Deben tener un entubado de PVC o acero inoxidable con un diámetro interior mínimo de 90-100 mm y una corona exterior de anchura de 50 mm para poder realizar las labores de empaque y cementación. Deben realizarse con testigo continuo a efectos de caracterización geológica. La perforación con testigo continuo puede realizarse con menor diámetro y luego recrecerse hasta alcanzar el diámetro final.

Para aislarlos de posibles entradas de contaminantes desde la superficie se deberá cementar la parte superior de la corona entre 0,50 y 2 m de profundidad. El resto llevará empaque de grava silíceo limpia de finos y de diámetro adecuado al ranurado. El ranurado se diseñará en función del objetivo (detección de vapor o de sobrenadante).

Los sondeos se realizarán preferentemente en las zonas de relleno de los tanques salvo en las instalaciones ya existentes en que se realizarán lo más próximo que permita la seguridad.

En el caso de emplazamientos que dispongan de cubetos de retención, los sondeos se realizarán preferentemente en el exterior del cubeto o los cubetos y lo más cerca de éste o éstos que sea posible.

La documentación resultante de la caracterización del emplazamiento y de los sondeos realizados se remitirá a la Administración Hidráulica.

### **3. PROTOCOLO DE DESCONTAMINACIÓN**

Una vez detectada la contaminación se debe comunicar la situación a la Administración Hidráulica en un plazo no superior a 48 h y al mismo tiempo se iniciarán por parte de la propiedad o del titular de la explotación, las actuaciones previstas en el presente protocolo.

El objetivo principal es establecer el marco de actuaciones de descontaminación, así como el seguimiento de la calidad de las aguas subterráneas una vez hayan sido restauradas después de un episodio de contaminación.

También se incorporan los requisitos técnicos para ejecutar las diferentes etapas de un expediente de descontaminación de acuíferos, que son:

- Etapa 1. Caracterización del emplazamiento.
- Etapa 2. Restauración de la zona afectada.
- Etapa 3. Seguimiento de la evolución del medio.
- Etapa 4. Cierre del expediente de restauración.

#### **3.1. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA AFECTADA**

Cuando se ha detectado la presencia de contaminación en el entorno de la instalación debe ponerse en marcha la primera etapa del expediente de descontaminación.

Los objetivos generales de la primera etapa o de caracterización del emplazamiento son:

- Identificar el tipo de contaminantes presentes en el emplazamiento y sus características físico-químicas.
- Definir la distribución del contaminante y la extensión y la intensidad de la pluma contaminante. Estimar el volumen de contaminante presente en el acuífero.
- Describir los mecanismos de contaminación de las aguas subterráneas.
- Describir las características hidrogeológicas del medio.
- Identificar otros aspectos que pueden influir en la migración de los contaminantes.

- Valorar la necesidad de acciones de restauración.
- Evaluar el riesgo potencial para la salud y el medio ambiente.

En principio, se pueden definir dos fases complementarias para caracterizar el emplazamiento:

- Fase inicial de recopilación de información preliminar; y
- Fase posterior de caracterización efectiva.

Ambas se pueden llevar a cabo al mismo tiempo, sucesivamente o, incluso, dependiendo de la información inicial disponible, se puede pasar directamente a la segunda fase.

### **3.1.1. Información preliminar del emplazamiento**

El objetivo de esta primera fase es confirmar la presencia o ausencia de contaminación, identificar el origen de la contaminación y proveer de un primer modelo conceptual que permita hacer una primera valoración del episodio de contaminación, en concreto, determinar la necesidad de llevar a cabo actuaciones más profundizadas. Los apartados de los que constaría esta primera fase son:

Recopilación de la información existente de, por lo menos, los siguientes aspectos:

- Qué compuestos químicos están presentes en el emplazamiento y como se almacenan y se utilizan.
- Qué residuos se generan en el emplazamiento y dónde y cómo se almacenan, se tratan o se vierten.
- Información referente a accidentes y fugas.

#### Búsqueda de datos históricos

El propósito es conocer la existencia de actividades anteriores al emplazamiento, el número y tipo de contaminantes que se pudiesen haber manipulado en la zona. Esta fase incluye encuestas con el propietario, los trabajadores, los vecinos, etc., para conseguir informaciones tan fidedignas como sea posible de las actividades realizadas en relación a los productos.

