



MINISTERIO  
DE AGRICULTURA Y PESCA,  
ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE ESTADO  
DE MEDIO AMBIENTE

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD  
Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

# MIRAT

**Sector: Actividades de transporte de  
mercancías por carretera**

COMISIÓN TÉCNICA DE PREVENCIÓN Y REPARACIÓN DE DAÑOS  
MEDIOAMBIENTALES



## Índice

<b>I. OBJETO Y ALCANCE .....</b>	<b>1</b>
<b>II. EQUIPO RESPONSABLE DEL ESTUDIO .....</b>	<b>1</b>
<b>III. JUSTIFICACIÓN DEL INSTRUMENTO SECTORIAL SELECCIONADO.....</b>	<b>2</b>
<b>IV. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD.....</b>	<b>4</b>
IV.1. Descripción de las instalaciones y actividades.....	4
IV.1.1. Transporte de mercancías a granel.....	4
IV.1.2. Transporte de mercancía envasada .....	6
IV.2. Descripción del perfil ambiental del sector .....	7
<b>V. DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO TERRITORIAL DEL SECTOR .....</b>	<b>9</b>
V.1. Identificación de fuentes de información útiles.....	15
V.1.1. Fuentes de información para el recurso natural agua .....	15
V.1.2. Fuentes de información para el recurso natural suelo .....	16
V.1.3. Fuentes de información para el recurso natural hábitats .....	16
V.1.4. Fuentes de información para el recurso natural especies silvestres.....	17
V.2. Orientaciones prácticas a seguir para describir el contexto territorial en los análisis de riesgos particulares .....	18
<b>VI. BREVE IDENTIFICACIÓN DE LAS PRINCIPALES DISPOSICIONES LEGALES .....</b>	<b>20</b>
<b>VII. METODOLOGÍA SEGUIDA PARA EL ANÁLISIS DE RIESGOS .....</b>	<b>24</b>
<b>VIII.IDENTIFICACIÓN DE LOS ESCENARIOS ACCIDENTALES RELEVANTES DEL SECTOR. SECCIÓN: ELEMENTOS ESTÁTICOS .....</b>	<b>27</b>
VIII.1.Fuentes de peligro .....	27
VIII.2.Causas de peligro y Sucesos iniciadores .....	30
VIII.3.Identificación de escenarios accidentales .....	33
VIII.4.Protocolos para la asignación de probabilidades .....	35
VIII.4.1. Asignación de probabilidades a los sucesos iniciadores .....	35
VIII.4.2. Asignación de probabilidades a los escenarios accidentales .....	40
VIII.5.Protocolos para el cálculo de la cantidad de agente causante del daño .....	42
VIII.5.1. Cantidad de agente causante del daño asociada a los sucesos iniciadores.....	42

VIII.5.2. Cantidad de agente causante del daño asociada a los escenarios accidentales.....	53
<b>IX. IDENTIFICACIÓN DE LOS ESCENARIOS ACCIDENTALES RELEVANTES DEL SECTOR. SECCIÓN: ELEMENTOS MÓVILES .....</b>	<b>56</b>
IX.1. Fuentes de peligro .....	57
IX.1.1. Información de base para una caracterización preliminar de la actividad del operador ...	59
IX.1.2. Procedimiento para la selección de itinerarios relevantes del conjunto de actividad del operador .....	61
IX.2. Causas de peligro y Sucesos iniciadores .....	72
IX.3. Identificación de escenarios accidentales .....	73
IX.4. Protocolos para la asignación de probabilidades .....	80
IX.4.1. Asignación de probabilidades a los sucesos iniciadores.....	81
IX.4.2. Asignación de probabilidades a los escenarios accidentales.....	92
IX.5. Protocolos para el cálculo de la cantidad de agente causante del daño .....	104
IX.5.1. Cantidad de agente causante del daño asociada a los sucesos iniciadores .....	105
IX.5.2. Cantidad de agente causante del daño asociada a los escenarios accidentales .....	111
<b>X. PROTOCOLOS PARA CUANTIFICAR Y EVALUAR LA SIGNIFICATIVIDAD DE LOS ESCENARIOS ACCIDENTALES. SECCIÓN: ELEMENTOS ESTÁTICOS .....</b>	<b>113</b>
X.1. Estimación de la gravedad de las consecuencias medioambientales mediante el índice de Daño Medioambiental .....	113
X.1.1. Pautas para la selección de la combinación agente causante de daño-recurso natural afectado .....	115
X.1.2. Pautas para la estimación del coeficiente Ecf .....	117
X.1.3. Pautas para la estimación del coeficiente A .....	117
X.1.4. Pautas para la estimación del coeficiente Ecu .....	118
X.1.5. Pautas para la estimación del coeficiente B .....	118
X.1.6. Pautas para la estimación del coeficiente $\alpha$ .....	120
X.1.7. Pautas para la estimación del coeficiente Ec .....	120
X.1.8. Pautas para la estimación del coeficiente p .....	120
X.1.9. Pautas para la estimación del coeficiente Macc.....	121
X.1.10. Pautas para la estimación del coeficiente q .....	121

X.1.11. Pautas para la estimación del coeficiente C .....	121
X.1.12. Pautas para la estimación del coeficiente Ecr .....	121
X.1.13. Pautas para la estimación del coeficiente Ecc .....	121
X.1.14. Pautas para la estimación del coeficiente $\beta$ .....	121
X.1.15. Pautas para la estimación del coeficiente Eca .....	122
X.1.16. Pautas para la estimación de varias combinaciones agente-recurso .....	122
X.2. Selección del escenario de referencia para el cálculo de la garantía financiera .....	122
X.3. Definición de protocolos para cuantificar el daño referente a cada tipología de escenario y evaluar, por parte de cada operador su significatividad.....	125
X.3.1. Extensión de los daños.....	126
X.3.2. Intensidad de los daños .....	133
X.3.3. Escala temporal del daño .....	137
X.3.4. Significatividad del daño .....	138
<b>XI. PROTOCOLOS PARA CUANTIFICAR Y EVALUAR LA SIGNIFICATIVIDAD DE LOS ESCENARIOS ACCIDENTALES. SECCIÓN: ELEMENTOS MÓVILES.....</b>	<b>139</b>
XI.1. Estimación de la gravedad de las consecuencias medioambientales mediante el Índice de Daño Medioambiental .....	139
XI.1.1. Pautas para la selección de la combinación agente causante del daño-recurso natural afectado .....	142
XI.1.2. Pautas para la identificación de los modificadores a aplicar para cada combinación agente causante del daño-recurso natural afectado.....	145
XI.1.3. Pautas para la identificación de los parámetros del IDM asociados al agente causante del daño .....	152
XI.1.4. Pautas para la identificación de los parámetros del IDM asociados a otras características del escenario accidental.....	154
XI.2. Selección del escenario de referencia para el cálculo de la garantía financiera .....	154
XI.3. Definición de protocolos para cuantificar el daño referente a cada tipología de escenario y evaluar, por parte del operador, su significatividad.....	156
<b>XII. CÁLCULO DE LA GARANTÍA FINANCIERA POR RESPONSABILIDAD MEDIOAMBIENTAL ....</b>	<b>158</b>
<b>XIII. ORIENTACIONES PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO MEDIOAMBIENTAL .....</b>	<b>161</b>

<b>XIV.PUNTOSCRÍTICOS.....</b>	<b>163</b>
<b>XV. PLAN DE REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN .....</b>	<b>165</b>
<b>XVI. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>167</b>

## **Anejos**

### **Anejos correspondientes a la sección elementos estáticos**

ANEJO E.I. Elementos del modelo

ANEJO E.II. Árboles de sucesos

ANEJO E.III. Probabilidad de ocurrencia genérica de los sucesos iniciadores

ANEJO E.IV. Preguntas del SQAS seleccionadas para matizar la probabilidad genérica de los sucesos iniciadores

ANEJO E.V. Probabilidad de fallo genérica de los factores condicionantes

ANEJO E.VI. Preguntas del SQAS seleccionadas para matizar la probabilidad genérica de los factores condicionantes y su capacidad de contención

### **Anejos correspondientes a la sección elementos móviles**

ANEJO M.I. Elementos del modelo

ANEJO M.II. Árboles de sucesos

ANEJO M.III. Nivel de cobertura de la red de carreteras de España alcanzado para el análisis de la accidentabilidad del transporte de mercancías peligrosas por carretera

ANEJO M.IV. Probabilidades de accidente específicas de 113 tramos de carreteras españolas

ANEJO M.V. Preguntas del SQAS seleccionadas para matizar la probabilidad genérica de los sucesos iniciadores

ANEJO M.VI. Fuentes cartográficas empleadas para el cálculo de la probabilidad de afección a los distintos recursos naturales

ANEJO M.VII. Guía de la aplicación para la estimación de la probabilidad de afección a los distintos recursos naturales

ANEJO M.VIII. Preguntas del SQAS seleccionadas para matizar la probabilidad genérica de los factores condicionantes y su capacidad de contención

## **Apéndice**

Ejercicio práctico





***Este documento forma parte de los trabajos realizados por la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, con el fin de apoyar a los distintos sectores industriales en la elaboración de sus análisis de riesgos sectoriales.***

***La metodología expuesta se ha desarrollado para determinadas actividades de transporte de mercancías por carretera. Por ello, para el resto de actividades y sectores industriales, se debe entender como una orientación y, en ningún caso, debe asumirse que implica obligación alguna de que sea adoptada por los diferentes sectores profesionales sujetos al régimen de responsabilidad medioambiental.***

***Las características especiales de las actividades de transporte de mercancías por carretera, concretamente la existencia de una parte móvil, confiere a los análisis de riesgos medioambientales de estas actividades una peculiaridad que no está presente en aquellas actividades que se desarrollan únicamente con una ubicación fija. Esta particularidad es especialmente relevante en la definición del entorno en el que se desarrolla el transporte de mercancías por carretera, elemento fundamental a la hora de cuantificar y monetizar el posible daño medioambiental, dentro del procedimiento de determinación de la cuantía de la garantía financiera previsto en el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de responsabilidad medioambiental.***

***Para atender a estas especiales circunstancias de las actividades de transporte de mercancías por carretera, dentro de este Modelo de Informe de Riesgos Ambientales Tipo (MIRAT), se ha desarrollado una metodología para la parte móvil de las mismas que, respetando el procedimiento establecido en el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, permita hacer operativa la realización de los análisis de riesgos medioambientales individuales a los operadores que desarrollen estas actividades.***



