



# **ESTRUCTURA Y CONTENIDOS GENERALES DE LOS PROYECTOS DE REPARACIÓN DE DAÑOS MEDIOAMBIENTALES**

**Junio 2018**

**Anexo III: Catálogo de técnicas de reparación del Modelo  
de Oferta de Responsabilidad Ambiental (MORA), y  
Procedimiento de selección**

**COMISIÓN TÉCNICA DE PREVENCIÓN Y REPARACIÓN DE DAÑOS  
MEDIOAMBIENTALES**



## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. CONSIDERACIONES PREVIAS .....	2
3. PROCEDIMIENTO DE SELECCIÓN DE TÉCNICAS DE REPARACIÓN .....	3
4. TÉCNICAS SELECCIONADAS EN MORA .....	9
5. CATÁLOGO DE TÉCNICAS DE REPARACIÓN DE MORA .....	22



## 1. INTRODUCCIÓN

La Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental establece que los operadores de las actividades incluidas en su anexo III, sin perjuicio de las exenciones previstas en el artículo 28, deberán disponer de una garantía financiera, en el momento en que dicha obligación entre en vigor mediante la orden ministerial correspondiente, que les permita hacer frente a la responsabilidad medioambiental inherente a su actividad.

Asimismo, la normativa de responsabilidad medioambiental establece la obligación de que estos operadores elaboren un análisis de riesgos medioambientales, con el objetivo de identificar los posibles escenarios accidentales, y establecer el valor del daño medioambiental que puedan producir.

En este contexto la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural ha desarrollado una metodología y una aplicación informática basada en ella, con el objetivo de ofrecer a todos los operadores y sectores industriales, una herramienta de asistencia integral para la monetización del daño medioambiental asociado a cada escenario de riesgo conforme a la metodología de valoración que establece el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, y de las medidas reparadoras —primarias, compensatorias y complementarias— junto con las mejores técnicas disponibles que sean necesarias para devolver los recursos naturales y los servicios que éstos prestan a su estado original.

Adicionalmente y debido a la vocación preventiva de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, el cálculo de los costes de recuperación asociados a los escenarios de riesgo, proporciona a los operadores una herramienta que les permitirá llevar a cabo una adecuada gestión de los riesgos de su instalación.

La información sobre la metodología y la aplicación informática del Modelo de Oferta de Responsabilidad Ambiental, se encuentra disponible en el portal de Responsabilidad Medioambiental del Ministerio para la Transición Ecológica<sup>1</sup>, siendo una herramienta voluntaria de apoyo a la monetización de los daños medioambientales en el marco de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental, no siendo vinculantes los resultados que ofrece. Además, cabe señalar que el listado de técnicas de reparación que ofrece puede ser completado con otras técnicas de reparación que el operador o la autoridad competente pueda aplicar.

El Modelo de Oferta de Responsabilidad Ambiental propone recurrir a una sola técnica con objeto de reparar los daños que pudieran producirse en cada una de las combinaciones agente causante del daño-recurso natural afectado previstas en el modelo<sup>2</sup>. Esta premisa hizo necesario aplicar unos determinados criterios de selección de técnicas siempre que existieran varias opciones de reparación para una misma combinación agente-recurso. En concreto, esta circunstancia se daba en las siguientes combinaciones:

- Daños por agentes químicos al suelo, contando con 26 técnicas identificadas.

---

<sup>1</sup> Este portal es accesible a través del siguiente enlace: <http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/responsabilidad-mediambiental/modelo-de-oferta-de-responsabilidad-ambiental/>

<sup>2</sup> La matriz de combinaciones agente-recurso consideradas en MORA puede consultarse en el siguiente enlace: [http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/responsabilidad-mediambiental/Documento\\_metodolog%C3%ADa\\_tcm7-270600.pdf](http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/responsabilidad-mediambiental/Documento_metodolog%C3%ADa_tcm7-270600.pdf).

Dado que MORA es un modelo y que se encuentra dirigido principalmente a la elaboración de estudios ex ante (en concreto, a la realización de los análisis de riesgos medioambientales previstos en la Sección 1ª del Reglamento), debe indicarse que esta matriz no exime al operador de la necesidad de evaluar y, en su caso, reparar otras combinaciones que hayan podido resultar significativas en su episodio accidental concreto.

- Daños por agentes químicos al agua superficial, contando con 11 técnicas identificadas.
- Daños por agentes químicos al agua subterránea, contando con 23 técnicas identificadas.

En los daños causados a las especies animales por agentes químicos, variaciones de la temperatura o incendios se identificaron dos técnicas de reparación. Sin embargo, estas dos técnicas no compiten entre sí ya que una (“captura, traslado y tratamiento”) se debe aplicar cuando los individuos resultan lesionados y otra (“cría en cautividad y suelta de individuos”) cuando los individuos mueren, por lo que, en estos casos, no resultó necesario plantear un sistema de selección de técnicas.

En el presente Anexo se exponen, por una parte, los criterios seguidos en la metodología y la aplicación informática de MORA para seleccionar las técnicas que resultaron recomendadas en el caso de los daños ocasionados por agentes químicos al suelo, al agua superficial y al agua subterránea y, por otra, el catálogo completo de las técnicas de reparación consideradas en MORA.

El objetivo es ofrecer una ayuda al operador y, en su caso a la autoridad competente, en la selección de las técnicas de reparación más adecuadas a aplicar en cada caso concreto, y que deban incluirse en el proyecto de reparación que deberá elaborarse.

## **2. CONSIDERACIONES PREVIAS**

Antes de exponer el procedimiento de selección de técnicas seguido en MORA merece la pena realizar una serie de consideraciones previas sobre las características de este modelo.

Respecto a las técnicas seleccionadas por MORA debe incidirse en que las mismas se han establecido en el marco de un modelo teórico, cuyo principal objetivo es ser empleado por los operadores con anterioridad a la ocurrencia del daño (ex ante). Por este motivo, la previsión o propuesta de MORA podría no coincidir con la que finalmente sea llevada a cabo en cada accidente medioambiental.

Las desviaciones existentes entre las previsiones de MORA y las actuaciones que se lleven a cabo en un caso concreto tras la ocurrencia de un daño medioambiental, pueden ir más allá de la selección de la técnica que finalmente se aplique, afectando a la práctica totalidad de los parámetros ofrecidos por defecto en el modelo: las características del territorio donde se produce el daño, el coste de aplicación de cada técnica, la efectividad o los resultados de la reparación, la duración de los daños, etc. En este sentido, en la Memoria explicativa de MORA se afirma que el objetivo del proyecto es aproximarse al orden de magnitud de los costes del proyecto de reparación.

Como se ha indicado en el apartado anterior, una de las principales premisas asumidas por MORA es la asignación de una técnica única para reparar cada daño. Esta decisión se deriva del elevado número de combinaciones de técnicas que podrían plantearse en cada caso teórico y que, sin embargo, ante un accidente real ya se encontrarían determinadas o podrían determinarse con relativa sencillez. La posibilidad de que en los casos reales sea necesario acudir a diversas técnicas, y no sólo a una, para reestablecer el estado básico, se incorporó en MORA a través de un coeficiente de contingencia. Dicho coeficiente mayor el coste de la técnica entre un 20 y un 40 por ciento —en línea con lo establecido en la Memoria justificativa del proyecto de Real Decreto por el que se aprueba el reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental, en adelante la Memoria del Reglamento—. En concreto, la cuantía del coeficiente de contingencia se relacionó con la

efectividad de cada técnica de forma que a las técnicas de efectividad limitada se les asignó un coeficiente del 40 por ciento y a las de efectividad demostrada un coeficiente del 20 por ciento.

En todo caso, desde la puesta en funcionamiento de esta aplicación informática del Modelo de Oferta de Responsabilidad Ambiental, se previeron una serie de tareas de actualización y mantenimiento que se encuentran en vigor a día de hoy. Estas tareas persiguen que los resultados ofrecidos por MORA se puedan ajustar conforme se disponga de mayores datos y experiencias en proyectos de reparación de daños medioambientales elaborados y ejecutados en el marco de la normativa de responsabilidad medioambiental.

### **3. PROCEDIMIENTO DE SELECCIÓN DE TÉCNICAS DE REPARACIÓN**

Según se ha especificado en la introducción del presente Anexo, el mecanismo de selección de técnicas de MORA se centró en la reparación de los daños causados por agentes químicos al suelo, al agua superficial y al agua subterránea ya que, en dichas combinaciones, se identificaron varias alternativas de reparación.

Dado que MORA es un modelo de valoración económica de daños, en una fase inicial, se procedió a realizar un primer cribado de las técnicas disponibles con objeto de suprimir todas aquéllas que no contaran con datos de costes en las fuentes bibliográficas consultadas.

Posteriormente, mediante un segundo cribado, esta vez a nivel de agente causante del daño<sup>3</sup>, se declararon como alternativas viables para tratar cada agente sólo aquéllas que la bibliografía identificaba como de efectividad limitada o demostrada, descartándose las no efectivas. De esta forma se evitó que los criterios aplicados propusieran técnicas que difícilmente podrían devolver los recursos afectados a su estado básico original.

Las técnicas remanentes se agruparon en función de dos características:

- Por un lado, se atendió a si las técnicas, debido a su propia naturaleza, requerían que el agente objetivo fuera biodegradable. A modo de ejemplo, la biorremediación mejorada consiste en potenciar la actividad de los microorganismos del suelo con objeto de degradar la contaminación.
- Por otro lado, en el caso del suelo y de las aguas subterráneas, se atendió a si las técnicas requerían que el suelo fuera o no permeable, generalmente, con objeto de favorecer la creación o el potenciamiento de los flujos de líquidos y gases.

Realizando estas agrupaciones se dispuso de los conjuntos de técnicas sobre los que debían aplicarse unos criterios de selección. Las tablas siguientes recogen de forma detallada el número de técnicas pertenecientes a cada uno de los grupos, en aquéllos en los que, después de los cribados realizados, únicamente persistió una técnica no fue necesario aplicar criterios de selección.

---

<sup>3</sup> MORA divide los agentes químicos en 7 grupos: COV no halogenados, COV halogenados, COSV no halogenados, COSV halogenados, Fuel y CONV, Inorgánicos y Explosivos.

Daños a suelos poco permeables		
Tipo de agentes		Número de técnicas
Agentes biodegradables	COV no halogenados	13
	COV halogenados	14
	COSV no halogenados	13
	COSV halogenados	10
	Fuel	12
	Inorgánicos	6
	Explosivos	6
Agentes no biodegradables	COV no halogenados	2
	COV halogenados	2
	COSV no halogenados	3
	COSV halogenados	3
	Fuel	2
	Inorgánicos	2
	Explosivos	1

**Tabla 1.** Técnicas efectivas para la reparación de daños por agentes químicos a suelos poco permeables.  
Fuente: MORA.

Daños a suelos permeables		
Tipo de agentes		Número de técnicas
Agentes biodegradables	COV no halogenados	15
	COV halogenados	15
	COSV no halogenados	17
	COSV halogenados	12
	Fuel	15
	Inorgánicos	8
	Explosivos	7
Agentes no biodegradables	COV no halogenados	5
	COV halogenados	5
	COSV no halogenados	7
	COSV halogenados	7
	Fuel	5
	Inorgánicos	5
	Explosivos	2

**Tabla 2.** Técnicas efectivas para la reparación de daños por agentes químicos a suelos permeables.  
Fuente: MORA.

Daños al agua subterránea en suelos poco permeables		
Tipo de agentes		Número de técnicas
Agentes biodegradables	COV no halogenados	10
	COV halogenados	10
	COSV no halogenados	8
	COSV halogenados	6
	Fuel	7
	Inorgánicos	5
	Explosivos	5
Agentes no biodegradables	COV no halogenados	3
	COV halogenados	3
	COSV no halogenados	3
	COSV halogenados	2
	Fuel	2
	Inorgánicos	3
	Explosivos	1

**Tabla 3.** Técnicas efectivas para la reparación de daños por agentes químicos al agua subterránea en suelos poco permeables. Fuente: MORA.

Daños al agua subterránea en suelos permeables		
Tipo de agentes		Número de técnicas
Agentes biodegradables	COV no halogenados	13
	COV halogenados	12
	COSV no halogenados	11
	COSV halogenados	8
	Fuel	10
	Inorgánicos	5
	Explosivos	7
Agentes no biodegradables	COV no halogenados	5
	COV halogenados	5
	COSV no halogenados	5
	COSV halogenados	4
	Fuel	4
	Inorgánicos	3
	Explosivos	1

**Tabla 4.** Técnicas efectivas para la reparación de daños por agentes químicos al agua subterránea en suelos permeables. Fuente: MORA

Daños al agua superficial		
Tipo de agentes		Número de técnicas
Agentes biodegradables	COV no halogenados	8
	COV halogenados	8
	COSV no halogenados	7
	COSV halogenados	4
	Fuel	6
	Inorgánicos	5
	Explosivos	4
Agentes no biodegradables	COV no halogenados	3
	COV halogenados	3
	COSV no halogenados	3
	COSV halogenados	2
	Fuel	2
	Inorgánicos	3
	Explosivos	1

**Tabla 5.** Técnicas efectivas para la reparación de daños por agentes químicos al agua superficial. Fuente: MORA

Como referencia básica para la selección de la técnica concreta a recomendar, dentro de cada grupo, en MORA se atendió al punto 1.3 del Anexo II de la Ley 26/2007, de 23 de octubre. Según este punto las medidas reparadoras razonables deben valorarse utilizando las mejores tecnologías disponibles, atendiendo a todos los criterios siguientes:

1. El efecto de cada medida en la salud y la seguridad públicas.
2. La probabilidad de éxito de cada medida.
3. El grado en que cada medida servirá para prevenir futuros daños y evitar daños colaterales como consecuencia de su aplicación.
4. El grado en que cada medida beneficiará a cada componente del recurso natural o servicio medioambiental.
5. El grado en que cada medida tendrá en cuenta los correspondientes intereses sociales, económicos y culturales y otros factores pertinentes específicos de la localidad.
6. El periodo de tiempo necesario para que sea efectiva la reparación del daño medioambiental.
7. El grado en que cada una de las medidas logra reparar el lugar que ha sufrido el daño medioambiental.
8. La vinculación geográfica con el lugar dañado.
9. El coste que supone aplicar la medida.

La metodología de selección que se empleó se fundamentó en las indicaciones ofrecidas en la Memoria del Real Decreto 2090/2008, por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, que concreta las disposiciones del Anexo II de la Ley proponiendo los siguientes pasos:

- i. En primer lugar se debe fijar el peso o importancia relativa de cada uno de los criterios de evaluación.
- ii. Los criterios de evaluación pueden cuantificarse de cuatro formas diferentes (porcentaje, clase, años y euros, según se recoge en la Tabla 6). Operar con todos los criterios requiere homogeneizar las unidades de medida, y para ello deben realizarse las siguientes operaciones:

Clase.- Los campos con esta unidad de medida se clasifican en categorías que pueden traducirse a porcentajes según se indica en la Tabla 6.

**Años.-** Para cada alternativa se calcula el cociente entre su duración y la opción de mayor duración, expresándolo en forma de porcentaje. De esta forma, la opción que requiere más tiempo toma el valor 100 y el resto de alternativas se calculan en relación a ésta.

**Euros.-** Los campos de esta categoría se expresan en porcentaje realizando el mismo proceso que con la categoría Años sólo que, en este caso, toma el valor 100 la opción de mayor coste y se establecen el resto de porcentajes en consonancia con este nivel de referencia.

- iii. La puntuación asignada a cada uno de los criterios debe seguir el mismo orden de preferencia para que sea posible operar con ellos. En la Memoria del Real Decreto 2090/2008, por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, se propone asumir que las técnicas o alternativas más favorables son aquellas que cuentan con menor puntuación. Esto es, una alternativa resulta preferida frente a otra si recibe una menor puntuación en los criterios de evaluación («mejor si decrece»). Los criterios medidos en clases, años y euros ya han sido estimados en su sentido decreciente en la Tabla 6. Los criterios expresados en porcentaje se valoran en una escala decreciente calculando el valor complementario (cien menos su puntuación original).
- iv. La puntuación asignada a cada criterio (una vez homogeneizada en sentido decreciente tal como se ha descrito en el apartado anterior) se multiplica por el peso o importancia relativa otorgada al criterio. La suma de la puntuación, homogeneizada y ponderada, de todos los criterios da como resultado el número total de puntos de cada alternativa.
- v. Como resultado del proceso se selecciona la alternativa de reparación que tenga menos puntos.

A continuación, en la Tabla 6 (extraída de la Memoria del Real Decreto 2090/2008, por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007) se muestra la totalidad de los criterios que deben ser considerados con el fin de elegir la mejor alternativa de reparación. Asimismo, se indica la forma en la que debe valorarse cada uno de los criterios.

Criterio	Unidad	Comentario
El efecto de cada medida en la salud y la seguridad públicas.	Clase	Porcentaje de efecto [Nulo (0%), bajo (25%), intermedio (50%), alto (75%) y muy alto (100%)]
La probabilidad de éxito de cada medida.	%	100 - Probabilidad de éxito (entero entre 0 y 100)
El grado en que cada medida servirá para prevenir futuros daños y evitar daños colaterales como consecuencia de su aplicación.	%	100 - Probabilidad de éxito (entero entre 0 y 100)
El grado en que cada medida beneficiará a cada componente del recurso natural o servicio medioambiental.	%	100 - Probabilidad de éxito (entero entre 0 y 100)
El grado en que cada medida tendrá en cuenta los correspondientes intereses sociales, económicos y culturales y otros factores pertinentes específicos de la localidad.	%	100 - Probabilidad de éxito (entero entre 0 y 100)

Criterio	Unidad	Comentario
El periodo de tiempo necesario para que sea efectiva la reparación del daño medioambiental.	Años	Duración de cada proyecto en relación con el de mayor duración, expresado en porcentaje (el más largo tendrá 0%)
El grado en que cada una de las medidas logra reparar el lugar que ha sufrido el daño medioambiental.	%	100 - Probabilidad de éxito (entero entre 0 y 100)
La vinculación geográfica con el lugar dañado.	Clase	Vinculación geográfica [Ninguna (100%), de uso (75%), funcional (50%), funcional conectada (25%), en el lugar del daño (0%)]
El coste que supone aplicar la medida.	Euros	Coste de cada proyecto en relación con el de mayor coste, expresado en porcentaje (el más caro tendrá 100%)

**Tabla 6.** Criterios de selección de alternativas en los proyectos de reparación. Fuente: Memoria justificativa del proyecto de Real Decreto por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental

En el ámbito del proyecto MORA se analizaron los criterios especificados en el punto 1.3 del Anexo II de la Ley 26/2007 para cada técnica. Sin embargo, el procedimiento de selección (de naturaleza cuantitativa) tuvo que llevarse a cabo atendiendo únicamente a cinco criterios diferenciadores, dado que para los restantes no se disponía de suficiente información bibliográfica. Estos cinco criterios son los siguientes:

- El efecto de cada medida en la salud y la seguridad públicas. Considerándose mejor, y recibiendo menos puntuación, la técnica que produce menos efectos negativos.
- El grado en que cada medida servirá para prevenir futuros daños y evitar daños colaterales como consecuencia de su aplicación. Considerándose mejor, la técnica que produce menos efectos negativos.
- El periodo de tiempo necesario para que sea efectiva la reparación del daño medioambiental. Considerándose mejor, y recibiendo menos puntuación, la técnica que menos tiempo tarda en lograr la reparación.
- El coste que supone aplicar la medida. Considerándose mejor, y recibiendo menos puntuación, la técnica que supone menos coste.
- La probabilidad de éxito de cada medida. Considerándose mejor la técnica que tiene una mayor probabilidad de éxito. En este sentido, las técnicas efectivas reciben 0 puntos y las técnicas cuya efectividad es limitada 50 puntos.

Como se ha expuesto anteriormente, cada uno de los criterios utilizados recibe un peso de ponderación que indica la importancia relativa que se asigna al mismo de cara a la selección de alternativas.

En la normativa no se prevé la asignación de pesos diferenciados a cada criterio. Esto es, no se prefiere o se prepondera uno o varios factores sobre el resto. Por este motivo, en MORA se optó por fijar los pesos con la premisa de tratar de forma similar el conjunto de los criterios a menos que se dispusiera de elementos objetivos para realizar una variación de los mismos. En

concreto, únicamente se aplicó un peso diferenciado al criterio relativo a la prevención de daños futuros y colaterales en el caso de los daños ocasionados dentro de espacios naturales protegidos (ENP) con la finalidad de primar aquellas técnicas que pudieran generar un menor impacto sobre los entornos especialmente sensibles. Siguiendo estas especificaciones en territorios que no cuentan con una protección especial, se trataron en paridad los 5 criterios de selección, correspondiendo por lo tanto a cada uno un peso relativo de 20 sobre 100. Mientras, en los espacios naturales protegidos, primando la capacidad de las técnicas para evitar daños y efectos colaterales se preponderó este criterio asignándole un peso relativo mayor, acordado en el seno del Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición, de la Comisión técnica de prevención y reparación de daños medioambientales, y fijado en 30 sobre 100, los restantes criterios se valoraron en paridad. A modo de resumen, en la Tabla 7 se recogen las ponderaciones otorgadas a cada criterio dentro y fuera de los ENP.

Criterio	No ENP	ENP
Efecto sobre la salud y seguridad públicas	20	17,5
Prevención de futuros daños y evitar daños colaterales	20	30
Periodo de tiempo necesario para que sea efectiva la reparación	20	17,5
Coste que supone aplicar la medida	20	17,5
Probabilidad de éxito	20	17,5
<b>Suma</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

**Tabla 7.** Pesos de ponderación de criterios de selección empleados en MORA. Fuente: MORA.

Merece la pena destacar que en la aplicación informática de MORA se recomiendan las tres técnicas mejor puntuadas dentro de cada combinación agente-recurso. De esta forma los usuarios pueden o bien seleccionar la técnica mejor valorada (técnica propuesta por defecto) o bien, de forma justificada, seleccionar alguna de las otras dos técnicas mejor valoradas si se considera que las mismas se adecúan en mayor medida al caso concreto que se esté analizando.

#### **4. TÉCNICAS SELECCIONADAS EN MORA**

Los resultados obtenidos una vez completado el procedimiento de selección descrito anteriormente se muestran en las tablas siguientes. En las mismas se muestran las tres técnicas con mejores puntuaciones para cada combinación agente-recurso, asignándose el número 1 a la técnica con mejor puntuación y el número 3 a la que presentó una peor puntuación relativa. Cuando para alguna combinación agente-recurso el grupo de técnicas viables es menor de tres las tablas únicamente muestran las técnicas disponibles, siendo completadas las celdas restantes con guiones (-).

<b>Daños causados por agentes químicos biodegradables en suelos situados fuera de ENP</b>			
<b>Suelos con alta permeabilidad</b>			
<b>Agentes</b>	<b>Técnica 1</b>	<b>Técnica 2</b>	<b>Técnica 3</b>
<b>COV no halogenados</b>	Biopilas	Biorremediación mejorada	Landfarming
<b>COV halogenados</b>	Biopilas	Biorremediación mejorada	Landfarming
<b>COSV no halogenados</b>	Landfarming	Biorremediación mejorada	Bioventilación
<b>COSV halogenados</b>	Landfarming	Lavado de suelos	Deshalogenización
<b>Fueles</b>	Landfarming	Biopilas	Biorremediación mejorada
<b>Inorgánicos</b>	Solidificación/Estabilización	Oxidación/Reducción química	Vitrificación
<b>Explosivos</b>	Biorremediación mejorada	Tratamiento biológico con lodos	Compostaje
<b>Suelos con baja permeabilidad</b>			
<b>Agentes</b>	<b>Técnica 1</b>	<b>Técnica 2</b>	<b>Técnica 3</b>
<b>COV no halogenados</b>	Biopilas	Landfarming	Biorremediación mejorada
<b>COV halogenados</b>	Biopilas	Landfarming	Biorremediación mejorada
<b>COSV no halogenados</b>	Landfarming	Biorremediación mejorada	Tratamiento biológico con lodos
<b>COSV halogenados</b>	Landfarming	Lavado de suelos	Deshalogenización
<b>Fueles</b>	Landfarming	Biopilas	Biorremediación mejorada
<b>Inorgánicos</b>	Oxidación/Reducción química	Vitrificación	Lavado de suelo
<b>Explosivos</b>	Biorremediación mejorada	Compostaje	Tratamiento biológico con lodos

**Tabla 8.** Técnicas seleccionadas en MORA para la reparación de daños causados al suelo por agentes químicos biodegradables fuera de ENP. Fuente: MORA.

<b>Daños causados por agentes químicos biodegradables en suelos situados dentro de ENP</b>			
<b>Suelos con alta permeabilidad</b>			
<b>Agentes</b>	<b>Técnica 1</b>	<b>Técnica 2</b>	<b>Técnica 3</b>
<b>COV no halogenados</b>	Biorremediación mejorada	Landfarming	Biopilas
<b>COV halogenados</b>	Biorremediación mejorada	Landfarming	Biopilas
<b>COSV no halogenados</b>	Landfarming	Biorremediación mejorada	Bioventilación
<b>COSV halogenados</b>	Landfarming	Excavación, retirada y depósito	Lavado de suelos
<b>Fueles</b>	Landfarming	Biorremediación mejorada	Compostaje
<b>Inorgánicos</b>	Solidificación/Estabilización	Oxidación/Reducción química	Vitrificación
<b>Explosivos</b>	Biorremediación mejorada	Compostaje	Tratamiento biológico con lodos
<b>Suelos con baja permeabilidad</b>			
<b>Agentes</b>	<b>Técnica 1</b>	<b>Técnica 2</b>	<b>Técnica 3</b>
<b>COV no halogenados</b>	Landfarming	Biorremediación mejorada	Biopilas
<b>COV halogenados</b>	Landfarming	Biorremediación mejorada	Biopilas
<b>COSV no halogenados</b>	Landfarming	Biorremediación mejorada	Compostaje
<b>COSV halogenados</b>	Landfarming	Lavado de suelos	Deshalogenización
<b>Fueles</b>	Landfarming	Biorremediación mejorada	Compostaje
<b>Inorgánicos</b>	Oxidación/Reducción química	Vitrificación	Lavado de suelos
<b>Explosivos</b>	Biorremediación mejorada	Compostaje	Tratamiento biológico con lodos

**Tabla 9.** Técnicas seleccionadas en MORA para la reparación de daños causados al suelo por agentes químicos biodegradables dentro de ENP. Fuente: MORA.

<b>Daños causados por agentes químicos no biodegradables en suelos situados fuera de ENP</b>			
<b>Suelos con alta permeabilidad</b>			
<b>Agentes</b>	<b>Técnica 1</b>	<b>Técnica 2</b>	<b>Técnica 3</b>
<b>COV no halogenados</b>	Enjuague	Lavado de suelos	Desorción térmica
<b>COV halogenados</b>	Enjuague	Lavado de suelos	Desorción térmica
<b>COSV no halogenados</b>	Lavado de suelos	Solidificación/Estabilización	Desorción térmica
<b>COSV halogenados</b>	Lavado de suelos	Solidificación/Estabilización	Desorción térmica
<b>Fueles</b>	Lavado de suelos	Desorción térmica	Excavación, retirada y depósito
<b>Inorgánicos</b>	Solidificación/Estabilización	Solidificación/Estabilización (Vitrificación)	Enjuague
<b>Explosivos</b>	Desorción térmica	Excavación, retirada y depósito	-
<b>Suelos con baja permeabilidad</b>			
<b>Agentes</b>	<b>Técnica 1</b>	<b>Técnica 2</b>	<b>Técnica 3</b>
<b>COV no halogenados</b>	Lavado de suelos	Incineración	-
<b>COV halogenados</b>	Lavado de suelos	Incineración	-
<b>COSV no halogenados</b>	Lavado de suelos	Solidificación/Estabilización (Vitrificación)	Incineración
<b>COSV halogenados</b>	Lavado de suelos	Solidificación/Estabilización (Vitrificación)	Incineración
<b>Fueles</b>	Lavado de suelos	Incineración	-
<b>Inorgánicos</b>	Solidificación/Estabilización (Vitrificación)	Lavado de suelos	-
<b>Explosivos</b>	Incineración	-	-

Tabla 10. Técnicas seleccionadas en MORA para la reparación de daños causados al suelo por agentes químicos no biodegradables fuera de ENP. Fuente: MORA.

<b>Daños causados por agentes químicos no biodegradables en suelos situados dentro de ENP</b>			
<b>Suelos con alta permeabilidad</b>			
<b>Agentes</b>	<b>Técnica 1</b>	<b>Técnica 2</b>	<b>Técnica 3</b>
<b>COV no halogenados</b>	Enjuague	Excavación, retirada y depósito	Lavado de suelos
<b>COV halogenados</b>	Enjuague	Excavación, retirada y depósito	Lavado de suelos
<b>COSV no halogenados</b>	Excavación, retirada y depósito	Lavado de suelos	Solidificación/Estabilización
<b>COSV halogenados</b>	Excavación, retirada y depósito	Lavado de suelos	Solidificación/Estabilización
<b>Fueles</b>	Excavación, retirada y depósito	Lavado de suelos	Enjuague
<b>Inorgánicos</b>	Solidificación/Estabilización	Solidificación/Estabilización (Vitrificación)	Enjuague
<b>Explosivos</b>	Excavación, retirada y depósito	Desorción térmica	-
<b>Suelos con baja permeabilidad</b>			
<b>Agentes</b>	<b>Técnica 1</b>	<b>Técnica 2</b>	<b>Técnica 3</b>
<b>COV no halogenados</b>	Lavado de suelos	Incineración	-
<b>COV halogenados</b>	Lavado de suelos	Incineración	-
<b>COSV no halogenados</b>	Lavado de suelos	Solidificación/Estabilización (Vitrificación)	Incineración
<b>COSV halogenados</b>	Lavado de suelos	Solidificación/Estabilización (Vitrificación)	Incineración
<b>Fueles</b>	Lavado de suelos	Incineración	-
<b>Inorgánicos</b>	Solidificación/Estabilización (Vitrificación)	Lavado de suelos	-
<b>Explosivos</b>	Incineración	-	-

Tabla 11. Técnicas seleccionadas en MORA para la reparación de daños causados al suelo por agentes químicos no biodegradables dentro de ENP. Fuente: MORA.

<b>Daños causados por agentes químicos biodegradables en agua subterránea fuera de ENP</b>			
<b>Suelos con alta permeabilidad</b>			
<b>Agentes</b>	<b>Técnica 1</b>	<b>Técnica 2</b>	<b>Técnica 3</b>
<b>COV no halogenados</b>	Separación	Biorremediación mejorada	Oxidación química
<b>COV halogenados</b>	Separación	Tratamiento térmico	Oxidación química
<b>COSV no halogenados</b>	Separación	Biorremediación mejorada	Tratamiento térmico
<b>COSV halogenados</b>	Separación	Tratamiento térmico	Filtros de carbón activo
<b>Fueles</b>	Separación	Biorremediación mejorada	Tratamiento térmico
<b>Inorgánicos</b>	Intercambio iónico	Adsorción / Absorción	Humedales artificiales
<b>Explosivos</b>	Biorremediación mejorada	Oxidación química	Humedales artificiales
<b>Suelos con baja permeabilidad</b>			
<b>Agentes</b>	<b>Técnica 1</b>	<b>Técnica 2</b>	<b>Técnica 3</b>
<b>COV no halogenados</b>	Separación	Air Sparging	Oxidación química
<b>COV halogenados</b>	Separación	Air Sparging	Oxidación química
<b>COSV no halogenados</b>	Separación	Air Sparging	Biorreactores
<b>COSV halogenados</b>	Separación	Air Sparging	Filtros de carbón activo
<b>Fueles</b>	Separación	Air Sparging	Biorreactores
<b>Inorgánicos</b>	Intercambio iónico	Adsorción / Absorción	Humedales artificiales
<b>Explosivos</b>	Oxidación química	Humedales artificiales	Biorreactores

**Tabla 12.** Técnicas seleccionadas en MORA para la reparación de daños causados al agua subterránea por agentes químicos biodegradables fuera de ENP. Fuente: MORA.