#### Visita del emplazamiento

El propósito de la visita es recopilar información adicional, hacer observaciones sobre el terreno que permitan contrastar con el histórico y las entrevistas y, si es necesario, ejecutar otros tipos de búsquedas inmediatas. Es

importante reconocer y situar tantos condicionantes ambientales como sea posible, tanto en el interior como en el exterior de la propiedad.

Así mismo, es necesario identificar en el entorno del emplazamiento la existencia de pozos de agua, ríos, zonas húmedas, sistemas de saneamiento o fosas sépticas, y conducciones soterradas o subaéreas.

### Marco hidrogeológico

Se trata de conocer el entorno hidrogeológico en el que se ubica la zona de interés, en particular: geometría y distribución de acuíferos existentes, estimación de la dirección y gradiente del flujo subterráneo, uso de las aguas subterráneas, etc.

### Muestreo de campo

Durante esta fase se puede hacer algún muestreo inicial en los emplazamientos donde de resultas de las informaciones recopiladas se prevea la existencia de contaminación.

### Análisis de toda la información recopilada

Evaluación de la información obtenida y valoración de su aplicación en la fase de caracterización posterior.

### **3.1.2. Caracterización efectiva de la zona afectada**

El cumplimiento de los objetivos de esta segunda fase acostumbra a exigir actuaciones de búsqueda sobre el terreno más profundizadas, que pueden incluir la ejecución de trabajos específicos de reconocimiento y muestreos amplios de agua y suelos.

Los objetivos son:

- Localizar las fuentes de contaminación conocidas, incluida una descripción de fugas a suelos, aguas superficiales y aguas subterráneas.
- Evaluar la extensión y la intensidad de la zona afectada, la distribución de la contaminación en suelos, sedimentos, aguas superficiales y aguas subterráneas, tanto en el plano vertical como en el horizontal, como también el estado del contaminante.
- Identificar la profundidad vertical en el agua subterránea, la dirección del flujo hidráulico y la evolución de los niveles piezométricos. Hacer un inventario de los puntos de agua y la situación de los pozos sobre plano. Indicar las extracciones y los usos tanto de aguas subterráneas como

superficiales. Indicar especialmente los puntos de abastecimiento urbanos.

- Estimar los parámetros hidráulicos del acuífero.
- Describir el modelo conceptual del emplazamiento y la zona afectada.
- Evaluar la afección potencial de la lixiviación del emplazamiento para las aguas superficiales y subterráneas.
- Identificar el tipo de suelo y si este suelo es una fuente continua de contaminación de las aguas subterráneas.
- Establecer una red de seguimiento de la calidad y hacer una piezometría del agua subterránea. Si procede, establecer una red de seguimiento de la calidad del agua superficial.

### **3.2. RESTAURACIÓN DEL ENTORNO AFECTADO**

Una vez terminada la etapa de caracterización de la zona afectada debe iniciarse la segunda fase del expediente de descontaminación el objetivo final de la cual es la restauración del entorno afectado. Dentro de esta fase deben realizarse las siguientes tareas:

- Definir las actuaciones necesarias para recuperar de una manera efectiva y eficiente las aguas subterráneas y conseguir los objetivos de restauración fijados.
- Aportar los informes de seguimiento de las actuaciones de descontaminación con la periodicidad fijada.

#### **3.2.1. Informe de actuaciones de restauración**

El informe de restauración de las aguas subterráneas tiene como principales objetivos:

- a) La definición de las actuaciones de descontaminación que se llevarán a cabo.
- b) La acotación temporal de las actuaciones
- c) Los objetivos de restauración que se pretenden conseguir.

Concretamente los apartados de los que consta este informe son:

- Detalles específicos de la técnica de recuperación propuesta tanto para los suelos como para las aguas subterráneas afectadas, incluidas las zonas donde se actuará.
- Previsiones de las actuaciones que se deben llevar a cabo para minimizar la migración del contaminante a zonas no afectadas (pantallas, etc.).
- Definición de la zona donde se actuará y, si procede, descripción de cada una de las técnicas de restauración propuestas.
- Si se produce vertido de agua, indicación del punto de vertido si es cauce público, alcantarillado o reinyección en otros puntos, como también las características físico-químicas significativas, para cada caso, de las aguas vertidas o reinfiltradas.
- Acotación del periodo de tiempo durante el cual funcionará el sistema de restauración.
- Objetivos de restauración que previsiblemente se conseguirán con la actuación.
- Descripción del plan de seguimiento establecido para valorar la efectividad de las actuaciones de descontaminación que se llevan a cabo.