## I. OBJETO Y ALCANCE

El presente análisis de riesgos medioambiental sectorial se ha elaborado en el marco de la colaboración establecida entre el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) y la Confederación Española de Organizaciones Empresariales (CEOE). Esta herramienta se dirige a la actividad del transporte de mercancías no radiactivas por carretera, incluyendo los procesos y tareas auxiliares que pueden acompañar con mayor frecuencia a dicha actividad principal. En concreto, en el presente análisis de riesgos se consideran expresamente las siguientes actividades:

- Transporte de mercancías por carretera
- Carga y descarga de mercancías
- Almacenamiento de mercancías

En todo caso, el análisis se ha realizado para la fase de explotación de las diferentes instalaciones y equipos, no cubriendo por lo tanto el diseño o la construcción de las mismas. Asimismo, se han excluido del presente estudio sectorial los elementos (fuentes de peligro, factores condicionantes, etc.) que no se han considerado representativos del conjunto del sector, de tal forma que los operadores individuales que dispongan de elementos diferentes de los que se indican de forma expresa en el presente documento deberán evaluar sus correspondientes riesgos a través de la introducción de escenarios singulares, según se prevé en el documento “Estructura y contenidos generales de los instrumentos sectoriales para el análisis del riesgo medioambiental” —elaborado en el seno de la Comisión Técnica de Prevención y Reparación de Daños Medioambientales (CTPRDM, 2011<sup>1</sup>, actualizado en 2015 para adaptarlo a las modificaciones orientadas, entre otros fines, a simplificar el procedimiento de determinación de la garantía financiera obligatoria, introducidas por el Real Decreto 183/2015, de 13 de marzo, por el que se modifica el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de responsabilidad medioambiental, aprobado por el Real Decreto 2090/2008, de 22 de diciembre<sup>2</sup>)—.

## II. EQUIPO RESPONSABLE DEL ESTUDIO

Este trabajo se ha desarrollado por el Grupo de Valoración Ambiental de la Gerencia de Desarrollo Rural y Política Forestal de Tragsatec S.A., en colaboración con los técnicos y operadores económicos de la Confederación Española de Transporte de Mercancías (CETM), la Asociación Empresarial Española de Carga Fraccionada (AECAF) y la Asociación del Transporte Internacional por Carretera (ASTIC).

---

<sup>1</sup>[http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/responsabilidad-mediambiental/Estructura\\_y\\_contenidos\\_ARS\\_tcm7-164249.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/responsabilidad-mediambiental/Estructura_y_contenidos_ARS_tcm7-164249.pdf)

<sup>2</sup>[http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/responsabilidad-mediambiental/estructuraycontenidosars\\_010715\\_tcm7-390250.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/responsabilidad-mediambiental/estructuraycontenidosars_010715_tcm7-390250.pdf)

En concreto, el desarrollo de los trabajos ha contado con la participación de perfiles profesionales de ingenieros o licenciados con más de 8 años de experiencia profesional. En la siguiente tabla se detalla la composición del equipo consultor:

<b>Cargo</b>	<b>Formación académica</b>	<b>Experiencia profesional</b>
Jefa de grupo	Licenciada en Biología	14
Responsable de proyecto	Ingeniero de Montes	9
Técnico de proyecto	Licenciado en Ciencias Ambientales	13
Técnico de proyecto	Ingeniera de Montes	11
Técnico de proyecto	Licenciada en Ciencias Ambientales	8

**Tabla 1.** Equipo responsable del estudio. Fuente: Elaboración propia.

### III. JUSTIFICACIÓN DEL INSTRUMENTO SECTORIAL SELECCIONADO

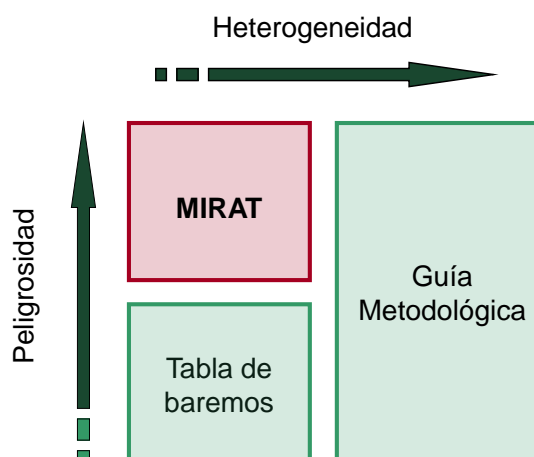
La normativa de responsabilidad medioambiental permite a los sectores la elaboración de tres tipos diferentes de instrumentos para el análisis de su riesgo medioambiental: Modelos de Informe de Riesgos Ambientales Tipo (MIRAT), Tablas de Baremos (TB) y Guías Metodológicas (GM) siendo el sector el responsable de seleccionar, de forma justificada, el instrumento que considere más adecuado atendiendo a sus características. No obstante, dicha selección es objeto de una revisión posterior por parte de la CTPRDM en el momento en que el sector presenta su análisis ante la misma, pudiendo proponer o exigir las modificaciones que considere necesarias.

Los criterios para la selección de uno u otro tipo de análisis de riesgos sectorial aparecen recogidos en CTPRDM (2011). En concreto, la decisión debe fundamentarse en dos aspectos: la peligrosidad medioambiental del sector y su heterogeneidad.

Atendiendo a la peligrosidad potencial del sector, las TB se reservan para los sectores que, al menos a priori, representan un bajo riesgo para el medioambiente en caso de que se produjera un hipotético accidente. Mientras que los MIRAT y las GM se pueden dirigir a cualquier sector independientemente de su nivel relativo de peligrosidad. En el caso del sector objeto de estudio se ha asumido un nivel de riesgo preliminar significativo ya que un posible accidente durante el transporte podría causar daños sobre una amplia variedad de recursos (suelo, agua, especies, hábitats, etc.) en función del lugar donde éste ocurriera.

Por otra parte, en cuanto a la heterogeneidad del sector, los MIRAT se dirigen a los sectores que se consideren relativamente homogéneos atendiendo a su riesgo medioambiental, y las GM a aquellos que sean más heterogéneos. En este sentido, el sector analizado puede considerarse suficientemente homogéneo como para plantear la elaboración de un MIRAT ya que sus operaciones son relativamente similares —consistiendo básicamente en el transporte de la mercancía, su almacenamiento (si procede) y su carga y descarga—. Asimismo, el conjunto del sector comparte la misma problemática a la hora de determinar las posibles consecuencias medioambientales que

tendría un accidente. Esto es, la principal peculiaridad de este sector en el ámbito de los análisis de riesgos medioambientales es que el mismo transporta los agentes causantes del daño entre diferentes puntos del territorio o, lo que es lo mismo, los agentes en lugar de ser estáticos como ocurre en otros sectores, se mueven a lo largo de vías de comunicación, resultando más complejo establecer los protocolos a seguir para la evaluación del riesgo. Como se ha indicado, esta mayor dificultad o complejidad es común para todos los operadores a los que se dirige el análisis de riesgos. Los argumentos anteriores justifican que el presente análisis de riesgos medioambiental sectorial se haya concretado en un Modelo de Informe de Riesgos Ambientales Tipo (MIRAT).



**Figura 1.** Criterios para la selección de los análisis de riesgos medioambientales sectoriales. Fuente: Elaboración propia a partir de (CTPRDM, 2011).

El MIRAT es un instrumento para el análisis de riesgos sectorial y, por lo tanto, no estudia a ningún operador concreto. Esto es, se trata de una herramienta cuya finalidad es caracterizar el conjunto del sector y ofrecer pautas y contenidos útiles para que los operadores puedan elaborar sus análisis de riesgos medioambientales individuales. Estos análisis individuales son los que aportarán la información específica sobre el comportamiento de cada operador en lo que respecta al ámbito de aplicación de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental (LRM).

Por lo tanto, una vez concluido, el MIRAT debe ser necesariamente adaptado por cada operador a las circunstancias concretas de su actividad. Para ello, siempre de forma justificada, éste puede suprimir elementos que se hayan considerado relevantes a nivel sectorial —pero que o bien no existan o bien no sean relevantes en su caso concreto—; así mismo, puede añadir nuevos elementos no considerados a nivel sectorial. En este último caso se preverían a nivel individual unos nuevos escenarios accidentales, diferentes a los identificados sectorialmente, denominados “escenarios singulares”. En todo caso, la metodología desarrollada en el MIRAT para la identificación y caracterización de los escenarios relevantes a nivel sectorial podría ser tomada como guía por aquellos operadores que deban incorporar escenarios singulares en sus análisis individuales.

## IV. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

### IV.1. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES Y ACTIVIDADES

La totalidad de los operadores del sector tienen en común el transporte de mercancías por carretera utilizando diferentes tipos de vehículos.

Los operadores pueden dividirse en dos categorías atendiendo a la forma como se transporta la mercancía: transporte de mercancías a granel y transporte de mercancía envasada. A continuación se describe cada una de dichas categorías, si bien debe indicarse que en el presente MIRAT ambos tipos de operadores se han tratado de forma conjunta —según se describe en los epígrafes siguientes— dada la elevada similitud de sus actividades y de sus riesgos medioambientales.

#### IV.1.1. Transporte de mercancías a granel

Los tipos de sustancias transportadas a granel en el ámbito del presente sector son los siguientes:

- Combustibles.
- Gases.
- Sustancias químicas.
- Productos alimenticios.
- Residuos.
- Mercancías pulverulentas.

El transporte se realiza utilizando una amplia gama de vehículos diferentes que, incluso en algunos casos, llegan a prepararse específicamente para clientes concretos. No obstante, pueden destacarse dos grupos de medios de transporte en el ámbito del sector:

- a) Camiones con cisterna y remolques cisterna. Se trata de unidades de transporte que pueden estar divididas o no en varios compartimentos. Esta compartimentación permite transportar en un mismo trayecto diferentes sustancias en caso de que así se requiera.
- b) Camiones para el transporte de contenedores. Los contenedores cisterna se encuentran preparados para el transporte por carretera y su posterior traslado a otro medio de transporte, en este caso marítimo o ferroviario. De nuevo, estos contenedores pueden estar compartimentados o no.

La actividad de los operadores se puede resumir esquemáticamente en la realización de las siguientes tareas:

- 1) Envío del medio de transporte al cliente. Los clientes demandan el transporte de una determinada sustancia. Con objeto de cubrir esta demanda los operadores del sector envían el vehículo al punto de recogida.
- 2) Carga del medio de transporte. Se procede a cargar el camión con las sustancias que proceda. Esta carga puede ser completa o parcial y, asimismo, se puede hacer usando uno o varios de los compartimentos del vehículo (en caso de que éstos existan).