<b>Daños causados por agentes químicos biodegradables en agua subterráneas dentro de ENP</b>			
<b>Suelos con alta permeabilidad</b>			
<b>Agentes</b>	<b>Técnica 1</b>	<b>Técnica 2</b>	<b>Técnica 3</b>
<b>COV no halogenados</b>	Separación	Biorremediación mejorada	Oxidación química
<b>COV halogenados</b>	Separación	Tratamiento térmico	Oxidación química
<b>COSV no halogenados</b>	Separación	Biorremediación mejorada	Tratamiento térmico
<b>COSV halogenados</b>	Separación	Adsorción / Absorción	Tratamiento térmico
<b>Fueles</b>	Separación	Biorremediación mejorada	Tratamiento térmico
<b>Inorgánicos</b>	Intercambio iónico	Adsorción / Absorción	Humedales artificiales
<b>Explosivos</b>	Biorremediación mejorada	Humedales artificiales	Oxidación química
<b>Suelos con baja permeabilidad</b>			
<b>Agentes</b>	<b>Técnica 1</b>	<b>Técnica 2</b>	<b>Técnica 3</b>
<b>COV no halogenados</b>	Separación	Air Sparging	Oxidación química
<b>COV halogenados</b>	Separación	Air Sparging	Oxidación química
<b>COSV no halogenados</b>	Separación	Air Sparging	Biorreactores
<b>COSV halogenados</b>	Separación	Air Sparging	Adsorción / Absorción
<b>Fueles</b>	Separación	Air Sparging	Biorreactores
<b>Inorgánicos</b>	Intercambio iónico	Adsorción / Absorción	Humedales artificiales
<b>Explosivos</b>	Humedales artificiales	Oxidación química	Biorreactores

**Tabla 13.** Técnicas seleccionadas en MORA para la reparación de daños causados al agua subterránea por agentes químicos biodegradables dentro de ENP. Fuente: MORA.

<b>Daños causados por agentes químicos no biodegradables en agua subterránea fuera de ENP</b>			
<b>Suelos con alta permeabilidad</b>			
<b>Agentes</b>	<b>Técnica 1</b>	<b>Técnica 2</b>	<b>Técnica 3</b>
<b>COV no halogenados</b>	Separación	Extracción multifase	Tratamiento térmico
<b>COV halogenados</b>	Separación	Tratamiento térmico	Extracción multifase
<b>COSV no halogenados</b>	Separación	Tratamiento térmico	Extracción multifase
<b>COSV halogenados</b>	Separación	Tratamiento térmico	Adsorción / Absorción
<b>Fueles</b>	Separación	Tratamiento térmico	Extracción multifase
<b>Inorgánicos</b>	Adsorción / Absorción	Extracción de agua	Precipitación/Coagulación/Floculación
<b>Explosivos</b>	Extracción de agua	-	-
<b>Suelos con baja permeabilidad</b>			
<b>Agentes</b>	<b>Técnica 1</b>	<b>Técnica 2</b>	<b>Técnica 3</b>
<b>COV no halogenados</b>	Separación	Extracción de agua	Adsorción / Absorción
<b>COV halogenados</b>	Separación	Extracción de agua	Adsorción / Absorción
<b>COSV no halogenados</b>	Separación	Extracción de agua	Adsorción / Absorción
<b>COSV halogenados</b>	Separación	Adsorción / Absorción	-
<b>Fueles</b>	Separación	Extracción de agua	-
<b>Inorgánicos</b>	Adsorción / Absorción	Extracción de agua	Precipitación/Coagulación/Floculación
<b>Explosivos</b>	Extracción de agua	-	-

**Tabla 14.** Técnicas seleccionadas en MORA para la reparación de daños causados al agua subterránea por agentes químicos no biodegradables fuera de ENP. Fuente: MORA.

<b>Daños causados por agentes químicos no biodegradables en agua subterránea dentro de ENP</b>			
<b>Suelos con alta permeabilidad</b>			
<b>Agentes</b>	<b>Técnica 1</b>	<b>Técnica 2</b>	<b>Técnica 3</b>
<b>COV no halogenados</b>	Separación	Extracción de agua	Adsorción / Absorción
<b>COV halogenados</b>	Separación	Tratamiento térmico	Extracción de agua
<b>COSV no halogenados</b>	Separación	Tratamiento térmico	Extracción de agua
<b>COSV halogenados</b>	Separación	Adsorción / Absorción	Tratamiento térmico
<b>Fueles</b>	Separación	Tratamiento térmico	Extracción de agua
<b>Inorgánicos</b>	Adsorción / Absorción	Extracción de agua	Precipitación/Coagulación/Floculación
<b>Explosivos</b>	Extracción de agua	-	-
<b>Suelos con baja permeabilidad</b>			
<b>Agentes</b>	<b>Técnica 1</b>	<b>Técnica 2</b>	<b>Técnica 3</b>
<b>COV no halogenados</b>	Separación	Extracción de agua	Adsorción / Absorción
<b>COV halogenados</b>	Separación	Extracción de agua	Adsorción / Absorción
<b>COSV no halogenados</b>	Separación	Extracción de agua	Adsorción / Absorción
<b>COSV halogenados</b>	Separación	Adsorción / Absorción	-
<b>Fueles</b>	Separación	Extracción de agua	-
<b>Inorgánicos</b>	Adsorción / Absorción	Extracción de agua	Precipitación/Coagulación/Floculación
<b>Explosivos</b>	Extracción de agua	-	-

**Tabla 15.** Técnicas seleccionadas en MORA para la reparación de daños causados al agua subterránea por agentes químicos no biodegradables dentro de ENP. Fuente: MORA.

<b>Daños causados por agentes químicos biodegradables al agua superficial fuera de ENP</b>			
<b>Agentes</b>	<b>Técnica 1</b>	<b>Técnica 2</b>	<b>Técnica 3</b>
<b>COV no halogenados</b>	Separación	Biorreactores	Extracción con aire
<b>COV halogenados</b>	Separación	Biorreactores	Extracción con aire
<b>COSV no halogenados</b>	Separación	Biorreactores	Filtros de carbón activo
<b>COSV halogenados</b>	Separación	Filtros de carbón activo	Procesos avanzados de oxidación
<b>Fueles</b>	Separación	Biorreactores	Filtros de carbón activo
<b>Inorgánicos</b>	Intercambio iónico	Adsorción / Absorción	Extracción de agua
<b>Explosivos</b>	Biorreactores	Procesos avanzados de oxidación	Extracción de agua

**Tabla 16.** Técnicas seleccionadas en MORA para la reparación de daños causados al agua superficial por agentes químicos biodegradables fuera de ENP. Fuente: MORA.

<b>Daños causados por agentes químicos no biodegradables al agua superficial fuera de ENP</b>			
<b>Agentes</b>	<b>Técnica 1</b>	<b>Técnica 2</b>	<b>Técnica 3</b>
<b>COV no halogenados</b>	Separación	Extracción de agua	Adsorción / Absorción
<b>COV halogenados</b>	Separación	Extracción de agua	Adsorción / Absorción
<b>COSV no halogenados</b>	Separación	Extracción de agua	Adsorción / Absorción
<b>COSV halogenados</b>	Separación	Adsorción / Absorción	-
<b>Fueles</b>	Separación	Extracción de agua	-
<b>Inorgánicos</b>	Adsorción / Absorción	Extracción de agua	Precipitación/Coagulación/Floculación
<b>Explosivos</b>	Extracción de agua	-	-

**Tabla 17.** Técnicas seleccionadas en MORA para la reparación de daños causados al agua superficial por agentes químicos no biodegradables fuera de ENP. Fuente: MORA.

<b>Daños causados por agentes químicos biodegradables al agua superficial dentro de ENP</b>			
<b>Agentes</b>	<b>Técnica 1</b>	<b>Técnica 2</b>	<b>Técnica 3</b>
<b>COV no halogenados</b>	Separación	Biorreactores	Extracción con aire
<b>COV halogenados</b>	Separación	Biorreactores	Extracción con aire
<b>COSV no halogenados</b>	Separación	Biorreactores	Filtros de carbón activo
<b>COSV halogenados</b>	Separación	Filtros de carbón activo	Procesos avanzados de oxidación
<b>Fueles</b>	Separación	Biorreactores	Filtros de carbón activo
<b>Inorgánicos</b>	Intercambio iónico	Adsorción / Absorción	Humedales artificiales
<b>Explosivos</b>	Humedales artificiales	Biorreactores	Procesos avanzados de oxidación

**Tabla 18.** Técnicas seleccionadas en MORA para la reparación de daños causados al agua superficial por agentes químicos biodegradables dentro de ENP. Fuente: MORA.

<b>Daños causados por agentes químicos no biodegradables al agua superficial dentro de ENP</b>			
<b>Agentes</b>	<b>Técnica 1</b>	<b>Técnica 2</b>	<b>Técnica 3</b>
<b>COV no halogenados</b>	Separación	Extracción de agua	Adsorción / Absorción
<b>COV halogenados</b>	Separación	Extracción de agua	Adsorción / Absorción
<b>COSV no halogenados</b>	Separación	Extracción de agua	Adsorción / Absorción
<b>COSV halogenados</b>	Separación	Adsorción / Absorción	-
<b>Fueles</b>	Separación	Extracción de agua	-
<b>Inorgánicos</b>	Adsorción / Absorción	Extracción de agua	Precipitación/Coagulación/Floculación
<b>Explosivos</b>	Extracción de agua	-	-

**Tabla 19.** Técnicas seleccionadas en MORA para la reparación de daños causados al agua superficial por agentes químicos no biodegradables dentro de ENP. Fuente: MORA.

## **5. CATÁLOGO DE TÉCNICAS DE REPARACIÓN DE MORA**

En el presente capítulo se ofrece el catálogo de las técnicas de reparación de daños medioambientales incluidas en MORA. El catálogo se compone de una serie de fichas en las que se recopilan las siguientes características de cada técnica:

- Código de la técnica. Código único que permite identificar cada una de las técnicas de reparación.
- Técnica. Nombre de la técnica.
- Otros nombres. En caso de que existan, se recopilan los principales sinónimos del nombre de la técnica.
- Recurso objetivo. Se indica el recurso o los recursos naturales sobre los que actúa la técnica.
- Descripción de la técnica. En este campo se describe el procedimiento de aplicación de la técnica.
- Parámetros que condicionan su aplicación. En el caso de que se hayan identificado parámetros concretos que afecten a la eficacia o a la efectividad de la técnica los mismos se recopilan en este campo.
- Limitaciones. En este apartado se muestran las limitaciones que presenta cada técnica atendiendo a la bibliografía consultada.
- Tiempo de recuperación. Duración prevista para la recuperación de los recursos naturales.
- Coste. Costes de aplicación de cada una de las técnicas.
- Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado. Se indica la eficacia de la técnica.  
En el caso de los daños causados por agentes químicos se desglosa según el tipo de agente concreto.
- Efecto seguridad y salud. Efecto previsto que tendría la aplicación de la técnica sobre la seguridad y salud públicas.
- Grado de prevención de daños futuros y colaterales. En este campo se valora la capacidad de la técnica para prevenir otros posibles daños.
- Fuentes. Fuentes bibliográficas consultadas para la elaboración de cada ficha.

## ÍNDICE DE FICHAS

- **Daños químicos al suelo**
  - DQ\_TS.1. Bioventilación
  - DQ\_TS.2. Biorremediación mejorada
  - DQ\_TS.3. Fitorremediación
  - DQ\_TS.4. Oxidación química
  - DQ\_TS.5. Electromigración
  - DQ\_TS.6. Fracturas
  - DQ\_TS.7. Enjuague
  - DQ\_TS.8. Extracción de vapor
  - DQ\_TS.9. Solidificación / Estabilización *In situ*
  - DQ\_TS.10. Tratamiento térmico
  - DQ\_TS.11. Biopilas
  - DQ\_TS.12. Compostaje
  - DQ\_TS.13. Landfarming
  - DQ\_TS.14. Tratamiento biológico con lodos
  - DQ\_TS.15. Extracción química
  - DQ\_TS.16. Oxidación / Reducción química
  - DQ\_TS.17. Deshalogenación
  - DQ\_TS.18. Separación
  - DQ\_TS.19. Lavado
  - DQ\_TS.20. Solidificación / Estabilización *Ex situ*
  - DQ\_TS.21. Hot Gas Descontaminación
  - DQ\_TS.22. Incineración
  - DQ\_TS.23. Open burn / Open detonation
  - DQ\_TS.24. Pirólisis
  - DQ\_TS.25. Desorción térmica
  - DQ\_TS.26. Excavación, retirada y depósito
  
- **Daños químicos al agua superficial**
  - DQ\_TASup.1. Humedales artificiales
  - DQ\_TASup.2. Adsorción / Absorción
  - DQ\_TASup.3. Procesos avanzados de oxidación
  - DQ\_TASup.4. Filtros de carbón activo

- DQ\_TASup.5. Intercambio iónico
- DQ\_TASup.6. Precipitación/Coagulación/Floculación
- DQ\_TASup.7. Separación
- DQ\_TASup.8. Biorreactores
- DQ\_TASup.9. Extracción de agua
- DQ\_TASup.10. Riego por aspersión
- DQ\_TASup.11. Extracción con aire
- **Daños químicos al agua subterránea**
  - DQ\_TASub.1. Biorremediación mejorada
  - DQ\_TASub.2. Atenuación natural monitorizada
  - DQ\_TASub.3. Fitorremediación
  - DQ\_TASub.4. Air Sparging
  - DQ\_TASub.5. Bioslurping
  - DQ\_TASub.6. Pozos direccionales mejorados
  - DQ\_TASub.7. Extracción multifase
  - DQ\_TASub.8. Tratamiento térmico
  - DQ\_TASub.9. Hydrofacturing mejorado
  - DQ\_TASub.10. Air stripping en profundidad
  - DQ\_TASub.11. Tratamiento reactivo / pasivo con barreras
  - DQ\_TASub.12. Biorreactores
  - DQ\_TASub.13. Extracción con aire
  - DQ\_TASub.14. Extracción de agua
  - DQ\_TASub.15. Riego por aspersión
  - DQ\_TASub.16. Oxidación química
  - DQ\_TASub.17. Humedales artificiales
  - DQ\_TASub.18. Adsorción / Absorción
  - DQ\_TASub.19. Procesos avanzados de oxidación
  - DQ\_TASub.20. Filtros de carbón activo
  - DQ\_TASub.21. Intercambio iónico
  - DQ\_TASub.22. Precipitación/Coagulación/Floculación
  - DQ\_TASub.23. Separación
- **Daños químicos al agua marina**
  - DQ\_TM.1. Retirada mecánica y manual de vertidos en agua marina

- **Daños químicos la ribera del mar y de las rías**
  - DQ\_TRib.1. Retirada mecánica y manual de vertidos en riberas del mar y de las rías
- **Daños químicos al lecho de las aguas**
  - DQ\_TLecho.1. Dragado del lecho contaminado
- **Daños químicos a las especies vegetales**
  - DQ\_TEveg.1. Eliminación y plantación
- **Daños químicos a las especies animales**
  - DQ\_TEan.1. Captura, traslado y tratamiento
  - DQ\_TEan.2. Cría en cautividad y suelta de individuos
- **Daños químicos al hábitat**
  - DQ\_TH.1. Eliminación y repoblación
- **Daños físicos por extracción al suelo**
  - DF\_E\_TS.1. Reposición de suelo
- **Daños físicos por extracción al agua superficial**
  - DF\_E\_TASup.1. Bombeo de agua
- **Daños físicos por extracción al agua subterránea**
  - DF\_E\_TASub.1. Recarga artificial de acuíferos
- **Daños físicos por extracción a las especies vegetales**
  - DF\_E\_TEveg.1. Plantación de flora silvestre
- **Daños físicos por extracción a las especies animales**
  - DF\_E\_TEan.1. Cría en cautividad y suelta
- **Daños físicos por extracción al hábitat**
  - DF\_E\_TH.1. Repoblación de vegetación
- **Daños físicos por variación de la temperatura en suelo**
  - DF\_T\_TS.1. Bombeo de agua
- **Daños físicos por variación de la temperatura en agua superficial**
  - DF\_T\_TASup.1. Bombeo de agua
- **Daños físicos por variación de la temperatura en especies vegetales**
  - DF\_T\_TEveg.1. Eliminación y plantación
- **Daños físicos por variación de la temperatura en especies animales**
  - DF\_T\_TEan.1. Captura, traslado y tratamiento
  - DF\_T\_TEan.2. Cría en cautividad y suelta de individuos de reposición

- **Daños físicos por variación de la temperatura en hábitat**
  - DF\_T\_TH.1. Eliminación y repoblación
- **Daños físicos por vertido de inertes al suelo**
  - DF\_VI\_TS.1. Extracción, transporte y gestión
- **Daños físicos por vertido de inertes al lecho de las aguas**
  - DF\_VI\_TLecho.1. Dragado del lecho
- **Daños por incendio a las especies vegetales**
  - DI\_TEveg.1. Plantación de flora silvestre
- **Daños por incendio a las especies animales**
  - DI\_TEan.1. Captura, traslado y tratamiento
  - DI\_TEan.2. Cría en cautividad y suelta
- **Daños por incendio al hábitat**
  - DI\_TH.1. Eliminación y repoblación
- **Daños biológicos por exóticas a las especies vegetales**
  - DB\_E\_TEveg.1. Eliminación y plantación
- **Daños biológicos por exóticas a las especies animales**
  - DB\_E\_TEan.1. Captura de los individuos invasores y suelta de individuos de cría en cautividad
- **Daños biológicos por exóticas al hábitat**
  - DB\_E\_TH.1. Eliminación, herbicida y repoblación
- **Daños biológicos por virus, bacterias y protozoos a las especies animales**
  - DB\_VBP\_TEan.1. Cría en cautividad y suelta de individuos vacunados de reposición
- **Daños biológicos por hongos e insectos a las especies vegetales**
  - DB\_HI\_TEveg.1. Eliminación y plantación
- **Daños biológicos por hongos e insectos al hábitat**
  - DB\_HI\_TH.1. Eliminación, tratamiento con fungicidas o insecticidas y repoblación
- **Daños biológicos por organismos modificados genéticamente a las especies vegetales**
  - DB\_OMG\_TEveg.1. Eliminación y plantación
- **Daños biológicos por organismos modificados genéticamente a las especies animales**
  - DB\_OMG\_TEan.1. Captura de los organismos modificados genéticamente y suelta de individuos de cría en cautividad

- **Daños biológicos por organismos modificados genéticamente al hábitat**
  - DB\_OMG\_TH.1. Eliminación, herbicida y plantación
- **Construcción de camino de acceso**
  - Aux.1. Construcción de camino de acceso



# **DAÑOS QUÍMICOS**



# **DAÑOS QUÍMICOS AL SUELO**



## TÉCNICA DQ\_TS.1. BIOVENTILACIÓN

---

**Código de la técnica:** DQ\_TS.1

**Técnica:** Bioventilación

**Otros nombres:** *Bioventing*

**Recurso objetivo:** Suelo

**Descripción de la técnica:**

El *bioventing* es una técnica de tratamiento biológico *in situ* que combina la ventilación mecánica de los COV con la utilización de microorganismos autóctonos para degradar compuestos orgánicos adsorbidos por el suelo en la zona no saturada. Mediante esta tecnología, se estimula la actividad de las bacterias introduciendo un flujo de aire en la zona no saturada por medio de pozos de inyección. Si fuera necesario, también se añadirían nutrientes para favorecer el proceso, cuyo esquema de funcionamiento se presenta a continuación:

En contraste con la técnica de extracción de vapores, en el *bioventing* se utilizan bajos caudales de aire, para proporcionar sólo el oxígeno suficiente para mantener la actividad microbiana. El aire se suministra de forma directa a la zona contaminada, y, además de la biodegradación de los hidrocarburos adsorbidos al suelo, se favorece un flujo lento de los compuestos volátiles, que pueden ser degradados al atravesar el suelo biológicamente activo.

La tecnología del *bioventing* ha sido satisfactoriamente utilizada en el tratamiento de suelos contaminados con hidrocarburos derivados del petróleo, disolventes no clorados, algunos pesticidas, conservantes de la madera y otros compuestos orgánicos.

A pesar de no ser una técnica aplicable a la eliminación de compuestos inorgánicos, la bioventilación puede utilizarse para cambiar la valencia de algunos elementos de esos compuestos para que puedan ser adsorbidos en el suelo o bioacumulados en micro y macroorganismos.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad del suelo alta

**Limitaciones:**

- Eficacia.
  - La eficacia de la técnica se verá reducida si el nivel freático se encuentra a poca profundidad, si existen capas de suelo saturadas o se trata de suelos con baja permeabilidad.
  - Un contenido en humedad del suelo sumamente bajo puede limitar la biodegradación y la eficacia del *bioventing*.
  - Las bajas temperaturas pueden reducir la eficacia de este tipo de remediación, aunque también ha sido aplicada en climas fríos.
- Control del proceso y los residuos.
  - Los vapores pueden aumentar en la zona basal dentro del radio de influencia de los pozos de inyección de aire. Este problema puede ser aliviado extrayendo el aire cerca de la estructura.
  - Se requiere un control posterior del gas extraído.
- Contaminantes presentes.

- o La biodegradación aeróbica de muchos compuestos clorados puede no ser eficaz a no ser que exista un co-metabolito presente o un ciclo anaerobio.

**Tiempo de recuperación:** 1-3 años.

**Coste:** 505,73 €/t (Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado:**

Agentes	Eficacia
COV no halogenados	Efectiva
COV halogenados	Sin datos
COSV no halogenados	Efectiva
COSV halogenados	No efectiva
Fuel	Efectiva
Inorgánicos	No efectiva
Explosivos	No efectiva

Esta técnica se aplica a sustancias biodegradables.

**Efecto seguridad y salud:** Medio-Alto (25 %).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Alto (0%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*Guía de Tecnologías de Recuperación de Suelos Contaminados.* Comunidad de Madrid (Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio).

## TÉCNICA DQ\_TS.2. BIORREMEDIACIÓN MEJORADA

---

**Código de la técnica:** DQ\_TS.2

**Técnica:** Biorremediación mejorada

**Otros nombres:** *Enhanced bioremediation*

**Recurso objetivo:** Suelo

**Descripción de la técnica:**

Tecnología que utiliza microorganismos, hongos, plantas o enzimas derivadas de ellos para devolver el medio que ha sido contaminado a su estado ecológico natural. La biorremediación puede ser empleada para atacar contaminantes específicos del suelo, un ejemplo de esto es la degradación bacteriana de compuestos organoclorados o de hidrocarburos. También se han utilizado seres vivos, como lombrices (vermiremediación) para las técnicas de biorremediación.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad del suelo alta-media.

**Limitaciones:**

- Eficacia.
  - Los objetivos de reparación no pueden ser logrados si la matriz del suelo impide el contacto de los microorganismos con el contaminante.
  - La presencia de caminos de flujo preferentes puede disminuir significativamente el contacto entre los fluidos inyectados y los contaminantes en la zona afectada. El sistema no debería usarse en arcillas, suelos sumamente estratificados o ambientes subsuperficiales heterogéneos debido a las limitaciones de transferencia del oxígeno u otro aceptador de electrones.
  - Con temperaturas bajas la biorremediación se ralentiza.
  - Concentraciones de peróxido de hidrógeno mayores de 100 a 200 ppm en las aguas subterráneas inhiben la actividad de los microorganismos.
- Control del proceso y los residuos.
  - La circulación de disoluciones a base de agua por el suelo puede aumentar la movilidad del contaminante y hacer necesario el tratamiento de las aguas subterráneas.
  - Puede producirse una colonización preferencial de los microbios causando la desaparición de los nutrientes y la obstrucción de los pozos de inyección.
  - Puede requerirse un sistema de tratamiento superficial, como *air stripping* o la adsorción en carbono activo, para tratar las aguas subterráneas extraídas antes de la reinyección o la transferencia a un gestor autorizado.
- Contaminantes presentes.
  - Las altas concentraciones de metales pesados, sustancias orgánicas altamente cloradas, hidrocarburos pesados o sales inorgánicas pueden ser tóxicas para los microorganismos.

**Tiempo de recuperación:** 1-3 años.

**Coste:** 52,11 €/t (Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado:**

<b>Agentes</b>	<b>Eficacia</b>
<b>COV no halogenados</b>	Efectiva
<b>COV halogenados</b>	Efectiva
<b>COSV no halogenados</b>	Efectiva
<b>COSV halogenados</b>	Sin datos
<b>Fuel</b>	Efectiva
<b>Inorgánicos</b>	No efectiva
<b>Explosivos</b>	Efectiva

Esta técnica se aplica a sustancias biodegradables.

**Efecto seguridad y salud:** Medio-Alto (25 %).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Alto (0%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*Guía de Tecnologías de Recuperación de Suelos Contaminados.* Comunidad de Madrid (Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio).

## TÉCNICA DQ\_TS.3. FITORREMEDIACIÓN

---

**Código de la técnica:** DQ\_TS.3

**Técnica:** Fitorremediación

**Otros nombres:** *Phytoremediation*

**Recurso objetivo:** Suelo

**Descripción de la técnica:**

Tecnología que utiliza árboles y otras plantas para descontaminar suelos. Las plantas actúan como filtros biológicos que pueden o bien descomponer o estabilizar metales pesados o bien degradar componentes orgánicos.

Se usa especialmente en emplazamientos que hayan sido contaminados con metales, plaguicidas, disolventes, explosivos, petróleo, hidrocarburos aromáticos policíclicos o lixiviados de vertederos.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad alta.

**Limitaciones:**

- Eficacia.
  - La profundidad de la zona de tratamiento viene determinada por las plantas utilizadas en la fitoremediación. En la mayoría de los casos, la técnica está limitada a suelos poco profundos.
  - Al igual que ocurre en otros tratamientos biológicos existen limitaciones de transferencia de masa.
  - Puede ser estacional, dependiendo de la ubicación.
  - Se encuentra todavía en una fase de desarrollo incipiente.
- Control del proceso y los residuos
  - Puede existir transferencia de la contaminación de un medio a otro, p.ej., del suelo al aire.
  - No siempre existen datos sobre la toxicidad de los productos de la biodegradación.
  - Los productos pueden ser movilizados a las aguas subterráneas o ocasionarse una bioacumulación en animales.
- Contaminantes presentes.
  - Las altas concentraciones de materiales peligrosos pueden ser tóxicas para las plantas.
  - No es eficaz para contaminantes fuertemente adsorbidos (p.ej., PCB) ni débilmente adsorbidos.

**Tiempo de recuperación:** Más de 3 años.

**Coste:** 1.210,06 €/t (Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado:**

<b>Agentes</b>	<b>Eficacia</b>
<b>COV no halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COV halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COSV no halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COSV halogenados</b>	Sin datos
<b>Fuel</b>	Efectividad limitada
<b>Inorgánicos</b>	Efectividad limitada
<b>Explosivos</b>	No efectiva

Esta técnica se aplica a sustancias biodegradables.

**Efecto seguridad y salud:** Alto (0%).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Alto (0%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*Guía de Tecnologías de Recuperación de Suelos Contaminados.* Comunidad de Madrid (Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio).

## TÉCNICA DQ\_TS.4. OXIDACIÓN QUÍMICA

**Código de la técnica:** DQ\_TS.4

**Técnica:** Oxidación química

**Otros nombres:** *Chemical oxidation*

**Recurso objetivo:** Suelo

**Descripción de la técnica:**

La oxidación química emplea los llamados oxidantes para destruir la contaminación del suelo. Los oxidantes permiten que las sustancias dañinas se transformen en sustancias inocuas como es el caso del agua o el dióxido de carbono. La oxidación química es capaz de destruir muchos tipos de sustancias como combustibles, disolventes o plaguicidas. El método de oxidación química no requiere la extracción de suelo, ya que mediante la perforación de pozos a diferente profundidad se pueden inyectar los oxidantes necesarios. El oxidante se mezcla con las sustancias químicas dañinas y las descompone. Una vez terminado el proceso se obtiene como resultado agua y sustancias químicas inocuas.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad indiferente.

**Limitaciones:**

- Eficacia.
  - Se requieren grandes cantidades de oxidantes debido a la fuerte demanda de éstos por parte de las sustancias químicas objetivo.
- Contaminantes presentes.
  - Algunos compuestos orgánicos clorados (COC) son resistentes a la oxidación.
- Control del proceso y los residuos
  - El proceso puede tener incidencias perjudiciales debido al empleo de sustancias oxidantes.

**Tiempo de recuperación:** Menos de 1 año.

**Coste:** Datos insuficientes.

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado:**

Agentes	Eficacia
<b>COV no halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COV halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COSV no halogenados</b>	No efectiva
<b>COSV halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>Fuel</b>	No efectiva
<b>Inorgánicos</b>	Sin datos
<b>Explosivos</b>	Efectividad limitada

**Efecto seguridad y salud:** Medio (50%).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Bajo (100%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*[www.epa.gov/superfund/sites](http://www.epa.gov/superfund/sites)*

## TÉCNICA DQ\_TS.5. ELECTROMIGRACIÓN

---

**Código de la técnica:** DQ\_TS.5

**Técnica:** Electromigración

**Otros nombres:** *Electrokinetic Separation, Electromigration*

**Recurso objetivo:** Suelo

**Descripción de la técnica:**

Esta tecnología se basa en la generación de una corriente eléctrica que provoca la desorción de los contaminantes.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad baja.

**Limitaciones:**

- Eficacia.
  - La eficacia queda bruscamente reducida en suelos con un contenido de humedad de menos del 10 por ciento. La eficacia máxima ocurre si el contenido de humedad se sitúa entre el 14 y el 18 por ciento.
  - La presencia de material aislante o metálico enterrado puede inducir a la variabilidad en la conductividad eléctrica del suelo, por ello, debe conocerse la litoestratigrafía del suelo que se vaya a tratar. Además, los depósitos con conductividad eléctrica muy alta pueden conducir a una reducción significativa de la eficacia de la técnica.
- Control del proceso y los residuos
  - Los electrodos inertes, como el carbón, el grafito, o el platino deben utilizarse de manera que ningún residuo sea introducido a la masa de suelo tratada. Los electrodos metálicos pueden disolverse como consecuencia de la electrólisis e introducir productos corrosivos en la matriz de suelo.
  - La electrocinética es una técnica de alta eficacia en arcillas debido a la carga negativa superficial de sus partículas. Sin embargo, la carga superficial de la arcilla puede verse alterada por la carga de los electrodos, modificando el pH del fluido intersticial y la capacidad de adsorción de contaminantes. Un pH extremo en los electrodos y modificaciones de oxidación-reducción inducidos por las reacciones en los electrodos pueden disminuir la efectividad, aunque unas condiciones ácidas (pH reducido) podrían ayudar a eliminar los metales del suelo.
  - Las reacciones de oxidación/reducción pueden formar productos potencialmente dañinos (p.ej., gas de cloro).

**Tiempo de recuperación:** 1-3 años.

**Coste:** 60,97 €/t (Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado:**

<b>Agentes</b>	<b>Eficacia</b>
<b>COV no halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COV halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COSV no halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COSV halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>Fuel</b>	No efectiva
<b>Inorgánicos</b>	Efectiva
<b>Explosivos</b>	No efectiva

**Efecto seguridad y salud:** Medio-Alto (25%).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Medio (50%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*[www.epa.gov/superfund/sites](http://www.epa.gov/superfund/sites)*

## TÉCNICA DQ\_TS.6. FRACTURAS

**Código de la técnica:** DQ\_TS.6

**Técnica:** Fracturación

**Otros nombres:** *Fracturing*

**Recurso objetivo:** Suelo

**Descripción de la técnica:**

La fracturación consiste en partir la roca que se encuentra bajo la superficie, no siendo necesariamente un método de descontaminación en sí mismo; sino que se trata de un proceso utilizado para facilitar otros métodos de limpieza. Las grietas o fracturas crean conducciones a través de las cuales se pueden extraer o destruir las sustancias peligrosas. La fracturación ayuda a crear canalizaciones a través de la roca y el suelo para poder llegar hasta donde se encuentran los contaminantes. Posteriormente, se pueden bombear las sustancias nocivas hacia la superficie a través de pozos.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad alta.

**Limitaciones:**

- Eficacia.
  - La tecnología no debería utilizarse en áreas de alta actividad sísmica.
  - Las fracturas tienden a cerrarse en suelos no arcillosos.
  - Su aplicación requiere investigar previamente las condiciones del suelo.
- Control del proceso y los residuos
  - Se debe prestar atención a no abrir nuevos caminos que permitan la extensión del contaminante (p.ej., compuestos densos en fase no acuosa).

**Tiempo de recuperación:** 1-3 años.

**Coste:** 93,80 €/t (Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado:**

Agentes	Eficacia
<b>COV no halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COV halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COSV no halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COSV halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>Fuel</b>	Efectividad limitada
<b>Inorgánicos</b>	No efectiva
<b>Explosivos</b>	No efectiva

**Efecto seguridad y salud:** Medio-Alto (25%).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Medio (50%).

**Fuentes**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

## TÉCNICA DQ\_TS.7. ENJUAGUE

**Código de la técnica:** DQ\_TS.7

**Técnica:** Enjuague de suelos

**Otros nombres:** *Soil Flushing*

**Recurso objetivo:** Suelo

**Descripción de la técnica:**

Consiste en la inyección (mediante pozos, zanjas, sistemas de aspersión o sistemas de infiltración) de una disolución de enjuague que ayude a movilizar los contaminantes para su posterior bombeo a la superficie mediante pozos de extracción. La solución extraída se trata en superficie y el efluente limpio proveniente de este tratamiento se puede reciclar como nueva disolución de enjuague.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad Media.