### **3.2.2. Informe de seguimiento de actuaciones de restauración**

Los objetivos de los informes de seguimiento de las actuaciones de descontaminación de las aguas subterráneas son:

- a) Comprobar la eficiencia de las técnicas de restauración aplicadas.
- b) Conocer la respuesta del medio y la evolución de la calidad de las aguas.

El contenido de los informes de seguimiento debe incluir la documentación siguiente:

1. Breve descripción de las tareas de descontaminación. Antecedentes.
2. Resumen de las actuaciones realizadas desde el último informe presentado.
3. Seguimiento de la eficiencia de las técnicas de restauración aplicadas.
  - a) Si hay extracción de agua de pozos o piezómetros debe aportarse la siguiente información:

- Identificación de pozos y piezómetros de extracción
- Régimen de bombeo y caudales extraídos de los pozos o piezómetros
- Distribución mensual de los volúmenes extraídos. Sería conveniente instalar contadores volumétricos, siempre que las características físico-químicas del agua y las condiciones operativas lo permitan
- Evolución de la concentración de los contaminantes más significativos. Gráficos representativos de la concentración frente al tiempo

b) Si hay extracción de fase libre, se indicará:

- El volumen de producto extraído

c) Si hay tratamiento del agua, se debe indicar:

- Volumen de agua tratado y método
- Evolución de las características del agua salida del tratamiento
- Lugar en el que se produce el vertido

d) Se debe estimar el volumen de producto recuperado en los trabajos de descontaminación.

4. Valoración de las actuaciones llevadas a cabo y de la evolución del acuífero. Grado de cumplimiento de los objetivos de calidad propuestos (en el caso de que se hayan establecido).

5. Conclusiones y, si procede, propuesta de actuaciones.

### **3.2.3. Características de las redes de seguimiento**

Durante la etapa de restauración del medio y en la posterior etapa de seguimiento es necesario conocer en todo momento el estado de las aguas subterráneas en el interior de la estación de servicio y en aquellos sectores externos donde la caracterización hidrogeológica previa haya identificado vías preferentes de migración de los contaminantes.

De este modo, para corroborar que las actuaciones de descontaminación han sido efectivas, así como permitir adoptar medidas adecuadas para evitar la migración de contaminantes fuera del emplazamiento, se debe disponer de

datos sobre la evolución de las concentraciones de contaminantes en las aguas subterráneas del emplazamiento. Para tal propósito es necesario que se defina una red de seguimiento adecuada a cada circunstancia y medio.

Según el tipo de medio hidrogeológico donde se ubique el emplazamiento, se debe establecer una red de control definida por un conjunto de piezómetros interiores y exteriores en los que se procederá a muestrear y analizar periódicamente la concentración de contaminantes en el agua (ver tabla 1).

Se determinan tres niveles de protección basados, básicamente, en las condiciones hidrogeológicas del emplazamiento de la instalación, la proximidad de cursos de agua superficial o zonas húmedas, y la presencia de zonas habitadas.

#### Puntos de control y ubicación

Los puntos de control integrados en la red deben ser puntos de observación representativos del flujo de agua subterránea en el emplazamiento. En la tabla 1 se indica el número mínimo de puntos de control que se deben establecer para llevar a cabo el control del medio. No obstante, el número final se decide de acuerdo a las conclusiones obtenidas durante la etapa de caracterización del emplazamiento.

La ubicación de los puntos de control se debe distribuir en dos ámbitos diferentes: puntos interiores y puntos exteriores.

- Interiores: puntos de control del foco contaminante.
- Exteriores: puntos de control en el perímetro del emplazamiento, preferentemente aguas abajo en sentido del flujo subterráneo.

#### Parámetros de control

- Los parámetros de control serán los compuestos encontrados durante la caracterización, aunque, habitualmente, los compuestos presentes en episodios de contaminación por hidrocarburos son BTEX, MTBE y TPH.
- Se puede incluir el control de otros elementos y compuestos según las características del episodio, como por ejemplo, ETBE, dicitlopentadieno, etc.