- 3) Transporte de la carga a su destino. Una vez realizada la carga, se procede a su traslado por carretera hasta el destino que se haya especificado. Es importante indicar que, con carácter anual, las autoridades competentes en materia de tráfico por carretera publican resoluciones donde se indican las carreteras por las que se permite el tráfico de mercancías peligrosas<sup>3</sup>. Estas vías constituyen la denominada Red de Itinerarios de Mercancías Peligrosas (RIMP), por la cual han de discurrir los transportes de mercancías peligrosas; si el origen y/o destino del viaje quedan fuera de la RIMP, los desplazamientos deberán realizarse por aquellas carreteras convencionales que permitan acceder a dicha Red por la entrada o salida más próxima en el sentido de la marcha, con objeto de garantizar que el recorrido por vías de calzada única sea el más corto posible. No obstante, existen determinadas mercancías peligrosas que, en determinadas condiciones, quedan totalmente exentas de utilizar la RIMP: reparto domiciliario de gases licuados y gasóleo para calefacción, aprovisionamiento de estaciones de servicio, combustibles para transporte ferroviario y para suministro de puertos y aeropuertos, etc.
- 4) Recepción y descarga de la mercancía en destino. Concluido el traslado, las mercancías son recibidas en el lugar que se haya acordado, siendo descargadas.

Merece la pena destacar que, en el caso concreto del transporte de carburantes, la entrega en muchas ocasiones se realiza directamente al domicilio de cada particular.

Respecto al transporte de gases, indicar que las cisternas trabajan a elevada presión y no son compartimentadas.

Las instalaciones de estos operadores cuentan con los elementos necesarios para dar soporte a la flota de vehículos, actuando como medios auxiliares de su actividad principal (el transporte de mercancías). En estas instalaciones pueden encontrarse los siguientes elementos, si bien la existencia o no de los mismos depende de cada operador concreto:

- a) Aparcamiento de vehículos. Se trata de una zona pavimentada habilitada para el estacionamiento de los camiones y remolques. Usualmente, mientras están estacionadas, las cisternas se encuentran vacías aunque en algunos casos también podrían contener sustancias a modo de almacenamiento temporal.
- b) Lavadero de cisternas. Este lavadero persigue la limpieza del interior de las cubas de los camiones. Para ello consta de (1) un sistema de inyección de agua a presión a la cual se

---

<sup>3</sup> Para el año 2015, estas resoluciones son las siguientes:

Resolución de 30 de enero de 2015, de la Dirección General de Tráfico, por la que se establecen medidas especiales de regulación del tráfico durante el año 2015.

Resolución INT/3031/2014, de 30 de diciembre, por la que se establecen las restricciones a la circulación durante el año 2015 y se dejan sin efectos las resoluciones IRP/911/2009, de 18 de marzo y INT/768/2013, de 8 de abril.

Resolución de 11 de diciembre de 2014, de la Dirección de Tráfico del Departamento de Seguridad, por la que se establecen medidas especiales de regulación del tráfico durante el año 2015 en la Comunidad Autónoma del País Vasco.

añade una pequeña cantidad de detergente (el depósito de detergente suele ser de pequeñas dimensiones, encontrándose en torno a 1 m<sup>3</sup>), (2) una red de drenaje para la captación del agua de lavado, (3) un depósito en el que se realiza una primera decantación de las aguas de lavado, (4) un depósito o tanque en el que se almacenan las aguas de lavado previamente a su tratamiento, y (5) un sistema de análisis y caracterización de las aguas para aplicar el tratamiento más adecuado.

- c) Tratamiento de las aguas de lavado. Las aguas de lavado generadas pueden tener dos destinos: tratamiento en la propia instalación o envío a un gestor de residuos para su tratamiento. En caso de que la planta del operador disponga de este equipo de tratamiento, el mismo se compone de un tratamiento físico-químico y de un tratamiento biológico, que depuran el agua hasta que ésta alcanza las condiciones aptas para su vertido conforme con la correspondiente autorización. Los reactivos del sistema de tratamiento son neutralizadores como la sosa caustica y el cloruro férrico. Los residuos sólidos resultantes del proceso (flóculos) son enviados a un gestor autorizado.
- d) Depósito de combustible. Con objeto de abastecer a los camiones, los operadores disponen de un depósito de gasoil propio. Al gasoil se le incorpora un aditivo (Adblue) con objeto de minimizar las emisiones atmosféricas. Este aditivo se compone principalmente de urea, no constituyendo un peligro medioambiental relevante.
- e) Bidones de aceite. Es frecuente que se disponga de algunos bidones de aceite para su uso en los vehículos.
- f) Taller. En las instalaciones es usual contar con un taller donde se realizan las operaciones de mantenimiento de los vehículos.

#### **IV.1.2. Transporte de mercancía envasada**

En el ámbito del presente sector pueden transportarse en envases los siguientes tipos de sustancias:

- Mercancías peligrosas.
- Residuos.

Estos operadores realizan el transporte de la mercancía desde un origen (o punto de recogida) hasta un destino determinado, utilizando para ello una variada gama de vehículos, abarcando desde camiones hasta pequeñas furgonetas. En este caso los vehículos no son cisternas, ya que la mercancía transportada se encuentra, como se ha indicado, en envases o en paquetes. Estos envases son muy variables tanto en cuanto a su volumen —el recipiente más grande que se maneja ronda los 1.000 l, mientras que los más pequeños pueden ser de unos pocos litros o kilos—, como en cuanto a su tipología —pudiendo ser desde bidones a sacos, u otras formas de envases—.

Es frecuente que este tipo de operadores dispongan de unas naves de almacenamiento intermedio (o centros logísticos) en las que se almacene la mercancía temporalmente hasta que es dispensada al destinatario de la misma.



De esta forma, la actividad de los operadores se puede resumir esquemáticamente en la realización de las siguientes tareas —la realización de unas u otras depende del operador y de los requerimientos del cliente—:

- 1) Gestión integral del transporte. Esta posibilidad de actuación incluye tanto la recogida de la mercancía, como su almacenamiento temporal en las instalaciones del operador y su posterior distribución.
- 2) Transporte sin almacenamiento. En este caso los operadores únicamente realizan el transporte desde un cliente hasta su destino final. Esto es, no se realiza un almacenamiento intermedio.
- 3) Otra posible actividad es el reempaquetado de producto. Esta actividad consiste en recibir una determinada cantidad de mercancía y repartirla en paquetes de diferentes tamaños.

Los operadores de mercancía envasada, al igual que ocurría con los operadores dedicados al transporte de mercancía a granel, cuentan con las instalaciones auxiliares necesarias para el apoyo de su actividad principal. Entre estas instalaciones auxiliares se destacan las siguientes (las cuales, de nuevo, pueden depender del operador concreto):

- a) Aparcamiento de vehículos. Es la zona en la que se encuentran estacionados los vehículos dentro de la instalación.
- b) Almacén de productos químicos. Como se ha indicado, uno de los servicios ofertados por este tipo de operadores es el de actuar como un centro logístico en el cual se recibe la mercancía, se almacena de forma temporal y, posteriormente, se dispensa al destinatario de la misma.
- c) Muelle de carga y descarga. Se trata de una zona en la cual los operarios proceden —en su caso, con el apoyo de carretillas y toros mecánicos— a la descarga y la carga de los vehículos de transporte.
- d) Depósito de combustible. Al igual que los operadores encargados del transporte de mercancías a granel, es usual que estos operadores cuenten con un depósito propio de gasoil para abastecer a los vehículos.
- e) Taller. Las instalaciones pueden contar con un taller propio donde se realicen las operaciones de mantenimiento de los vehículos.

## **IV.2. DESCRIPCIÓN DEL PERFIL AMBIENTAL DEL SECTOR**

Puede considerarse que los operadores del sector, durante el desempeño normal de sus actividades, causan un impacto medioambiental limitado. Esto es, como se ha expuesto en la descripción de la actividad, el sector se dedica principalmente al transporte de mercancías, pudiendo disponer o no de una nave para el almacenamiento intermedio de las mismas. De esta forma, los efectos de su actividad normal podrían considerarse limitados a aspectos como la emisión de gases durante el transporte y la generación de los residuos propios del almacén (en caso de existir) y del mantenimiento y la gestión de la flota de vehículos —como se ha indicado, en el sector se emplea

una amplia variedad de medios de transporte por lo que, en adelante, se hará referencia a los mismos de forma genérica como “vehículos”—.

Sin embargo, si ocurriese un hipotético accidente podrían desencadenarse efectos perjudiciales de una magnitud significativa para el medioambiente debido a la presencia en las instalaciones y en los vehículos de elevadas cantidades de sustancias potencialmente peligrosas. En particular, debe indicarse que en el sector puede manejarse una amplia variedad de sustancias y productos, algunos de los cuales son tóxicos, nocivos, corrosivos, etc. —pudiendo causar daños por su derrame o vertido— y otros, adicionalmente, combustibles o inflamables —pudiendo ocasionar incendios y explosiones—.

El presente análisis de riesgos medioambiental sectorial se centra exclusivamente en los efectos medioambientales negativos que podrían desencadenarse en caso de ocurrir un accidente; esto es, en caso de que se dé un funcionamiento anormal en las actividades del sector.

El *Informe trienal de Emergencias en el transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera y Ferrocarril* informa, para el trienio entre 2011 y 2013, de 289 accidentes en el transporte por carretera:

- Cero (0) accidentes de Tipo 1: avería o accidente en el que el vehículo o convoy de transporte no puede continuar la marcha, pero el continente de las materias peligrosas transportadas está en perfecto estado y no se ha producido vuelco o descarrilamiento.
- Ciento cuarenta (140) accidentes de Tipo 2: como consecuencia de un accidente el continente ha sufrido desperfectos o se ha producido vuelco o descarrilamiento pero no existe fuga o derrame del contenido.
- Ciento treinta y cuatro (134) accidentes de Tipo 3: como consecuencia de un accidente el continente ha sufrido desperfectos y existe fuga o derrame del contenido.
- Doce (12) accidentes de Tipo 4: existen daños o incendio en el continente y fugas con llamas del contenido.
- Tres (3) accidente de Tipo 5: explosión del contenido destruyendo el continente.

Los accidentes Tipo 1 y 2 (que suponen el 48,44% del total del trienio) no suponen un riesgo medioambiental, pues al no haber fuga del contenido no existe exposición de los recursos naturales a sustancia contaminante alguna.

Los accidentes Tipo 3 (que acumulan el 46,37% del total del trienio) suponen un riesgo medioambiental por agente químico, siendo necesario evaluar, para la estimación del daño medioambiental, la cantidad de sustancia que se derrama.