**Limitaciones:**

- Eficacia.
  - Los surfactantes de la disolución de enjuague pueden adherirse al suelo y reducir la porosidad.
  - Los suelos con permeabilidad baja o heterogéneos son más difíciles de tratar mediante esta técnica
- Control del proceso y los residuos
  - Las reacciones de los fluidos de limpieza con el suelo pueden reducir la movilidad de contaminante.
  - La tecnología debe ser utilizada sólo donde los contaminantes y el suelo tratados con el fluido de limpieza puedan contenerse y recuperarse.
  - La separación y tratamiento en superficie de los fluidos recuperados puede condicionar los gastos del proceso.

**Tiempo de recuperación:** 1-3 años.

**Coste:** 33,60 €/t (Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado:**

Agentes	Eficacia
<b>COV no halogenados</b>	Efectiva
<b>COV halogenados</b>	Efectiva
<b>COSV no halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COSV halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>Fuel</b>	Efectividad limitada
<b>Inorgánicos</b>	Efectiva
<b>Explosivos</b>	No efectiva

**Efecto seguridad y salud:** Medio-Alto (25%).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Medio (50%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*[www.epa.gov/superfund/sites](http://www.epa.gov/superfund/sites)*

## TÉCNICA DQ\_TS.8. EXTRACCIÓN DE VAPOR

---

**Código de la técnica:** DQ\_TS.8

**Técnica:** Extracción de vapor del suelo

**Otros nombres:** *Soil Vapor Extraction, SVE*

**Recurso objetivo:** Suelo

**Descripción de la técnica:**

Técnica que consiste en eliminar los vapores peligrosos del suelo a través de la extracción de aire del suelo contaminado, para ello, se volatilizan los contaminantes en fase líquida, disuelta o en estado de absorción. La extracción de vapores del suelo funciona extrayendo aire a través de suelos que han estado saturados por hidrocarburos u otros componentes volátiles orgánicos y facilitando que éstos COV se evaporen. Una vez en superficie los vapores son tratados a través de oxidación química o filtros de carbono.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad baja.

**Limitaciones:**

- Eficacia.
  - Si el suelo tiene un alto porcentaje de finos y un alto grado de saturación requerirá vacíos más potentes (aspecto que conlleva un coste mayor) y/o dificultará la operación *in situ* del sistema SVE.
  - Un suelo con alto contenido orgánico o uno sumamente seco tienen alta capacidad de adsorción de COSV, produciéndose tasas de limpieza reducidas.
  - La SVE no es eficaz en la zona saturada; sin embargo, disminuyendo el nivel freático se puede exponer más cantidad de suelo al tratamiento. Esta opción puede ser interesante para el tratamiento de LNAPL (líquidos menos densos que el agua).
- Control del proceso y los residuos
  - Los pozos de extracción requieren vigilancia en suelos con permeabilidades sumamente variables o estratificados debido a que se puede crear un flujo de gas desigual en las regiones contaminadas.
  - El aire empleado en la técnica puede requerir un tratamiento adicional con objeto de reducir el riesgo de daños a la salud humana y al medio ambiente.
  - Como consecuencia del tratamiento del gas, se generan líquidos residuales que pueden requerir su tratamiento o traslado a vertedero. El carbón activo saturado requerirá su regeneración o traslado a vertedero.

**Tiempo de recuperación:** 1-3 años.

**Coste:** 773,88 €/t (Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado:**

<b>Agentes</b>	<b>Eficacia</b>
<b>COV no halogenados</b>	Efectiva
<b>COV halogenados</b>	Efectiva
<b>COSV no halogenados</b>	No efectiva
<b>COSV halogenados</b>	No efectiva
<b>Fuel</b>	Efectiva
<b>Inorgánicos</b>	No efectiva
<b>Explosivos</b>	No efectiva

**Efecto seguridad y salud:** Medio-Alto (25%).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Medio (50%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*[www.epa.gov/superfund/sites](http://www.epa.gov/superfund/sites)*

## TÉCNICA DQ\_TS.9. SOLIDIFICACIÓN / ESTABILIZACIÓN IN SITU

---

**Código de la técnica:** DQ\_TS.9

**Técnica:** Solidificación/Estabilización *In Situ*

**Otros nombres:** *Solidification/Stabilization*

**Recurso objetivo:** Suelo

**Descripción de la técnica:**

La solidificación consiste en mezclar el suelo contaminado con una sustancia que provoca el endurecimiento del mismo. La mezcla forma un sólido que puede permanecer en el mismo lugar o transportarse a otro sitio. El proceso de solidificación impide que el contaminante se disperse por el medio ambiente. La solidificación permite estabilizar las propiedades químicas nocivas evitando su difusión a otro lugar.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad Alta-media.

**Limitaciones:**

- Eficacia.
  - La profundidad de los contaminantes puede limitar la aplicación de algunos tipos de procesos.
  - Es importante considerar el uso que vaya a tener el sitio afectado en el futuro ya que puede ocasionar la erosión de los materiales y afectar a la capacidad de mantener inmovilizados los contaminantes.
  - Dado que se trata de una técnica *in situ*, cobra especial importancia la realización de muestreos periódicos.
- Control del proceso y los residuos
  - Ciertos contaminantes son incompatibles con este tipo de procesos por lo que se requiere la realización de los correspondientes estudios de viabilidad previos.
  - El tratamiento de la contaminación por debajo del nivel freático puede requerir la extracción previa de agua.

**Tiempo de recuperación:** Menos de 1 año.

**Coste:** 299,00 €/t (Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado:**

<b>Agentes</b>	<b>Eficacia</b>
<b>COV no halogenados</b>	No efectiva
<b>COV halogenados</b>	No efectiva
<b>COSV no halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COSV halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>Fuel</b>	No efectiva
<b>Inorgánicos</b>	Efectiva
<b>Explosivos</b>	No efectiva

**Efecto seguridad y salud:** Medio (50%).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Medio (50%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

## TÉCNICA DQ\_TS.10. TRATAMIENTO TÉRMICO

---

**Código de la técnica:** DQ\_TS.10

**Técnica:** Tratamiento térmico

**Otros nombres:** *Thermal Treatment*

**Recurso objetivo:** Suelo

**Descripción de la técnica:**

Técnica que consiste en calentar el suelo contaminado pudiéndose incluirse también las aguas subterráneas. El calor ayuda a desplazar los contaminantes químicos a través del suelo hacia pozos de recolección. El calor puede también destruir o evaporar ciertos tipos de contaminantes. Al evaporarse, se convierten en gases que se mueven más fácilmente a través del suelo. Los pozos de extracción capturan los elementos químicos nocivos y gases y los conducen a la superficie para su limpieza. Los métodos térmicos resultan útiles para los líquidos en fase no acuosa que no se pueden eliminar con facilidad en las aguas subterráneas.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad baja.

**Limitaciones:**

- Eficacia.
  - Los escombros u otros objetos grandes enterrados en el suelo pueden causar dificultades en la operación.
  - El rendimiento en la extracción de ciertos contaminantes varía dependiendo de la temperatura máxima alcanzada en el proceso.
  - En los suelos compactados o de alto contenido en humedad puede verse dificultada la operación del sistema, requiriendo mayor energía para aumentar el vacío y la temperatura.
  - Los suelos con permeabilidades sumamente variables pueden causar un flujo de gas desigual en las regiones contaminadas.
  - Los suelos con alto contenido orgánico presentan una alta capacidad de adsorción de los COV, reduciendo la eficiencia del sistema.
  - La inyección de aire caliente presenta limitaciones debido a la baja capacidad calorífica del aire.
- Control del proceso y los residuos
  - El aire empleado en la técnica *in situ* puede requerir un tratamiento adicional que elimine el posible daño a la salud humana y al medioambiente.
  - Como consecuencia del tratamiento del gas, se generan líquidos residuales que pueden requerir un tratamiento posterior o su traslado a vertedero.

**Tiempo de recuperación:** Menos de 1 año.

**Coste:** 42,26 €/t (Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado:**

<b>Agentes</b>	<b>Eficacia</b>
<b>COV no halogenados</b>	Efectiva
<b>COV halogenados</b>	Efectiva
<b>COSV no halogenados</b>	Efectiva
<b>COSV halogenados</b>	Efectiva
<b>Fuel</b>	Efectiva
<b>Inorgánicos</b>	No efectiva
<b>Explosivos</b>	No efectiva

**Efecto seguridad y salud:** Medio (50%).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Bajo (100%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

## TÉCNICA DQ\_TS.11. BIOPILAS

---

**Código de la técnica:** DQ\_TS.11

**Técnica:** Biopilas

**Otros nombres:** *Biopiles*

**Recurso objetivo:** Suelo

**Descripción de la técnica:**

Constituyen una tecnología de biorremediación *ex situ* en la que el suelo contaminado con hidrocarburos es extraído y dispuesto en un área de tratamiento, que ha sido previamente excavada, para su descontaminación con microorganismos. Las biopilas se utilizan cuando la sustancia contaminante es demasiado volátil como para ser tratada con la técnica de *landfarming*, ya que las emisiones gaseosas serían demasiado elevadas o bien cuando se persigue acelerar el proceso de biorremediación.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad indiferente.

**Limitaciones:**

- Extracción del recurso.
  - Requiere la excavación del suelo contaminado.
- Eficacia.
  - Los procesos en fase sólida tienen una eficacia cuestionable para compuestos halogenados y pueden ser poco eficaces en la degradación de los productos de transformación de explosivos.
  - Las biopilas requieren más tiempo de limpieza que otros procesos biológicos.
- Control del proceso y los residuos
  - Deberían llevarse a cabo pruebas previas con objeto de determinar la biodegradabilidad de los contaminantes y las tasas de oxigenación y nutrientes apropiadas.

**Tiempo de recuperación:** 0,5-1 año.

**Coste:** 135,49 €/t (Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado:**

<b>Agentes</b>	<b>Eficacia</b>
<b>COV no halogenados</b>	Efectiva
<b>COV halogenados</b>	Efectiva
<b>COSV no halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COSV halogenados</b>	Sin datos
<b>Fuel</b>	Efectiva
<b>Inorgánicos</b>	Sin datos
<b>Explosivos</b>	No efectiva

Esta técnica se aplica a sustancias biodegradables.

**Efecto seguridad y salud:** Alto (0%).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Medio (50%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

## TÉCNICA DQ\_TS.12. COMPOSTAJE

---

**Código de la técnica:** DQ\_TS.12

**Técnica:** Compostaje

**Otros nombres:** *Composting*

**Recurso objetivo:** Suelo

**Descripción de la técnica:**

El compostaje de suelos contaminados es un proceso biológico controlado en el que los contaminantes orgánicos (hidrocarburos aromáticos policíclicos) son convertidos en sustancias inocuas a través de microorganismos aerobios, dando lugar a un producto final estable, el cual se suele denominar compost. El suelo contaminado se excava y se traslada a la zona de tratamiento, la cual debe estar construida previamente. El suelo se suele distribuir en pilas de 1,5 metros de alto y 2,1-2,5 metros de ancho, aunque depende del diseño. Durante el proceso es necesario mantener unas determinadas condiciones de aireación, temperatura, humedad, pH, nutrientes y cantidad de microorganismos para que el proceso pueda llevarse a cabo correctamente y se obtengan resultados satisfactorios de descontaminación.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad indiferente.

**Limitaciones:**

- Extracción del recurso.
  - Se requiere la excavación del suelo contaminado que podría causar una liberación incontrolada de COSV.
- Instalaciones.
  - Se requiere un espacio de elevadas dimensiones para el compostaje.
  - El compostaje genera un aumento volumétrico del material debido a la adición de material de enmienda.
- Contaminantes presentes.
  - Aunque los niveles de metales puedan reducirse vía dilución, los metales pesados no se pueden tratar por este método.  
  
Los altos niveles de metales pesados pueden ser tóxicos para los microorganismos.

**Tiempo de recuperación:** 0,5-1 año.

**Coste:** 393,95 €/t (Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado:**

<b>Agentes</b>	<b>Eficacia</b>
<b>COV no halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COV halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COSV no halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COSV halogenados</b>	Sin datos
<b>Fuel</b>	Efectiva
<b>Inorgánicos</b>	No efectiva
<b>Explosivos</b>	Efectiva

Esta técnica se aplica a sustancias biodegradables.

**Efecto seguridad y salud:** Medio (50%).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Alto (0%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

## TÉCNICA DQ\_TS.13. LANDFARMING

---

**Código de la técnica:** DQ\_TS.13

**Técnica:** *Landfarming*

**Otros nombres:**

**Recurso objetivo:** Suelo

**Descripción de la técnica:**

El *landfarming* es una técnica de biorremediación *ex situ* que requiere la excavación de los suelos contaminados y su disposición sobre una superficie impermeable (normalmente sobre una geomembrana), la cual está extendida sobre la superficie del terreno adyacente a la zona contaminada o en una pequeña piscina excavada cerca de esta zona y sobre la que se vierte el suelo a tratar. El proceso cuenta con un sistema de drenaje para la recolección de lixiviados, que posteriormente deberán recibir tratamiento.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad indiferente.

**Limitaciones:**

- Instalaciones.
  - Requiere gran cantidad de espacio.
- Eficacia.
  - Las condiciones que afectan a la degradación biológica de contaminantes (p.ej., temperaturas, lluvias, etc.) son en gran medida incontrolables, lo cual aumenta el tiempo para completar la remediación.
  - La topografía, la erosión, el clima, la estratigrafía y la permeabilidad del suelo en el sitio, deben ser evaluadas para determinar el diseño óptimo de la instalación.
- Control del proceso y los residuos
  - Deben construirse y supervisarse instalaciones de recolección de lixiviados.
  - El control del polvo generado es una consideración importante, sobre todo durante el labrado y otras operaciones de manejo del material.
- Contaminantes presentes.
  - Los contaminantes inorgánicos no son biodegradados.
  - Los contaminantes de elevada volatilidad, como los disolventes, deberían ser pretratados ya que, en caso contrario, se volatilizarían causando una contaminación atmosférica.

**Tiempo de recuperación:** 0,5-1 año.

**Coste:** 52,11 €/t (Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado:**

<b>Agentes</b>	<b>Eficacia</b>
<b>COV no halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COV halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COSV no halogenados</b>	Efectiva
<b>COSV halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>Fuel</b>	Efectiva
<b>Inorgánicos</b>	No efectiva
<b>Explosivos</b>	Sin datos

Esta técnica se aplica a sustancias biodegradables.

**Efecto seguridad y salud:** Medio-Alto (25%).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Alto (0%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*[www.epa.gov/superfund/sites](http://www.epa.gov/superfund/sites)*

## TÉCNICA DQ\_TS.14. TRATAMIENTO BIOLÓGICO CON LODOS

---

**Código de la técnica:** DQ\_TS.14

**Técnica:** Tratamiento biológico con lodos

**Otros nombres:** *Slurry Phase Biological Treatment*

**Recurso objetivo:** Suelo

**Descripción de la técnica:**

Esta técnica consiste en tratar el suelo en un biorreactor.

En primer lugar, el suelo debe ser tratado antes de ser incorporado al biorreactor, para ello, se separan los escombros y las piedras para evitar causar daños al biorreactor con la fracción gruesa. Una vez hecho esto, el suelo se mezcla con agua y se introduce en el biorreactor para que los disolventes separen los contaminantes.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad media.

**Limitaciones**

- Eficacia.
  - Algunos tipos de suelo y ciertos niveles de contenido en humedad afectan desfavorablemente al rendimiento del proceso.
  - Un contenido de arcilla alto puede reducir la eficacia de la extracción y requerir tiempos de contacto más largos.
  - Los costes de inversión pueden ser relativamente elevados por lo que puede cobrar importancia la economía de escala.
  - La presencia de detergentes y emulsionantes puede influir desfavorablemente en el funcionamiento de la extracción.
  - La extracción con disolventes es generalmente menos eficaz sobre sustancias orgánicas de muy alto peso molecular y muy hidrófilas.
- Control del proceso y los residuos
  - Después de la extracción ácida, cualquier ácido residual en el suelo tratado debería ser neutralizado.
  - La limpieza de la fracción fina del suelo después del tratamiento puede conllevar un coste elevado.
- Contaminantes presentes.
  - Los compuestos metálicos pueden ser extraídos junto con los agentes contaminantes orgánicos objetivo restringiendo el manejo de los residuos.
  - En los sólidos tratados pueden permanecer restos de disolvente. Por lo tanto, la toxicidad del disolvente debe ser evaluada en los estudios de viabilidad de aplicación de la técnica.

**Tiempo de recuperación:** 0,5-1 año.

**Coste:** 109,44 €/t (Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado:**

<b>Agentes</b>	<b>Eficacia</b>
<b>COV no halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COV halogenados</b>	Efectiva
<b>COSV no halogenados</b>	Efectiva
<b>COSV halogenados</b>	No efectiva
<b>Fuel</b>	Efectiva
<b>Inorgánicos</b>	Sin datos
<b>Explosivos</b>	Efectiva

Esta técnica se aplica a sustancias biodegradables.

**Efecto seguridad y salud:** Medio (50%).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Medio (50%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*[www.epa.gov/superfund/sites](http://www.epa.gov/superfund/sites)*

## TÉCNICA DQ\_TS.15. EXTRACCIÓN QUÍMICA

---

**Código de la técnica:** DQ\_TS.15

**Técnica:** Extracción química

**Otros nombres:** *Chemical extraction*

**Recurso objetivo:** Suelo

**Descripción de la técnica:**

Esta tecnología se basa en la extracción de los contaminantes del suelo mediante la adición de disolventes en un reactor. Antes de utilizar la extracción con disolventes, el suelo debe ser excavado del área contaminada para ser tratado y tamizado con objeto de retirar los objetos grandes como rocas o escombros. Luego se coloca el suelo tamizado en un extractor en el que se mezcla con un disolvente. El tipo de solvente dependerá de los compuestos químicos que se encuentren presentes en el suelo.

Por último, se realizan pruebas al suelo para asegurar que se hayan eliminado los contaminantes, en caso de que persista algún químico en el suelo se vuelve a repetir el proceso dentro del extractor.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad media.

**Limitaciones:**

- Eficacia.
  - Algunos tipos de suelo y ciertos niveles de contenido en humedad afectan desfavorablemente al funcionamiento del proceso.
  - Un contenido de arcilla elevado puede reducir la eficacia de la extracción y requerir tiempos de tratamiento más largos.
  - Los costes de inversión pueden ser relativamente altos pudiendo aparecer ventajas derivadas de la economía de escala.
  - La presencia de detergentes y emulsionantes puede influir desfavorablemente en el funcionamiento de la extracción.
  - La extracción con disolventes es generalmente menos eficaz sobre sustancias orgánicas de muy alto peso molecular y muy hidrófilas.
- Control del proceso y los residuos
  - Después de la extracción ácida, cualquier ácido residual en el suelo debería ser neutralizado.
- Contaminantes presentes.
  - Los compuestos metálicos pueden ser extraídos junto con los agentes contaminantes orgánicos objetivo restringiendo el manejo de los residuos.
  - En los sólidos tratados pueden permanecer restos de disolvente. Por lo tanto, la toxicidad del disolvente debe ser evaluada en los estudios de viabilidad de aplicación de la técnica.

**Tiempo de recuperación:** 0,5- 1 año.

**Coste:** 894,78 €/t (Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado:**

<b>Agentes</b>	<b>Eficacia</b>
<b>COV no halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COV halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COSV no halogenados</b>	Efectiva
<b>COSV halogenados</b>	Efectiva
<b>Fuel</b>	Efectividad limitada
<b>Inorgánicos</b>	Efectiva
<b>Explosivos</b>	No efectiva

**Efecto seguridad y salud:** Medio (50%).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Bajo (100%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*[www.epa.gov/superfund/sites](http://www.epa.gov/superfund/sites)*

## TÉCNICA DQ\_TS.16. OXIDACIÓN / REDUCCIÓN QUÍMICA

**Código de la técnica:** DQ\_TS.16

**Técnica:** Oxidación/Reducción Química

**Otros nombres:** *Chemical Reduction/Oxidation*

**Recurso objetivo:** Suelo

**Descripción de la técnica:**

Técnica que consiste en la extracción del suelo y mezcla en un reactor con compuestos oxidantes que convierten los contaminantes en compuestos estables. Las reacciones redox implican una transferencia de electrones de un compuesto a otro. En concreto, un reactivo se oxida (pierde electrones) y otro se reduce (gana electrones). Los agentes oxidantes más comúnmente utilizados para el tratamiento de contaminantes peligrosos son el ozono, el peróxido de hidrógeno, el hipoclorito, el cloro y el dióxido de cloro.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad indiferente.

**Limitaciones:**

- Eficacia.
  - El proceso no es rentable para altas concentraciones de contaminante debido a las grandes cantidades de agente oxidante requerido.
- Control del proceso y los residuos
  - Se puede producir oxidación incompleta o formación de contaminantes intermedios dependiendo de los contaminantes y los agentes oxidantes utilizados.
  - El aceite y las grasas en el suelo deberían ser reducidos al mínimo para optimizar la eficacia de proceso.

**Tiempo de recuperación:** Menos de 0,5 años.

**Coste:** 343,95 €/t (Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado**

Agentes	Eficacia
<b>COV no halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COV halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COSV no halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COSV halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>Fuel</b>	Efectividad limitada
<b>Inorgánicos</b>	Efectiva
<b>Explosivos</b>	Efectividad limitada

**Efecto seguridad y salud:** Medio (50%).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Medio (50%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

## TÉCNICA DQ\_TS.17. DESHALOGENACIÓN

---

**Código de la técnica:** DQ\_TS.17

**Técnica:** Deshalogenación

**Otros nombres:** *Dehalogenation*

**Recurso objetivo:** Suelo

**Descripción de la técnica:**

La deshalogenación es un proceso para retirar los halógenos (generalmente cloro) de un contaminante químico, reduciendo de esta forma su peligrosidad. Para ello, se extrae la tierra contaminada, se procesa con una trituradora y se mezcla con los reactivos. La mezcla se calienta en un reactor, el cual logra la sustitución de las moléculas del halógeno o la descomposición y volatilización parcial de los contaminantes. Existen dos versiones del proceso de deshalogenación: la deshalogenación con glicolatos (APEG/KPEG<sup>4</sup>) y el proceso de descomposición catalizado por bases (BCD<sup>5</sup>).

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad indiferente.

**Limitaciones:**

- Eficacia.
  - Los altos contenidos en arcilla y en humedad pueden aumentar los gastos del tratamiento.
  - La tecnología APEG/KPEG no es rentable para grandes volúmenes de residuos.
- Contaminantes presentes.
  - Las Concentraciones de compuestos orgánicos clorados mayores del 5 % requieren grandes volúmenes de reactivo.
- Control del proceso y los residuos.
  - Con el proceso de BCD la captura y el tratamiento de residuos (contaminantes volatilizados capturados, polvo, y otros condensados) pueden ser difíciles, especialmente cuando el suelo contiene altos niveles de finos y humedad.

**Tiempo de recuperación:** 0,5-1 año.

**Coste:** 351,76 €/t (Presupuesto de ejecución por contrata).

---

<sup>4</sup> De las siglas en inglés: *Alkaline Polyethylene Glycol* y *Potassium Polyethylene Glycol*.

<sup>5</sup> De las singlas en inglés: *Base Catalyzed Descomposition*.

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado:**

<b>Agentes</b>	<b>Eficacia</b>
<b>COV no halogenados</b>	No efectiva
<b>COV halogenados</b>	Efectiva
<b>COSV no halogenados</b>	No efectiva
<b>COSV halogenados</b>	Efectiva
<b>Fuel</b>	No efectiva
<b>Inorgánicos</b>	No efectiva
<b>Explosivos</b>	Efectividad limitada

**Efecto seguridad y salud:** Medio (50%).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Medio (50%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

## TÉCNICA DQ\_TS.18. SEPARACIÓN

**Código de la técnica:** DQ\_TS.18

**Técnica:** Separación

**Otros nombres:** *Separation*

**Recurso objetivo:** Suelo

**Descripción de la técnica:**

Técnica que consiste en concentrar el contaminante través de medios físicos y químicos. Estos procesos buscan separar los contaminantes de su medio (es decir, el suelo, arena y material de unión que los contiene).

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad indiferente.

**Limitaciones:**

- Eficacia.
  - Los contenidos elevados en arcilla y en humedad aumentan el coste del tratamiento.
  - Los procesos de separación por gravedad se basan en la diferencia de densidad entre los sólidos y la fase líquida. La gravedad específica de las partículas fijará la tasa de deposición y la eficacia del proceso. Además, la velocidad de deposición es dependiente de la viscosidad del fluido que debe poder estimarse para conocer la eficacia del proceso y dimensionar el equipo.
- Control del proceso y los residuos.
  - Pueden requerirse medidas especiales que mitiguen los problemas de olores producidos por el fango en condiciones sépticas.

**Tiempo de recuperación:** Menos de 0,5 años.

**Coste:** Datos insuficientes.

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado:**

Agentes	Eficacia
<b>COV no halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COV halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COSV no halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COSV halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>Fuel</b>	No efectiva
<b>Inorgánicos</b>	Efectividad limitada
<b>Explosivos</b>	No efectiva

**Efecto seguridad y salud:** Medio (50%).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Bajo (100%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*[www.epa.gov/superfund/sites](http://www.epa.gov/superfund/sites)*

## TÉCNICA DQ\_TS.19. LAVADO

---

**Código de la técnica:** DQ\_TS.19

**Técnica:** Lavado de suelos

**Otros nombres:** *Soil washing*

**Recurso objetivo:** Suelo

**Descripción de la técnica:**

El lavado de suelos consiste en separar y limpiar aquella parte que está más contaminada. Esto reduce la cantidad de suelo que requiere una limpieza más profunda. El lavado de suelo por sí solo puede ser insuficiente para limpiar completamente el suelo contaminado. Por lo tanto, la mayoría de las veces esta técnica se utiliza junto con otros métodos que completan la limpieza.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad indiferente.

**Limitaciones:**

- Eficacia.
  - En algunos casos resulta necesario combinar el lavado del suelo con otras técnicas de tratamiento, no obstante, puede utilizarse para tratar una amplia gama de contaminantes, principalmente metales, derivados del petróleo, COV y plaguicidas. La capacidad de recuperación es mayor en suelos de grano grueso.
- Control del proceso y los residuos.
  - El lavado de suelos se considera una tecnología de transferencia de contaminación, en la que el agua procedente de los procesos de limpieza del suelo tendrá que ser tratada mediante la técnica adecuada, según los contaminantes que presente.
- Contaminantes presentes.
  - Una mezcla compleja de contaminantes en el suelo, como por ejemplo una mezcla de metales, contaminantes orgánicos persistentes (COP) y COV, hace que sea más complejo formular una sola disolución de lavado que elimine de manera eficaz todos los tipos de contaminantes. En estos casos se requiere un lavado secuencial usando diferentes soluciones de lavado y/o distintas partes del suelo en disoluciones diferentes.

**Tiempo de recuperación:** Menos de 0,5 años.

**Coste:** 97,45 €/t (Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado:**

<b>Agentes</b>	<b>Eficacia</b>
<b>COV no halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COV halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COSV no halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COSV halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>Fuel</b>	Efectividad limitada
<b>Inorgánicos</b>	Efectividad limitada
<b>Explosivos</b>	No efectiva

**Efecto seguridad y salud:** Medio (50%).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Medio (50%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*[www.epa.gov/superfund/sites](http://www.epa.gov/superfund/sites)*

## TÉCNICA DQ\_TS.20. SOLIDIFICACIÓN / ESTABILIZACIÓN EX SITU

---

**Código de la técnica:** DQ\_TS.20

**Técnica:** Solidificación/Estabilización *Ex situ*

**Otros nombres:** *Solidification/Stabilization*

**Recurso objetivo:** Suelo

**Descripción de la técnica:**

Con esta técnica se pretende reducir la solubilidad, reactividad o movilidad de los elementos contaminantes mediante modificación de su estado químico o inmovilización física con un agente estabilizante (estabilización), o bien convertir el contaminante en un sólido de manipulación sencilla y segura, evitando riesgos de volatilización, lixiviación o fugas (solidificación).

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad alta.

**Limitaciones:**

- Instalaciones.
  - Algunos procesos de estabilización pueden generar un aumento significativo del volumen de suelo.
- Eficacia.
  - Las condiciones atmosféricas pueden afectar a la inmovilización de los contaminantes a largo plazo.
- Control del proceso y los residuos.
  - Determinados tipos de residuos son incompatibles con estos procesos; por ello, es necesario realizar estudios previos sobre la viabilidad de la técnica.
- Contaminantes presentes.
  - Generalmente resulta más complejo lograr una adecuada inmovilización de los compuestos orgánicos.

**Tiempo de recuperación:** Menos de 0,5 años.

**Coste:** 129,24 €/t (Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado:**

<b>Agentes</b>	<b>Eficacia</b>
<b>COV no halogenados</b>	No efectiva
<b>COV halogenados</b>	No efectiva
<b>COSV no halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COSV halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>Fuel</b>	No efectiva
<b>Inorgánicos</b>	Efectiva
<b>Explosivos</b>	No efectiva

**Efecto seguridad y salud:** Medio (50%)

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Medio (50%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

## TÉCNICA DQ\_TS.21. HOT GAS DESCONTAMINACIÓN

---

**Código de la técnica:** DQ\_TS.21

**Técnica:** *Hot Gas Decontamination*

**Otros nombres:**

**Recurso objetivo:** Suelo

**Descripción de la técnica:**

El proceso consiste en elevar la temperatura de los suelos contaminados hasta 260°C durante un período de tiempo determinado. El gas efluente de la materia es tratado en un sistema de postcombustión para destruir todos los contaminantes volatilizados.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Datos insuficientes.

**Limitaciones:** Datos insuficientes.

**Tiempo de recuperación:** Menos de 0,5 años.

**Coste:** Datos insuficientes.

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado:**

Agentes	Eficacia
COV no halogenados	No efectiva
COV halogenados	No efectiva
COSV no halogenados	No efectiva
COSV halogenados	No efectiva
Fuel	No efectiva
Inorgánicos	No efectiva
Explosivos	No efectiva

**Efecto seguridad y salud:** Datos insuficientes.

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Datos insuficientes.

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

## TÉCNICA DQ\_TS.22. INCINERACIÓN

**Código de la técnica:** DQ\_TS.22

**Técnica:** Incineración

**Otros nombres:** *Incineration*

**Recurso objetivo:** Suelo

**Descripción de la técnica:**

Técnica que consiste en quemar (en un horno y a temperatura controlada) materiales peligrosos con el fin de destruir los contaminantes nocivos. La incineración también reduce el volumen del residuo para su posterior eliminación en un vertedero controlado. Si bien la incineración destruye una variedad de contaminantes tales como bifenilos policlorados, solventes y plaguicidas, no destruye los metales. Existen dos formas posibles de incineración: una mediante un incinerador móvil transportado al emplazamiento (*in situ*) y otra que consiste en trasladar el material a tratar a una planta incineradora fija.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad baja.

**Limitaciones:**

- Instalaciones.
  - Es una tecnología que requiere altos costes de inversión para la construcción y funcionamiento de la planta.
- Control del proceso y los residuos
  - Las emisiones de gases y partículas producidas por este proceso pueden provocar la contaminación de las áreas cercanas a la planta, y en ocasiones, a zonas más lejanas transportadas por el viento.

**Tiempo de recuperación:** Menos de 0,5 años.

**Coste:** 802,54 €/t (Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado:**

Agentes	Eficacia
COV no halogenados	Efectiva
COV halogenados	Efectiva
COSV no halogenados	Efectiva
COSV halogenados	Efectiva
Fuel	Efectiva
Inorgánicos	No efectiva
Explosivos	Efectiva

**Efecto seguridad y salud:** Medio (50%).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Bajo (100%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*[www.epa.gov/superfund/sites](http://www.epa.gov/superfund/sites)*

## TÉCNICA DQ\_TS.23. OPEN BURN / OPEN DETONATION

**Código de la técnica:** DQ\_TS.23

**Técnica:** *Open Burn/Open Detonation*

**Otros nombres:**

**Recurso objetivo:** Suelo

**Descripción de la técnica:**

El *open burn/open detonation* es una técnica para la destrucción de sustancias explosivas y materiales energéticos que han quedado obsoletos o inservibles. El *open burn* consiste en la destrucción mediante combustión. En este tratamiento, una fuente externa de calor, consigue inflamar los materiales que hay en el interior de las instalaciones y los destruye. Se le pueden añadir combustibles auxiliares para iniciar y sostener el proceso. La *open detonation* consiste en destruir explosivos y municiones mediante una detonación, generalmente iniciada mediante una descarga energética. En el pasado esta técnica era utilizada en superficie pero debido al problema de tratamiento de gases, se comenzó a llevar a cabo en lugares cubiertos asociada a un tratamiento posterior de gases.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad indiferente.