#### Frecuencia de control

- Una vez finalizado el proceso de restauración se inicia el periodo de seguimiento del medio. En principio se estima que la duración de este tercer periodo debe ser de cuatro años, de manera que se puedan recoger los efectos de años hidrológicos con diferentes regímenes

pluviométricos. A lo largo de esta etapa de seguimiento la frecuencia de control dependerá de las características del episodio y del medio receptor (tabla 1).

Nivel de protección / Tipo de medio		Número mínimo de puntos entre zona interior y exterior además de los existentes <sup>1</sup>	Parámetros de control	Frecuencia de control etapa de seguimiento
A	Entornos urbanos o espacios protegidos Distancias < 100 m a aguas superficiales (cursos y zonas húmedas) Acuíferos protegidos o sobreexplotados Existencia de aprovechamientos de aguas subterráneas a < 100 m Depósitos aluviales y rocas fisuradas	6-8	TPH Benceno BTEX MTBE/ETBE Nivel <sup>2</sup>	1 <sup>er</sup> año: trimestral 2 <sup>o</sup> año: trimestral 3 <sup>er</sup> año: semestral 4 <sup>o</sup> año: semestral
B	Existencia de aprovechamientos de aguas subterráneas entre 100 m y 500 m. Distancias entre 100 y 300 m a aguas superficiales (cursos y zonas húmedas)	4-6	TPH Benceno BTEX MTBE/ETBE Nivel <sup>2</sup>	1 <sup>er</sup> año: trimestral 2 <sup>o</sup> año: semestral 3 <sup>er</sup> año: semestral 4 <sup>o</sup> año: anual
C	Resto de zonas	2-4	TPH Benceno BTEX MTBE/ETBE Nivel <sup>2</sup>	1 <sup>er</sup> año: semestral 2 <sup>o</sup> año: anual 3 <sup>er</sup> año: anual 4 <sup>o</sup> año: anual

Tabla 1. Características de la red de seguimiento que se debe implantar.

1 El número y la ubicación de puntos se deben definir basándose en los resultados de la etapa de caracterización.

2 Nivel freático medido antes de muestrear.

### **3.3. SEGUIMIENTO DE LA EVOLUCIÓN DEL MEDIO**

Una vez alcanzados los objetivos marcados para el proceso de restauración del medio, con el objetivo de conocer la evolución del estado químico de las aguas subterráneas del emplazamiento, es necesario realizar un seguimiento de la evolución del medio que debe alargarse un mínimo de 4 años.

Así, una vez finalizada la descontaminación es necesario llevar a cabo un seguimiento del medio y elaborar informes periódicos con los siguientes apartados:

1. Breve descripción de los antecedentes.
2. Breve descripción de las actuaciones realizadas de descontaminación, si procede.
3. Resultados analíticos de la red de seguimiento de la calidad de las aguas:
  - Plano de situación de pozos y piezómetros de control.
  - Resultados analíticos.
  - Evolución de la concentración de los contaminantes más significativos.
  - Plano de isoconcentraciones de los contaminantes más significativos.
4. Niveles piezométricos de la zona monitorizada.
  - Evolución de los niveles piezométricos.
  - Plano de piezometría de la zona monitorizada.
5. Valoración de los resultados obtenidos.
6. Conclusiones y, si procede, propuesta de actuaciones.

El informe de seguimiento se debe elaborar con la periodicidad fijada por la Administración Hidráulica, la cual orientativamente es anual.

#### **3.3.1. Niveles de alerta y de intervención**

Por lo que respecta al control del estado químico de las aguas subterráneas, los resultados obtenidos del muestreo periódico en los piezómetros de la red

de control se deben tomar como parámetro clave en la toma de decisiones durante la etapa de seguimiento del medio.

En este sentido, se han definido los niveles de alerta y los niveles de intervención aplicables a la red de seguimiento, que se ha dividido en una red de control interior y una de control exterior (tabla 2).