Finalmente, los accidentes Tipo 4 y 5 (que suponen el 5,19% del total del trienio) implican un riesgo medioambiental por incendio, de forma genérica, existiendo la posibilidad de que se produzca un daño medioambiental por agente químico al introducir en el análisis, si se considerara necesario, la posible contaminación de las aguas o medios de extinción.

De acuerdo a esta información y al tipo y naturaleza de las sustancias que se manejan en el transporte de mercancías peligrosas, los daños medioambientales ocasionados por esta actividad serían, por orden de frecuencia, los ocasionados, primero por agentes químicos y, segundo por incendio.

Por otra parte, los operadores pueden contar con sistemas de gestión ambiental específicos para sus instalaciones y operaciones basados en las normas ISO 14.001, EMAS u otras equivalentes. No obstante, el esquema que probablemente se encuentre más extendido en estas asociaciones sea el SQAS<sup>4</sup>.

SQAS son las siglas correspondientes a *Safety & Quality Assessment System*, tratándose de un sistema que permite evaluar la calidad, la seguridad y el comportamiento medioambiental de las empresas de transporte y logística. Este sistema permite realizar una evaluación individual de cada operador de forma estandarizada para el conjunto del sector. En la evaluación se utiliza un cuestionario específico para cada una de las siguientes actividades: núcleo o actividades transversales (*core*), actividades de transporte (*transport service*), actividades de limpieza de tanques (*tank cleaning*) y actividades de almacenamiento (*warehouse*).

La evaluación mediante el esquema SQAS no conduce a la obtención de un certificado (como ocurre con otros esquemas como ISO 14.001 o EMAS), sino que ofrece como resultado final una nota numérica o puntuación expresada en valores del 0 al 100, donde los valores superiores reflejan situaciones más favorables en los ámbitos analizados. Uno de los principales objetivos del SQAS es servir a los operadores como herramienta para la mejora continua de sus instalaciones y procesos de tal forma que, con el tiempo, se obtengan puntuaciones más elevadas.

Un aspecto que denota la relevancia que tienen las puntuaciones obtenidas en el SQAS dentro del sector es que, en muchos casos, las entidades demandantes de servicios de transporte introducen esta puntuación en sus criterios de contratación y toma de decisiones.

## V. DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO TERRITORIAL DEL SECTOR

El sector del transporte de mercancías presenta la peculiaridad de que gran parte de su riesgo medioambiental se encuentra asociado a un entorno muy variable ya que los vehículos atraviesan buena parte del territorio nacional. Por ello, al menos potencialmente, los hipotéticos accidentes pueden ocurrir bajo una amplia variedad de circunstancias ambientales pudiendo dar lugar, a su vez, a episodios que afecten o puedan afectar a diversos recursos naturales cubiertos por la LRM. En concreto, el entorno que podría ser afectado por cada operador será función directa de las rutas de transporte que éste siga.

En cuanto a las instalaciones fijas del sector —aparcamientos y talleres, centros logísticos, etc.—, merece la pena destacar que las mismas se encuentran mayoritariamente en polígonos industriales

---

<sup>4</sup> <http://www.sgas.org/?lang=es>

por lo que su entorno es, en gran medida, artificial. Esta circunstancia no exime a los operadores de estudiar el entorno en el que se encuentra su instalación y los recursos naturales que podrían resultar afectados si ocurre un episodio de accidente.

Las Tablas 2 y 3 ilustran con efectos meramente descriptivos el entorno por el que discurren las principales carreteras de España, es decir, la Red de Carreteras del Estado (cuyo titular es el Ministerio de Fomento) y la Red Autónoma Principal (que incluye la red de primer orden autonómica y/o la red de gran capacidad y/o la red de más de 8.000 veh-día).

La mayoría (prácticamente dos tercios) de las carreteras estudiadas en el Mapa de Tráfico que anualmente publica el Ministerio de Fomento son vías de gran capacidad (autopistas y autovías), mientras que únicamente alrededor de un tercio son vías convencionales, ya sean de una o de dos calzadas. En el Anejo M.III se argumenta la representatividad de estas vías —es decir, las consideradas en los Mapas de Tráfico— para el estudio del tráfico de mercancías peligrosas por carretera, pues son dichas vías por las que circula una proporción mayoritaria de este tipo de transporte.

A nivel del conjunto de España, no se han detectado diferencias respecto al tipo de entorno (aguas superficiales, aguas subterráneas y costa) por el que circulan uno y otro tipo de carreteras (ver Tabla 2). Las diferencias surgen a nivel provincial, con las carreteras que circulan por el norte de España con porcentajes máximos de carreteras que discurren sobre aguas superficiales<sup>5</sup>. Los porcentajes sobre aguas subterráneas son siempre muy elevados, debido a la fuente cartográfica utilizada (ver Anejo M.VI).

Respecto al entorno forestal por el que discurren las carreteras españolas, ambos tipos de carreteras circulan mayoritariamente por suelo artificial o suelo natural sin vegetación forestal (clase en la que se incluyen, por ejemplo, las tierras cultivadas). Las carreteras convencionales pertenecientes a la Red de Carreteras del Estado y a la Red Autónoma Principal circulan una mayor proporción de kilómetros por arbolado maduro que las vías de gran capacidad de las mismas redes; por otra parte, tanto en vías de gran capacidad como en carreteras convencionales, los humedales y, en menor medida, los herbazales suponen un porcentaje marginal del total de longitud de los respectivos tipos de vías.

Además de estos datos meramente descriptivos del entorno por el que circulan las principales carreteras de España, en las páginas siguientes se ofrecen una serie de fuentes de información y de pautas para facilitar a los operadores realizar un estudio de su entorno adecuado a los requerimientos de la normativa de responsabilidad medioambiental.

---

<sup>5</sup> La distancia que discurre sobre aguas superficiales y sobre costa se ha calculado aplicando a las masas de agua superficiales y a la línea de costa un *buffer* de 50 metros.

Provincia	Vías de gran capacidad				Vías convencionales				Total (km)
	Agua superficial (km)	Costa (km)	Agua subterránea (km)	Total (km)	Agua superficial (km)	Costa (km)	Agua subterránea (km)	Total (km)	
Araba/Álava	20,90	0,00	358,40	358,40	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>358,40</b>
Albacete	9,86	0,00	639,23	639,23	7,31	0,00	422,89	422,89	<b>1.062,12</b>
Alicante/Alacant	6,84	0,00	761,89	761,89	4,94	0,84	285,13	285,13	<b>1.047,03</b>
Almería	8,66	0,00	588,92	588,92	0,70	0,35	148,00	148,00	<b>736,91</b>
Ávila	9,33	0,00	356,52	356,52	11,24	0,00	349,86	349,86	<b>706,38</b>
Badajoz	17,28	0,00	849,22	1.133,32	15,14	0,00	489,69	625,71	<b>1.759,04</b>
Illes Balears	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,01	278,60	278,60	<b>278,60</b>
Barcelona	66,31	0,27	1.271,76	1.271,76	2,06	0,00	171,18	171,18	<b>1.442,93</b>
Burgos	15,81	0,00	572,93	572,93	32,43	0,00	700,67	700,67	<b>1.273,59</b>
Cáceres	19,67	0,00	455,00	873,73	31,53	0,00	291,44	544,00	<b>1.417,73</b>
Cádiz	13,85	0,00	451,51	480,35	2,55	0,71	114,82	169,63	<b>649,99</b>
Castellón/Castelló	36,62	0,05	677,36	677,36	8,88	0,00	280,67	280,67	<b>958,03</b>
Ciudad Real	8,58	0,00	650,51	656,82	15,60	0,00	500,93	500,93	<b>1.157,76</b>
Córdoba	10,40	0,00	389,31	389,31	12,13	0,00	434,59	434,59	<b>823,89</b>
A Coruña	12,27	1,29	439,99	520,02	5,34	1,94	309,15	331,64	<b>851,66</b>
Cuenca	15,05	0,00	789,63	789,63	15,61	0,00	584,30	584,30	<b>1.373,93</b>
Girona	33,70	0,23	611,91	611,91	14,66	1,80	313,56	313,56	<b>925,47</b>
Granada	21,29	0,00	676,91	676,91	8,94	0,11	192,45	192,45	<b>869,36</b>
Guadalajara	8,00	0,00	430,62	430,62	14,09	0,00	300,08	300,08	<b>730,70</b>
Gipuzkoa	42,46	2,93	369,49	369,49	0,58	0,30	19,94	19,94	<b>389,43</b>
Huelva	8,17	0,00	356,92	483,79	8,19	0,00	242,28	345,12	<b>828,91</b>
Huesca	50,30	0,00	755,50	755,50	65,64	0,00	692,28	692,28	<b>1.447,77</b>
Jaén	16,23	0,00	643,13	643,13	7,31	0,00	274,34	274,34	<b>917,47</b>
León	37,58	0,00	755,48	755,48	38,07	0,00	625,47	625,47	<b>1.380,95</b>
Lleida	40,89	0,00	667,27	667,27	26,20	0,00	354,49	354,49	<b>1.021,76</b>

**Tabla 2.** Algunas características del entorno por el que circulan la Red de Carreteras del Estado y la Red Autonómica Principal. Fuente: Elaboración propia a partir del Mapa de Tráfico 2013 del Ministerio de Fomento y de fuentes de cartografía digital citadas en el Anejo M.VI del presente MIRAT