**Limitaciones:**

- Eficacia
  - No se puede utilizar bajo condiciones climáticas adversas (tormentas, nevadas, vientos fuertes) ya que pueden provocar la detonación prematura de los materiales.
- Control del proceso y los residuos
  - Las emisiones de los *open burn* y *open detonation* son difíciles de capturar, lo que condiciona su utilización.
  - Requiere una distancia mínima de ejecución para garantizar la seguridad del proceso.

**Tiempo de recuperación:** Menos de 0,5 años.

**Coste:** Datos insuficientes.

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado:**

Agentes	Eficacia
<b>COV no halogenados</b>	No efectiva
<b>COV halogenados</b>	No efectiva
<b>COSV no halogenados</b>	No efectiva
<b>COSV halogenados</b>	No efectiva
<b>Fuel</b>	No efectiva
<b>Inorgánicos</b>	No efectiva
<b>Explosivos</b>	Efectiva

**Efecto seguridad y salud:** Alto (100%).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Bajo (100%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*[www.epa.gov/superfund/sites](http://www.epa.gov/superfund/sites)*

## TÉCNICA DQ\_TS.24. PIRÓLISIS

---

**Código de la técnica:** DQ\_TS.24

**Técnica:** Pirólisis

**Otros nombres:** *Pyrolysis*

**Recurso objetivo:** Suelo

**Descripción de la técnica:**

La pirólisis se define como la descomposición química inducida de los materiales orgánicos por el calor en ausencia de oxígeno. Si bien, en la práctica, no es posible lograr un ambiente libre de oxígeno por completo.

Esta técnica transforma los materiales orgánicos peligrosos en componentes gaseosos, pequeñas cantidades de líquido y un residuo sólido (coque) que contiene carbono y cenizas. La pirólisis de materiales orgánicos produce gases, incluyendo monóxido de carbono, hidrógeno, metano y otros hidrocarburos. Si los gases residuales se enfrían, los líquidos se condensan en un residuo de aceite/alquitrán y agua contaminada, haciendo necesaria una posterior combustión secundaria, consistente en un quemado y posterior eliminación de las partículas por equipos de filtrado.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad alta.

**Limitaciones:**

- Eficacia
  - La tecnología requiere el secado del suelo para lograr que la humedad del mismo sea menor del 1%.
  - Una alta concentración de humedad aumenta el coste del proceso.
- Instalación
  - La aplicación y el coste de la técnica puede depender del tamaño de los materiales a tratar.
- Contaminantes presentes
  - Los contaminantes altamente abrasivos pueden dañar las instalaciones.
  - Si el suelo tratado contiene metales pesados, el residuo generado necesitará ser estabilizado posteriormente.

**Tiempo de recuperación:** Menos de 0,5 años.

**Coste:** 211,06 €/t (Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado:**

<b>Agentes</b>	<b>Eficacia</b>
<b>COV no halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COV halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COSV no halogenados</b>	Efectiva
<b>COSV halogenados</b>	Efectiva
<b>Fuel</b>	Efectividad limitada
<b>Inorgánicos</b>	No efectiva
<b>Explosivos</b>	No efectiva

**Efecto seguridad y salud:** Medio (50%).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Bajo (100%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

## TÉCNICA DQ\_TS.25. DESORCIÓN TÉRMICA

**Código de la técnica:** DQ\_TS.25

**Técnica:** Desorción Térmica

**Otros nombres:** *Thermal Desorption*

**Recurso objetivo:** Suelo

**Descripción de la técnica:**

Es un tratamiento que consiste en calentar el suelo a temperaturas comprendidas entre 250 y 600°C para evaporar los compuestos volátiles. Los gases contaminados que se generan, se separan del aire limpio utilizando un equipo de recolección de gases. Los gases de esta forma se convierten en líquidos y/o materiales sólidos. El polvo y las sustancias químicas contaminantes se separan de los gases y se eliminan con seguridad. Mientras, el suelo limpio, se devuelve su lugar de origen siendo previamente rociado con agua para reducir la producción de polvo.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad alta.

**Limitaciones:**

- Eficacia
  - La aplicación y el coste dependerán en gran medida de la granulometría y el manejo de los materiales.
  - Para conseguir unos niveles adecuados de humedad del suelo puede ser necesario realizar una deshidratación.
- Contaminantes presentes
  - Los contaminantes altamente abrasivos pueden dañar las instalaciones.

**Tiempo de recuperación:** Menos de 0,5 años.

**Coste:** 131,32 €/t (Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado:**

Agentes	Eficacia
COV no halogenados	Efectiva
COV halogenados	Efectiva
COSV no halogenados	Efectiva
COSV halogenados	Efectiva
Fuel	Efectiva
Inorgánicos	No efectiva
Explosivos	Efectiva

**Efecto seguridad y salud:** Medio (50%).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Bajo (100%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

## TÉCNICA DQ\_TS.26. EXCAVACIÓN, RETIRADA Y DEPÓSITO

---

**Código de la técnica:** DQ\_TS.26

**Técnica:** Excavación, retirada y depósito

**Otros nombres:** *Off-site disposal*

**Recurso objetivo:** Suelo

**Descripción de la técnica:**

El material contaminado se retira y se transporta fuera del lugar afectado para su tratamiento y eliminación. Puede ser necesario llevar a cabo un pretratamiento previo a la retirada del material contaminante.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad alta.

**Limitaciones:**

- Eficacia
  - La distancia entre el lugar contaminado y el lugar de eliminación autorizado más cercano puede aumentar el coste de forma considerable.
  - La profundidad y composición del medio contaminado debe tenerse en cuenta a la hora de diseñarse la excavación.
- Control del proceso y los residuos
  - Las opciones de eliminación de ciertos residuos (por ejemplo, residuos mezclados o desechos transuránicos) pueden ser limitadas.
  - Durante las operaciones puede producirse una elevada cantidad de emisiones a la atmósfera.
- Contaminantes presentes
  - Existen riesgos de que los contaminantes sufran migraciones desde las instalaciones de eliminación por varias vías: vertidos en aguas superficiales, lluvias, lixiviados en las aguas subterráneas, volatilización a la atmósfera, etc. Por lo tanto, estos riesgos deben ser considerados y gestionados a la hora de realizar los trabajos de reparación.

**Tiempo de recuperación:** Menos de 0,5 años.

**Coste:** 361,96 €/t (Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado:**

<b>Agentes</b>	<b>Eficacia</b>
<b>COV no halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COV halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COSV no halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COSV halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>Fuel</b>	Efectividad limitada
<b>Inorgánicos</b>	Efectividad limitada
<b>Explosivos</b>	Efectividad limitada

**Efecto seguridad y salud:** Bajo (100%).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Alto (0%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*Guía de tecnologías de recuperación de suelos contaminados. Comunidad de Madrid.*

*Tarifas Tragsa 2007.*



# **DAÑOS QUÍMICOS AL AGUA SUPERFICIAL**



## TÉCNICA DQ\_TASUP.1. HUMEDALES ARTIFICIALES

**Código de la técnica:** DQ\_TASup.1

**Técnica:** Humedales artificiales

**Otros nombres:** *Constructed Wetlands*

**Recurso objetivo:** Agua superficial

**Descripción de la técnica:**

Construcción de un pantano artificial para acumular y eliminar contaminantes de las aguas por medio de procesos naturales geoquímicos y biológicos.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad indiferente.

**Limitaciones:**

- Instalaciones:
  - Los humedales deben ajustarse a la geología del terreno y al clima de la zona.
- Eficacia:
  - Un elevado caudal de entrada puede sobrecargar los mecanismos de acción del humedal, mientras que una sequía puede limitar capacidad de descontaminación del humedal.
  - El humedal puede disminuir su tasa de depuración con el tiempo.

**Tiempo de recuperación:** Más de 10 años.

**Coste:** 0,25 €/m<sup>3</sup> (coste unitario de Presupuesto de ejecución por contrata) y 210.691 € (coste fijo de Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado:**

Agentes	Eficacia
<b>COV no halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COV halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COSV no halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COSV halogenados</b>	Sin datos
<b>Fuel</b>	Efectividad limitada
<b>Inorgánicos</b>	Efectiva
<b>Explosivos</b>	Efectiva

Esta técnica se aplica a sustancias biodegradables.

**Efecto seguridad y salud:** Bajo (100%).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Alto (0%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*Guía de tecnologías de recuperación de suelos contaminados. Comunidad de Madrid.*

*Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición.*

## TÉCNICA DQ\_TASUP.2. ADSORCIÓN / ABSORCIÓN

**Código de la técnica:** DQ\_TASup.2

**Técnica:** Adsorción/Absorción

**Otros nombres:** *Adsorption/ Absorption*

**Recurso objetivo:** Agua superficial

**Descripción de la técnica:**

El agua contaminada pasa por una superficie adsorbente en la que los solutos quedan retenidos reduciendo así su concentración en la fase líquida.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad indiferente

**Limitaciones**

- Control del proceso y los residuos:
  - Las unidades de adsorción a menudo requieren tratamiento como residuos peligrosos si no pueden ser regeneradas.
- Contaminantes presentes:
  - Los compuestos solubles en agua y las moléculas pequeñas no son adsorbidas fácilmente.
  - Los costes se incrementan si se utiliza la técnica como tratamiento primario sobre recursos con elevadas concentraciones de contaminantes. La técnica no es recomendable cuando el contenido de la sustancia peligrosa es tan alto que es necesario sustituir frecuentemente la unidad adsorbente.

**Tiempo de recuperación:** Más de 10 años.

**Coste:** 63,20 €/m<sup>3</sup> (coste unitario de Presupuesto de ejecución por contrata) y 36.688 € (coste fijo de Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado**

Agentes	Eficacia
<b>COV no halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COV halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COSV no halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COSV halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>Fuel</b>	No efectiva
<b>Inorgánicos</b>	Efectiva
<b>Explosivos</b>	No efectiva

**Efecto seguridad y salud:** Medio (50%)

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Medio (50%)

## **Fuentes**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*Guía de tecnologías de recuperación de suelos contaminados. Comunidad de Madrid.*

*Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición.*

## TÉCNICA DQ\_TASUP.3. PROCESOS AVANZADOS DE OXIDACIÓN

---

**Código de la técnica:** DQ\_TASup.3

**Técnica:** Procesos avanzados de oxidación

**Otros nombres:** *Advanced Oxidation Processes*

**Recurso objetivo:** Agua superficial

**Descripción de la técnica:**

Se emplean oxidantes como la radiación ultravioleta (UV), el ozono y el peróxido de hidrógeno para destruir contaminantes de las aguas residuales por reacción directa.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad indiferente

**Limitaciones:**

- Eficacia:
  - Una dosis excesiva de oxidantes químicos puede actuar como “barredor de radicales libres”, inhibiendo la eficiencia de la destrucción del contaminante.
- Control del proceso y los residuos:
  - Algunos compuestos orgánicos volátiles pueden ser volatilizados en lugar de destruirse, en este caso el gas tendría que ser eliminado mediante adsorción con carbón activado u oxidación catalítica.
  - Puede ser necesario el pretratamiento de la corriente acuosa para reducir los costes de limpieza y mantenimiento del reactor de rayos UV y las lámparas.
  - La manipulación y almacenamiento de los oxidantes requiere precauciones especiales de seguridad.
- Contaminantes presentes:
  - La corriente acuosa tratada por oxidación con rayos UV debe estar relativamente libre de iones de metales pesados (menos de 10 mg/l) y de aceite o grasa insoluble para minimizar la acumulación de suciedad en las lámparas.
  - Una alta turbidez en el agua causa interferencias. La corriente acuosa que se trata deber tener buena transmisión de luz ultravioleta.
- Requerimientos energéticos:
  - Los costes pueden ser mayores que los de las tecnologías alternativas debido a los altos niveles de energía que pueden requerirse.

**Tiempo de recuperación:** Más de 10 años.

**Coste:** 2,11 €/m<sup>3</sup> (coste unitario de Presupuesto de ejecución por contrata) y 36.688 € (coste fijo de Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado:**

<b>Agentes</b>	<b>Eficacia</b>
<b>COV no halogenados</b>	Efectiva
<b>COV halogenados</b>	Efectiva
<b>COSV no halogenados</b>	Efectiva
<b>COSV halogenados</b>	Efectiva
<b>Fuel</b>	Efectiva
<b>Inorgánicos</b>	Sin datos
<b>Explosivos</b>	Efectiva

**Efecto seguridad y salud:** Medio (50%).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Bajo (100%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*Guía de tecnologías de recuperación de suelos contaminados. Comunidad de Madrid.*

*Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición.*

## TÉCNICA DQ\_TASUP.4. FILTROS DE CARBÓN ACTIVO

**Código de la técnica:** DQ\_TASup.4

**Técnica:** Filtros de carbón activo

**Otros nombres:** Carbón activado granulado/ Adsorción de la fase líquida con carbón activo/  
*Granulated Activated Carbon / Liquid Phase Carbon Adsorption.*

**Recurso objetivo:** Agua superficial

**Descripción de la técnica:**

Se basa en la adsorción física de los contaminantes en las partículas del lecho adsorbente de carbón activo. Periódicamente cuando el carbón activo se satura es necesario regenerarlo o renovarlo.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad indiferente.

**Limitaciones:**

- Eficacia:
  - Un alto contenido de partículas en el flujo de entrada o el desarrollo de sustratos microbianos en el filtro pueden reducir el caudal efectivo y la eficacia del tratamiento.

**Tiempo de recuperación:** Más de 10 años.

**Coste:** 1,20 €/m<sup>3</sup> (coste unitario de Presupuesto de ejecución por contrata) y 36.688 € (coste fijo de Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado:**

Agentes	Eficacia
COV no halogenados	Efectiva
COV halogenados	Efectiva
COSV no halogenados	Efectiva
COSV halogenados	Efectiva
Fuel	Efectiva
Inorgánicos	Sin datos
Explosivos	Sin datos

**Efecto seguridad y salud:** Medio (50%).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Bajo (100%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*Guía de tecnologías de recuperación de suelos contaminados. Comunidad de Madrid.*

*Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición.*

## TÉCNICA DQ\_TASUP.5. INTERCAMBIO IÓNICO

**Código de la técnica:** DQ\_TASup.5

**Técnica:** Intercambio iónico

**Otros nombres:** *Ion Exchange*

**Recurso objetivo:** Agua superficial

**Descripción de la técnica:**

Se basa en la adsorción de iones de la fase acuosa mediante el intercambio de cationes o aniones entre los contaminantes y un medio diseñado específicamente para el proceso normalmente hecho de resinas de materiales orgánicos sintéticos.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad indiferente.

**Limitaciones:**

- Contaminantes presentes:
  - La presencia de aceites, grasas y sólidos en suspensión en concentraciones mayores a 10 ppm puede obstruir las resinas.

**Tiempo de recuperación:** Más de 10 años.

**Coste:** 0,15 €/m<sup>3</sup> (coste unitario de Presupuesto de ejecución por contrata) y 36.688 € (coste fijo de Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado:**

Agentes	Eficacia
COV no halogenados	No efectiva
COV halogenados	No efectiva
COSV no halogenados	No efectiva
COSV halogenados	No efectiva
Fuel	No efectiva
Inorgánicos	Efectiva
Explosivos	No efectiva

**Efecto seguridad y salud:** Medio (50%).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Medio (50%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*Guía de tecnologías de recuperación de suelos contaminados. Comunidad de Madrid.*

*Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición.*

## TÉCNICA DQ\_TASUP.6. PRECIPITACIÓN/COAGULACIÓN/FLOCULACIÓN

**Código de la técnica:** DQ\_TASup.6

**Técnica:** Precipitación/ Coagulación/ Floculación

**Otros nombres:** *Precipitation/ Coagulation/ Flocculation*

**Recurso objetivo:** Agua superficial

**Descripción de la técnica:**

Este proceso transforma los contaminantes disueltos en un sólido insoluble, facilitando la posterior eliminación del contaminante de la fase líquida por sedimentación o filtración. El proceso por lo general utiliza el ajuste de pH, la adición de una precipitación química, y la floculación.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad indiferente.

**Limitaciones:**

- Contaminantes presentes:
  - En el caso de tener mezclas de diferentes metales, la extracción de todos ellos puede ser compleja, ya que las condiciones óptimas de precipitación pueden ser diferentes para cada uno de ellos.
  - En este proceso pueden generarse lodos tóxicos, por ello, debe controlarse la adición de algunos reactivos para no dar lugar a concentraciones no aceptables de sustancias tóxicas en los efluentes residuales.

**Tiempo de recuperación:** Más de 10 años.

**Coste:** 7,62 €/m<sup>3</sup> (coste unitario de Presupuesto de ejecución por contrata) y 36.688 € (coste fijo de Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado:**

Agentes	Eficacia
COV no halogenados	No efectiva
COV halogenados	No efectiva
COSV no halogenados	No efectiva
COSV halogenados	No efectiva
Fuel	No efectiva
Inorgánicos	Efectiva
Explosivos	No efectiva

**Efecto seguridad y salud:** Medio (50%).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Bajo (100%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*Guía de tecnologías de recuperación de suelos contaminados. Comunidad de Madrid.*

*Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición.*

## TÉCNICA DQ\_TASUP.7. SEPARACIÓN

**Código de la técnica:** DQ\_TASup.7

**Técnica:** Separación

**Otros nombres:** *Separation*

**Recurso objetivo:** Agua superficial

**Descripción de la técnica:**

Separación del agua contaminada a través de medios físicos y químicos (destilación, filtración, cristalización por congelación, osmosis inversa, etc.).

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad indiferente

**Limitaciones**

- Instalaciones:
  - Las instalaciones de los tratamientos de destilación y cristalización por congelación requieren un gran espacio. Las unidades de destilación son relativamente altas y pueden cubrir grandes áreas.
- Contaminantes presentes:
  - La presencia de aceites y grasas contaminantes puede interferir en los procesos, disminuyendo el caudal efectivo.
  - En la cristalización por congelación a medida que la disolución se hace más concentrada se pueden formar mezclas eutécticas (sólidas). La corriente de alimentación debe estar lo suficientemente diluída como para evitar la formación de mezclas eutécticas.

**Tiempo de recuperación:** Menos de 3 años.

**Coste:** 6,42 €/m<sup>3</sup> (coste unitario de Presupuesto de ejecución por contrata) y 36.688 € (coste fijo de Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado:**

Agentes	Eficacia
COV no halogenados	Efectiva
COV halogenados	Efectiva
COSV no halogenados	Efectiva
COSV halogenados	Efectiva
Fuel	Efectiva
Inorgánicos	Sin datos
Explosivos	No efectiva

**Efecto seguridad y salud:** Medio (50%).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Medio (50%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*Guía de tecnologías de recuperación de suelos contaminados. Comunidad de Madrid.*

*Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición.*

## TÉCNICA DQ\_TASUP.8. BIORREACTORES

**Código de la técnica:** DQ\_TASup.8

**Técnica:** Biorreactores

**Otros nombres:** *Bioreactors*

**Recurso objetivo:** Agua superficial

**Descripción de la técnica:**

Tecnología de depuración biológica de aguas contaminadas, donde el agua circula por tanques rellenos de materiales, generalmente plásticos, de gran superficie específica.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad indiferente.

**Limitaciones:**

- Extracción del recurso:
  - Requiere la extracción de grandes volúmenes para que la biomasa pueda desarrollarse adecuadamente y la biodegradación sea efectiva.

**Tiempo de recuperación:** 3-10 años.

**Coste:** 31,04 €/m<sup>3</sup> (coste unitario de Presupuesto de ejecución por contrata) y 210.691 € (coste fijo de Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado**

Agentes	Eficacia
<b>COV no halogenados</b>	Efectiva
<b>COV halogenados</b>	Efectiva
<b>COSV no halogenados</b>	Efectiva
<b>COSV halogenados</b>	Sin datos
<b>Fuel</b>	Efectiva
<b>Inorgánicos</b>	No efectiva
<b>Explosivos</b>	Efectiva

Esta técnica se aplica a sustancias biodegradables.

**Efecto seguridad y salud:** Medio (50%).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Medio (50%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*Guía de tecnologías de recuperación de suelos contaminados. Comunidad de Madrid.*

*Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición.*

## TÉCNICA DQ\_TASUP.9. EXTRACCIÓN DE AGUA

**Código de la técnica:** DQ\_TASup.9

**Técnica:** Extracción de agua

**Otros nombres:** Extracción y tratamiento / *Pump & Treat*

**Recurso objetivo:** Agua superficial

**Descripción de la técnica:**

Mediante la instalación de equipos de extracción de agua, se bombea el agua para la aplicación de otras tecnologías de tratamiento posteriormente.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad indiferente.

**Limitaciones:**

- Extracción del recurso:
  - La extracción del agua puede provocar asentamientos de algunos tipos de suelos (arcillas, limos, etc.). Si éstos fueran significativos debería considerarse la infiltración de agua en el suelo para reducir dicho efecto.
  - En el uso de bombas de vacío para la extracción del agua, se debe tener en cuenta la limitación de altura máxima de aspiración de las mismas (unos 8 m para las bombas de succión y unos 5 m para las bombas centrífugas).

**Tiempo de recuperación:** Más de 10 años.

**Coste:** 6,29 €/m<sup>3</sup> (coste unitario de Presupuesto de ejecución por contrata) y 36.688 € (coste fijo de Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado**

Agentes	Eficacia
<b>COV no halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COV halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COSV no halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COSV halogenados</b>	Sin datos
<b>Fuel</b>	Efectividad limitada
<b>Inorgánicos</b>	Efectividad limitada
<b>Explosivos</b>	Efectividad limitada

**Efecto seguridad y salud:** Medio (50%).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Medio (50%).

**Fuentes:**

Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).

*Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición.*

## TÉCNICA DQ\_TASUP.10. RIEGO POR ASPERSIÓN

**Código de la técnica:** DQ\_TASup.10

**Técnica:** Riego por aspersión

**Otros nombres:** *Sprinkler Irrigation*

**Recurso objetivo:** Agua superficial

**Descripción de la técnica:**

Distribución a presión de agua cargada de compuestos orgánicos volátiles a través de un sistema de rociadores estándar de riego. Supone una transferencia de compuestos orgánicos volátiles de la fase acuosa disuelta a la fase de vapor, por el cual los compuestos orgánicos volátiles son liberados a la atmósfera, debiendo analizarse este efecto en la fase de planificación de la técnica de reparación.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad indiferente.

**Limitaciones:**

- Eficacia:
  - El rendimiento puede verse afectado por la temperatura.
- Control del proceso y los residuos:
  - La liberación directa de los contaminantes a la atmósfera exige controlar este proceso.
  - Existe un alto riesgo de encharcamiento de la zona objeto de tratamiento.
  - No se puede llevar a cabo este tratamiento en las aguas contaminadas con metales pesados.

**Tiempo de recuperación:** Más de 10 años.

**Coste:** Datos insuficientes.

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado**

Agentes	Eficacia
COV no halogenados	Efectiva
COV halogenados	Efectiva
COSV no halogenados	No efectiva
COSV halogenados	No efectiva
Fuel	No efectiva
Inorgánicos	No efectiva
Explosivos	No efectiva

**Efecto seguridad y salud:** Datos insuficientes.

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Datos insuficientes.

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición.*

## TÉCNICA DQ\_TASUP.11. EXTRACCIÓN CON AIRE

---

**Código de la técnica:** DQ\_TASup.11.

**Técnica:** Extracción con aire

**Otros nombres:** *Air Stripping*

**Recurso objetivo:** Agua superficial

**Descripción de la técnica:**

Transferencia de los compuestos volátiles del agua al aire, forzando una corriente de aire a través del agua en una torre o cuba de aireación.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad indiferente.

**Limitaciones:**

- Instalaciones:
  - En la fase de diseño de la reparación debe tenerse en cuenta el material a emplear en la torre de tratamiento.
- Eficacia:
  - Existe la posibilidad de estudiar su aplicación a compuestos inorgánicos o a compuestos biológicos, requiriendo un tratamiento previo o limpieza periódica de la columna.
  - Técnica efectiva sólo para el agua contaminada con concentraciones de COV o COSV con una constante adimensional de Henry superior a 0,01.
- Control del proceso y los residuos:
  - Los compuestos con baja volatilidad a temperatura ambiente pueden requerir el precalentamiento del agua.
  - Los gases de salida pueden requerir un tratamiento basado en la tasa de emisión de masa.
- Requerimientos energéticos:
  - En determinadas circunstancias el gasto energético requerido por la técnica es elevado.

**Tiempo de recuperación:** Más de 10 años.

**Coste:** 0,39 €/m<sup>3</sup> (coste unitario de Presupuesto de ejecución por contrata) y 36.688 € (coste fijo de Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado**

<b>Agentes</b>	<b>Eficacia</b>
<b>COV no halogenados</b>	Efectiva
<b>COV halogenados</b>	Efectiva
<b>COSV no halogenados</b>	No efectiva
<b>COSV halogenados</b>	No efectiva
<b>Fuel</b>	No efectiva
<b>Inorgánicos</b>	No efectiva
<b>Explosivos</b>	No efectiva

Esta técnica se aplica a sustancias biodegradables.

**Efecto seguridad y salud:** Medio (50%).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Bajo (100%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición.*

# **DAÑOS QUÍMICOS AL AGUA SUBTERRÁNEA**



## TÉCNICA DQ\_TASUB.1. BIORREMEDIACIÓN MEJORADA

---

**Código de la técnica:** DQ\_TASub.1

**Técnica:** Biorremediación mejorada

**Otros nombres:** *Enhanced Bioremediation*

**Recurso objetivo:** Agua subterránea

**Descripción de la técnica:**

Esta técnica persigue incrementar la concentración de aceptores de electrones y nutrientes en el agua subterránea mejorando la tasa de biorremediación de los contaminantes orgánicos por microbios. El oxígeno es el principal aceptor de electrones en la biorremediación aeróbica y el nitrato es un buen aceptor de electrones alternativo para condiciones anóxicas.

La biorremediación es un proceso en el cual los microorganismos propios o inoculados (hongos, bacterias y otros microbios) degradan (metabolizan) los contaminantes orgánicos del suelo y de las aguas subterráneas. La biorremediación mejorada acelera los procesos de biodegradación natural proporcionando nutrientes y aceptores de electrones para que la conversión del contaminante orgánico sea rápida y produzca productos de desecho finales inocuos.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad alta.

**Limitaciones:**

- Eficacia
  - Cuando el subsuelo es heterogéneo, el suministro de nitrato y de peróxido de hidrógeno puede resultar muy costoso. La limpieza de zonas con alta permeabilidad es más rápida debido a las mayores corrientes de agua subterránea.
  - El manejo del peróxido de hidrógeno debe realizarse con la debida precaución.
  - Las concentraciones en el agua subterránea de peróxido de oxígeno mayores de 100-200 ppm pueden afectar a la actividad de los microorganismos.
- Contaminantes presentes
  - Concentraciones elevadas de metales pesados, orgánicos clorados, hidrocarburos de cadena larga o sales inorgánicas pueden ser tóxicos para los microorganismos.
- Extracción del recurso
  - Puede ser necesario un tratamiento en superficie, como *air stripping* o la adsorción con carbón activo, para tratar el agua subterránea antes de su reinyección.

**Tiempo de recuperación:** Más de 10 años.

**Coste:** 14,07 €/t (coste unitario de Presupuesto de ejecución por contrata) y 98.000 € (coste fijo de Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado**

<b>Agentes</b>	<b>Eficacia</b>
<b>COV no halogenados</b>	Efectiva
<b>COV halogenados</b>	Sin datos
<b>COSV no halogenados</b>	Efectiva
<b>COSV halogenados</b>	Sin datos
<b>Fuel</b>	Efectiva
<b>Inorgánicos</b>	Sin datos
<b>Explosivos</b>	Efectividad limitada

Esta técnica se aplica a sustancias biodegradables.

**Efecto seguridad y salud:** Medio (50 %).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Alto (0%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición.*

## TÉCNICA DQ\_TASUB.2. ATENUACIÓN NATURAL MONITORIZADA

---

**Código de la técnica:** DQ\_TASub.2

**Técnica:** Atenuación Natural Monitorizada

**Otros nombres:** Atenuación Natural/ *Monitored Natural Attenuation*

**Recurso objetivo:** Agua subterránea

**Descripción de la técnica:**

Esta técnica consigue una disminución de las concentraciones de contaminantes en suelos y/o aguas subterráneas, sin intervención por parte del hombre. Se trata de un sistema de recuperación pasivo basado en aprovechar los procesos naturales (disolución, volatilización, biodegradación, adsorción y transformación química) que se dan en el subsuelo, para reducir las concentraciones de los contaminantes hasta niveles aceptables. La atenuación natural no es una tecnología por sí misma; el examen de esta opción requiere el modelado y la evaluación de las tasas de degradación de los contaminantes y un seguimiento activo.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad indiferente.

**Limitaciones:**

- Eficacia
  - Se requieren condiciones geológicas y geoquímicas favorables.
  - La atenuación natural no es apropiada en zonas con riesgos elevados sobre la salud humana o los recursos naturales.
- Control del proceso y los residuos
  - La zona puede no estar disponible para su reutilización hasta que no se reduzca el nivel de contaminantes hasta valores aceptables.
- Contaminantes presentes
  - Los contaminantes pueden migrar antes de ser degradados.
  - Los productos intermedios pueden ser más móviles y tóxicos que el contaminante original.

**Tiempo de recuperación:** Datos insuficientes.

**Coste:** Datos insuficientes.

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado**

<b>Agentes</b>	<b>Eficacia</b>
<b>COV no halogenados</b>	Efectiva
<b>COV halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COSV no halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COSV halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>Fuel</b>	Efectiva
<b>Inorgánicos</b>	No efectiva
<b>Explosivos</b>	No efectiva

**Efecto seguridad y salud:** Datos insuficientes.

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Datos insuficientes.

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición.*

## TÉCNICA DQ\_TASUB.3. FITORREMEDIACIÓN

---

**Código de la técnica:** DQ\_TASub.3

**Técnica:** Fitorremediación para remediar aguas subterráneas.

**Otros nombres:** *Phytoremediation*.

**Recurso objetivo:** Agua subterránea.

**Descripción de la técnica:**

La fitorremediación es un conjunto de procesos que utilizan las plantas para eliminar, estabilizar y destruir contaminantes orgánicos e inorgánicos en aguas subterráneas, superficiales y lixiviados.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad indiferente.

**Limitaciones:**

- Eficacia
  - Se limita a suelos poco profundos, arroyos y agua subterránea.
  - Las condiciones climáticas o estacionales pueden interferir o inhibir el crecimiento de las plantas.
  - La fitorremediación requiere habitualmente de una gran superficie de tierra para su proceso.
- Control del proceso y los residuos
  - Existe el riesgo de que los contaminantes queden acumulados en el suelo, el agua o bioacumulados en los seres vivos.
  - Puede producirse una transferencia de la contaminación desde el suelo hacia al aire.
- Contaminantes presentes
  - Las elevadas concentraciones de contaminantes pueden ser tóxicas para las plantas.
  - No es eficiente para policloruros de bifenilo (PCB) ni contaminantes con una débil adsorción.

**Tiempo de recuperación:** Más de 10 años.

**Coste:** Datos insuficientes.

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado**

<b>Agentes</b>	<b>Eficacia</b>
<b>COV no halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COV halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COSV no halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COSV halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>Fuel</b>	Efectividad limitada
<b>Inorgánicos</b>	Sin datos
<b>Explosivos</b>	No efectiva

**Efecto seguridad y salud:** Datos insuficientes.

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Datos insuficientes.

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición.*

## TÉCNICA DQ\_TASUB.4. AIR SPARGING

**Código de la técnica:** DQ\_TASub.4

**Técnica:** *Air Sparging*

**Otros nombres:** -

**Recurso objetivo:** Agua subterránea

**Descripción de la técnica:**

El aire se inyecta en la zona saturada por debajo del nivel freático a través de canales excavados (verticales u horizontales) para eliminar los contaminantes mediante volatilización. Con el fin de eliminar los contaminantes en estado gaseoso es necesario instalar un sistema de extracción de vapores, para el tratamiento de los mismos en superficie.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad indiferente.

**Limitaciones:**

- Eficacia
  - Debe tenerse en cuenta la geología y la profundidad de los contaminantes.
  - Algunas zonas puede que permanezcan sin tratar a causa de la heterogeneidad del suelo.
- Control del proceso y los residuos
  - Deberá atenderse al flujo de aire en la zona saturada ya que puede provocar movimientos no controlados y potencialmente peligrosos de vapores.

**Tiempo de recuperación:** Menos de 3 años.

**Coste:** 59,10 €/m<sup>3</sup> (coste unitario de Presupuesto de ejecución por contrata) y 98.000 € (coste fijo de Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado**

Agentes	Eficacia
<b>COV no halogenados</b>	Efectiva
<b>COV halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COSV no halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COSV halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>Fuel</b>	Efectiva
<b>Inorgánicos</b>	No efectiva
<b>Explosivos</b>	No efectiva

Esta técnica se aplica a sustancias biodegradables.