Con los niveles de alerta se fija el valor por encima del cual se considera que hay una afección al medio como consecuencia de nuevas aportaciones de contaminante o por movilización de contaminante retenido. Son aplicables tanto en los puntos del perímetro interior como del exterior con una única diferencia: en el perímetro interior, los niveles de alerta hacen referencia al valor de la concentración resultante de calcular el valor medio para cada parámetro. En cambio, en el perímetro exterior, los niveles de alerta son aplicables a cada punto de control individualmente.

Los niveles de intervención son aplicables a cada uno de los puntos del perímetro exterior. Las concentraciones por encima de este umbral indican que la restauración no ha sido efectiva y que se deben reiniciar inmediatamente actuaciones de restauración.

Red de seguimiento	Niveles de alerta*	Niveles de intervención	Aplicación
Exterior	TPH: 500 µg/l BTEX: 100 µg/l Benceno: 5 µg/l MTBE: 500 µg/l	TPH: 5.000 µg/l BTEX: 1.000 µg/l Benceno: 50 µg/l	Cada uno de los puntos de control individualmente
Interior	TPH: 2.500 µg/l BTEX: 500 µg/l Benceno: 25 µg/l	No se definen	Valor medio de los puntos de control

Tabla 2. Niveles de alerta y niveles de intervención aplicables a las redes de seguimiento.

\*Si a menos de 100 m respecto de la red exterior de la estación de servicio hay alguna captación o aprovechamiento de agua subterránea, los valores de alerta y de intervención aplicables deben ser la mitad de los especificados.

Durante el muestreo periódico correspondiente a la etapa de seguimiento, es posible obtener concentraciones que superen los niveles de alerta y/o de intervención que se definen en la tabla 2. Este hecho implica poner en marcha un protocolo de actuaciones diseñado para confirmar o descartar el cambio de tendencia en la evolución temporal de las concentraciones de contaminantes en el subsuelo del emplazamiento y tomar las medidas oportunas según la situación detectada.

### 3.3.2. Protocolo de actuaciones

En el caso de que los resultados de los muestreos periódicos efectuados durante la etapa de seguimiento superen los niveles de alerta para algunos de los contaminantes que hay que controlar (benceno, BTEX, TPH i MTBE), se debe aplicar el protocolo de actuaciones siguiente que se resume en la tabla 3:

1. Si en uno de los muestreos periódicos correspondientes a la fase de seguimiento se detecta un valor ( $C_s$ ) que supera el nivel de alerta ( $N_a$ ), en un punto de control exterior o en la mediana de las concentraciones obtenidas en los puntos interiores, se debe iniciar un proceso de evaluación del estado del medio condicionado por la secuencia de muestreo que se detalla a continuación.
2. En un periodo máximo de quince días, a contar desde el día de la recepción de los resultados analíticos donde se obtiene  $C_s$ , se debe hacer un nuevo muestreo ( $C_{15}$ ) en el punto o en los puntos interiores y/o exteriores donde se haya detectado la anomalía.
3. En este punto del seguimiento, si los dos valores disponibles,  $C_s$  y  $C_{15}$ , superan los niveles de intervención hay que iniciar nuevas actuaciones de restauración sin necesidad de hacer muestreos complementarios. Cualquier otra combinación comporta hacer un tercer muestreo transcurridos treinta días ( $C_{30}$ ).
4. En el caso de que en ambos muestreos de confirmación ( $C_{15}$  y  $C_{30}$ ) se obtengan concentraciones inferiores a los valores de alerta, se debe proseguir con el plan de seguimiento sin otra medida adicional. En cualquier otro caso, se debe evaluar el conjunto de tres valores disponibles  $C_s$ ,  $C_{15}$ ,  $C_{30}$ .
5. Si del conjunto de los tres valores disponibles  $C_s$ ,  $C_{15}$ ,  $C_{30}$ , se ha superado el nivel de intervención como mínimo en 2 valores, se debe reiniciar la remediación del medio. Si  $C_{15}$  y  $C_{30}$  son inferiores a los valores de alerta, se debe proseguir con el plan de seguimiento. En cualquier otro caso se debe seguir con el muestreo quincenal y, en su caso se deben adoptar actuaciones dirigidas a instaurar un nuevo plan de seguimiento, evaluar las posibles causas del aumento de la concentración de contaminantes y proponer las medidas de actuación complementarias.