Provincia	Vías de gran capacidad				Vías convencionales				Total (km)
	Agua superficial (km)	Costa (km)	Agua subterránea (km)	Total (km)	Agua superficial (km)	Costa (km)	Agua subterránea (km)	Total (km)	
La Rioja	32,05	0,00	499,18	499,18	13,21	0,00	266,19	266,19	<b>765,36</b>
Lugo	8,97	2,35	293,91	305,73	32,55	1,56	589,65	590,42	<b>896,15</b>
Madrid	30,50	0,00	1.561,04	1.561,04	5,41	0,00	142,90	142,90	<b>1.703,94</b>
Málaga	25,04	0,86	740,68	740,68	0,75	1,92	80,79	80,79	<b>821,48</b>
Murcia	5,96	0,99	965,39	965,39	0,98	0,00	299,98	299,98	<b>1.265,38</b>
Navarra	28,88	0,00	619,75	619,75	1,12	0,00	17,62	17,62	<b>637,37</b>
Ourense	18,40	0,00	290,66	290,66	32,38	0,00	352,39	352,39	<b>643,05</b>
Asturias	62,34	0,28	996,29	996,29	32,81	1,11	485,60	485,60	<b>1.481,89</b>
Palencia	14,49	0,00	539,32	539,32	7,21	0,00	256,13	256,13	<b>795,45</b>
Las Palmas	0,00	13,77	160,58	160,95	0,00	0,38	142,19	142,36	<b>303,30</b>
Pontevedra	11,36	5,88	392,04	494,35	8,33	2,38	291,36	332,17	<b>826,51</b>
Salamanca	9,04	0,00	549,54	562,74	4,61	0,00	269,85	276,14	<b>838,89</b>
Santa Cruz de Tenerife	0,00	1,11	128,80	129,37	0,04	1,11	209,89	210,72	<b>340,09</b>
Cantabria	5,45	2,47	243,23	244,42	53,62	3,55	719,32	719,32	<b>963,75</b>
Segovia	5,39	0,00	347,40	347,40	4,77	0,00	256,17	256,17	<b>603,57</b>
Sevilla	12,52	0,00	745,91	774,61	5,70	0,00	124,97	181,83	<b>956,44</b>
Soria	13,66	0,00	339,33	339,33	16,01	0,00	413,35	413,35	<b>752,68</b>
Tarragona	17,32	0,00	629,52	629,52	6,59	0,31	332,36	332,36	<b>961,88</b>
Teruel	14,84	0,00	585,14	585,14	15,47	0,00	527,58	527,58	<b>1.112,72</b>
Toledo	10,90	0,00	857,06	936,49	6,24	0,00	392,94	450,66	<b>1.387,15</b>
Valencia/València	17,47	0,42	872,77	872,77	14,49	0,06	437,99	437,99	<b>1.310,75</b>
Valladolid	11,01	0,00	504,53	504,53	6,06	0,00	293,86	293,86	<b>798,39</b>
Bizkaia	10,47	0,00	130,45	130,45	0,17	0,00	6,58	6,58	<b>137,03</b>
Zamora	6,76	0,00	410,88	412,67	13,96	0,00	492,38	513,26	<b>925,93</b>
Zaragoza	24,08	0,00	1.103,12	1.103,12	21,53	0,00	567,59	567,59	<b>1.670,71</b>
<b>ESPAÑA</b>	<b>926,98</b>	<b>32,88</b>	<b>29.025,91</b>	<b>30.210,18</b>	<b>653,16</b>	<b>19,46</b>	<b>16.346,44</b>	<b>17.099,47</b>	<b>47.309,65</b>

**Tabla 2 (cont).** Algunas características del entorno por el que circulan la Red de Carreteras del Estado y la Red Autonómica Principal. Fuente: Elaboración propia a partir del Mapa de Tráfico 2013 del Ministerio de Fomento y de fuentes de cartografía digital citadas en el Anejo M.VI del presente MIRAT

Provincia	Vías de gran capacidad						Vías convencionales						Total (km)
	Arbolado maduro (km)	Arbolado joven y matorral (km)	Herbazal (km)	Humedal (km)	Artificial y suelo natural sin vegetación forestal (km)	Total (km)	Arbolado maduro (km)	Arbolado joven y matorral (km)	Herbazal (km)	Humedal (km)	Artificial y suelo natural sin vegetación forestal (km)	Total (km)	
Álava	72,31	40,53	4,64	0,00	240,92	358,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	358,40
Albacete	64,34	54,10	0,00	0,00	520,79	639,23	40,68	43,35	0,47	0,46	337,94	422,89	1.062,12
Alicante/Alacant	59,19	98,78	0,00	0,98	602,94	761,89	25,25	31,68	0,00	6,23	221,89	285,13	1.047,03
Almería	9,29	244,82	0,57	1,89	332,34	588,92	2,68	71,25	0,00	0,00	73,98	148,00	736,91
Ávila	63,90	22,73	47,43	0,19	222,27	356,52	60,76	33,82	65,92	0,00	189,35	349,86	706,38
Badajoz	272,39	32,14	95,20	0,71	732,79	1.133,32	127,07	21,56	26,15	0,06	450,88	625,71	1.759,04
Illes Balears	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	34,67	3,70	0,02	0,00	238,62	278,60	278,60
Barcelona	345,66	64,29	1,63	0,81	859,26	1.271,76	40,85	9,73	0,03	0,00	120,56	171,18	1.442,93
Burgos	68,68	56,96	5,98	0,00	441,30	572,93	126,27	99,69	10,04	0,00	464,67	700,67	1.273,59
Cáceres	327,76	101,13	191,56	0,50	252,77	873,73	193,13	53,40	116,11	0,00	181,35	544,00	1.417,73
Cádiz	60,38	38,44	35,97	7,56	338,00	480,35	13,07	15,61	20,38	0,73	116,01	169,63	649,99
Castellón/Castelló	117,07	91,27	2,00	0,00	466,99	677,36	38,48	31,07	0,00	0,00	211,12	280,67	958,03
Ciudad Real	55,99	17,76	10,35	0,69	572,03	656,82	92,30	28,51	17,15	0,88	362,09	500,93	1.157,76
Córdoba	12,05	5,73	0,00	0,00	371,53	389,31	142,62	14,29	4,89	0,06	272,73	434,59	823,89
A Coruña	215,40	18,27	7,73	2,21	273,86	520,02	95,58	17,56	1,75	0,83	210,82	331,64	851,66
Cuenca	119,03	77,74	1,88	0,00	590,98	789,63	100,78	59,85	0,00	0,00	423,67	584,30	1.373,93
Girona	226,77	8,17	1,64	1,15	373,36	611,91	114,38	25,23	2,83	0,00	163,56	313,56	925,47
Granada	48,86	101,08	0,37	0,00	526,61	676,91	9,86	37,94	0,00	0,00	144,65	192,45	869,36
Guadalajara	60,28	75,67	6,36	0,11	288,20	430,62	58,77	51,07	0,03	0,00	190,21	300,08	730,70
Gipuzkoa	102,64	30,35	6,10	1,06	214,54	369,49	9,75	4,39	1,12	0,00	3,15	19,94	389,43
Huelva	166,43	46,25	11,05	9,79	250,27	483,79	145,86	31,63	11,74	5,71	150,18	345,12	828,91
Huesca	169,78	73,16	10,56	0,00	501,45	755,50	227,48	94,89	8,02	0,00	361,78	692,28	1.447,77
Jaén	30,07	48,80	5,30	0,00	558,96	643,13	18,02	18,12	0,00	0,00	238,20	274,34	917,47
León	144,67	118,54	28,09	0,24	463,95	755,48	123,76	99,54	18,53	0,71	382,93	625,47	1.380,95
Lleida	127,06	43,75	15,77	0,97	479,72	667,27	143,21	32,13	7,30	0,00	171,09	354,49	1.021,76

**Tabla 3.** Tipos de vegetación forestal por los que discurren las carreteras pertenecientes a la Red de Carreteras del Estado y a la Red Autonómica Principal.

Fuente: Elaboración propia a partir del Mapa de Tráfico 2013 del Ministerio de Fomento y del Mapa Forestal de España máxima actualidad

Provincia	Vías de gran capacidad						Vías convencionales						Total (km)
	Arbolado maduro (km)	Arbolado joven y matorral (km)	Herbazal (km)	Humedal (km)	Artificial y suelo natural sin vegetación forestal (km)	Total (km)	Arbolado maduro (km)	Arbolado joven y matorral (km)	Herbazal (km)	Humedal (km)	Artificial y suelo natural sin vegetación forestal (km)	Total (km)	
La Rioja	65,14	120,96	1,79	0,00	311,29	499,18	44,64	26,93	2,42	0,00	192,20	266,19	765,36
Lugo	136,71	25,93	1,09	0,00	138,76	305,73	216,76	56,12	1,26	1,77	313,29	590,42	896,15
Madrid	252,78	146,35	122,62	0,00	1.039,28	1.561,04	21,77	18,40	14,16	0,10	88,47	142,90	1.703,94
Málaga	84,51	135,37	1,27	0,77	518,78	740,68	7,21	11,53	0,00	0,00	62,01	80,79	821,48
Murcia	44,36	124,18	29,55	0,00	767,00	965,39	8,40	55,01	16,81	0,00	219,77	299,98	1.265,38
Navarra	75,74	55,34	10,73	0,80	477,15	619,75	5,88	0,23	1,50	0,00	10,01	17,62	637,37
Ourense	124,86	52,54	4,78	0,00	108,48	290,66	136,21	60,22	5,96	0,00	150,00	352,39	643,05
Asturias	336,81	108,57	5,06	0,90	544,27	996,29	161,28	28,91	1,55	2,56	291,30	485,60	1.481,89
Palencia	60,41	32,57	4,33	0,46	441,56	539,32	15,57	14,79	0,65	0,00	225,12	256,13	795,45
Las Palmas	0,00	0,00	0,00	0,00	159,97	160,95	0,00	1,55	1,31	0,00	138,96	142,36	303,30
Pontevedra	153,65	13,36	5,97	1,07	310,87	494,35	120,77	18,47	5,91	0,13	181,30	332,17	826,51
Salamanca	109,51	15,86	113,20	0,00	324,17	562,74	59,08	8,54	42,97	0,00	165,53	276,14	838,89
Santa Cruz de Tenerife	0,91	4,33	4,75	0,00	118,22	129,37	38,39	45,57	5,55	0,00	120,14	210,72	340,09
Cantabria	45,76	18,64	2,77	2,79	170,56	244,42	174,69	62,23	4,87	5,74	461,67	719,32	963,75
Segovia	81,58	27,47	20,79	0,00	217,56	347,40	44,40	27,69	17,66	0,00	166,41	256,17	603,57
Sevilla	34,88	11,61	4,26	0,25	723,61	774,61	42,41	9,41	0,19	0,00	129,82	181,83	956,44
Soria	73,34	58,12	0,81	0,00	207,06	339,33	110,29	63,85	5,99	0,00	233,23	413,35	752,68
Tarragona	110,91	39,89	0,00	0,00	478,71	629,52	43,06	15,53	0,00	0,00	273,77	332,36	961,88
Teruel	96,36	152,66	0,02	0,00	336,10	585,14	84,30	98,76	0,00	1,75	342,77	527,58	1.112,72
Toledo	41,68	41,57	5,32	1,47	846,46	936,49	44,05	30,88	2,93	0,00	372,79	450,66	1.387,15
Valencia/València	66,87	55,72	0,00	0,05	749,87	872,77	58,91	38,44	0,00	0,12	340,49	437,99	1.310,75
Valladolid	70,58	11,33	4,13	0,00	418,49	504,53	22,97	2,09	2,60	0,00	266,21	293,86	798,39
Bizkaia	22,64	15,57	3,20	0,57	88,48	130,45	0,44	0,56	0,25	0,00	5,33	6,58	137,03
Zamora	54,44	22,45	19,28	0,00	316,49	412,67	86,03	57,82	31,29	0,00	337,89	513,26	925,93
Zaragoza	77,97	171,43	0,14	0,38	853,21	1.103,12	58,25	107,88	0,24	0,89	400,32	567,59	1.670,71
<b>ESPAÑA</b>	<b>5.162,40</b>	<b>2.972,31</b>	<b>856,01</b>	<b>38,39</b>	<b>21.142,20</b>	<b>30.210,18</b>	<b>3.591,04</b>	<b>1.791,44</b>	<b>478,54</b>	<b>28,74</b>	<b>11.170,23</b>	<b>17.099,47</b>	<b>47.309,65</b>