**Efecto seguridad y salud:** Medio (50%).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Medio (50%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición.*

## TÉCNICA DQ\_TASUB.5. BIOSLURPING

**Código de la técnica:** DQ\_TASub.5

**Técnica:** *Bioslurping*

**Otros nombres:**

**Recurso objetivo:** Agua subterránea

**Descripción de la técnica:**

El *bioslurping* combina dos medidas correctivas: bioventilación y sistema de vacío mejorado para recuperación de la fase libre. La bioventilación estimula la biorremediación aeróbica de hidrocarburos en suelos contaminados; y el sistema de vacío mejorado se utiliza para recuperar el producto de la franja capilar.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad alta.

**Limitaciones:**

- Eficacia
  - El *bioslurping* es menos eficaz en suelos de baja permeabilidad.
  - Una baja humedad en el suelo puede limitar la biodegradación y eficacia del *bioventing*, que tiende a desecar los suelos.
  - La biodegradación aeróbica de muchos compuestos clorados puede no resultar eficaz.
  - Generalmente, cuanto más bajas sean las temperaturas más lenta será la recuperación.
- Control del proceso y los residuos
  - Los gases del *bioslurper* requieren un tratamiento antes de su evacuación.

**Tiempo de recuperación:** 3-10 años.

**Coste:** Datos insuficientes.

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado**

Agentes	Eficacia
COV no halogenados	Efectividad limitada
COV halogenados	Efectividad limitada
COSV no halogenados	Efectiva
COSV halogenados	Efectiva
Fuel	Efectiva
Inorgánicos	Efectividad limitada
Explosivos	No efectiva

**Efecto seguridad y salud:** Medio (50%).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Medio (50%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición.*

## TÉCNICA DQ\_TASUB.6. POZOS DIRECCIONALES MEJORADOS

**Código de la técnica:** DQ\_TASub.6

**Técnica:** Pozos direccionales mejorados

**Otros nombres:** *Directional Wells (enhancement)*

**Recurso objetivo:** Agua subterránea

**Descripción de la técnica:**

Se utilizan técnicas de perforación para abrir los pozos de forma horizontal o en ángulo con objeto de alcanzar los contaminantes inaccesibles por contacto vertical directo. Esta tecnología puede ser utilizada para mejorar otras técnicas como bombeo de aguas, sistema de extracción de vapores, enjuague de suelo o extracción con aire.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad indiferente

**Limitaciones**

- Instalaciones
  - La instalación e los pozos con precisión reviste una elevada complejidad.
  - La instalación de pozos horizontales es una técnica costosa.
  - Es necesario emplear equipos altamente especializados.
- Eficacia
  - La técnica está limitada a 15 metros de profundidad.
  - Los pozos pueden sufrir un colapso o hundimiento.

**Tiempo de recuperación:** 3-10 años.

**Coste:** Datos insuficientes.

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado**

Agentes	Eficacia
<b>COV no halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COV halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COSV no halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COSV halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>Fuel</b>	Efectividad limitada
<b>Inorgánicos</b>	Efectividad limitada
<b>Explosivos</b>	Efectividad limitada

**Efecto seguridad y salud:** Datos insuficientes

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Datos insuficientes

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición.*

## TÉCNICA DQ\_TASUB.7. EXTRACCIÓN MULTIFASE

---

**Código de la técnica:** DQ\_TASub.7

**Técnica:** Extracción multifase

**Otros nombres:** *Dual Phase Extraction*

**Recurso objetivo:** Agua subterránea

**Descripción de la técnica:**

Tecnología que utiliza un sistema de vacío para la eliminación de varias combinaciones de contaminantes del agua subterránea, separación de las fases derivadas del petróleo y el vapor de los hidrocarburos desde el subsuelo. Los líquidos y los vapores son extraídos para ser tratados permitiendo la reinyección posterior del agua limpia.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad media-alta.

**Limitaciones:**

- Eficacia
  - La eficacia de la técnica es función de las características del contaminante y de la geología del lugar.
- Control del proceso y los residuos
  - Puede ser necesaria la combinación con tecnologías complementarias, como extracción y tratamiento, con objeto de recuperar el agua de los acuíferos.
  - Esta técnica requiere tanto el tratamiento de las aguas como de los vapores extraídos.

**Tiempo de recuperación:** 3-10 años.

**Coste:** 50,61 €/m<sup>3</sup> (coste unitario de Presupuesto de ejecución por contrata) y 98.000 € (coste fijo de Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado**

Agentes	Eficacia
<b>COV no halogenados</b>	Efectiva
<b>COV halogenados</b>	Efectiva
<b>COSV no halogenados</b>	Efectiva
<b>COSV halogenados</b>	Efectiva
<b>Fuel</b>	Efectiva
<b>Inorgánicos</b>	No efectiva
<b>Explosivos</b>	No efectiva

**Efecto seguridad y salud:** Medio (50%).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Bajo (100%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*Guía de tecnologías de recuperación de suelos contaminados. Comunidad de Madrid.*

*Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición.*

## TÉCNICA DQ\_TASUB.8. TRATAMIENTO TÉRMICO

---

**Código de la técnica:** DQ\_TASub.8

**Técnica:** Tratamiento térmico

**Otros nombres:** *Thermal Treatment*

**Recurso objetivo:** Agua subterránea

**Descripción de la técnica:**

La tecnología consiste en inyectar un chorro de aire caliente al acuífero mediante pozos de inyección para volatilizar los contaminantes. Los contaminantes son eliminados por extracción de vacío y posteriormente son tratados. El proceso puede utilizarse para eliminar grandes cantidades de residuos de petróleo y también para evitar posibles migraciones de contaminantes orgánicos.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad alta.

**Limitaciones:**

- Eficacia
  - Su eficacia depende del tipo de suelo, la concentración y las características del contaminante, y de la geología e hidrología del terreno.

**Tiempo de recuperación:** Menos de 3 años.

**Coste:** 276,04 €/m<sup>3</sup> (coste unitario de Presupuesto de ejecución por contrata) y 98.000 € (coste fijo de Presupuesto de ejecución por contrata)..

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado**

Agentes	Eficacia
COV no halogenados	Efectividad limitada
COV halogenados	Efectiva
COSV no halogenados	Efectiva
COSV halogenados	Efectiva
Fuel	Efectiva
Inorgánicos	No efectiva
Explosivos	No efectiva

**Efecto seguridad y salud:** Medio (50%).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Bajo (100%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición.*

## TÉCNICA DQ\_TASUB.9. HYDROFRACTURING MEJORADO

**Código de la técnica:** DQ\_TASub.9

**Técnica:** *Hydrofracturing* mejorado

**Otros nombres:** *Hydrofracturing Enhancements*

**Recurso objetivo:** Agua subterránea

**Descripción de la técnica:**

Esta técnica consiste en la inyección de agua a presión a través de un pozo que abre grietas en el terreno. Con ello se pretende aumentar la permeabilidad del material para que el agua penetre en las fracturas y elimine el contaminante. El agua es extraída mediante sistemas de bombeo, pudiendo utilizarse sistemas de extracción de vapores como parte del proceso.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Datos insuficientes.

**Limitaciones:**

- Eficacia
  - En las capas de piedra susceptibles de actividad sísmica esta técnica no debe utilizarse.
  - Pueden quedar huecos de baja permeabilidad después del uso de la técnica.
- Control del proceso y los residuos
  - La aplicación de la técnica requiere un estudio previo que evalúe la conveniencia de la misma dado que pueden crearse grietas cuyo tamaño y ubicación final es incontrolado.
  - Se debe considerar que las grietas abiertas pueden constituir nuevas vías de propagación del contaminante.

**Tiempo de recuperación:** 3-10 años.

**Coste:** Datos insuficientes.

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado**

Agentes	Eficacia
<b>COV no halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COV halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COSV no halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COSV halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>Fuel</b>	Efectividad limitada
<b>Inorgánicos</b>	Efectividad limitada
<b>Explosivos</b>	Efectividad limitada

**Efecto seguridad y salud:** Datos insuficientes.

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Datos insuficientes.

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*<http://www.mayerswelldrilling.com/Hydrofracturing.html>*

*Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición.*

## TÉCNICA DQ\_TASUB.10. AIR STRIPPING EN PROFUNDIDAD

**Código de la técnica:** DQ\_TASub.10

**Técnica:** *Air Stripping* en profundidad

**Otros nombres:** *In-well Air Stripping*

**Recurso objetivo:** Agua subterránea

**Descripción de la técnica:**

Esta técnica consiste en la inyección de aire en un pozo de doble pantalla, elevando el agua hacia la pantalla superior. En paralelo, se extrae el agua de la parte inferior de la pantalla.

Una vez en el pozo, algunos de los compuestos orgánicos volátiles son transferidos de la fase disuelta a la fase de vapor mediante burbujas de aire. Para la extracción de estos vapores es necesaria la utilización de un sistema de extracción de vapores.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Datos insuficientes.

**Limitaciones:**

- Eficacia
  - La técnica es más efectiva en zonas con elevadas concentraciones de contaminantes y con una constante de Henry alta.
  - No puede utilizarse esta técnica en lugares con un patrón fuerte de caudal natural.

**Tiempo de recuperación:** Más de 10 años.

**Coste:** Datos insuficientes.

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado**

Agentes	Eficacia
COV no halogenados	Efectividad limitada
COV halogenados	Efectividad limitada
COSV no halogenados	Efectividad limitada
COSV halogenados	No efectiva
Fuel	Efectividad limitada
Inorgánicos	No efectiva
Explosivos	No efectiva

**Efecto seguridad y salud:** Datos insuficientes.

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Datos insuficientes.

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición.*

## TÉCNICA DQ\_TASub.11. TRATAMIENTO REACTIVO / PASIVO CON BARRERAS

---

**Código de la técnica:** DQ\_TASub.11

**Técnica:** Tratamiento reactivo/pasivo con barreras

**Otros nombres:** *Passive/Reactive Treatment Walls*

**Recurso objetivo:** Agua subterránea

**Descripción de la técnica:**

Tecnología que consiste en la instalación de unas barreras en la trayectoria del flujo de contaminación para evitar que se propague. El agua pasa a través de la barrera quedando retenidas, únicamente, las sustancias contaminantes.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad alta.

**Limitaciones:**

- Eficacia
  - La actividad biológica o la precipitación química pueden limitar la permeabilidad de la barrera.
  - Las barreras pueden perder su capacidad de reacción siendo necesario en ocasiones su reemplazo.
- Contaminantes presentes
  - La permeabilidad de las barreras puede disminuir debido a la precipitación de sales de los metales.

**Tiempo de recuperación:** Más de 10 años.

**Coste:** 0,19 €/m<sup>3</sup> (coste unitario de Presupuesto de ejecución por contrata) y 98.000 € (coste fijo de Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado**

Agentes	Eficacia
<b>COV no halogenados</b>	Efectiva
<b>COV halogenados</b>	Efectiva
<b>COSV no halogenados</b>	Efectiva
<b>COSV halogenados</b>	Efectiva
<b>Fuel</b>	Efectividad limitada
<b>Inorgánicos</b>	Sin datos
<b>Explosivos</b>	Efectiva

Esta técnica se aplica a sustancias biodegradables.

**Efecto seguridad y salud:** Bajo (100%).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Bajo (100%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición.*

## TÉCNICA DQ\_TASUB.12. BIORREACTORES

**Código de la técnica:** DQ\_TASub.12

**Técnica:** Biorreactores

**Otros nombres:** *Bioreactors*

**Recurso objetivo:** Agua subterránea

**Descripción de la técnica:**

Tecnología de depuración biológica de aguas contaminadas, donde el agua circula por tanques rellenos de materiales, generalmente plásticos, de gran superficie específica.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad indiferente.

**Limitaciones:**

- Extracción del recurso:
  - Requiere la extracción de grandes volúmenes para que la biomasa pueda desarrollarse adecuadamente y la biodegradación sea efectiva.

**Tiempo de recuperación:** 3-10 años.

**Coste:** 31,20 €/m<sup>3</sup> (coste unitario de Presupuesto de ejecución por contrata) y 210.691 € (coste fijo de Presupuesto de ejecución por contrata)..

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado**

Agentes	Eficacia
<b>COV no halogenados</b>	Efectiva
<b>COV halogenados</b>	Efectiva
<b>COSV no halogenados</b>	Efectiva
<b>COSV halogenados</b>	Sin datos
<b>Fuel</b>	Efectiva
<b>Inorgánicos</b>	No efectiva
<b>Explosivos</b>	Efectiva

Esta técnica se aplica a sustancias biodegradables.

**Efecto seguridad y salud:** Medio (50%).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Medio (50%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*Guía de tecnologías de recuperación de suelos contaminados. Comunidad de Madrid.*

*Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición.*

## TÉCNICA DQ\_TASUB.13. EXTRACCIÓN CON AIRE

---

**Código de la técnica:** DQ\_TASub.13

**Técnica:** Extracción con aire

**Otros nombres:** *Air Stripping*

**Recurso objetivo:** Agua subterránea

**Descripción de la técnica:**

Transferencia de los compuestos volátiles del agua al aire forzando una corriente de aire a través del agua en una torre o cuba de aireación.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad indiferente.

**Limitaciones:**

- Instalaciones:
  - En la fase de diseño debe tenerse en cuenta el material utilizado en la torre de aireación.
- Eficacia:
  - Existe la posibilidad de aplicar la técnica a compuestos inorgánicos o a compuestos biológicos, requiriendo un tratamiento previo o una limpieza frecuente de la columna.
  - La técnica es efectiva sólo para el agua contaminada con COV o COSV con una constante de Henry superior a 0,01.
- Control del proceso y los residuos:
  - Los compuestos con baja volatilidad a temperatura ambiente pueden requerir el precalentamiento del agua subterránea.
  - Los gases de salida pueden requerir un tratamiento basado en la tasa de emisión de masa.
- Requerimientos energéticos:
  - El consumo energético de la técnica puede conllevar costes elevados.

**Tiempo de recuperación:** Más de 10 años.

**Coste:** 0,55 €/m<sup>3</sup> (coste unitario de Presupuesto de ejecución por contrata) y 36.688 € (coste fijo de Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado:**

<b>Agentes</b>	<b>Eficacia</b>
<b>COV no halogenados</b>	Efectiva
<b>COV halogenados</b>	Efectiva
<b>COSV no halogenados</b>	No efectiva
<b>COSV halogenados</b>	No efectiva
<b>Fuel</b>	No efectiva
<b>Inorgánicos</b>	No efectiva
<b>Explosivos</b>	No efectiva

Esta técnica se aplica a sustancias biodegradables.

**Efecto seguridad y salud:** Medio (50%).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Bajo (100%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición.*

## TÉCNICA DQ\_TASUB.14. EXTRACCIÓN DE AGUA

**Código de la técnica:** DQ\_TASub.14

**Técnica:** Extracción de agua

**Otros nombres:** Extracción y tratamiento/ *Groundwater Pumping/ Pump & Treat*

**Recurso objetivo:** Agua subterránea

**Descripción de la técnica:**

Mediante la instalación de equipos de extracción de agua subterránea (pozos, drenes, zanjas) se disminuye el nivel freático para la aplicación de otras tecnologías de descontaminación en superficie.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad indiferente.

**Limitaciones:**

- Extracción del recurso:
  - La extracción del agua subterránea puede provocar asentamientos de algunos tipos de suelos (arcillas, limos, etc.). Si éstos fueran significativos habría que considerar la infiltración de agua en el suelo para reducir dicho efecto.
  - Cuando se utilizan bombas de vacío para la extracción del agua, se debe tener en cuenta la limitación de altura máxima de aspiración de las mismas (unos 8 m para las bombas de succión y unos 5 m para las bombas centrífugas).

**Tiempo de recuperación:** Más de 10 años.

**Coste:** 6,45 €/m<sup>3</sup> (coste unitario de Presupuesto de ejecución por contrata) y 36.688 € (coste fijo de Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado**

Agentes	Eficacia
<b>COV no halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COV halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COSV no halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COSV halogenados</b>	Sin datos
<b>Fuel</b>	Efectividad limitada
<b>Inorgánicos</b>	Efectividad limitada
<b>Explosivos</b>	Efectividad limitada

**Efecto seguridad y salud:** Medio (50%).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Medio (50%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición.*

## TÉCNICA DQ\_TASUB.15. RIEGO POR ASPERSIÓN

**Código de la técnica:** DQ\_TASub.15

**Técnica:** Riego por aspersión

**Otros nombres:** *Sprinkler Irrigation*

**Recurso objetivo:** Agua subterránea

**Descripción de la técnica:**

Distribución a presión de agua cargada de COV a través de un sistema de rociadores estándar de riego. Supone una transferencia de COV de la fase acuosa disuelta a la fase de vapor, liberándose los compuestos volátiles a la atmósfera.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad indiferente.

**Limitaciones:**

- Eficacia:
  - El rendimiento puede verse afectado por la temperatura.
- Control del proceso y los residuos:
  - La liberación directa de los contaminantes a la atmósfera exige controlar este proceso.
  - Existe un alto riesgo de encharcamiento de la zona objeto de tratamiento.
  - No se puede llevar a cabo este tratamiento en las aguas contaminadas con metales pesados.

**Tiempo de recuperación:** Más de 10 años.

**Coste:** Datos insuficientes.

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado**

Agentes	Eficacia
<b>COV no halogenados</b>	Efectiva
<b>COV halogenados</b>	Efectiva
<b>COSV no halogenados</b>	No efectiva
<b>COSV halogenados</b>	No efectiva
<b>Fuel</b>	No efectiva
<b>Inorgánicos</b>	No efectiva
<b>Explosivos</b>	No efectiva

**Efecto seguridad y salud:** Datos insuficientes.

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Datos insuficientes.

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición.*

## TÉCNICA DQ\_TASUB.16. OXIDACIÓN QUÍMICA

**Código de la técnica:** DQ\_TASub.16

**Técnica:** Oxidación química para descontaminar agua subterránea

**Otros nombres:** *Chemical oxidation*

**Recurso objetivo:** Agua subterránea

**Descripción de la técnica:**

La oxidación química convierte contaminantes peligrosos en contaminantes no peligrosos o en compuestos tóxicos más estables y menos móviles. Los oxidantes más utilizados son el ozono, el peróxido de hidrógeno, los hipocloritos, el cloro y el dióxido de cloro.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Datos insuficientes.

**Limitaciones:**

- Control del proceso y los residuos
  - Se trata de una técnica que está sufriendo actualmente un fuerte desarrollo por lo que puede que, fruto de dicho desarrollo, aparezcan riesgos o residuos que deban ser tenidos en consideración.
- Contaminantes presentes
  - Algunos compuestos orgánicos clorados son resistentes a la oxidación.

**Tiempo de recuperación:** Menos de 3 años.

**Coste:** 3,25 €/m<sup>3</sup> (coste unitario de Presupuesto de ejecución por contrata) y 98.000 € (coste fijo de Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado**

Agentes	Eficacia
<b>COV no halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COV halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COSV no halogenados</b>	No efectiva
<b>COSV halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>Fuel</b>	No efectiva
<b>Inorgánicos</b>	Sin datos
<b>Explosivos</b>	Efectividad limitada

**Efecto seguridad y salud:** Bajo (100%).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Medio (50%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*Guía de tecnologías de recuperación de suelos contaminados. Comunidad de Madrid.*

*Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición.*

## TÉCNICA DQ\_TASUB.17. HUMEDALES ARTIFICIALES

**Código de la técnica:** DQ\_TASub.17.

**Técnica:** Humedales artificiales

**Otros nombres:** *Constructed Wetlands*

**Recurso objetivo:** Agua subterránea

**Descripción de la técnica:**

Construcción de un pantano artificial para acumular y eliminar contaminantes de aguas por medio de procesos naturales geoquímicos y biológicos.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad indiferente.

**Limitaciones:**

- Instalaciones:
  - Los humedales deben ajustarse a la geología del terreno y al clima de la zona.
- Eficacia:
  - Un gran flujo de entrada puede sobrecargar los mecanismos de acción del humedal, mientras que una sequía puede limitar su función.
  - El envejecimiento del humedal es un problema que puede contribuir a disminuir la tasa de depuración a lo largo del tiempo.

**Tiempo de recuperación:** Más de 10 años.

**Coste:** 0,41 €/m<sup>3</sup> (coste unitario de Presupuesto de ejecución por contrata) y 210.691 € (coste fijo de Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado:**

Agentes	Eficacia
<b>COV no halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COV halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COSV no halogenados</b>	Efectividad limitada
<b>COSV halogenados</b>	Sin datos
<b>Fuel</b>	Efectividad limitada
<b>Inorgánicos</b>	Efectiva
<b>Explosivos</b>	Efectiva

Esta técnica se aplica a sustancias biodegradables.

**Efecto seguridad y salud:** Bajo (100%).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Alto (0%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*Guía de tecnologías de recuperación de suelos contaminados. Comunidad de Madrid.*

*Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición.*

## TÉCNICA DQ\_TASUB.18. ADSORCIÓN / ABSORCIÓN

**Código de la técnica:** DQ\_TASub.18.

**Técnica:** Adsorción/Absorción

**Otros nombres:** *Adsorption/ Absorption*

**Recurso objetivo:** Agua subterránea

**Descripción de la técnica:**

El agua contaminada pasa por una superficie adsorbente, los solutos quedan retenidos en dicha superficie reduciendo así su concentración en la fase líquida.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad indiferente:

**Limitaciones:**

- Control del proceso y los residuos:
  - Puede requerirse el tratamiento posterior o la eliminación de los residuos peligrosos si éstos no pueden ser eliminados.
- Contaminantes presentes:
  - Existe una mala adsorción de los compuestos solubles en agua y de las moléculas pequeñas.
  - En el caso de los recursos que tienen una elevada concentración de contaminantes, la técnica resulta costosa si se utiliza como tratamiento primario. Igualmente, no resulta práctica si el contenido de la sustancia peligrosa es tan alto que hace necesaria la sustitución frecuente de la unidad adsorbente. En este mismo sentido, tampoco se considera una técnica recomendable cuando existen altos niveles de sustancias oleosas.

**Tiempo de recuperación:** Más de 10 años.

**Coste:** 63,36 €/m<sup>3</sup> (coste unitario de Presupuesto de ejecución por contrata) y 36.688 € (coste fijo de Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado**

Agentes	Eficacia
COV no halogenados	Efectividad limitada
COV halogenados	Efectividad limitada
COSV no halogenados	Efectividad limitada
COSV halogenados	Efectividad limitada
Fuel	No efectiva
Inorgánicos	Efectiva
Explosivos	No efectiva

**Efecto seguridad y salud:** Medio (50%).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Medio (50%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*Guía de tecnologías de recuperación de suelos contaminados. Comunidad de Madrid.*

*Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición.*

## TÉCNICA DQ\_TASUB.19. PROCESOS AVANZADOS DE OXIDACIÓN

---

**Código de la técnica:** DQ\_TASup.19.

**Técnica:** Procesos avanzados de oxidación

**Otros nombres:** *Advanced Oxidation Processes*

**Recurso objetivo:** Agua subterránea

**Descripción de la técnica:**

Se emplean oxidantes como la radiación ultravioleta (UV), el ozono y el peróxido de hidrógeno para destruir los contaminantes de las aguas residuales por reacción directa.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad indiferente.

**Limitaciones:**

- Eficacia:
  - Las dosis excesivas de oxidantes químicos pueden actuar como un depurador de radicales libres inhibiendo la eficiencia de destrucción del contaminante.
- Control del proceso y los residuos:
  - Algunos compuestos orgánicos volátiles pueden ser volatilizados en lugar de destruirse, en cuyo caso el gas tendría que ser eliminado mediante adsorción con carbón activado u oxidación catalítica.
  - Puede ser necesario el tratamiento previo de la corriente acuosa para reducir al mínimo la limpieza y el mantenimiento continuo del reactor de rayos UV y las lámparas.
  - La manipulación y almacenamiento de oxidantes requiere precauciones especiales de seguridad.
- Contaminantes presentes:
  - La corriente acuosa tratada por oxidación con rayos UV debe estar relativamente libre de iones de metales pesados (menos de 10 mg/l) y de aceite o grasa insoluble para minimizar la acumulación de residuos en las lámparas.
  - Una alta turbidez causa interferencias. La corriente acuosa que se trata debe tener una buena transmisión de la luz ultravioleta.
- Requerimientos energéticos:
  - Los costes pueden ser mayores que los de las tecnologías alternativas debido a los altos niveles de energía que pueden requerirse.

**Tiempo de recuperación:** Más de 10 años.

**Coste:** 2,27 €/m<sup>3</sup> (coste unitario de Presupuesto de ejecución por contrata) y 36.688 € (coste fijo de Presupuesto de ejecución por contrata).

### Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado

Agentes	Eficacia
COV no halogenados	Efectiva
COV halogenados	Efectiva
COSV no halogenados	Efectiva
COSV halogenados	Efectiva
Fuel	Efectiva
Inorgánicos	Sin datos
Explosivos	Efectiva

**Efecto seguridad y salud:** Medio (50%).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Bajo (100%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*Guía de tecnologías de recuperación de suelos contaminados. Comunidad de Madrid.*

*Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición.*

## TÉCNICA DQ\_TASUB.20. FILTROS DE CARBÓN ACTIVO

**Código de la técnica:** DQ\_TASub.20.

**Técnica:** Filtros de carbón activo

**Otros nombres:** Carbón activado granulado/ Adsorción de la fase líquida con carbón activo/  
*Granulated Activated Carbon / Liquid Phase Carbon Adsorption.*

**Recurso objetivo:** Agua subterránea

**Descripción de la técnica:**

La técnica se basa en la adsorción física de los contaminantes en las partículas del lecho adsorbente de carbón activo. Periódicamente, cuando el carbón activo se satura es necesario regenerarlo o renovarlo.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad indiferente.

**Limitaciones:**

- Eficacia:
  - Un alto contenido en partículas contaminantes o el desarrollo de sustratos microbianos en el filtro pueden reducir el caudal efectivo y, con ello, la eficacia del tratamiento.

**Tiempo de recuperación:** Más de 10 años.

**Coste:** 1,36 €/m<sup>3</sup> (coste unitario de Presupuesto de ejecución por contrata) y 36.688 € (coste fijo de Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado**

Agentes	Eficacia
COV no halogenados	Efectiva
COV halogenados	Efectiva
COSV no halogenados	Efectiva
COSV halogenados	Efectiva
Fuel	Efectiva
Inorgánicos	Sin datos
Explosivos	Sin datos

**Efecto seguridad y salud:** Medio (50%).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Bajo (100%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*Guía de tecnologías de recuperación de suelos contaminados. Comunidad de Madrid.*

*Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición.*

## TÉCNICA DQ\_TASUB.21. INTERCAMBIO IÓNICO

**Código de la técnica:** DQ\_TASub.21.

**Técnica:** Intercambio iónico

**Otros nombres:** *Ion Exchange*

**Recurso objetivo:** Agua subterránea

**Descripción de la técnica:**

Esta técnica se basa en la adsorción de iones de la fase acuosa mediante el intercambio de cationes o aniones entre los contaminantes. El medio está diseñado específicamente para el proceso, siendo fabricado usualmente con resinas de materiales orgánicos sintéticos.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad indiferente.

**Limitaciones:**

- Contaminantes presentes:
  - La presencia de aceites, grasas y contenidos sólidos en suspensión mayores a 10 ppm puede obstruir las resinas.

**Tiempo de recuperación:** Más de 10 años.

**Coste:** 0,31 €/m<sup>3</sup> (coste unitario de Presupuesto de ejecución por contrata) y 36.688 € (coste fijo de Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado**

Agentes	Eficacia
COV no halogenados	No efectiva
COV halogenados	No efectiva
COSV no halogenados	No efectiva
COSV halogenados	No efectiva
Fuel	No efectiva
Inorgánicos	Efectiva
Explosivos	No efectiva

**Efecto seguridad y salud:** Medio (50%).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Medio (50%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*Guía de tecnologías de recuperación de suelos contaminados. Comunidad de Madrid.*

*Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición.*

## TÉCNICA DQ\_TASUB.22. PRECIPITACIÓN/COAGULACIÓN/FLOCULACIÓN

**Código de la técnica:** DQ\_TASub.22.

**Técnica:** Precipitación/ Coagulación/ Floculación

**Otros nombres:** *Precipitation/ Coagulation/ Flocculation*

**Recurso objetivo:** Agua subterránea

**Descripción de la técnica:**

Este proceso transforma los contaminantes disueltos en un sólido insoluble facilitando la posterior eliminación del contaminante en la fase líquida por sedimentación o filtración. El proceso, por lo general, utiliza la corrección del pH, la precipitación química mediante adición y la floculación.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad indiferente.

**Limitaciones:**

- Contaminantes presentes:
  - En el caso de presentarse una mezcla de diferentes metales, la extracción de todos ellos puede revestir mayor complejidad, ya que las condiciones óptimas de precipitación pueden ser diferentes.
  - En este proceso pueden generarse lodos tóxicos, de forma que la adición de algunos reactivos debe ser controlada con objeto de no dar lugar a concentraciones no aceptables en el tratamiento de efluentes.

**Tiempo de recuperación:** Más de 10 años.

**Coste:** 7,78 €/m<sup>3</sup> (coste unitario de Presupuesto de ejecución por contrata) y 36.688 € (coste fijo de Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado**

Agentes	Eficacia
COV no halogenados	No efectiva
COV halogenados	No efectiva
COSV no halogenados	No efectiva
COSV halogenados	No efectiva
Fuel	No efectiva
Inorgánicos	Efectiva
Explosivos	No efectiva

**Efecto seguridad y salud:** Medio (50%).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Bajo (100%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*Guía de tecnologías de recuperación de suelos contaminados. Comunidad de Madrid.*

*Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición.*

## TÉCNICA DQ\_TASUB.23. SEPARACIÓN

**Código de la técnica:** DQ\_TASub.23.

**Técnica:** Separación para descontaminar agua subterránea

**Otros nombres:** *Separation*

**Recurso objetivo:** Agua subterránea

**Descripción de la técnica:**

Separación del agua contaminada a través de medios físicos y químicos (destilación, filtración, cristalización por congelación, osmosis inversa, etc.)

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad indiferente.

**Limitaciones:**

- Instalaciones:
  - Las instalaciones de los tratamientos de destilación y cristalización por congelación requieren un gran espacio. Las unidades de destilación son relativamente altas y pueden cubrir grandes áreas.
- Eficacia:
  - Se limitan sólo a los flujos de residuos acuosos.
- Contaminantes presentes:
  - La presencia de aceites y grasas contaminantes puede interferir en los procesos, disminuyendo el caudal efectivo.
  - En la cristalización por congelación a medida que la disolución se hace más concentrada se pueden formar mezclas eutécticas (sólidas). La corriente de alimentación debe estar lo suficientemente diluída como para evitar la formación de mezclas eutécticas.

**Tiempo de recuperación:** Menos de 3 años.

**Coste:** 6,58 €/m<sup>3</sup> (coste unitario de Presupuesto de ejecución por contrata) y 36.688 € (coste fijo de Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica según el grupo de contaminantes tratado**

Agentes	Eficacia
COV no halogenados	Efectiva
COV halogenados	Efectiva
COSV no halogenados	Efectiva
COSV halogenados	Efectiva
Fuel	Efectiva
Inorgánicos	Sin datos
Explosivos	No efectiva

**Efecto seguridad y salud:** Medio (50%).

**Grado de prevención de daños futuros y colaterales:** Medio (50%).

**Fuentes:**

*Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR).*

*Guía de tecnologías de recuperación de suelos contaminados. Comunidad de Madrid.*

*Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición.*



# **DAÑOS QUÍMICOS AL AGUA DEL MAR**



## TÉCNICA DQ\_TM.1. RETIRADA MECÁNICA Y MANUAL DE VERTIDOS EN AGUA MARINA

---

**Código de la técnica:** DQ\_TM.1

**Técnica:** Retirada mecánica y manual de vertidos en agua marina

**Recurso objetivo:** Agua del mar.

**Descripción de la técnica:** Limpieza de vertidos de hidrocarburos al mar.

**Tiempo de recuperación:** 1 mes

**Coste:** A continuación se recogen los datos de costes unitarios correspondientes a cada intervalo de toneladas vertidas al mar en función del agente causante del daño. Los datos se expresan a nivel de presupuesto de ejecución por contrata.