Muestreo $C_s$	$<N_a$	Continuar el plan de seguimiento				
	$\geq N_a$ Iniciar proceso de evaluación	Muestreo $C_{15}$	$C_s$ y $C_{15}$ $\geq N_i$	RESTAURACIÓN		
			Resto de casos	Muestreo $C_{30}$	Se detecta n 2 valores $\geq N_i$	RESTAURACIÓN
					$C_{15}$ y $C_{30} < N_a$	Continuar el plan de seguimiento
					Resto de casos	Seguir con muestreo quincenal

Tabla 3. Proceso que se debe seguir y toma de decisiones en relación a los niveles de alerta e intervención.

$C_s$  concentración inicial;  $C_{15}$  concentración a los 15 días;  $C_{30}$  concentración a los 30 días

$N_a$  nivel de alerta;  $N_i$  nivel de intervención

#### Fase de alerta

Si en alguno de los muestreos que se realizan a lo largo de la fase de seguimiento se superan los niveles de alerta deberá activarse una fase de alerta. La activación de esta alerta implica:

- Comunicar a la Administración Hidráulica la nueva situación en el emplazamiento.
- Iniciar el protocolo de actuaciones anteriormente descrito
- Llevar a cabo las actuaciones necesarias para averiguar la causa que ha provocado el incremento de concentración de contaminante al medio, como también valorar la necesidad de iniciar actuaciones complementarias, bien sean de búsqueda o de restauración del medio afectado.
- Iniciar un nuevo periodo de cuatro años de seguimiento con un cambio de frecuencia de muestreo, según se detalla en la Tabla 4. La tendencia en la evolución de la concentración de contaminantes en las aguas subterráneas es el factor que condiciona las futuras actuaciones de seguimiento.

Nivel de protección	Frecuencia
A	1 <sup>er</sup> año: bimensual 2 <sup>o</sup> año: trimestral 3 <sup>er</sup> año: trimestral 4 <sup>o</sup> año: semestral
B	1 <sup>er</sup> año: trimestral 2 <sup>o</sup> año: trimestral 3 <sup>er</sup> año: semestral 4 <sup>o</sup> año: semestral
C	1 <sup>er</sup> año: trimestral 2 <sup>o</sup> año: semestral 3 <sup>er</sup> año: anual 4 <sup>o</sup> año: anual

**Tabla 4.** Periodicidad del muestreo de seguimiento en caso de que se confirme una alerta.

#### Fase de intervención

En caso que después de iniciarse la fase de alerta el muestreo posterior indique un nivel de contaminación superior al nivel de intervención, deberá activarse la fase de intervención. La activación de esta fase implica:

- Comunicar a la Administración Hidráulica la nueva situación en el emplazamiento.
- Reiniciar inmediatamente las actuaciones de restauración encaminadas a invertir la tendencia al aumento de las concentraciones. Llevar a cabo las búsquedas adecuadas para definir el alcance de la contaminación en intensidad y extensión.

### **3.4. CIERRE DEL EXPEDIENTE DE RESTAURACIÓN**

Para proceder al cierre de un expediente de descontaminación de aguas subterráneas se tiene que corroborar que la restauración del entorno ha sido efectiva. De esta manera, si a lo largo de los cuatro años de seguimiento de la evolución del medio no se ha detectado ningún repunte en la contaminación, debe presentarse un informe final en el que deben justificarse técnicamente los siguientes puntos:

Por lo que respecta al foco de contaminación:

- a) Justificación de la eliminación del foco origen de la contaminación.
- b) Justificación de la estanqueidad de tanques e instalaciones.

c) Justificación de que el suelo no representa una fuente activa de contaminación de las aguas subterráneas.

Por lo que respecta a las aguas subterráneas:

d) Caracterización efectiva del emplazamiento, que debe ser validado por la Administración Hidráulica.

e) Justificación de que las concentraciones de los contaminantes en las aguas subterráneas se mantienen por debajo de los umbrales fijados en los objetivos de restauración durante el periodo de tiempo indicado.

f) Establecimiento de un dispositivo de detección de fugas al medio.

En cualquier caso, una vez cerrado el expediente de restauración, será necesario poner en marcha un programa de seguimiento del medio que implicará un mínimo de una analítica anual. En base a los resultados de estas analíticas deberá iniciarse un nuevo proceso de seguimiento o de restauración del medio.