**Tabla 3 (cont).** Tipos de vegetación forestal por los que discurren las carreteras pertenecientes a la Red de Carreteras del Estado y a la Red Autonómica Principal. Fuente: Elaboración propia a partir del Mapa de Tráfico 2013 del Ministerio de Fomento y del Mapa Forestal de España máxima actualidad



## **V.1. IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE INFORMACIÓN ÚTILES**

En la actualidad existen múltiples recursos públicos a los que puede acudir para caracterizar el medio natural. El presente apartado ofrece un catálogo con fines indicativos —no exhaustivos—, pudiendo ser, por lo tanto, enriquecido con otras fuentes públicas o privadas de las que dispongan los diferentes operadores. El catálogo que se muestra a continuación se ha desglosado en función de los recursos cubiertos por la LRM: agua, suelo, hábitats y especies silvestres —la ribera del mar y de las rías, a efectos de caracterización, se considera que puede quedar incluida en uno o varios de los recursos anteriores—. En la realización del catálogo se han primado aquellas fuentes que se encuentran disponibles para la totalidad del territorio nacional —ya que el sector opera en todo el territorio— y que, adicionalmente, se encuentran disponibles a través de internet —facilitando de esta forma su accesibilidad y actualización—.

### **V.1.1. Fuentes de información para el recurso natural agua**

El recurso natural agua se encontraría formado tanto por las aguas continentales, superficiales y subterráneas, como por las aguas marinas. Adicionalmente, bajo una visión amplia de este recurso, también pueden considerarse incluidos en este epígrafe, en términos de localización geográfica, los lechos de las aguas marinas y continentales, aunque las técnicas de reparación a utilizar para la reparación de estos recursos sean más similares a las empleadas para la limpieza del suelo.

El Sistema Integrado de Información del Agua (SIA) y el Libro Digital del Agua (LDA), elaborados por el MAGRAMA, aportan un gran volumen de documentación —digital y cartográfica— sobre las masas de agua españolas. Entre los datos ofrecidos destacan los siguientes:

- Localización de las masas de agua superficial
- Localización de las masas de agua subterránea
- Localización de las masas de agua de transición y costeras
- Datos sobre el estado cuantitativo y cualitativo de las aguas
- Redes de medida de variables hidrológicas

Las herramientas de consulta de tipo formulario incluidas en el SIA permiten al usuario realizar búsquedas en las bases de datos a través de parámetros como la localización y el periodo de tiempo, aspecto que facilita la utilización de esta fuente.

En el caso de las aguas subterráneas puede ser recomendable consultar, adicionalmente, la información facilitada por el MAGRAMA a través de la red piezométrica —red oficial de seguimiento del estado cuantitativo—, disponible en el visor del Sistema de Información de Recursos Subterráneos (SIRS). Esta red de medida proporciona valores que pueden ser tomados como referencia para estimar la profundidad a la que se encuentran estas masas de agua, resultando un dato de gran interés para los análisis de riesgos medioambientales.

Por último, indicar que los datos referentes a la caracterización de las aguas marinas son relativamente escasos, especialmente en lo que respecta a su calidad. No obstante, en este ámbito, puede destacarse, además de la información disponible en la sección de Costas y Medio Marino de la **Comisión Técnica de Prevención y Reparación de Daños Medioambientales**

página web del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, la información disponible en la página web de Puertos del Estado sobre oleaje, temperatura del agua, viento y corrientes, entre otros.

Igualmente puede resultar interesante consultar la base de datos del Sistema de Información Nacional de Aguas de Baño (NÁYADE) realizada por el Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, si bien estos datos deben ser utilizados e interpretados con la debida cautela, ya que únicamente se encuentran enfocados a categorizar las zonas de baño —interiores y costeras— en aptas y no aptas en términos de salud humana. Por lo tanto, aunque podría servir como un indicador a tener en cuenta a la hora de evaluar la calidad de la ribera del mar y de las aguas costeras, se debe ser consciente de que la LRM no cubre los daños a la salud humana, por lo que éstos deben quedar en todo caso excluidos del estudio.

### **V.1.2. Fuentes de información para el recurso natural suelo**

En el ámbito de la LRM, el suelo puede quedar caracterizado a través de diferentes parámetros relacionados con sus propiedades físicas —textura, estructura, permeabilidad, porosidad, etc.—, químicas —pH, concentración de las diferentes sustancias químicas, etc.— y biológicas —actividad microbiana, fauna, etc.—. En este sentido, probablemente, la mejor información descriptiva del suelo en las instalaciones fijas del sector serían los informes y estudios específicos con los que pueda contar cada operador de su instalación concreta.

En cuanto a la información general de suelos a nivel nacional, merece la pena destacar como fuente de datos al Instituto Geológico y Minero de España (IGME). En concreto, este organismo facilita en su página de internet diferentes servicios cartográficos manejables a través de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), resultando especialmente destacable el Mapa de Permeabilidades de España.

Por último, indicar que con objeto de estimar el estado básico —situación original en la que se encuentra el suelo previamente a la ocurrencia de un accidente— resulta recomendable consultar el inventario de suelos contaminados del que pueda disponer la correspondiente administración autonómica —este inventario se encuentra regulado por el Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados—.

### **V.1.3. Fuentes de información para el recurso natural hábitats**

Bajo la denominación de hábitats se incluirían tanto los espacios naturales protegidos como los espacios naturales que no figuren con una categoría de protección específica. Esto es debido a que, si bien la normativa de responsabilidad medioambiental únicamente cita expresamente los espacios y hábitats protegidos, se considera que la recuperación de las especies silvestres —en caso de ocurrir un daño— requeriría necesariamente la recuperación de su hábitat. Por ello, siguiendo un criterio conservador, como se ha indicado, se recomienda analizar los posibles efectos que pudieran ocasionarse sobre cualquier tipo de espacio natural independientemente de su nivel de protección.

Los hábitats pueden considerarse como una combinación de los restantes recursos cubiertos por la LRM —suelo, agua y especies (animales y vegetales)—; sin embargo, por una cuestión práctica —y en coherencia con el tratamiento que se les da en el Modelo de Oferta de Responsabilidad Ambiental (MORA)—, se recomienda considerar este recurso únicamente como la fracción vegetal de los ecosistemas —como se ha dicho, el resto de los elementos que los componen serían considerados a través de los restantes recursos naturales—.

Adoptando el enfoque anterior, la caracterización de los hábitats debe atender a dos aspectos:

- a) Por un lado la identificación y caracterización de los espacios naturales protegidos, los hábitats prioritarios, los espacios protegidos Red Natura 2000 y los restantes elementos del territorio que deban ser objeto de una especial atención en el análisis de riesgos.
- b) Por otro, la identificación y caracterización de los diferentes tipos de vegetación existentes en el entorno.

Las principales fuentes de datos disponibles a nivel nacional para lograr estos objetivos son las aportadas por el Banco de Datos de la Naturaleza (BDN), perteneciente al MAGRAMA. En este sentido, merece la pena destacar las siguientes:

- Cartografía de espacios naturales protegidos y Red Natura 2000
- Mapa Forestal de España
- Inventario Forestal Nacional

#### **V.1.4. Fuentes de información para el recurso natural especies silvestres**

El recurso especies silvestres —entendido como las especies animales, ya que las vegetales podrían incluirse dentro de los hábitats— presenta una dificultad relevante en su estudio al tratarse de un recurso móvil. Además, como una segunda dificultad añadida, debe indicarse que en la actualidad no se ha localizado una fuente de datos que recoja el número de individuos de cada especie existente en cada porción del territorio nacional. Sin duda, estos dos aspectos pueden limitar el estudio que se realice sobre este recurso, por lo que podría admitirse en el mismo una mayor incertidumbre o una menor concreción en su nivel de detalle. No obstante, la disponibilidad de información será función de cada caso concreto, ya que determinadas Comunidades Autónomas, espacios naturales protegidos, fincas privadas, etc. sí pueden contar con una información detallada, debiendo por lo tanto ser usada en la medida en que ésta sea accesible.

Por lo que respecta a los datos disponibles a nivel nacional, se recomienda acudir a tres fuentes principales de datos:

- El BDN publica a través de internet el Inventario Español de Especies Terrestres. Este inventario ofrece al analista un listado con las especies presentes en cada celda de 10x10 km —en las que divide el territorio nacional—, incluyendo datos de aves, mamíferos, peces continentales, anfibios y reptiles, invertebrados y flora. La descripción de cada una de las especies de vertebrados puede encontrarse en los “Atlas y Libros Rojos de vertebrados por especies”, también disponible en la página del BDN. Por lo que respecta a

las especies marinas, puede consultarse el Inventario Español de Especies Marinas, si bien el mismo actualmente únicamente ofrece datos parciales al encontrarse en desarrollo.

- En el caso concreto de que el operador cuente en su contexto territorial con un embalse, éste puede realizar una búsqueda de datos sobre censos piscícolas que hayan realizado las diferentes Confederaciones o Demarcaciones Hidrográficas. A modo de ejemplo, pueden consultarse los estudios realizados por la Confederación Hidrográfica del Ebro.
- Adicionalmente, el MAGRAMA dispone de una red —denominada ID-TAX— a través de la cual se recogen los datos procedentes de una serie de puntos de muestreo situados sobre diferentes masas de agua continentales. En estos puntos se registra la presencia o ausencia de las principales especies piscícolas. ID-TAX no incluye datos cuantitativos sobre el número de individuos presentes de cada especie; sin embargo, sí permite obtener unos datos más precisos que los recogidos en el Inventario Español de Especies Terrestres, ya que mejora su nivel de detalle al ofrecer datos a nivel de punto de muestreo en lugar de datos agregados en celdas de 10 x 10 km.