Agente	Rango de toneladas vertidas		€/t
COV halogenados	0	30	3.386,19
COV halogenados	31	15.000	1.881,22
COV halogenados	15.001	∞	263,37
COV no halogenados	0	30	3.386,19
COV no halogenados	31	15.000	1.881,22
COV no halogenados	15.001	∞	263,37
COSV halogenados	0	30	3.386,19
COSV halogenados	31	15.000	1.881,22
COSV halogenados	15.001	∞	263,37
COSV no halogenados	0	30	3.386,19
COSV no halogenados	31	15.000	1.881,22
COSV no halogenados	15.001	∞	263,37
Fueles	0	30	14.263,06
Fueles	31	15.000	7.923,92
Fueles	15.001	∞	1.109,35

### Eficacia de la técnica

Efectiva

### Fuentes

*Etkin, D.S. (1999). Estimating cleanup costs for oil spills. 1999 International Oil Spill Conference*



# **DAÑOS QUÍMICOS A LA RIBERA DEL MAR Y DE LAS RÍAS**



## TÉCNICA DQ\_TRIB.1. RETIRADA MECÁNICA Y MANUAL DE VERTIDOS EN RIBERAS DEL MAR Y DE LAS RÍAS

**Código de la técnica:** DQ\_TRib.1

**Técnica:** Retirada mecánica y manual de vertidos en riberas del mar y de las rías

**Recurso objetivo:** Ribera del mar y de las rías.

**Descripción de la técnica:** Limpieza de vertidos de hidrocarburos en la ribera del mar y de las rías.

**Tiempo de recuperación:** 1 mes

**Coste:** A continuación se recogen los datos de costes unitarios correspondientes a cada intervalo de toneladas vertidas a la ribera del mar y de las rías en función del agente causante del daño. Los datos se expresan a nivel de presupuesto de ejecución por contrata.

Se entiende por afección parcial a la ribera del mar y de las rías la generación de manchas o películas con distribución parcheada o esporádica con un espesor menor de 0,1 cm y por afección total a la formación de piscinas, cubiertas o capas con distribución continua o discontinua con un espesor mayor de 0,1 cm.

Agente	Afección	Rango de toneladas vertidas		€/t
COVs halogenados	Afección parcial	0	30	4.207,09
COVs halogenados	Afección parcial	31	15.000	2.337,27
COVs halogenados	Afección parcial	15.001	∞	327,22
COVs no halogenados	Afección parcial	0	30	4.207,09
COVs no halogenados	Afección parcial	31	15.000	2.337,27
COVs no halogenados	Afección parcial	15.001	∞	327,22
SCOVs halogenados	Afección parcial	0	30	4.207,09
SCOVs halogenados	Afección parcial	31	15.000	2.337,27
SCOVs halogenados	Afección parcial	15.001	∞	327,22
SCOVs no halogenados	Afección parcial	0	30	4.207,09
SCOVs no halogenados	Afección parcial	31	15.000	2.337,27
SCOVs no halogenados	Afección parcial	15.001	∞	327,22
Fueles	Afección parcial	0	30	17.720,77
Fueles	Afección parcial	31	15.000	9.844,87
Fueles	Afección parcial	15.001	∞	1.378,28
COVs halogenados	Afección total	0	30	23.292,91
COVs halogenados	Afección total	31	15.000	12.940,51
COVs halogenados	Afección total	15.001	∞	1.811,67
COVs no halogenados	Afección total	0	30	23.292,91
COVs no halogenados	Afección total	31	15.000	12.940,51
COVs no halogenados	Afección total	15.001	∞	1.811,67
SCOVs halogenados	Afección total	0	30	23.292,91
SCOVs halogenados	Afección total	31	15.000	12.940,51
SCOVs halogenados	Afección total	15.001	∞	1.811,67

Agente	Afección	Rango de toneladas vertidas		€/t
SCOVs no halogenados	Afección total	0	30	23.292,91
SCOVs no halogenados	Afección total	31	15.000	12.940,51
SCOVs no halogenados	Afección total	15.001	∞	1.811,67
Fueles	Afección total	0	30	98.112,57
Fueles	Afección total	31	15.000	54.506,98
Fueles	Afección total	15.001	∞	7.630,98

**Eficacia de la técnica**

Efectiva

**Fuentes**

*Etkin, D.S. (1999). Estimating cleanup costs for oil spills. 1999 International Oil Spill Conference*

# **DAÑOS QUÍMICOS AL LECHO DE LAS AGUAS**



## TÉCNICA DQ\_TLECHO.1. DRAGADO DEL LECHO CONTAMINADO

---

**Código de la técnica:** DQ\_TLecho.1

**Técnica:** Dragado del lecho contaminado

**Recurso objetivo:** Lecho de las aguas marinas y continentales

**Descripción de la técnica:** Retirada mediante dragado del lecho contaminado por sustancias químicas y posterior tratamiento por gestor autorizado.

**Tiempo de recuperación:** 1 mes

**Coste:** El coste de la técnica se calcula mediante la siguiente ecuación de regresión estadística:

$$\text{€} = 616,39 \times Q(t)^{0,64} + Q(t) \times 155(\text{€/t})$$

Donde:

€, es el coste de aplicación de la técnica a nivel de presupuesto de ejecución por contrata.

Q(t), es la cantidad dragada expresada en toneladas.

### Eficacia de la técnica

Efectiva

### Fuentes

*U.S. Army Corps of Engineers*

*Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición*



**DAÑOS QUÍMICOS A  
LAS ESPECIES  
VEGETALES**



## TÉCNICA DQ\_TEVEG.1. ELIMINACIÓN Y PLANTACIÓN

**Código de la técnica:** DQ\_TEveg.1

**Técnica:** Eliminación de la vegetación afectada y plantación de flora silvestre amenazada.

**Recurso objetivo:** Especies vegetales amenazadas.

**Descripción de la técnica:**

Eliminación de la vegetación y repoblación de la flora perdida por la afección del daño. La técnica se refiere a la vegetación herbácea y al matorral ya que las especies arbóreas se consideran de forma individualizada dentro de los daños al hábitat.

**Tiempo de recuperación:**

- 1 año para la repoblación con herbáceas.
- 5 años para la repoblación con matorral.

**Coste:**

Los datos de costes se recogen en la siguiente tabla a nivel de presupuesto de ejecución por contrata.

Técnica	Coste (€/ha)
Retirada y plantación de herbáceas amenazadas	10.642,44
Retirada y plantación de matorral amenazado	14.800,02

**Eficacia de la técnica**

Limitada.

**Fuentes**

*Tarifas TRAGSA 2007.*

Consejería de Agricultura y Agua. Región de Murcia. *Ejemplos de proyectos basados en la protección de los ecosistemas. 2010.*



**DAÑOS QUÍMICOS A  
LAS ESPECIES  
ANIMALES**



## TÉCNICA DQ\_TEAN.1. CAPTURA, TRASLADO Y TRATAMIENTO

**Código de la técnica:** DQ\_TEan.1

**Técnica:** Captura de especies lesionadas, traslado y tratamiento en centro de recuperación

**Recurso objetivo:** Especies animales

**Descripción de la técnica:**

Captura, traslado y tratamiento en centros para la recuperación de lesiones causadas por deposición externa de sustancias químicas sobre las especies animales.

**Tiempo de recuperación:** 3 meses.

**Coste:**

Los datos de costes se recogen en la siguiente tabla a nivel de presupuesto de ejecución por contrata.

Especie	€/individuo
<i>Accipiter gentilis</i>	326,07
<i>Accipiter nisus</i>	938,12
<i>Aegypius monachus</i>	1.630,40
<i>Ammotragus lervia</i>	326,07
<i>Aquila adalberti</i>	1.630,40
<i>Aquila chrysaetos</i>	326,07
<i>Ardea cinerea</i>	326,07
<i>Ardea purpurea</i>	326,07
<i>Asio otus</i>	326,07
<i>Athene noctua</i>	326,07
<i>Aythya nyroca</i>	1.630,40
<i>Botaurus stellaris</i>	1.630,40
<i>Bubo bubo</i>	326,07
<i>Bulweria bulwerii</i>	586,39
<i>Buteo buteo</i>	326,07
<i>Calandrella rufescens sbsp.polatzekii</i>	1.630,40
<i>Calandrella rufescens sbsp.rufescens</i>	1.630,40
<i>Calonectris diomedea</i>	586,39
<i>Canis lupus</i>	326,07
<i>Capra pyrenaica</i>	326,07
<i>Capreolus capreolus</i>	326,07
<i>Cervus elaphus</i>	326,07
<i>Chlamydotis undulata</i>	1.630,40
<i>Ciconia ciconia</i>	326,07
<i>Ciconia nigra</i>	1.630,40
<i>Circus pygargus</i>	823,07
<i>Dama dama</i>	326,07
<i>Dermochelys coriacea</i>	1.630,40
<i>Falco eleonorae</i>	326,07

Especie	€/individuo
<i>Falco naumanni</i>	663,26
<i>Falco pelegrinoides</i>	326,07
<i>Falco peregrinus</i>	326,07
<i>Falco tinnunculus</i>	326,07
<i>Felis silvestris</i>	326,07
<i>Fringilla teydea</i>	1.630,40
<i>Fulica cristata</i>	1.630,40
<i>Gallotia bravoana</i>	1.630,40
<i>Gallotia simonyi</i>	1.630,40
<i>Gypaetus barbatus</i>	1.630,40
<i>Gyps fulvus</i>	326,07
<i>Hieraaetus fasciatus</i>	1.630,40
<i>Iberolacerta aranica</i>	1.630,40
<i>Iberolacerta martinezricai</i>	1.630,40
<i>Lanius minor</i>	1.630,40
<i>Lutra lutra</i>	326,07
<i>Lynx pardinus</i>	1.630,40
<i>Marmaronetta angustirostris</i>	1.630,40
<i>Monachus monachus</i>	1.630,40
<i>Neophron percnopterus</i>	1.630,40
<i>Otis tarda</i>	1.630,40
Otras Aves	9,49
Otros Anfibios	76,29
Otros Mamíferos	14,08
Otros Peces continentales	13,29
Otros Reptiles	11,18
<i>Ovies aries</i>	326,07
<i>Pandion haliaetus</i>	1.630,40
<i>Phalacrocorax aristotelis</i>	606,06
<i>Phalacrocorax carbo</i>	326,07
<i>Podiceps cristatus</i>	326,07
<i>Puffinus mauretanicus</i>	1.630,40
<i>Rissa tridactyla</i>	586,39
<i>Strix aluco</i>	326,07
<i>Sus scrofa</i>	326,07
<i>Tadorna ferruginea</i>	1.630,40
<i>Turnix sylvaticus</i>	1.630,40
<i>Tyto alba</i>	500,45
<i>Uria aalge</i>	666,67
<i>Ursus arctos</i>	1.630,40

**Eficacia de la técnica:**

Técnica eficaz salvo en el caso de especies amenazadas para las cuales se considera de eficacia limitada.

**Fuentes:**

*Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición*

*North Carolina Administrative Code (NCAC).*

*Producción en granjas cinegéticas y piscifactorías para repoblación, 2006. MARM.*

*Cuadro de precios unitarios de la actividad forestal, 2004.*

*Grupo de rehabilitación de la fauna autóctona y su hábitat (GREFA).*

## TÉCNICA DQ\_Tean.2. CRÍA EN CAUTIVIDAD Y SUELTA DE INDIVIDUOS

**Código de la técnica:** DQ\_Tean.2

**Técnica:** Cría en cautividad y suelta de individuos de reposición

**Recurso objetivo:** Especies animales

**Descripción de la técnica:**

Cría en cautividad y suelta de individuos de reposición.

**Tiempo de recuperación:**

24 meses en el caso de mamíferos y 6 meses en el caso del resto de especies.

**Coste:**

Los datos de costes se recogen en la siguiente tabla a nivel de presupuesto de ejecución por contrata.

Espece	€/individuo
<i>Accipiter gentilis</i>	2.765,62
<i>Accipiter nisus</i>	938,12
<i>Aegypius monachus</i>	93.812,14
<i>Ammotragus lervia</i>	2.345,30
<i>Aquila adalberti</i>	140.718,22
<i>Aquila chrysaetos</i>	93.812,14
<i>Ardea cinerea</i>	4.690,60
<i>Ardea purpurea</i>	4.691,89
<i>Asio otus</i>	658,48
<i>Athene noctua</i>	592,64
<i>Aythya nyroca</i>	1.875,84
<i>Botaurus stellaris</i>	1.875,84
<i>Bubo bubo</i>	9.381,22
<i>Bulweria bulwerii</i>	586,39
<i>Buteo buteo</i>	856,02
<i>Calandrella rufescens sbsp.polatzekii</i>	1.875,84
<i>Calandrella rufescens sbsp.rufescens</i>	1.875,84
<i>Calonectris diomedea</i>	586,39
<i>Canis lupus</i>	18.762,43
<i>Capra pyrenaica</i>	18.762,43
<i>Capreolus capreolus</i>	2.345,30
<i>Cervus elaphus</i>	2.345,30
<i>Chlamydotis undulata</i>	18.762,43
<i>Ciconia ciconia</i>	9.381,22
<i>Ciconia nigra</i>	140.718,22
<i>Circus pygargus</i>	823,07
<i>Dama dama</i>	2.345,30
<i>Dermochelys coriacea</i>	1.875,84

Especie	€/individuo
<i>Falco eleonorae</i>	46.906,06
<i>Falco naumanni</i>	663,26
<i>Falco pelegrinoides</i>	46.906,06
<i>Falco peregrinus</i>	46.906,06
<i>Falco tinnunculus</i>	395,09
<i>Felis silvestris</i>	938,12
<i>Fringilla teydea</i>	1.875,84
<i>Fulica cristata</i>	1.875,84
<i>Gallotia bravoana</i>	30.790,00
<i>Gallotia simonyi</i>	1.875,84
<i>Gypaetus barbatus</i>	140.718,22
<i>Gyps fulvus</i>	46.906,06
<i>Hieraaetus fasciatus</i>	46.906,06
<i>Iberolacerta aranica</i>	1.875,84
<i>Iberolacerta martinezricai</i>	1.875,84
<i>Lanius minor</i>	1.875,84
<i>Lutra lutra</i>	9.381,22
<i>Lynx pardinus</i>	140.718,22
<i>Marmaronetta angustirostris</i>	1.875,84
<i>Monachus monachus</i>	140.718,22
<i>Neophron percnopterus</i>	46.906,06
<i>Otis tarda</i>	18.762,43
Otras Aves	9,49
Otros Anfibios	76,29
Otros Mamíferos	14,08
Otros Peces continentales	13,29
Otros Reptiles	11,18
<i>Ovies aries</i>	2.345,30
<i>Pandion haliaetus</i>	93.812,14
<i>Phalacrocorax aristotelis</i>	606,06
<i>Phalacrocorax carbo</i>	606,06
<i>Podiceps cristatus</i>	586,39
<i>Puffinus mauretanicus</i>	1.875,84
<i>Rissa tridactyla</i>	586,39
<i>Strix aluco</i>	526,78
<i>Sus scrofa</i>	469,05
<i>Tadorna ferruginea</i>	1.875,84
<i>Turnix sylvaticus</i>	1.875,84
<i>Tyto alba</i>	500,45
<i>Uria aalge</i>	666,67
<i>Ursus arctos</i>	140.718,22

**Eficacia de la técnica:**

Técnica eficaz salvo en el caso de especies amenazadas para las cuales se considera de eficacia limitada.

**Fuentes:**

*Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición*

*North Carolina Administrative Code (NCAC).*

*Producción en granjas cinegéticas y piscifactorías para repoblación, 2006. MARM.*

*Cuadro de precios unitarios de la actividad forestal, 2004.*

*Grupo de rehabilitación de la fauna autóctona y su hábitat (GREFA).*

# **DAÑOS QUÍMICOS AL HÁBITAT**



## TÉCNICA DQ\_TH.1. ELIMINACIÓN Y REPOBLACIÓN

**Código de la técnica:** DQ\_TH.1.

**Técnica:** Eliminación de la vegetación afectada y repoblación con vegetación de reposición

**Recurso objetivo:** Hábitat

**Descripción de la técnica:**

Eliminación de la vegetación afectada. Repoblación de la vegetación perdida por la afección del daño.

**Tiempo de recuperación:**

En la siguiente tabla se recoge el tiempo necesario para la reparación del daño, expresado en años, en función del tipo de vegetación afectada y del crecimiento de la especie.

Tipo de vegetación		Crecimiento		
		Rápido	Medio	Lento
Arbolado	Repoblado	2	2	2
	Monte bravo	7	9	13
	Latizal	15	19	28
	Fustal	25	45	65
Matorral		5	5	5
Herbazal		1	1	1

**Coste:**

Los costes recopilados a continuación se expresan a nivel de presupuesto de ejecución por contrata.

La siguiente tabla ofrece el coste de reparación del arbolado en estado latizal o fustal en función de la pendiente media del terreno, el tipo de suelo y la densidad en pies por hectárea a introducir.

Pendiente (%)	Suelo	Densidad (pies/ha)	€/pie
<=30	Pedregoso	>700	<b>13,01</b>
<=30	Pedregoso	50-700	<b>11,45</b>
<=30	Pedregoso	<50	<b>20,01</b>
<=30	Transito	>700	<b>12,97</b>
<=30	Transito	50-700	<b>11,40</b>
<=30	Transito	<50	<b>17,45</b>
30-50	Pedregoso	>700	<b>19,99</b>
30-50	Pedregoso	50-700	<b>19,71</b>
30-50	Pedregoso	<50	<b>22,39</b>
30-50	Transito	>700	<b>18,82</b>
30-50	Transito	50-700	<b>17,23</b>
30-50	Transito	<50	<b>19,83</b>

Pendiente (%)	Suelo	Densidad (pies/ha)	€/pie
>50	Pedregoso	>700	<b>21,27</b>
>50	Pedregoso	50-700	<b>21,32</b>
>50	Pedregoso	<50	<b>23,62</b>
>50	Transito	>700	<b>18,98</b>
>50	Transito	50-700	<b>18,13</b>
>50	Transito	<50	<b>20,55</b>

La siguiente tabla ofrece el coste de reparación del matorral y del arbolado en estado inferior a latizal en función de la pendiente media del terreno, la fracción de cabida cubierta, la densidad de plantación en pies por hectárea y el tipo de suelo.

Pendiente (%)	FCC (%)	Densidad (pies/ha)	Suelo	€/ha
<=10	<=50	>700	Pedregoso	<b>4.692,91</b>
<=10	<=50	50-700	Pedregoso	<b>3.563,78</b>
<=10	<=50	<50	Pedregoso	<b>3.591,25</b>
<=10	50-80	>700	Pedregoso	<b>4.981,62</b>
<=10	50-80	50-700	Pedregoso	<b>3.852,49</b>
<=10	50-80	<50	Pedregoso	<b>4.399,96</b>
<=10	>80	>700	Pedregoso	<b>5.187,89</b>
<=10	>80	50-700	Pedregoso	<b>4.058,76</b>
<=10	>80	<50	Pedregoso	<b>4.905,38</b>
10-20	<=50	>700	Pedregoso	<b>4.907,79</b>
10-20	<=50	50-700	Pedregoso	<b>3.778,66</b>
10-20	<=50	<50	Pedregoso	<b>3.591,25</b>
10-20	50-80	>700	Pedregoso	<b>5.426,15</b>
10-20	50-80	50-700	Pedregoso	<b>4.297,02</b>
10-20	50-80	<50	Pedregoso	<b>4.399,96</b>
10-20	>80	>700	Pedregoso	<b>5.846,50</b>
10-20	>80	50-700	Pedregoso	<b>4.717,37</b>
10-20	>80	<50	Pedregoso	<b>4.905,38</b>
20-30	<=50	>700	Pedregoso	<b>4.949,81</b>
20-30	<=50	50-700	Pedregoso	<b>3.820,68</b>
20-30	<=50	<50	Pedregoso	<b>3.591,25</b>
20-30	50-80	>700	Pedregoso	<b>5.566,30</b>
20-30	50-80	50-700	Pedregoso	<b>4.437,17</b>
20-30	50-80	<50	Pedregoso	<b>4.399,96</b>
20-30	>80	>700	Pedregoso	<b>5.986,66</b>
20-30	>80	50-700	Pedregoso	<b>4.857,52</b>
20-30	>80	<50	Pedregoso	<b>4.905,38</b>
30-50	<=50	>700	Pedregoso	<b>9.327,01</b>
30-50	<=50	50-700	Pedregoso	<b>6.264,79</b>
30-50	<=50	<50	Pedregoso	<b>3.678,80</b>

Pendiente (%)	FCC (%)	Densidad (pies/ha)	Suelo	€/ha
30-50	50-80	>700	Pedregoso	<b>10.135,72</b>
30-50	50-80	50-700	Pedregoso	<b>7.073,50</b>
30-50	50-80	<50	Pedregoso	<b>4.487,51</b>
30-50	>80	>700	Pedregoso	<b>10.641,16</b>
30-50	>80	50-700	Pedregoso	<b>7.578,94</b>
30-50	>80	<50	Pedregoso	<b>4.992,95</b>
>50	<=50	>700	Pedregoso	<b>10.807,12</b>
>50	<=50	50-700	Pedregoso	<b>7.092,00</b>
>50	<=50	<50	Pedregoso	<b>4.897,78</b>
>50	50-80	>700	Pedregoso	<b>11.777,53</b>
>50	50-80	50-700	Pedregoso	<b>8.062,41</b>
>50	50-80	<50	Pedregoso	<b>5.504,32</b>
>50	>80	>700	Pedregoso	<b>12.384,08</b>
>50	>80	50-700	Pedregoso	<b>8.668,96</b>
>50	>80	<50	Pedregoso	<b>5.504,32</b>
<=10	<=50	>700	Transito	<b>4.654,51</b>
<=10	<=50	50-700	Transito	<b>3.548,42</b>
<=10	<=50	<50	Transito	<b>3.463,23</b>
<=10	50-80	>700	Transito	<b>4.943,21</b>
<=10	50-80	50-700	Transito	<b>3.837,12</b>
<=10	50-80	<50	Transito	<b>4.271,94</b>
<=10	>80	>700	Transito	<b>5.149,48</b>
<=10	>80	50-700	Transito	<b>4.043,40</b>
<=10	>80	<50	Transito	<b>4.777,36</b>
10-20	<=50	>700	Transito	<b>4.869,39</b>
10-20	<=50	50-700	Transito	<b>3.763,30</b>
10-20	<=50	<50	Transito	<b>3.463,23</b>
10-20	50-80	>700	Transito	<b>5.387,74</b>
10-20	50-80	50-700	Transito	<b>4.281,65</b>
10-20	50-80	<50	Transito	<b>4.271,94</b>
10-20	>80	>700	Transito	<b>5.808,10</b>
10-20	>80	50-700	Transito	<b>4.702,01</b>
10-20	>80	<50	Transito	<b>4.777,36</b>
20-30	<=50	>700	Transito	<b>4.911,41</b>
20-30	<=50	50-700	Transito	<b>3.805,32</b>
20-30	<=50	<50	Transito	<b>3.463,23</b>
20-30	50-80	>700	Transito	<b>5.527,89</b>
20-30	50-80	50-700	Transito	<b>4.421,81</b>
20-30	50-80	<50	Transito	<b>4.271,94</b>
20-30	>80	>700	Transito	<b>5.948,25</b>
20-30	>80	50-700	Transito	<b>4.842,16</b>
20-30	>80	<50	Transito	<b>4.777,36</b>
30-50	<=50	>700	Transito	<b>8.162,03</b>

Pendiente (%)	FCC (%)	Densidad (pies/ha)	Suelo	€/ha
30-50	<=50	50-700	Transito	<b>5.271,36</b>
30-50	<=50	<50	Transito	<b>3.550,78</b>
30-50	50-80	>700	Transito	<b>8.970,74</b>
30-50	50-80	50-700	Transito	<b>6.080,07</b>
30-50	50-80	<50	Transito	<b>4.359,49</b>
30-50	>80	>700	Transito	<b>9.476,19</b>
30-50	>80	50-700	Transito	<b>6.585,51</b>
30-50	>80	<50	Transito	<b>4.864,93</b>
>50	<=50	>700	Transito	<b>8.515,57</b>
>50	<=50	50-700	Transito	<b>5.816,92</b>
>50	<=50	<50	Transito	<b>4.744,15</b>
>50	50-80	>700	Transito	<b>9.485,99</b>
>50	50-80	50-700	Transito	<b>6.787,34</b>
>50	50-80	<50	Transito	<b>5.350,70</b>
>50	>80	>700	Transito	<b>10.092,53</b>
>50	>80	50-700	Transito	<b>7.393,88</b>
>50	>80	<50	Transito	<b>5.350,70</b>

Por último, a continuación se recogen los datos de aplicación de la técnica en los herbazales en función de la pendiente media del terreno.

Pendiente (%)	€/ha
<=10	<b>1.044,82</b>
10-20	<b>1.259,70</b>
20-30	<b>1.273,14</b>
30-50	<b>1.273,14</b>
>50	<b>1.371,57</b>

**Eficacia de la técnica:**

Efectiva

**Fuentes:**

*Tarifas TRAGSA 2007.*

# **DAÑOS FÍSICOS: EXTRACCIÓN**



# **EXTRACCIÓN DE SUELO**



## TÉCNICA DF\_E\_TS.1. REPOSICIÓN DE SUELO

---

**Código de la técnica:** DF\_E\_TS.1

**Técnica:** Reposición de suelo

**Recurso objetivo:** Suelo

**Descripción de la técnica:**

Transporte y deposición de terreno procedente de préstamo a la zona afectada por la captación física.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Accesibilidad a la zona afectada

**Tiempo de recuperación:** 1 mes.

**Coste:** 38,34 €/t (Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica:**

Efectiva

**Fuentes:**

*Tarifas TRAGSA 2007.*



# **EXTRACCIÓN DE AGUA SUPERFICIAL**



## TÉCNICA DF\_E\_TASUP.1. BOMBEO DE AGUA

---

**Código de la técnica:** DF\_E\_TASup.1

**Técnica:** Bombeo de agua

**Recurso objetivo:** Agua superficial

**Descripción de la técnica:**

Bombeo de agua mediante bomba de caudal igual a 20m<sup>3</sup>/h y una altura de bombeo inferior a 100m.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Accesibilidad a la zona afectada

**Limitaciones**

- Acceso a una masa de agua desde la que pueda realizarse el bombeo sin incurrir en nuevos daños medioambientales u otro tipo de perjuicios.

**Tiempo de recuperación:** 1 mes.

**Coste:** 1,91 €/m<sup>3</sup> (presupuesto de ejecución por contrata)

**Eficacia de la técnica**

Efectiva

**Fuentes**

*Tarifas de agua del año 2004 del Libro Digital del Agua MARM.*

*Guía de tecnologías de recuperación de suelos contaminados. Comunidad de Madrid.*



# **EXTRACCIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA**



## TÉCNICA DF\_E\_TASUB.1. RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS

---

**Código de la técnica:** DF\_E\_TASub.1

**Técnica:** Recarga artificial de acuíferos.

**Recurso objetivo:** Agua subterránea.

**Descripción de la técnica:**

Consiste en la recarga de acuíferos a través de la infiltración de agua mediante balsas, presas y canalizaciones.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Permeabilidad alta

**Limitaciones:**

- Es preciso realizar varios estudios y proyectos para minimizar los riesgos e impactos ambientales previamente a la construcción de dispositivos.
- Se debe tener en cuenta la permeabilidad del sustrato.

**Tiempo de recuperación:** 1 año.

**Coste:** 15,48 €/m<sup>3</sup> (Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica:**

Efectiva

**Fuentes:**

*Proyecto DINA-MAR Tragsatec.*

Tarifas de agua del año 2004 del Libro Digital del Agua MARM.



# **EXTRACCIÓN DE ESPECIES VEGETALES**



## TÉCNICA DF\_E\_TEVEG.1. PLANTACIÓN DE FLORA SILVESTRE

---

**Código de la técnica:** DF\_E\_TEveg.1

**Técnica:** Plantación de flora silvestre catalogada como amenazada.

**Recurso objetivo:** Especies vegetales amenazadas

**Descripción de la técnica:**

Reposición de especies amenazadas de herbáceas o matorral. La recuperación del arbolado se aborda a través de las especies concretas que se hayan visto afectadas dentro del recurso hábitat.

**Tiempo de recuperación:**

El tiempo de recuperación se ha establecido en 1 año para las especies de herbáceas y 5 años para el matorral.

**Coste:**

9.879,47 €/ha (Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica**

Efectiva.

**Fuentes:**

Consejería de Agricultura y Agua. Región de Murcia. *Ejemplos de proyectos basados en la protección de los ecosistemas. 2010.*

*Tarifas TRAGSA 2007.*



# **EXTRACCIÓN DE ESPECIES ANIMALES**



## TÉCNICA DF\_E\_TEAN.1. CRÍA EN CAUTIVIDAD Y SUELTA

---

**Código de la técnica:** DF\_E\_TEan.1

**Técnica:** Cría en cautividad y suelta de individuos de reposición

**Recurso objetivo:** Especies animales

**Descripción de la técnica:**

Reposición de los individuos afectados.

**Tiempo de recuperación:**

24 meses en el caso de mamíferos y 6 meses en el caso del resto de especies.

**Coste:**

El coste de esta técnica se ha desarrollado en la ficha de daño químico en especies animales DQ\_TEan.2.

**Eficacia de la técnica:**

Técnica eficaz salvo en el caso de especies amenazadas para las cuales se considera de eficacia limitada.

**Fuentes:**

*Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición*

*North Carolina Administrative Code (NCAC).*

*Producción en granjas cinegéticas y piscifactorías para repoblación, 2006. MARM.*

*Cuadro de precios unitarios de la actividad forestal, 2004.*

*Grupo de rehabilitación de la fauna autóctona y su hábitat (GREFA).*



# **EXTRACCIÓN DE HÁBITAT**



## TÉCNICA DF\_E\_TH.1. REPOBLACIÓN DE VEGETACIÓN

**Código de la técnica:** DF\_E\_TH.1

**Técnica:** Repoblación de la vegetación con individuos de reposición.

**Recurso objetivo:** Hábitat-Especies vegetales

**Descripción de la técnica:**

Reposición de los individuos vegetales eliminados.

**Tiempo de recuperación:**

El tiempo de recuperación, en años, se recoge en la siguiente tabla en función del tipo de vegetación y del crecimiento de la especie afectada.

Tipo de vegetación		Crecimiento		
		Rápido	Medio	Lento
Arbolado	Repoblado	2	2	2
	Monte bravo	7	9	13
	Latizal	15	19	28
	Fustal	25	45	65
Matorral		5	5	5
Herbazal		1	1	1

**Coste:**

Los costes recopilados a continuación se expresan a nivel de presupuesto de ejecución por contrata.

La siguiente tabla ofrece el coste de reposición del arbolado en estado latizal o fustal en función de la pendiente media del terreno, el tipo de suelo y la densidad en pies por hectárea a introducir.

Pendiente (%)	Suelo	Densidad (pies/ha)	€/pie
<=30	Pedregoso	>700	1,89
<=30	Pedregoso	50-700	1,89
<=30	Pedregoso	<50	10,45
<=30	Transito	>700	1,84
<=30	Transito	50-700	1,84
<=30	Transito	<50	7,89
30-50	Pedregoso	>700	6,17
30-50	Pedregoso	50-700	7,77
30-50	Pedregoso	<50	10,45
30-50	Transito	>700	5,00
30-50	Transito	50-700	5,28
30-50	Transito	<50	7,89
>50	Pedregoso	>700	7,46

Pendiente (%)	Suelo	Densidad (pies/ha)	€/pie
>50	Pedregoso	50-700	<b>9,37</b>
>50	Pedregoso	<50	<b>11,67</b>
>50	Transito	>700	<b>5,17</b>
>50	Transito	50-700	<b>6,18</b>
>50	Transito	<50	<b>8,60</b>

La siguiente tabla ofrece el coste de reparación del matorral y del arbolado en estado inferior a latizal en función de la pendiente media del terreno, la fracción de cabida cubierta, la densidad de plantación en pies por hectárea y el tipo de suelo.

Pendiente (%)	FCC (%)	Densidad (pies/ha)	Suelo	€/ha
<=10	<=50	>700	Pedregoso	<b>1.881,88</b>
<=10	<=50	50-700	Pedregoso	<b>752,75</b>
<=10	<=50	<50	Pedregoso	<b>522,32</b>
<=10	50-80	>700	Pedregoso	<b>1.881,88</b>
<=10	50-80	50-700	Pedregoso	<b>752,75</b>
<=10	50-80	<50	Pedregoso	<b>522,32</b>
<=10	>80	>700	Pedregoso	<b>1.881,88</b>
<=10	>80	50-700	Pedregoso	<b>752,75</b>
<=10	>80	<50	Pedregoso	<b>522,32</b>
10-20	<=50	>700	Pedregoso	<b>1.881,88</b>
10-20	<=50	50-700	Pedregoso	<b>752,75</b>
10-20	<=50	<50	Pedregoso	<b>522,32</b>
10-20	50-80	>700	Pedregoso	<b>1.881,88</b>
10-20	50-80	50-700	Pedregoso	<b>752,75</b>
10-20	50-80	<50	Pedregoso	<b>522,32</b>
10-20	>80	>700	Pedregoso	<b>1.881,88</b>
10-20	>80	50-700	Pedregoso	<b>752,75</b>
10-20	>80	<50	Pedregoso	<b>522,32</b>
20-30	<=50	>700	Pedregoso	<b>1.881,88</b>
20-30	<=50	50-700	Pedregoso	<b>752,75</b>
20-30	<=50	<50	Pedregoso	<b>522,32</b>
20-30	50-80	>700	Pedregoso	<b>1.881,88</b>
20-30	50-80	50-700	Pedregoso	<b>752,75</b>
20-30	50-80	<50	Pedregoso	<b>522,32</b>
20-30	>80	>700	Pedregoso	<b>1.881,88</b>
20-30	>80	50-700	Pedregoso	<b>752,75</b>
20-30	>80	<50	Pedregoso	<b>522,32</b>
30-50	<=50	>700	Pedregoso	<b>6.170,53</b>
30-50	<=50	50-700	Pedregoso	<b>3.108,31</b>
30-50	<=50	<50	Pedregoso	<b>522,32</b>
30-50	50-80	>700	Pedregoso	<b>6.170,53</b>

Pendiente (%)	FCC (%)	Densidad (pies/ha)	Suelo	€/ha
30-50	50-80	50-700	Pedregoso	<b>3.108,31</b>
30-50	50-80	<50	Pedregoso	<b>522,32</b>
30-50	>80	>700	Pedregoso	<b>6.170,53</b>
30-50	>80	50-700	Pedregoso	<b>3.108,31</b>
30-50	>80	<50	Pedregoso	<b>522,32</b>
>50	<=50	>700	Pedregoso	<b>7.463,53</b>
>50	<=50	50-700	Pedregoso	<b>3.748,41</b>
>50	<=50	<50	Pedregoso	<b>583,77</b>
>50	50-80	>700	Pedregoso	<b>7.463,53</b>
>50	50-80	50-700	Pedregoso	<b>3.748,41</b>
>50	50-80	<50	Pedregoso	<b>583,77</b>
>50	>80	>700	Pedregoso	<b>7.463,53</b>
>50	>80	50-700	Pedregoso	<b>3.748,41</b>
>50	>80	<50	Pedregoso	<b>583,77</b>
<=10	<=50	>700	Transito	<b>1.843,48</b>
<=10	<=50	50-700	Transito	<b>737,39</b>
<=10	<=50	<50	Transito	<b>394,30</b>
<=10	50-80	>700	Transito	<b>1.843,48</b>
<=10	50-80	50-700	Transito	<b>737,39</b>
<=10	50-80	<50	Transito	<b>394,30</b>
<=10	>80	>700	Transito	<b>1.843,48</b>
<=10	>80	50-700	Transito	<b>737,39</b>
<=10	>80	<50	Transito	<b>394,30</b>
10-20	<=50	>700	Transito	<b>1.843,48</b>
10-20	<=50	50-700	Transito	<b>737,39</b>
10-20	<=50	<50	Transito	<b>394,30</b>
10-20	50-80	>700	Transito	<b>1.843,48</b>
10-20	50-80	50-700	Transito	<b>737,39</b>
10-20	50-80	<50	Transito	<b>394,30</b>
10-20	>80	>700	Transito	<b>1.843,48</b>
10-20	>80	50-700	Transito	<b>737,39</b>
10-20	>80	<50	Transito	<b>394,30</b>
20-30	<=50	>700	Transito	<b>1.843,48</b>
20-30	<=50	50-700	Transito	<b>737,39</b>
20-30	<=50	<50	Transito	<b>394,30</b>
20-30	50-80	>700	Transito	<b>1.843,48</b>
20-30	50-80	50-700	Transito	<b>737,39</b>
20-30	50-80	<50	Transito	<b>394,30</b>
20-30	>80	>700	Transito	<b>1.843,48</b>
20-30	>80	50-700	Transito	<b>737,39</b>
20-30	>80	<50	Transito	<b>394,30</b>
30-50	<=50	>700	Transito	<b>5.005,55</b>
30-50	<=50	50-700	Transito	<b>2.114,88</b>

Pendiente (%)	FCC (%)	Densidad (pies/ha)	Suelo	€/ha
30-50	<=50	<50	Transito	<b>394,30</b>
30-50	50-80	>700	Transito	<b>5.005,55</b>
30-50	50-80	50-700	Transito	<b>2.114,88</b>
30-50	50-80	<50	Transito	<b>394,30</b>
30-50	>80	>700	Transito	<b>5.005,55</b>
30-50	>80	50-700	Transito	<b>2.114,88</b>
30-50	>80	<50	Transito	<b>394,30</b>
>50	<=50	>700	Transito	<b>5.171,98</b>
>50	<=50	50-700	Transito	<b>2.473,33</b>
>50	<=50	<50	Transito	<b>430,14</b>
>50	50-80	>700	Transito	<b>5.171,98</b>
>50	50-80	50-700	Transito	<b>2.473,33</b>
>50	50-80	<50	Transito	<b>430,14</b>
>50	>80	>700	Transito	<b>5.171,98</b>
>50	>80	50-700	Transito	<b>2.473,33</b>
>50	>80	<50	Transito	<b>430,14</b>

Por último, el coste de plantación del herbazal se ha estimado, de forma general, en 608,61 €/ha.

**Eficacia de la técnica:**

Efectiva

**Fuentes:**

*Tarifas TRAGSA 2007.*

# **DAÑOS FÍSICOS: INCREMENTO DE TEMPERATURA**



# **DAÑOS POR TEMPERATURA EN SUELO**



## TÉCNICA DF\_T\_TS.1. BOMBEO DE AGUA

---

**Código de la técnica:** DF\_T\_TS.1

**Técnica:** Bombeo de agua

**Recurso objetivo:** Suelo

**Descripción de la técnica:**

Bombeo de agua a temperatura ambiente sobre el suelo que ha sufrido un incremento en su temperatura.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Accesibilidad a la zona afectada

**Limitaciones**

- Acceso a una masa de agua desde la que pueda realizarse el bombeo sin incurrir en nuevos daños medioambientales u otro tipo de perjuicios.

**Tiempo de recuperación:** 1 mes.

**Coste:** 1,91 €/m<sup>3</sup> (presupuesto de ejecución por contrata)

**Eficacia de la técnica**

Efectiva

**Fuentes**

*Tarifas de agua del año 2004 del Libro Digital del Agua MARM.*

*Guía de tecnologías de recuperación de suelos contaminados. Comunidad de Madrid.*



# **DAÑOS POR TEMPERATURA EN AGUA SUPERFICIAL**



## TÉCNICA DF\_T\_TASUP.1. BOMBEO DE AGUA

---

**Código de la técnica:** DF\_T\_TASup.1

**Técnica:** Bombeo de agua

**Recurso objetivo:** Agua superficial

**Descripción de la técnica:**

Bombeo de agua a temperatura ambiente sobre una masa de agua superficial que ha visto incrementada su temperatura.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Accesibilidad a la zona afectada

**Limitaciones**

- Acceso a una masa de agua desde la que pueda realizarse el bombeo sin incurrir en nuevos daños medioambientales u otro tipo de perjuicios.

**Tiempo de recuperación:** 1 mes.

**Coste:** 1,91 €/m<sup>3</sup> (presupuesto de ejecución por contrata)

**Eficacia de la técnica**

Efectiva

**Fuentes**

*Tarifas de agua del año 2004 del Libro Digital del Agua MARM.*

*Guía de tecnologías de recuperación de suelos contaminados. Comunidad de Madrid.*



# **DAÑOS POR TEMPERATURA EN ESPECIES VEGETALES**



## TÉCNICA DF\_T\_TEVEG.1. ELIMINACIÓN Y PLANTACIÓN

**Código de la técnica:** DF\_T\_TEveg.1.

**Técnica:** Eliminación de la vegetación afectada y plantación de flora silvestre amenazada.

**Recurso objetivo:** Especies vegetales amenazadas.

**Descripción de la técnica:**

Eliminación de la vegetación y repoblación de la flora perdida por la afección del daño. La técnica se refiere a la vegetación herbácea y al matorral ya que las especies arbóreas se consideran de forma individualizada dentro de los daños al hábitat.

**Tiempo de recuperación:**

- 1 año para la repoblación con herbáceas.
- 5 años para la repoblación con matorral.

**Coste:**

Los datos de costes se recogen en la siguiente tabla a nivel de presupuesto de ejecución por contrata.

Técnica	Coste (€/ha)
Retirada y plantación de herbáceas amenazadas	10.642,44
Retirada y plantación de matorral amenazado	14.800,02

**Eficacia de la técnica**

Limitada.

**Fuentes**

*Tarifas TRAGSA 2007.*

Consejería de Agricultura y Agua. Región de Murcia. *Ejemplos de proyectos basados en la protección de los ecosistemas. 2010.*



# **DAÑOS POR TEMPERATURA EN ESPECIES ANIMALES**



## TÉCNICA DF\_T\_TEAN.1. CAPTURA, TRASLADO Y TRATAMIENTO

---

**Código de la técnica:** DF\_T\_TEan.1

**Técnica:** Captura de especies lesionadas, traslado y tratamiento en centro de recuperación

**Recurso objetivo:** Especies animales

**Descripción de la técnica:**

Captura, traslado y tratamiento en centros para la recuperación de lesiones causadas por aumento de temperatura.

**Tiempo de recuperación:** 3 meses.

**Coste:**

El presupuesto detallado de la técnica se presenta en la ficha del daño químico en especies animales DQ\_TEan.1.

**Eficacia de la técnica:**

Técnica eficaz salvo en el caso de especies amenazadas para las cuales se considera de eficacia limitada.

**Fuentes:**

*Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición*

*North Carolina Administrative Code (NCAC).*

*Producción en granjas cinegéticas y piscifactorías para repoblación, 2006. MARM.*

*Cuadro de precios unitarios de la actividad forestal, 2004.*

*Grupo de rehabilitación de la fauna autóctona y su hábitat (GREFA).*

## **TÉCNICA DF\_T\_TEAN.2. CRÍA EN CAUTIVIDAD Y SUELTA DE INDIVIDUOS DE REPOSICIÓN**

---

**Código de la técnica:** DF\_T\_TEan.2

**Técnica:** Cría en cautividad y suelta de individuos de reposición

**Recurso objetivo:** Especies animales

**Descripción de la técnica:**

Reposición de los individuos muertos a causa del incremento de temperatura.

**Tiempo de recuperación:**

24 meses en el caso de mamíferos y 6 meses en el caso del resto de especies.

**Coste:**

El presupuesto detallado de la técnica se presenta en la ficha del daño químico en especies animales DQ\_TEan.2.

**Eficacia de la técnica:**

Técnica eficaz salvo en el caso de especies amenazadas para las cuales se considera de eficacia limitada.

**Fuentes:**

*Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición*

*North Carolina Administrative Code (NCAC).*

*Producción en granjas cinegéticas y piscifactorías para repoblación, 2006. MARM.*

*Cuadro de precios unitarios de la actividad forestal, 2004.*

*Grupo de rehabilitación de la fauna autóctona y su hábitat (GREFA).*

# **DAÑOS POR TEMPERATURA EN HÁBITAT**



## TÉCNICA DF\_T\_TH.1. ELIMINACIÓN Y REPOBLACIÓN

---

**Código de la técnica:** DF\_T\_TH.1

**Técnica:** Eliminación de la vegetación afectada y repoblación de vegetación

**Recurso objetivo:** Hábitat

**Descripción de la técnica:**

Eliminación de la vegetación afectada. Repoblación de la vegetación perdida por la afección del daño.

**Tiempo de recuperación:**

Tipo de vegetación		Crecimiento		
		Rápido	Medio	Lento
Arbolado	Repoblado	2	2	2
	Monte bravo	7	9	13
	Latizal	15	19	28
	Fustal	25	45	65
Matorral		5	5	5
Herbazal		1	1	1

**Costes:**

Los costes de la técnica se recogen en la ficha DQ\_TH.1.

**Eficacia de la técnica:**

Efectiva.

**Fuentes:**

*Tarifas TRAGSA 2007.*



# **DAÑOS FÍSICOS: VERTIDO DE INERTES**



# **DAÑOS POR VERTIDO DE INERTES AL SUELO**



## **TÉCNICA DF\_VI\_TS.1. EXTRACCIÓN, TRANSPORTE Y GESTIÓN**

---

**Código de la técnica:** DF\_VI\_TS.1

**Técnica:** Extracción, transporte y gestión en vertedero de inertes depositados sobre el suelo

**Recurso objetivo:** Suelo.

**Descripción de la técnica:**

Retirada del vertido y carga en camión con pala cargadora. Transporte y gestión en vertedero de los residuos inertes extraídos.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Accesibilidad.

**Tiempo de recuperación:** 1 mes.

**Coste:** 38,40 €/t (Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica :**

1 mes

**Fuentes:**

*Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición*



# **DAÑOS POR VERTIDO DE INERTES AL LECHO**



## TÉCNICA DF\_VITLecho.1. DRAGADO DEL LECHO

---

**Código de la técnica:** DF\_VITLecho.1. Dragado del lecho

**Técnica:** Dragado del lecho

**Recurso objetivo:** Lecho de las aguas marinas y continentales

**Descripción de la técnica:** Retirada mediante dragado de los materiales inertes vertidos al lecho y posterior gestión en vertedero de los mismos.

**Tiempo de recuperación:** 1 mes

**Coste:** El coste de la técnica se calcula mediante la siguiente ecuación de regresión estadística:

$$\text{€} = 616,39 \times Q(t)^{0,64} + Q(t) \times 30(\text{€/t})$$

Donde:

€, es el coste de aplicación de la técnica a nivel de presupuesto de ejecución por contrata.

Q(t), es la cantidad dragada expresada en toneladas.

### Eficacia de la técnica

Efectiva

### Fuentes

*U.S. Army Corps of Engineers*

*Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición*



# **DAÑOS POR INCENDIO**



**DAÑOS POR INCENDIO  
A LAS ESPECIES  
VEGETALES**



## TÉCNICA DI\_TEVEG.1. PLANTACIÓN DE FLORA SILVESTRE

---

**Código de la técnica:** DI\_TEveg.1

**Técnica:** Plantación de flora silvestre catalogada como amenazada.

**Recurso objetivo:** Especies vegetales amenazadas

**Descripción de la técnica:**

Reposición de especies amenazadas de herbáceas o matorral. La recuperación del arbolado se aborda a través de las especies concretas que se hayan visto afectadas dentro del recurso hábitat.

**Tiempo de recuperación:**

El tiempo de recuperación se ha establecido en 1 año para las especies de herbáceas y 5 años para el matorral.

**Coste:**

9.879,47 €/ha (Presupuesto de ejecución por contrata).

**Eficacia de la técnica**

Efectiva.

**Fuentes:**

*Tarifas TRAGSA 2007.*

Consejería de Agricultura y Agua. Región de Murcia. *Ejemplos de proyectos basados en la protección de los ecosistemas. 2010.*



**DAÑOS POR INCENDIO  
A LAS ESPECIES  
ANIMALES**



## TÉCNICA DI\_TEAN.1. CAPTURA, TRASLADO Y TRATAMIENTO

---

**Código de la técnica:** DI\_TEan.1

**Técnica:** Captura, traslado y tratamiento en centro de recuperación

**Recurso objetivo:** Especies animales

**Descripción de la técnica:**

Tratamiento en centro de recuperación de los individuos afectados por el incendio.

**Tiempo de recuperación:** 3 meses.

**Coste:**

El presupuesto detallado de la técnica se presenta en la ficha correspondiente al daño químico en especies animales DQ\_TEan1.

**Eficacia de la técnica:**

Técnica eficaz salvo en el caso de especies amenazadas para las cuales se considera de eficacia limitada.

**Fuentes:**

*Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición*

*North Carolina Administrative Code (NCAC).*

*Producción en granjas cinegéticas y piscifactorías para repoblación, 2006. MARM.*

*Cuadro de precios unitarios de la actividad forestal, 2004.*

*Grupo de rehabilitación de la fauna autóctona y su hábitat (GREFA).*

.

## TÉCNICA DI\_TEAN.2. CRÍA EN CAUTIVIDAD Y SUELTA

---

**Código de la técnica:** DI\_TEan.2.

**Técnica:** Cría en cautividad y suelta de individuos de reposición

**Recurso objetivo:** Especies animales

**Descripción de la técnica:**

Reposición de los individuos perdidos a causa del incendio.

**Tiempo de recuperación:**

24 meses en el caso de mamíferos y 6 meses en el caso del resto de especies.

**Coste:**

El presupuesto detallado de la técnica se presenta en la ficha correspondiente al daño químico en especies animales DQ\_TEan2.

**Eficacia de la técnica:**

Técnica eficaz salvo en el caso de especies amenazadas para las cuales se considera de eficacia limitada.

**Fuentes:**

*Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición*

*North Carolina Administrative Code (NCAC).*

*Producción en granjas cinegéticas y piscifactorías para repoblación, 2006. MARM.*

*Cuadro de precios unitarios de la actividad forestal, 2004.*

*Grupo de rehabilitación de la fauna autóctona y su hábitat (GREFA).*

# **DAÑOS POR INCENDIO AL HÁBITAT**



## TÉCNICA DI\_TH.1. ELIMINACIÓN Y REPOBLACIÓN

**Código de la técnica:** DI\_TH.1

**Técnica:** Eliminación de la vegetación afectada por el incendio y repoblación con vegetación de reposición

**Recurso objetivo:** Hábitat

**Descripción de la técnica:**

Eliminación y repoblación de la vegetación afectada por el incendio.

En el caso de que la vegetación afectada por el incendio sea herbácea, matorral o arbolado en estado inferior a latizal, con carácter general, se asume la pérdida completa de la misma a causa del incendio. Cuando la masa afectada es un arbolado maduro en estado latizal o fustal se considera que la misma no desaparece a causa del incendio por lo que será necesario retirar estos pies de dimensiones considerables previamente a abordar la introducción de la vegetación de reposición.

**Tiempo de recuperación:**

Tipo de vegetación		Crecimiento		
		Rápido	Medio	Lento
Arbolado	Repoblado	2	2	2
	Monte bravo	7	9	13
	Latizal	15	19	28
	Fustal	25	45	65
Matorral		5	5	5
Herbazal		1	1	1

**Coste:**

Los costes de aplicación de la técnica se ofrecen a continuación, a nivel de presupuesto de ejecución por contrata, desglosados para el arbolado maduro (latizales y fustales), matorral y arbolado joven y, por último, para el herbazal.

La siguiente tabla indica el coste de retirada de los pies afectados por el daño y la posterior repoblación con una masa de reposición del arbolado en estado latizal y fustal en función de la pendiente del terreno, el tipo de suelo y la densidad de plantación.

Pendiente (%)	Suelo	Densidad (pies/ha)	€/pie
<=30	Pedregoso	>700	<b>13,01</b>
<=30	Pedregoso	50-700	<b>11,45</b>
<=30	Pedregoso	<50	<b>20,01</b>
<=30	Transito	>700	<b>12,97</b>
<=30	Transito	50-700	<b>11,40</b>
<=30	Transito	<50	<b>17,45</b>
30-50	Pedregoso	>700	<b>19,99</b>
30-50	Pedregoso	50-700	<b>19,71</b>

Pendiente (%)	Suelo	Densidad (pies/ha)	€/pie
30-50	Pedregoso	<50	<b>22,39</b>
30-50	Transito	>700	<b>18,82</b>
30-50	Transito	50-700	<b>17,23</b>
30-50	Transito	<50	<b>19,83</b>
>50	Pedregoso	>700	<b>21,27</b>
>50	Pedregoso	50-700	<b>21,32</b>
>50	Pedregoso	<50	<b>23,62</b>
>50	Transito	>700	<b>18,98</b>
>50	Transito	50-700	<b>18,13</b>
>50	Transito	<50	<b>20,55</b>

Los costes asociados a la reposición del matorral y el arbolado joven afectado por el incendio se recopila en la siguiente tabla en función de la pendiente media del terreno, la fracción de cabida cubierta y la densidad de plantación

Pendiente (%)	FCC (%)	Densidad (pies/ha)	Suelo	€/ha
<=10	<=50	>700	Pedregoso	<b>1.881,88</b>
<=10	<=50	50-700	Pedregoso	<b>752,75</b>
<=10	<=50	<50	Pedregoso	<b>522,32</b>
<=10	50-80	>700	Pedregoso	<b>1.881,88</b>
<=10	50-80	50-700	Pedregoso	<b>752,75</b>
<=10	50-80	<50	Pedregoso	<b>522,32</b>
<=10	>80	>700	Pedregoso	<b>1.881,88</b>
<=10	>80	50-700	Pedregoso	<b>752,75</b>
<=10	>80	<50	Pedregoso	<b>522,32</b>
10-20	<=50	>700	Pedregoso	<b>1.881,88</b>
10-20	<=50	50-700	Pedregoso	<b>752,75</b>
10-20	<=50	<50	Pedregoso	<b>522,32</b>
10-20	50-80	>700	Pedregoso	<b>1.881,88</b>
10-20	50-80	50-700	Pedregoso	<b>752,75</b>
10-20	50-80	<50	Pedregoso	<b>522,32</b>
10-20	>80	>700	Pedregoso	<b>1.881,88</b>
10-20	>80	50-700	Pedregoso	<b>752,75</b>
10-20	>80	<50	Pedregoso	<b>522,32</b>
20-30	<=50	>700	Pedregoso	<b>1.881,88</b>
20-30	<=50	50-700	Pedregoso	<b>752,75</b>
20-30	<=50	<50	Pedregoso	<b>522,32</b>
20-30	50-80	>700	Pedregoso	<b>1.881,88</b>
20-30	50-80	50-700	Pedregoso	<b>752,75</b>
20-30	50-80	<50	Pedregoso	<b>522,32</b>
20-30	>80	>700	Pedregoso	<b>1.881,88</b>
20-30	>80	50-700	Pedregoso	<b>752,75</b>
20-30	>80	<50	Pedregoso	<b>522,32</b>

Pendiente (%)	FCC (%)	Densidad (pies/ha)	Suelo	€/ha
30-50	<=50	>700	Pedregoso	<b>6.170,53</b>
30-50	<=50	50-700	Pedregoso	<b>3.108,31</b>
30-50	<=50	<50	Pedregoso	<b>522,32</b>
30-50	50-80	>700	Pedregoso	<b>6.170,53</b>
30-50	50-80	50-700	Pedregoso	<b>3.108,31</b>
30-50	50-80	<50	Pedregoso	<b>522,32</b>
30-50	>80	>700	Pedregoso	<b>6.170,53</b>
30-50	>80	50-700	Pedregoso	<b>3.108,31</b>
30-50	>80	<50	Pedregoso	<b>522,32</b>
>50	<=50	>700	Pedregoso	<b>7.463,53</b>
>50	<=50	50-700	Pedregoso	<b>3.748,41</b>
>50	<=50	<50	Pedregoso	<b>583,77</b>
>50	50-80	>700	Pedregoso	<b>7.463,53</b>
>50	50-80	50-700	Pedregoso	<b>3.748,41</b>
>50	50-80	<50	Pedregoso	<b>583,77</b>
>50	>80	>700	Pedregoso	<b>7.463,53</b>
>50	>80	50-700	Pedregoso	<b>3.748,41</b>
>50	>80	<50	Pedregoso	<b>583,77</b>
<=10	<=50	>700	Transito	<b>1.843,48</b>
<=10	<=50	50-700	Transito	<b>737,39</b>
<=10	<=50	<50	Transito	<b>394,30</b>
<=10	50-80	>700	Transito	<b>1.843,48</b>
<=10	50-80	50-700	Transito	<b>737,39</b>
<=10	50-80	<50	Transito	<b>394,30</b>
<=10	>80	>700	Transito	<b>1.843,48</b>
<=10	>80	50-700	Transito	<b>737,39</b>
<=10	>80	<50	Transito	<b>394,30</b>
10-20	<=50	>700	Transito	<b>1.843,48</b>
10-20	<=50	50-700	Transito	<b>737,39</b>
10-20	<=50	<50	Transito	<b>394,30</b>
10-20	50-80	>700	Transito	<b>1.843,48</b>
10-20	50-80	50-700	Transito	<b>737,39</b>
10-20	50-80	<50	Transito	<b>394,30</b>
10-20	>80	>700	Transito	<b>1.843,48</b>
10-20	>80	50-700	Transito	<b>737,39</b>
10-20	>80	<50	Transito	<b>394,30</b>
20-30	<=50	>700	Transito	<b>1.843,48</b>
20-30	<=50	50-700	Transito	<b>737,39</b>
20-30	<=50	<50	Transito	<b>394,30</b>
20-30	50-80	>700	Transito	<b>1.843,48</b>
20-30	50-80	50-700	Transito	<b>737,39</b>
20-30	50-80	<50	Transito	<b>394,30</b>
20-30	>80	>700	Transito	<b>1.843,48</b>

Pendiente (%)	FCC (%)	Densidad (pies/ha)	Suelo	€/ha
20-30	>80	50-700	Transito	<b>737,39</b>
20-30	>80	<50	Transito	<b>394,30</b>
30-50	<=50	>700	Transito	<b>5.005,55</b>
30-50	<=50	50-700	Transito	<b>2.114,88</b>
30-50	<=50	<50	Transito	<b>394,30</b>
30-50	50-80	>700	Transito	<b>5.005,55</b>
30-50	50-80	50-700	Transito	<b>2.114,88</b>
30-50	50-80	<50	Transito	<b>394,30</b>
30-50	>80	>700	Transito	<b>5.005,55</b>
30-50	>80	50-700	Transito	<b>2.114,88</b>
30-50	>80	<50	Transito	<b>394,30</b>
>50	<=50	>700	Transito	<b>5.171,98</b>
>50	<=50	50-700	Transito	<b>2.473,33</b>
>50	<=50	<50	Transito	<b>430,14</b>
>50	50-80	>700	Transito	<b>5.171,98</b>
>50	50-80	50-700	Transito	<b>2.473,33</b>
>50	50-80	<50	Transito	<b>430,14</b>
>50	>80	>700	Transito	<b>5.171,98</b>
>50	>80	50-700	Transito	<b>2.473,33</b>
>50	>80	<50	Transito	<b>430,14</b>

Para concluir, los costes de plantación del herbazal se han estimado en 608,61 €/ha.

**Eficacia de la técnica:**

Efectiva.

**Fuentes:**

*Tarifas TRAGSA 2007.*

**DAÑOS  
BIOLÓGICOS:  
ESPECIES  
EXÓTICAS**



**DAÑOS POR EXÓTICAS  
A LAS ESPECIES  
VEGETALES**



## TÉCNICA DB\_E\_TEVEG.1. ELIMINACIÓN Y PLANTACIÓN

---

**Código de la técnica:** DB\_E\_TEveg.1

**Técnica:** Eliminación de la vegetación invasora y, en su lugar, plantación de flora silvestre catalogada como amenazada.

**Recurso objetivo:** Especies vegetales

**Descripción de la técnica:**

Corta y eliminación de la vegetación invasora y posterior revegetación de la zona afectada con especies catalogadas como amenazadas. La presente técnica se dirige a la recuperación de matorrales y herbazales ya que las especies arbóreas se tratan a nivel específico dentro del recurso hábitat.

**Tiempo de recuperación:**

- 1 año para la repoblación con herbáceas.
- 5 años para la repoblación con matorral.

**Coste:**

Los costes de ejecución de la técnica se recogen de forma desglosada para las especies de herbáceas y de matorral en la ficha correspondiente a los daños causados por agentes químicos a las especies vegetales DQ\_TEveg.1

**Eficacia de la técnica:**

Efectiva

**Fuentes:**

*Tarifas TRAGSA 2007.*

Consejería de Agricultura y Agua. Región de Murcia. *Ejemplos de proyectos basados en la protección de los ecosistemas. 2010.*



**DAÑOS POR EXÓTICAS  
A LAS ESPECIES  
ANIMALES**



## TÉCNICA DB\_E\_Tean.1. CAPTURA DE LOS INDIVIDUOS INVASORES Y SUELTA DE INDIVIDUOS DE CRÍA EN CAUTIVIDAD

**Código de la técnica:** DB\_E\_Tean.1

**Técnica:** Captura de animales exóticos invasores mediante equipos de seguimiento y control de poblaciones y suelta de individuos de especies silvestres criados en cautividad.

**Recurso objetivo:** Especies animales

**Descripción de la técnica:**

La técnica presenta dos componentes diferenciados. Por un lado, se considera la actuación de un equipo móvil básico de control y captura de individuos de poblaciones de especies exóticas invasoras. Por otro lado, se incluye la introducción en el medio de especies silvestres criadas en cautividad.

**Tiempo de recuperación:** El tiempo de recuperación se ha estimado en 24 meses para los mamíferos y 6 meses para el resto de especies animales.

**Coste:** El coste de aplicación de la técnica queda reflejado en la siguiente tabla a nivel de presupuesto de ejecución por contrata

Especie	Coste fijo (€)	Coste unitario (€/individuo)
<i>Accipiter gentilis</i>	18.766,85	2.765,62
<i>Accipiter nisus</i>	18.766,85	938,12
<i>Aegypius monachus</i>	18.766,85	93.812,14
<i>Ammotragus lervia</i>	29.466,16	2.345,30
<i>Aquila adalberti</i>	18.766,85	140.718,22
<i>Aquila chrysaetos</i>	18.766,85	93.812,14
<i>Ardea cinerea</i>	18.766,85	4.690,60
<i>Ardea purpurea</i>	18.766,85	4.691,89
<i>Asio otus</i>	18.766,85	658,48
<i>Athene noctua</i>	18.766,85	592,64
<i>Aythya nyroca</i>	18.766,85	1.875,84
<i>Botaurus stellaris</i>	18.766,85	1.875,84
<i>Bubo bubo</i>	18.766,85	9.381,22
<i>Bulweria bulwerii</i>	18.766,85	586,39
<i>Buteo buteo</i>	18.766,85	856,02
<i>Calandrella rufescens sbsp.polatzekii</i>	18.766,85	1.875,84
<i>Calandrella rufescens sbsp.rufescens</i>	18.766,85	1.875,84
<i>Calonectris diomedea</i>	18.766,85	586,39
<i>Canis lupus</i>	29.466,16	18.762,43
<i>Capra pyrenaica</i>	29.466,16	18.762,43
<i>Capreolus capreolus</i>	29.466,16	2.345,30
<i>Cervus elaphus</i>	29.466,16	2.345,30
<i>Chlamydotis undulata</i>	18.766,85	18.762,43
<i>Ciconia ciconia</i>	18.766,85	9.381,22

Especie	Coste fijo (€)	Coste unitario (€/individuo)
<i>Ciconia nigra</i>	18.766,85	140.718,22
<i>Circus pygargus</i>	18.766,85	823,07
<i>Dama dama</i>	29.466,16	2.345,30
<i>Dermodochelys coriacea</i>	12.227,78	1.875,84
<i>Falco eleonora</i>	18.766,85	46.906,06
<i>Falco naumanni</i>	18.766,85	663,26
<i>Falco pelegrinoides</i>	18.766,85	46.906,06
<i>Falco peregrinus</i>	18.766,85	46.906,06
<i>Falco tinnunculus</i>	18.766,85	395,09
<i>Felis silvestris</i>	29.466,16	938,12
<i>Fringilla teydea</i>	18.766,85	1.875,84
<i>Fulica cristata</i>	18.766,85	1.875,84
<i>Gallotia bravoana</i>	12.227,78	30.790,00
<i>Gallotia simonyi</i>	12.227,78	1.875,84
<i>Gypaetus barbatus</i>	18.766,85	140.718,22
<i>Gyps fulvus</i>	18.766,85	46.906,06
<i>Hieraaetus fasciatus</i>	18.766,85	46.906,06
<i>Iberolacerta aranica</i>	12.227,78	1.875,84
<i>Iberolacerta martinezricai</i>	12.227,78	1.875,84
<i>Lanius minor</i>	18.766,85	1.875,84
<i>Lutra lutra</i>	29.466,16	9.381,22
<i>Lynx pardinus</i>	29.466,16	140.718,22
<i>Marmaronetta angustirostris</i>	18.766,85	1.875,84
<i>Monachus monachus</i>	29.466,16	140.718,22
<i>Neophron percnopterus</i>	18.766,85	46.906,06
<i>Otis tarda</i>	18.766,85	18.762,43
Otras Aves	18.766,85	9,49
Otros Anfibios	12.227,78	76,29
Otros Mamíferos	29.466,16	14,08
Otros Peces continentales	12.227,78	13,29
Otros Reptiles	12.227,78	11,18
<i>Ovies aries</i>	29.466,16	2.345,30
<i>Pandion haliaetus</i>	18.766,85	93.812,14
<i>Phalacrocorax aristotelis</i>	18.766,85	606,06
<i>Phalacrocorax carbo</i>	18.766,85	606,06
<i>Podiceps cristatus</i>	18.766,85	586,39
<i>Puffinus mauretanicus</i>	18.766,85	1.875,84
<i>Rissa tridactyla</i>	18.766,85	586,39
<i>Strix aluco</i>	18.766,85	526,78
<i>Sus scrofa</i>	29.466,16	469,05
<i>Tadorna ferruginea</i>	18.766,85	1.875,84
<i>Turnix sylvaticus</i>	18.766,85	1.875,84

Especie	Coste fijo (€)	Coste unitario (€/individuo)
<i>Tyto alba</i>	18.766,85	500,45
<i>Uria aalge</i>	18.766,85	666,67
<i>Ursus arctos</i>	29.466,16	140.718,22

**Eficacia de la técnica:**

Técnica eficaz salvo en el caso de especies amenazadas para las cuales se considera de eficacia limitada.