## **V.2. ORIENTACIONES PRÁCTICAS A SEGUIR PARA DESCRIBIR EL CONTEXTO TERRITORIAL EN LOS ANÁLISIS DE RIESGOS PARTICULARES**

Como se ha indicado, el MIRAT es un instrumento en el que se analiza el conjunto del sector, por lo que es necesario realizar un paso posterior de adaptación, por parte de los operadores, con objeto de elaborar su análisis de riesgos individual o particular.

En lo que respecta a la descripción del contexto territorial debe destacarse de nuevo la particularidad de este sector con respecto a otros en lo que respecta a la movilidad de sus fuentes de peligro. De esta forma, los operadores generalmente dispondrán de dos tipos de elementos: unos fijos o estáticos —correspondientes a su aparcamiento, taller, centro logístico, etc.— y otros móviles —vehículos o medios de transporte—.

La descripción del contexto territorial en el que se encuentran las instalaciones o elementos estáticos no revestiría mayor dificultad que la realización de un estudio en el que se expongan dichos aspectos. Para ello, pueden tomarse como base las fuentes de información recomendadas en los apartados anteriores y enriquecerse con aquella información de mayor detalle de la que se pueda disponer a nivel autonómico, local o privado. El objetivo debe ser, en todo caso, que el informe realizado refleje de forma veraz y realista las circunstancias concretas del operador. Para ello, el estudio del medio debe recoger cuantos aspectos del mismo se consideren relevantes de cara a realizar el análisis de riesgos medioambientales. En este sentido, merece la pena recordar que la LRM no considera a los seres humanos y a los bienes privados como potenciales receptores de un daño medioambiental, motivo por el cual no resulta recomendable dedicar a estos aspectos un espacio significativo dentro del estudio del contexto territorial —a menos que los mismos influyan de alguna manera en los potenciales daños que podrían ocasionarse al suelo, el agua, los hábitats, las especies o la ribera del mar y de las rías—.

Por otra parte, también debe indicarse que ni la atmósfera y ni el aire son recursos cubiertos por la LRM. De esta forma, un daño sobre los mismos no debería considerarse en el análisis de riesgos —ya que no entraría en la definición de daño medioambiental—. No obstante, debe destacarse el posible papel que puede jugar el aire como vector de la contaminación. Esto es, en caso de que el agente causante de daño sea transportado por el aire y se deposite finalmente o afecte de forma significativa a alguno de los recursos cubiertos por la LRM este daño sí debería ser considerado dentro del análisis. Bajo este supuesto, sería recomendable incluir en la descripción del contexto territorial cuantos datos se consideren necesarios para caracterizar este posible daño —a modo de ejemplo, algunos datos de interés para la realización del análisis serían la velocidad del viento, su dirección, su frecuencia, etc.—. Una posible fuente de datos disponible a nivel nacional para dar cumplimiento a estos aspectos es la aportada por el Centro Nacional de Energías Renovables (CENER) a través del Mapa Eólico Nacional, en el cual se ofrece una malla puntos, cada uno asociado a su correspondiente estadística de vientos.

Por lo que respecta a la descripción del contexto territorial de la actividad de transporte como tal —circulación de vehículos por carretera—, debe incidirse de nuevo en la gran variedad de entornos o contextos por los que se puede circular, yendo desde territorios artificiales —zonas urbanas, polígonos industriales, etc.— hasta territorios de elevado valor natural como bosques, ríos, zonas de montaña, etc. Por ello, la descripción del contexto territorial en el que se desarrollan las operaciones será tanto más dificultosa para las empresas cuanto mayor variedad de entornos se encuentren en sus rutas. De esta forma, en el presente MIRAT, se recomienda optar por una de las dos siguientes opciones:

- Los operadores cuyas rutas puedan considerarse fijas o habituales y discurran por territorios relativamente homogéneos podrán realizar un estudio de dichos territorios tomando como base las fuentes de información y las indicaciones ofrecidas para las instalaciones estáticas. Si bien, en este caso, deberá admitirse un menor nivel de detalle en la exposición debido, por un lado, a la presumible elevada extensión del territorio recorrido, y por otro, a la elevada incertidumbre existente en la definición del punto o los puntos en los que podría ocurrir un hipotético accidente. De esta forma se considera suficiente con elaborar un estudio general sobre las características del entorno por el que discurren las rutas.
- En el caso de que los operadores no dispongan de rutas fijas —esto es, las crean y las suprimen a demanda de los clientes—, o en caso de que las rutas, a pesar de ser relativamente estables, atraviesen una amplia variedad de territorios —piénsese, a modo de ejemplo, en rutas de varios centenares de kilómetros que discurran por diferentes entornos naturales—; no se considera viable —desde el punto de vista técnico y económico— realizar un estudio pormenorizado del medio. Esto es debido a que en el extremo, si un operador circula por el conjunto del territorio nacional, podría llegarse a que los operadores debieran estudiar el medio ambiente a nivel nacional, aspecto que puede superar las exigencias de la normativa de responsabilidad medioambiental. Por ello, en

esta situación se recomienda, si es posible, realizar una descripción genérica del entorno similar a la indicada en el punto anterior o, si esto no es viable, simplemente recopilar y comentar los datos o la información que se considere de mayor relevancia para los trayectos realizados.

## VI. BREVE IDENTIFICACIÓN DE LAS PRINCIPALES DISPOSICIONES LEGALES

Entre la diferente normativa aplicable al sector del transporte puede destacarse la siguiente en el ámbito nacional<sup>6</sup>; no obstante, debe indicarse que los operadores adicionalmente deben atender a las disposiciones vigentes en cada Comunidad Autónoma.

### Normativa destacada en el transporte de mercancías:

- Ley 16/87 de 30 de julio, de Ordenación de los Transportes Terrestres. (BOE 31). Modificada por: Ley 13/96, de 30 de diciembre; Ley 66/97, de 30 de diciembre; Real Decreto-Ley 6/1998, de 5 de junio; Real Decreto Ley 4/2000, de 23 de junio; Ley 14/00, de 29 de diciembre; Ley 24/2001, de 27 de diciembre; Ley 29/2003, de 8 de octubre, Ley 25/2009, de 22 de diciembre, Ley 2/2011, de 4 de marzo y ley 9/2013, de 4 de julio.
- Ley Orgánica 5/87, de 30 de julio, de delegación de facultades del Estado en las Comunidades Autónomas en relación con los transportes por carretera y por cable. Modificada por la Ley Orgánica 5/2013, de 4 de julio.
- Real Decreto 1211/90, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento de la Ley de Ordenación de los Transportes Terrestres. Modificado por Real Decreto 858/1994, de 29 de abril, por Real Decreto 1136/97, de 11 de julio, por Real Decreto 927/98, de 14 de mayo, por Real Decreto 1830/99, de 3 de diciembre, por Real Decreto 1225/2006, de 27 de octubre, por el artículo 21 de la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, y por el Real Decreto 919/2010, de 16 de julio y Ley 9/2013, de 4 de julio. Parcialmente derogado por Ley 13/1996, de 30 de diciembre. Los títulos VII y VIII han sido afectados sustancialmente por la Ley 39/2003, de 17 de noviembre, del Sector Ferroviario y sus normas de desarrollo.
- Real Decreto 1082/2014, de 19 de diciembre, por el que se establecen especialidades para la aplicación de las normas sobre tiempos de conducción y descanso en el transporte por carretera desarrollado en islas cuya superficie no supere los 2.300 kilómetros cuadrados.
- Orden FOM/1996/2014 de 24 de octubre, por la que se modifica la Orden FOM/734/2007, de 20 de marzo, por la que se desarrolla el Reglamento de la Ley de Ordenación de los

---

<sup>6</sup> El catálogo de normativa destacada en el sector del transporte se ha tomado de la página web del Ministerio de Fomento:

[http://www.fomento.gob.es/mfom/lang\\_castellano/direcciones\\_generales/transporte\\_terrestre/informacion/normativa/ListTransMer.htm](http://www.fomento.gob.es/mfom/lang_castellano/direcciones_generales/transporte_terrestre/informacion/normativa/ListTransMer.htm)

Transportes Terrestres en materia de autorizaciones de transporte de mercancías por carretera.

- Ley 9/2013 de 4 de julio, por la que se modifica la Ley 16/1987, de 30 de julio, de Ordenación de los Transportes Terrestres y la Ley 21/2003, de 7 de julio, de Seguridad Aérea.
- Ley Orgánica 5/2013 de 4 de julio, por la que se modifica la Ley Orgánica 5/1987, de 30 de julio, de Delegación de Facultades del Estado en las Comunidades Autónomas en relación con los transportes por carretera y por cable.
- Real Decreto 128/2013 de 22 de febrero, sobre ordenación del tiempo de trabajo para los trabajadores autónomos que realizan actividades móviles de transporte por carretera.
- Orden FOM/2861/2012 de 13 de diciembre, por la que se regula el documento de control administrativo exigible para la realización de transporte público de mercancías por carretera.
- Orden FOM/1882/2012 de 1 de agosto, por la que se aprueban las condiciones generales de contratación de los transportes de mercancías por carretera.
- Real Decreto 662/2012, de 13 de abril, por el que se establece el marco para la implantación de los sistemas inteligentes de transporte (SIT) en el sector del transporte por carretera y para las interfaces con otros modos de transporte.
- Orden FOM/3528/2011 de 15 de diciembre, por la que se establece un nuevo régimen transitorio para la rehabilitación de autorizaciones de transporte de mercancías por carretera.
- Orden FOM/3203/2011 de 18 de noviembre, por la que se modifica la Orden FOM/36/2008, de 9 de enero, por la que se desarrolla la sección segunda del capítulo IV del título V, en materia de arrendamiento de vehículos con conductor, del Reglamento de la Ley de Ordenación de los Transportes Terrestres, aprobado por el Real Decreto 1211/1990, de 28 de septiembre.
- Real Decreto 1387/2011 de 14 de octubre, por el que se modifica el Reglamento de la Ley de Ordenación de los Transportes Terrestres, aprobado por el Real Decreto 1211/1990, de 28 de septiembre.
- Orden FOM/3509/2009 de 23 de diciembre, por la que se establece un régimen transitorio para la rehabilitación de autorizaciones de transporte de mercancías por carretera.
- Ley 15/2009 de 11 de noviembre, del Contrato de Transporte Terrestre de Mercancías.
- Orden FOM/2185/2008 de 23 de julio, por la que se modifica la Orden FOM/734/2007, de 20 de marzo, en materia de autorizaciones de transporte de mercancías por carretera.
- Real Decreto 640/2007 de 18 de mayo, por el que se establecen excepciones a la obligatoriedad de las normas sobre tiempos de conducción y descanso y el uso del