**Fuentes:**

*Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición*

*North Carolina Administrative Code (NCAC).*

*Producción en granjas cinegéticas y piscifactorías para repoblación, 2006. MARM.*

*Cuadro de precios unitarios de la actividad forestal, 2004.*

*Grupo de rehabilitación de la fauna autóctona y su hábitat (GREFA).*



# **DAÑOS POR EXÓTICAS AL HÁBITAT**



## TÉCNICA DB\_E\_TH.1. ELIMINACIÓN, HERBICIDA Y REPOBLACIÓN

**Código de la técnica:** DB\_E\_TH.1

**Técnica:** Eliminación de la vegetación invasora, tratamiento con herbicida en el caso de la vegetación leñosa con objeto de evitar rebrotes o regeneración y posterior repoblación con las especies silvestres afectadas.

**Recurso objetivo:** Hábitat

**Descripción de la técnica:**

Corta y eliminación de la vegetación invasora, aplicación de herbicida sobre la vegetación leñosa, y posterior revegetación de la zona afectada.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Localización accesible de los pies o poblaciones a eliminar.

**Tiempo de recuperación:**

Tipo de vegetación		Crecimiento		
		Rápido	Medio	Lento
Arbolado	Repoblado	2	2	2
	Monte bravo	7	9	13
	Latizal	15	19	28
	Fustal	25	45	65
Matorral		5	5	5
Herbazal		1	1	1

**Coste:**

En la presente ficha se recoge el coste de aplicación de la técnica a nivel de presupuesto de ejecución por contrata desglosado en arbolado maduro (en estado latizal o fustal), matorral y arbolado joven, y herbazal.

La siguiente tabla recopila los costes de eliminación de la masa invasora, la aplicación de herbicida sobre los tocones y la repoblación con especies silvestres de árboles maduros en estado latizal o fustal. Los costes unitarios se asignan a cada combinación de pendiente media del terreno, tipo de suelo y densidad de plantación.

Pendiente (%)	Suelo	Densidad (pies/ha)	€/pie
<=30	Pedregoso	>700	<b>14,01</b>
<=30	Pedregoso	50-700	<b>12,44</b>
<=30	Pedregoso	<50	<b>21,00</b>
<=30	Transito	>700	<b>13,96</b>
<=30	Transito	50-700	<b>12,40</b>
<=30	Transito	<50	<b>18,45</b>
30-50	Pedregoso	>700	<b>20,98</b>
30-50	Pedregoso	50-700	<b>20,71</b>

Pendiente (%)	Suelo	Densidad (pies/ha)	€/pie
30-50	Pedregoso	<50	<b>23,39</b>
30-50	Transito	>700	<b>19,81</b>
30-50	Transito	50-700	<b>18,22</b>
30-50	Transito	<50	<b>20,83</b>
>50	Pedregoso	>700	<b>22,27</b>
>50	Pedregoso	50-700	<b>22,31</b>
>50	Pedregoso	<50	<b>24,61</b>
>50	Transito	>700	<b>19,97</b>
>50	Transito	50-700	<b>19,12</b>
>50	Transito	<50	<b>21,54</b>

En la tabla siguiente se recogen los costes de reposición para una masa de arbolado joven o matorral dañada por especies exóticas invasoras en función de la pendiente del terreno, la fracción de cabida cubierta la densidad de plantación y el tipo de suelo.

Pendiente (%)	FCC (%)	Densidad (pies/ha)	Suelo	€/ha
<=10	<=50	>700	Pedregoso	<b>5.688,62</b>
<=10	<=50	50-700	Pedregoso	<b>3.962,07</b>
<=10	<=50	<50	Pedregoso	<b>3.641,03</b>
<=10	50-80	>700	Pedregoso	<b>5.977,32</b>
<=10	50-80	50-700	Pedregoso	<b>4.250,77</b>
<=10	50-80	<50	Pedregoso	<b>4.449,74</b>
<=10	>80	>700	Pedregoso	<b>6.183,59</b>
<=10	>80	50-700	Pedregoso	<b>4.457,04</b>
<=10	>80	<50	Pedregoso	<b>4.955,16</b>
10-20	<=50	>700	Pedregoso	<b>5.903,50</b>
10-20	<=50	50-700	Pedregoso	<b>4.176,94</b>
10-20	<=50	<50	Pedregoso	<b>3.641,03</b>
10-20	50-80	>700	Pedregoso	<b>6.421,85</b>
10-20	50-80	50-700	Pedregoso	<b>4.695,30</b>
10-20	50-80	<50	Pedregoso	<b>4.449,74</b>
10-20	>80	>700	Pedregoso	<b>6.842,21</b>
10-20	>80	50-700	Pedregoso	<b>5.115,65</b>
10-20	>80	<50	Pedregoso	<b>4.955,16</b>
20-30	<=50	>700	Pedregoso	<b>5.945,52</b>
20-30	<=50	50-700	Pedregoso	<b>4.218,97</b>
20-30	<=50	<50	Pedregoso	<b>3.641,03</b>
20-30	50-80	>700	Pedregoso	<b>6.562,01</b>
20-30	50-80	50-700	Pedregoso	<b>4.835,45</b>
20-30	50-80	<50	Pedregoso	<b>4.449,74</b>
20-30	>80	>700	Pedregoso	<b>6.982,36</b>
20-30	>80	50-700	Pedregoso	<b>5.255,81</b>
20-30	>80	<50	Pedregoso	<b>4.955,16</b>

Pendiente (%)	FCC (%)	Densidad (pies/ha)	Suelo	€/ha
30-50	<=50	>700	Pedregoso	<b>10.322,71</b>
30-50	<=50	50-700	Pedregoso	<b>6.663,07</b>
30-50	<=50	<50	Pedregoso	<b>3.728,59</b>
30-50	50-80	>700	Pedregoso	<b>11.131,42</b>
30-50	50-80	50-700	Pedregoso	<b>7.471,78</b>
30-50	50-80	<50	Pedregoso	<b>4.537,29</b>
30-50	>80	>700	Pedregoso	<b>11.636,87</b>
30-50	>80	50-700	Pedregoso	<b>7.977,22</b>
30-50	>80	<50	Pedregoso	<b>5.042,74</b>
>50	<=50	>700	Pedregoso	<b>11.802,82</b>
>50	<=50	50-700	Pedregoso	<b>7.490,28</b>
>50	<=50	<50	Pedregoso	<b>4.947,56</b>
>50	50-80	>700	Pedregoso	<b>12.773,24</b>
>50	50-80	50-700	Pedregoso	<b>8.460,70</b>
>50	50-80	<50	Pedregoso	<b>5.554,10</b>
>50	>80	>700	Pedregoso	<b>13.379,78</b>
>50	>80	50-700	Pedregoso	<b>9.067,24</b>
>50	>80	<50	Pedregoso	<b>5.554,10</b>
<=10	<=50	>700	Transito	<b>5.650,21</b>
<=10	<=50	50-700	Transito	<b>3.946,70</b>
<=10	<=50	<50	Transito	<b>3.513,01</b>
<=10	50-80	>700	Transito	<b>5.938,92</b>
<=10	50-80	50-700	Transito	<b>4.235,41</b>
<=10	50-80	<50	Transito	<b>4.321,73</b>
<=10	>80	>700	Transito	<b>6.145,19</b>
<=10	>80	50-700	Transito	<b>4.441,68</b>
<=10	>80	<50	Transito	<b>4.827,15</b>
10-20	<=50	>700	Transito	<b>5.865,09</b>
10-20	<=50	50-700	Transito	<b>4.161,58</b>
10-20	<=50	<50	Transito	<b>3.513,01</b>
10-20	50-80	>700	Transito	<b>6.383,45</b>
10-20	50-80	50-700	Transito	<b>4.679,94</b>
10-20	50-80	<50	Transito	<b>4.321,73</b>
10-20	>80	>700	Transito	<b>6.803,80</b>
10-20	>80	50-700	Transito	<b>5.100,29</b>
10-20	>80	<50	Transito	<b>4.827,15</b>
20-30	<=50	>700	Transito	<b>5.907,11</b>
20-30	<=50	50-700	Transito	<b>4.203,60</b>
20-30	<=50	<50	Transito	<b>3.513,01</b>
20-30	50-80	>700	Transito	<b>6.523,60</b>
20-30	50-80	50-700	Transito	<b>4.820,09</b>
20-30	50-80	<50	Transito	<b>4.321,73</b>

Pendiente (%)	FCC (%)	Densidad (pies/ha)	Suelo	€/ha
20-30	>80	>700	Transito	<b>6.943,95</b>
20-30	>80	50-700	Transito	<b>5.240,44</b>
20-30	>80	<50	Transito	<b>4.827,15</b>
30-50	<=50	>700	Transito	<b>9.157,74</b>
30-50	<=50	50-700	Transito	<b>5.669,64</b>
30-50	<=50	<50	Transito	<b>3.600,56</b>
30-50	50-80	>700	Transito	<b>9.966,45</b>
30-50	50-80	50-700	Transito	<b>6.478,35</b>
30-50	50-80	<50	Transito	<b>4.409,27</b>
30-50	>80	>700	Transito	<b>10.471,89</b>
30-50	>80	50-700	Transito	<b>6.983,79</b>
30-50	>80	<50	Transito	<b>4.914,72</b>
>50	<=50	>700	Transito	<b>9.511,28</b>
>50	<=50	50-700	Transito	<b>6.215,21</b>
>50	<=50	<50	Transito	<b>4.793,94</b>
>50	50-80	>700	Transito	<b>10.481,69</b>
>50	50-80	50-700	Transito	<b>7.185,62</b>
>50	50-80	<50	Transito	<b>5.400,48</b>
>50	>80	>700	Transito	<b>11.088,24</b>
>50	>80	50-700	Transito	<b>7.792,17</b>
>50	>80	<50	Transito	<b>5.400,48</b>

Por último, el coste de reparación de los daños ocasionados a los herbazales se expresa en función de la pendiente media del terreno conforme se muestra en la siguiente tabla.

Pendiente (%)	€/ha
<=10	<b>1.044,82</b>
10-20	<b>1.259,70</b>
20-30	<b>1.273,14</b>
30-50	<b>1.273,14</b>
>50	<b>1.371,57</b>

#### Eficacia de la técnica:

Efectiva

#### Fuentes

Tarifas TRAGSA 2007.

**DAÑOS  
BIOLÓGICOS:  
VIRUS,  
BACTERIAS Y  
PROTOZOOS**



**DAÑOS POR VIRUS,  
BACTERIAS Y  
PROTOZOOS A LAS  
ESPECIES ANIMALES**



## TÉCNICA DB\_VBP\_Tean.1. CRÍA EN CAUTIVIDAD Y SUELTA DE INDIVIDUOS VACUNADOS DE REPOSICIÓN

**Código de la técnica:** DB\_VBP\_Tean.1

**Técnica:** Cría en cautividad y suelta de individuos de reposición vacunados

**Recurso objetivo:** Especies animales

**Descripción de la técnica:**

Suelta de individuos vacunados desde los centros de cría en cautividad.

**Tiempo de recuperación:**

24 meses en el caso de mamíferos y 6 meses en el caso del resto de especies.

**Coste:**

El coste de aplicación de la técnica se recoge en la siguiente tabla a nivel de presupuesto de ejecución por contrata.

Especie	Coste unitario (€/individuo)
<i>Accipiter gentilis</i>	2.766,50
<i>Accipiter nisus</i>	939,00
<i>Aegypius monachus</i>	93.813,02
<i>Ammotragus lervia</i>	2.346,18
<i>Aquila adalberti</i>	140.719,10
<i>Aquila chrysaetos</i>	93.813,02
<i>Ardea cinerea</i>	4.691,48
<i>Ardea purpurea</i>	4.692,77
<i>Asio otus</i>	659,37
<i>Athene noctua</i>	593,52
<i>Aythya nyroca</i>	1.876,73
<i>Botaurus stellaris</i>	1.876,73
<i>Bubo bubo</i>	9.382,10
<i>Bulweria bulwerii</i>	587,27
<i>Buteo buteo</i>	856,90
<i>Calandrella rufescens sbsp.poltzekii</i>	1.875,84
<i>Calandrella rufescens sbsp.rufescens</i>	1.875,84
<i>Calonectris diomedea</i>	587,27
<i>Canis lupus</i>	18.763,31
<i>Capra pyrenaica</i>	18.763,31
<i>Capreolus capreolus</i>	2.346,18
<i>Cervus elaphus</i>	2.346,18
<i>Chlamydotis undulata</i>	18.763,31
<i>Ciconia ciconia</i>	9.382,10
<i>Ciconia nigra</i>	140.719,10
<i>Circus pygargus</i>	823,95

Espece	Coste unitario (€/individuo)
<i>Dama dama</i>	2.346,18
<i>Dermochelys coriacea</i>	1.876,73
<i>Falco eleonora</i>	46.906,94
<i>Falco naumanni</i>	664,14
<i>Falco pelegrinoides</i>	46.906,94
<i>Falco peregrinus</i>	46.906,94
<i>Falco tinnunculus</i>	395,97
<i>Felis silvestris</i>	939,00
<i>Fringilla teydea</i>	1.876,73
<i>Fulica cristata</i>	1.876,73
<i>Gallotia bravoana</i>	30.790,88
<i>Gallotia simonyi</i>	1.876,73
<i>Gypaetus barbatus</i>	140.719,10
<i>Gyps fulvus</i>	46.906,94
<i>Hieraaetus fasciatus</i>	46.906,94
<i>Iberolacerta aranica</i>	1.876,73
<i>Iberolacerta martinezricai</i>	1.876,73
<i>Lanius minor</i>	1.876,73
<i>Lutra lutra</i>	9.382,10
<i>Lynx pardinus</i>	140.719,10
<i>Marmaronetta angustirostris</i>	1.876,73
<i>Monachus monachus</i>	140.718,22
<i>Neophron percnopterus</i>	46.906,94
<i>Otis tarda</i>	18.763,31
Otras Aves	10,36
Otros Anfibios	77,17
Otros Mamíferos	14,96
Otros Peces continentales	14,17
Otros Reptiles	12,06
<i>Ovies aries</i>	2.346,18
<i>Pandion haliaetus</i>	93.813,02
<i>Phalacrocorax aristotelis</i>	606,94
<i>Phalacrocorax carbo</i>	606,94
<i>Podiceps cristatus</i>	587,27
<i>Puffinus mauretanicus</i>	1.876,73
<i>Rissa tridactyla</i>	587,27
<i>Strix aluco</i>	527,66
<i>Sus scrofa</i>	469,94
<i>Tadorna ferruginea</i>	1.876,73
<i>Turnix sylvaticus</i>	1.876,73
<i>Tyto alba</i>	501,33
<i>Uria aalge</i>	667,55
<i>Ursus arctos</i>	140.719,10

**Eficacia de la técnica:**

Técnica eficaz salvo en el caso de especies amenazadas para las cuales se considera de eficacia limitada.

**Fuentes:**

*Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición*

*North Carolina Administrative Code (NCAC).*

*Producción en granjas cinegéticas y piscifactorías para repoblación, 2006. MARM.*

*Cuadro de precios unitarios de la actividad forestal, 2004.*

*Grupo de rehabilitación de la fauna autóctona y su hábitat (GREFA).*



**DAÑOS  
BIOLÓGICOS:  
HONGOS E  
INSECTOS**



# **DAÑOS POR HONGOS E INSECTOS A LAS ESPECIES VEGETALES**



## TÉCNICA DB\_HI\_TEVEG.1. ELIMINACIÓN Y PLANTACIÓN

**Código de la técnica:** DB\_HI\_TEveg.1

**Técnica:** Eliminación de la vegetación afectada y plantación de flora silvestre amenazada.

**Recurso objetivo:** Especies vegetales amenazadas.

**Descripción de la técnica:**

Eliminación de la vegetación y repoblación de la flora perdida por la afección del daño. La técnica se refiere a la vegetación herbácea y al matorral ya que las especies arbóreas se consideran de forma individualizada dentro de los daños al hábitat.

**Tiempo de recuperación:**

- 1 año para la repoblación con herbáceas.
- 5 años para la repoblación con matorral.

**Coste:**

Los datos de costes se recogen en la siguiente tabla a nivel de presupuesto de ejecución por contrata.

Técnica	Coste (€/ha)
Retirada y plantación de herbáceas amenazadas	10.642,44
Retirada y plantación de matorral amenazado	14.800,02

**Eficacia de la técnica**

Limitada.

**Fuentes**

*Tarifas TRAGSA 2007.*

Consejería de Agricultura y Agua. Región de Murcia. *Ejemplos de proyectos basados en la protección de los ecosistemas. 2010.*



# **DAÑOS POR HONGOS E INSECTOS AL HÁBITAT**



## TÉCNICA DB\_HI\_TH.1. ELIMINACIÓN, TRATAMIENTO CON FUNGICIDAS O INSECTICIDAS Y REPOBLACIÓN

**Código de la técnica:** DB\_HI\_TH.1

**Técnica:** Eliminación de la vegetación dañada, tratamiento con fungicidas o insecticidas y posterior repoblación con las especies silvestres afectadas.

**Recurso objetivo:** Hábitat

**Descripción de la técnica:**

Corta y eliminación de la vegetación dañada, aplicación de fungicida o insecticida en la zona y posterior revegetación.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Localización accesible de los pies o poblaciones a tratar.

**Tiempo de recuperación:**

Tipo de vegetación		Crecimiento		
		Rápido	Medio	Lento
Arbolado	Repoblado	2	2	2
	Monte bravo	7	9	13
	Latizal	15	19	28
	Fustal	25	45	65
Matorral		5	5	5
Herbazal		1	1	1

**Coste:**

En la presente ficha se recoge el coste de aplicación de la técnica a nivel de presupuesto de ejecución por contrata desglosado en arbolado maduro (en estado latizal o fustal), matorral y arbolado joven, y herbazal.

La siguiente tabla recopila los costes de eliminación de la masa afectada, la aplicación de un tratamiento sanitario y la repoblación con especies silvestres de árboles maduros en estado latizal o fustal. Los costes unitarios se asignan a cada combinación de pendiente media del terreno, tipo de suelo y densidad de plantación.

Pendiente (%)	Suelo	Densidad (pies/ha)	€/pie
<=30	Pedregoso	>700	<b>14,01</b>
<=30	Pedregoso	50-700	<b>12,44</b>
<=30	Pedregoso	<50	<b>21,00</b>
<=30	Transito	>700	<b>13,96</b>
<=30	Transito	50-700	<b>12,40</b>
<=30	Transito	<50	<b>18,45</b>
30-50	Pedregoso	>700	<b>20,98</b>
30-50	Pedregoso	50-700	<b>20,71</b>

Pendiente (%)	Suelo	Densidad (pies/ha)	€/pie
30-50	Pedregoso	<50	<b>23,39</b>
30-50	Transito	>700	<b>19,81</b>
30-50	Transito	50-700	<b>18,22</b>
30-50	Transito	<50	<b>20,83</b>
>50	Pedregoso	>700	<b>22,27</b>
>50	Pedregoso	50-700	<b>22,31</b>
>50	Pedregoso	<50	<b>24,61</b>
>50	Transito	>700	<b>19,97</b>
>50	Transito	50-700	<b>19,12</b>
>50	Transito	<50	<b>21,54</b>

En la tabla siguiente se recogen los costes de reposición para una masa de arbolado joven o matorral dañada por hongos o insectos en función de la pendiente del terreno, la fracción de cabida cubierta la densidad de plantación y el tipo de suelo.

Pendiente (%)	FCC (%)	Densidad (pies/ha)	Suelo	€/ha
<=10	<=50	>700	Pedregoso	<b>5.688,62</b>
<=10	<=50	50-700	Pedregoso	<b>3.962,07</b>
<=10	<=50	<50	Pedregoso	<b>3.641,03</b>
<=10	50-80	>700	Pedregoso	<b>5.977,32</b>
<=10	50-80	50-700	Pedregoso	<b>4.250,77</b>
<=10	50-80	<50	Pedregoso	<b>4.449,74</b>
<=10	>80	>700	Pedregoso	<b>6.183,59</b>
<=10	>80	50-700	Pedregoso	<b>4.457,04</b>
<=10	>80	<50	Pedregoso	<b>4.955,16</b>
10-20	<=50	>700	Pedregoso	<b>5.903,50</b>
10-20	<=50	50-700	Pedregoso	<b>4.176,94</b>
10-20	<=50	<50	Pedregoso	<b>3.641,03</b>
10-20	50-80	>700	Pedregoso	<b>6.421,85</b>
10-20	50-80	50-700	Pedregoso	<b>4.695,30</b>
10-20	50-80	<50	Pedregoso	<b>4.449,74</b>
10-20	>80	>700	Pedregoso	<b>6.842,21</b>
10-20	>80	50-700	Pedregoso	<b>5.115,65</b>
10-20	>80	<50	Pedregoso	<b>4.955,16</b>
20-30	<=50	>700	Pedregoso	<b>5.945,52</b>
20-30	<=50	50-700	Pedregoso	<b>4.218,97</b>
20-30	<=50	<50	Pedregoso	<b>3.641,03</b>
20-30	50-80	>700	Pedregoso	<b>6.562,01</b>
20-30	50-80	50-700	Pedregoso	<b>4.835,45</b>
20-30	50-80	<50	Pedregoso	<b>4.449,74</b>
20-30	>80	>700	Pedregoso	<b>6.982,36</b>
20-30	>80	50-700	Pedregoso	<b>5.255,81</b>

Pendiente (%)	FCC (%)	Densidad (pies/ha)	Suelo	€/ha
20-30	>80	<50	Pedregoso	<b>4.955,16</b>
30-50	<=50	>700	Pedregoso	<b>10.322,71</b>
30-50	<=50	50-700	Pedregoso	<b>6.663,07</b>
30-50	<=50	<50	Pedregoso	<b>3.728,59</b>
30-50	50-80	>700	Pedregoso	<b>11.131,42</b>
30-50	50-80	50-700	Pedregoso	<b>7.471,78</b>
30-50	50-80	<50	Pedregoso	<b>4.537,29</b>
30-50	>80	>700	Pedregoso	<b>11.636,87</b>
30-50	>80	50-700	Pedregoso	<b>7.977,22</b>
30-50	>80	<50	Pedregoso	<b>5.042,74</b>
>50	<=50	>700	Pedregoso	<b>11.802,82</b>
>50	<=50	50-700	Pedregoso	<b>7.490,28</b>
>50	<=50	<50	Pedregoso	<b>4.947,56</b>
>50	50-80	>700	Pedregoso	<b>12.773,24</b>
>50	50-80	50-700	Pedregoso	<b>8.460,70</b>
>50	50-80	<50	Pedregoso	<b>5.554,10</b>
>50	>80	>700	Pedregoso	<b>13.379,78</b>
>50	>80	50-700	Pedregoso	<b>9.067,24</b>
>50	>80	<50	Pedregoso	<b>5.554,10</b>
<=10	<=50	>700	Transito	<b>5.650,21</b>
<=10	<=50	50-700	Transito	<b>3.946,70</b>
<=10	<=50	<50	Transito	<b>3.513,01</b>
<=10	50-80	>700	Transito	<b>5.938,92</b>
<=10	50-80	50-700	Transito	<b>4.235,41</b>
<=10	50-80	<50	Transito	<b>4.321,73</b>
<=10	>80	>700	Transito	<b>6.145,19</b>
<=10	>80	50-700	Transito	<b>4.441,68</b>
<=10	>80	<50	Transito	<b>4.827,15</b>
10-20	<=50	>700	Transito	<b>5.865,09</b>
10-20	<=50	50-700	Transito	<b>4.161,58</b>
10-20	<=50	<50	Transito	<b>3.513,01</b>
10-20	50-80	>700	Transito	<b>6.383,45</b>
10-20	50-80	50-700	Transito	<b>4.679,94</b>
10-20	50-80	<50	Transito	<b>4.321,73</b>
10-20	>80	>700	Transito	<b>6.803,80</b>
10-20	>80	50-700	Transito	<b>5.100,29</b>
10-20	>80	<50	Transito	<b>4.827,15</b>
20-30	<=50	>700	Transito	<b>5.907,11</b>
20-30	<=50	50-700	Transito	<b>4.203,60</b>
20-30	<=50	<50	Transito	<b>3.513,01</b>
20-30	50-80	>700	Transito	<b>6.523,60</b>
20-30	50-80	50-700	Transito	<b>4.820,09</b>

Pendiente (%)	FCC (%)	Densidad (pies/ha)	Suelo	€/ha
20-30	50-80	<50	Transito	<b>4.321,73</b>
20-30	>80	>700	Transito	<b>6.943,95</b>
20-30	>80	50-700	Transito	<b>5.240,44</b>
20-30	>80	<50	Transito	<b>4.827,15</b>
30-50	<=50	>700	Transito	<b>9.157,74</b>
30-50	<=50	50-700	Transito	<b>5.669,64</b>
30-50	<=50	<50	Transito	<b>3.600,56</b>
30-50	50-80	>700	Transito	<b>9.966,45</b>
30-50	50-80	50-700	Transito	<b>6.478,35</b>
30-50	50-80	<50	Transito	<b>4.409,27</b>
30-50	>80	>700	Transito	<b>10.471,89</b>
30-50	>80	50-700	Transito	<b>6.983,79</b>
30-50	>80	<50	Transito	<b>4.914,72</b>
>50	<=50	>700	Transito	<b>9.511,28</b>
>50	<=50	50-700	Transito	<b>6.215,21</b>
>50	<=50	<50	Transito	<b>4.793,94</b>
>50	50-80	>700	Transito	<b>10.481,69</b>
>50	50-80	50-700	Transito	<b>7.185,62</b>
>50	50-80	<50	Transito	<b>5.400,48</b>
>50	>80	>700	Transito	<b>11.088,24</b>
>50	>80	50-700	Transito	<b>7.792,17</b>
>50	>80	<50	Transito	<b>5.400,48</b>

Por último, el coste de reparación de los daños ocasionados a los herbazales se expresa en función de la pendiente media del terreno conforme se muestra en la siguiente tabla, considerando tanto la eliminación del herbazal como el tratamiento sanitario de la zona y la reintroducción de una nueva masa de herbáceas.

Pendiente (%)	€/ha
<=10	<b>1.526,08</b>
10-20	<b>1.740,96</b>
20-30	<b>1.754,40</b>
30-50	<b>1.754,40</b>
>50	<b>1.852,84</b>

#### Eficacia de la técnica:

Efectiva

#### Fuentes

Tarifas TRAGSA 2007.

**DAÑOS  
BIOLÓGICOS:  
O.M.G.**



**DAÑOS POR O.M.G. A  
LAS ESPECIES  
VEGETALES**



## TÉCNICA DB\_OMG\_TEVEG.1. ELIMINACIÓN Y PLANTACIÓN

---

**Código de la técnica:** DB\_OMG\_TEveg.1

**Técnica:** Eliminación de los organismos modificados genéticamente y, en su lugar, plantación de flora silvestre catalogada como amenazada.

**Recurso objetivo:** Especies vegetales

**Descripción de la técnica:**

Corta y eliminación de los organismos modificados genéticamente y posterior revegetación de la zona afectada con especies catalogadas como amenazadas. La presente técnica se dirige a la recuperación de matorrales y herbazales ya que las especies arbóreas se tratan a nivel específico dentro del recurso hábitat.

**Tiempo de recuperación:**

- 1 año para la repoblación con herbáceas.
- 5 años para la repoblación con matorral.

**Coste:**

Los costes de ejecución de la técnica se recogen de forma desglosada para las especies de herbáceas y de matorral en la ficha correspondiente a los daños causados por agentes químicos a las especies vegetales DQ\_TEveg.1

**Eficacia de la técnica:**

Efectiva

**Fuentes:**

*Tarifas TRAGSA 2007.*

Consejería de Agricultura y Agua. Región de Murcia. *Ejemplos de proyectos basados en la protección de los ecosistemas. 2010.*



**DAÑOS POR O.M.G. A  
LAS ESPECIES  
ANIMALES**



## **TÉCNICA DB\_OMG\_TEAN.1. CAPTURA DE LOS ORGANISMOS MODIFICADOS GENÉTICAMENTE Y SUELTA DE INDIVIDUOS DE CRÍA EN CAUTIVIDAD**

---

**Código de la técnica:** DB\_OMG\_Tean.1

**Técnica:** Captura de los organismos modificados genéticamente mediante equipos de seguimiento y control de poblaciones y suelta de individuos de especies silvestres criados en cautividad.

**Recurso objetivo:** Especies animales

**Descripción de la técnica:**

La técnica presenta dos componentes diferenciados. Por un lado, se considera la actuación de un equipo móvil básico de control y captura de los organismos modificados genéticamente. Por otro lado, se incluye la introducción en el medio de especies silvestres criadas en cautividad.

**Tiempo de recuperación:** El tiempo de recuperación se ha estimado en 24 meses para los mamíferos y 6 meses para el resto de especies animales.

**Coste:**

El coste de aplicación de la presente técnica coincide con los recogidos en la ficha DB\_E\_TEAN.1, correspondiente a la captura de especies exóticas invasoras y suelta de individuos de cría en cautividad. Debe recordarse que esta tabla de costes presenta tanto un factor fijo como un factor variable dependiente de la cantidad dañada.

**Eficacia de la técnica:**

Técnica eficaz salvo en el caso de especies amenazadas para las cuales se considera de eficacia limitada.

**Fuentes:**

*Grupo de trabajo para el cálculo del valor de reposición*

*North Carolina Administrative Code (NCAC).*

*Producción en granjas cinegéticas y piscifactorías para repoblación, 2006. MARM.*

*Cuadro de precios unitarios de la actividad forestal, 2004.*

*Grupo de rehabilitación de la fauna autóctona y su hábitat (GREFA).*



# **DAÑOS POR O.M.G. AL HÁBITAT**



## TÉCNICA DB\_OMG\_TH.1. ELIMINACIÓN, HERBICIDA Y PLANTACIÓN

**Código de la técnica:** DB\_OMG\_TH.1

**Técnica:** Eliminación de los organismos modificados genéticamente, tratamiento con herbicida en el caso de la vegetación leñosa con objeto de evitar rebrotes o regeneración y posterior repoblación con las especies silvestres afectadas.

**Recurso objetivo:** Hábitat

**Descripción de la técnica:**

Corta y eliminación de los organismos modificados genéticamente, aplicación de herbicida sobre la vegetación leñosa, y posterior revegetación de la zona afectada.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Localización accesible de los pies o poblaciones a eliminar.

**Tiempo de recuperación:**

Tipo de vegetación		Crecimiento		
		Rápido	Medio	Lento
Arbolado	Repoblado	2	2	2
	Monte bravo	7	9	13
	Latizal	15	19	28
	Fustal	25	45	65
Matorral		5	5	5
Herbazal		1	1	1

**Coste:**

Los costes de la presente técnica coinciden con los recogidos en la ficha DB\_E\_TH.1, correspondiente a los daños causados al hábitat por las especies exóticas invasoras.

**Eficacia de la técnica:**

Efectiva

**Fuentes**

*Tarifas TRAGSA 2007.*



# **TÉCNICAS AUXILIARES**



# **CONSTRUCCIÓN DE VÍAS DE ACCESO**



## CONSTRUCCIÓN DE CAMINO DE ACCESO

---

**Código de la técnica:** Aux.1

**Técnica:** Construcción de un camino de acceso a la zona a reparar.

**Descripción de la técnica:**

Esta técnica consiste en la construcción de un camino que dé acceso a la zona a reparar siempre que éste sea necesario para abordar la reparación de los daños medioambientales.

**Parámetros que condicionan su aplicación:** Accesibilidad a la zona a reparar a través de terrenos cuya pendiente media no supere el 20%.

**Coste:**

El coste promedio de construcción de un camino de acceso se ha estimado en 16,09 €/m, expresado a nivel de presupuesto de ejecución por contrata.

**Eficacia de la técnica:**

Efectiva

**Fuentes**

*Tarifas TRAGSA 2007.*



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA

SECRETARÍA DE ESTADO  
DE MEDIO AMBIENTE

DIRECCIÓN GENERAL DE BIODIVERSIDAD Y  
CALIDAD AMBIENTAL

**COMISIÓN TÉCNICA DE PREVENCIÓN Y REPARACIÓN DE DAÑOS MEDIOAMBIENTALES**