- tacógrafo en el transporte por carretera. Modificado por el Real Decreto 1082/2014, de 19 de diciembre.
- Orden FOM/734/2007 de 20 de marzo, por la que se desarrolla el Reglamento de la Ley de Ordenación de los Transportes Terrestres en materia de autorizaciones de transporte de mercancías por carretera. Modificada por la Orden FOM/2185/2008, de 23 de julio y FOM/1996/2014, de 24 de octubre
  - Orden FOM/605/2004 de 27 de febrero, sobre capacitación profesional de los consejeros de seguridad para el transporte de mercancías peligrosas por carretera, por ferrocarril o por vía navegable. Modificada por el Real Decreto 97/2014, de 14 de febrero.
  - Ley 29/2003 de 8 de octubre, sobre mejora de las condiciones de competencia y seguridad en el mercado de transporte por carretera, por la que se modifica, parcialmente, la Ley 16/1987, de 30 de julio, de Ordenación de los Transportes Terrestres.
  - Real Decreto 1256/2003 de 3 de octubre, por el que se determinan las autoridades competentes de la Administración General del Estado en materia de transporte de mercancías peligrosas y se regula la comisión para la coordinación de dicho transporte.
  - Real Decreto 366/2002 de 19 de abril, por el que se modifica parcialmente el Reglamento de la Ley de Ordenación de los Transportes Terrestres.
  - Orden de 26 junio 2001, por la que se modifica parcialmente el régimen jurídico de las autorizaciones de transporte de mercancías y viajeros por carretera.
  - Orden de 4 de abril de 2000, por la que se desarrolla el capítulo IV del título IV del Reglamento de la Ley de Ordenación de los Transportes Terrestres, en materia de otorgamiento de autorizaciones de transporte internacional de mercancías por carretera. Modificada por Orden de 26 de junio de 2001.
  - Orden de 28 febrero de 2000, por la que se modifica parcialmente la Orden de 24 de agosto de 1999 por la que se desarrolla el Reglamento de la Ley de Ordenación de los Transportes Terrestres en materia de autorizaciones de transporte de mercancías por carretera. Modificada por Orden de 26 de junio de 2001.
  - Orden de 18 de septiembre de 1998, por la que se dictan normas complementarias en materia de autorizaciones de transporte por carretera. Modificada por Orden de 26 de junio de 2001.
  - Resolución de 19 de septiembre de 1995, de la Dirección General del Transporte Terrestre, sobre realización del visado de las autorizaciones de transporte y de actividades auxiliares y complementarias del transporte.
  - Orden de 30 de septiembre de 1993, por la que se establecen normas especiales para determinados transportes combinados de mercancías entre Estados miembros de la CEE.



**Normativa destacada en el transporte de mercancías peligrosas:**

- Real Decreto 97/2014 de 14 de febrero, por el que se regulan las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera en territorio español.
- Orden FOM/2924/2006 de 19 de septiembre, por la que se regula el contenido mínimo del informe anual para el transporte de mercancías peligrosas por carretera, por ferrocarril o por vía navegable.
- Resolución de 21 de noviembre de 2005, de la Dirección General de Transportes por Carretera, sobre la inspección y control por riesgos inherentes al transporte de mercancías peligrosas por carretera.
- Real Decreto 1566/1999 de 8 de octubre, sobre los consejeros de seguridad para el transporte de mercancías peligrosas por carretera, por ferrocarril o por vía navegable. Modificado por el Real Decreto 97/2014, de 14 de febrero.

**Normativa relacionada con la responsabilidad medioambiental:**

- Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental, modificada por la Ley 11/2014, de 3 de julio, por la que se modifica la ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental.
- Real Decreto 2090/2008, de 22 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental, modificado por el Real Decreto 183/2015, por el que se modifica el Reglamento de Desarrollo Parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental, aprobado por el Real Decreto 2090/2008, de 22 de diciembre.

**Otra normativa destacada:**

- Real Decreto 379/2001, de 6 de abril por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias MIE-APQ-1, MIE-APQ-2, MIE-APQ-3, MIE-APQ-4, MIE-APQ-5, MIE-APQ-6 y MIE-APQ-7.
- Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.
- Ley 16/2002, de 1 de julio, de Prevención y Control Integrados de la Contaminación.
- Real Decreto 840/2015, de 21 de septiembre, por el que se aprueba medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.

## VII. METODOLOGÍA SEGUIDA PARA EL ANÁLISIS DE RIESGOS

Dado que puede considerarse que los operadores del sector realizan dos actividades claramente diferenciadas, se ha optado por abordar su análisis de riesgos a través de dos secciones: una destinada a las instalaciones fijas o estáticas —en la que se incluirían elementos como los almacenes, los aparcamientos, los centros logísticos, etc.— y otra dirigida a la actividad de transporte como tal —vinculada a los vehículos que circulan por carretera—. En todo caso, el presente análisis de riesgos se ha elaborado siguiendo la metodología establecida en la Norma UNE 150008 de análisis y evaluación del riesgo ambiental. Dicha metodología puede dividirse en las siguientes fases:

### 1. Identificación de causas y peligros

La primera fase del análisis consiste en identificar cuantas fuentes de peligro relevantes existan en las instalaciones y actividades realizadas por los operadores. En este sentido merece la pena recordar que, al tratarse de un análisis de riesgos sectorial, las fuentes de peligro identificadas en el presente MIRAT se consideran representativas del conjunto del sector. Esto es, se han obviado aquellos elementos particulares que pudieran existir solamente en un reducido grupo de operadores. No obstante, posteriormente, los operadores —en la elaboración de sus análisis de riesgos individuales—, deberán incluir la totalidad de las fuentes de peligro que consideren relevantes en el ámbito de su actividad concreta, independientemente de que se encuentren recogidas o no en el presente MIRAT.

Las fuentes de peligro serán tanto los elementos —almacenamientos, equipos, vehículos, etc.— como las actividades —carga y descarga, trasiegos, etc.— que pueden desencadenar un episodio de accidente medioambiental siempre y cuando, debido a ciertas causas, ocurran una serie de circunstancias desfavorables.

Por lo tanto, en el análisis de riesgos se considera un aspecto fundamental realizar una correcta identificación, primero, de las fuentes de peligro vinculadas a la actividad realizada y, segundo, de las causas a las que puede deberse un funcionamiento anormal de dicha fuente, de tal forma que la misma dé lugar a un posible accidente medioambiental. A modo de ejemplo, una fuente de peligro puede ser un depósito de sustancias químicas y una causa de fallo su corrosión o desgaste.

### 2. Identificación de sucesos iniciadores

Una vez que una determinada fuente de peligro deja de funcionar conforme con su actividad normal se producirá la liberación de un agente causante de daño —en la normativa de responsabilidad medioambiental se identifican agentes de tipo físico, químico y biológico, incluyendo también los daños por incendio—. De una forma intuitiva podría decirse que, atendiendo al funcionamiento normal del operador, en este momento el agente causante de daño o bien aparecería o bien dejaría de estar en el sitio donde debería. Continuando con el ejemplo anterior, debido al desgaste del depósito se habría producido la fuga o derrame de la sustancia que contenía.

La aparición de los agentes causantes de daño da lugar a los denominados sucesos iniciadores, los cuales pueden generar un incidente o accidente en función de cual sea su evolución en el espacio y en el tiempo.

Debe indicarse que, en ocasiones, la identificación de los sucesos iniciadores puede ser anterior a la identificación de sus causas ya que estos pueden ser detectados de forma intuitiva o bien con base en la experiencia previa que pueda tener el operador.

Algunos de los sucesos iniciadores más frecuentes en los análisis de riesgos son los vinculados a los derrames o fugas de sustancias químicas y a los incendios.

### **3. Postulación de escenarios accidentales**

Como se ha indicado, un suceso iniciador podrá generar o no un accidente medioambiental en función de cual sea su evolución en el espacio-tiempo. Estas posibles evoluciones se analizan a través de los denominados factores condicionantes que pueden ser tanto elementos artificiales —cubetos, kits de emergencia, etc.— como situaciones naturales o del entorno —viento, corrientes de agua, presencia de especies, etc.—. De nuevo, en el ejemplo que se ha estado siguiendo, un posible factor condicionante sería un cubeto de contención de derrames, de tal forma que si éste tiene éxito el accidente puede minimizarse o, incluso, no llegar a producirse.

La identificación y consideración de los factores condicionantes que influirán —o podrán influir— en el desarrollo de cada suceso iniciador dará lugar a la construcción de unos árboles de sucesos. Estos árboles representan una herramienta útil para evaluar las posibles consecuencias asociadas al fallo ocurrido en una fuente de peligro. De esta forma, una vez establecido el suceso iniciador se prevé la evolución que puede tener el incidente en función de los diferentes caminos que éste puede seguir.

Cada una de las ramas del árbol desemboca en un escenario que viene caracterizado por su correspondiente suceso iniciador y por el éxito o fracaso de los factores condicionantes que deban considerarse. Adicionalmente, en los escenarios deben preverse los recursos naturales —de entre los cubiertos por la LRM— que podrían resultar afectados. Continuando con el ejemplo, un escenario podría ser el vertido de la sustancia química al suelo debido al fallo en la contención del cubeto o, su complementario, el derrame contenido en el cubeto.

Llegados a este punto ya se habría diseñado la estructura del análisis de riesgos, constituida por la totalidad de árboles de sucesos que se hayan construido. Dicho de otra forma, en el estudio se contaría, por un lado, con la identificación de todos los elementos implicados en el mismo —fuentes de peligro, causas de accidente, sucesos iniciadores, factores condicionantes, recursos naturales potencialmente afectados y escenarios accidentales— y, por otro, con una especificación de la vinculación existente entre dichos elementos —representada en los árboles de sucesos—.

### **4. Asignación de la probabilidad de ocurrencia**

Una vez definida la estructura del análisis de riesgos resta dotarla de los valores numéricos que permitan estimar la probabilidad de ocurrencia y la magnitud de las consecuencias medioambientales asociadas a cada escenario accidental.

La determinación de la probabilidad de ocurrencia se puede expresar tanto en valores cuantitativos como semicuantitativos, si bien en el presente MIRAT se propone el empleo de métodos cuantitativos, ya que se consideran más adecuados para el sector objeto de estudio debido a los siguientes motivos:

- La posibilidad de obtener datos de probabilidad cuantitativos para la totalidad de fuentes de peligro consideradas, especialmente en el caso del transporte de mercancías por carretera a través de la tasa de accidentabilidad.
- La posibilidad que ofrece el método cuantitativo de ajustarlo con escalas específicas para el sector que permitan ser sensibles a las diferentes medidas de gestión del riesgo que pueden adoptarse.

Los valores de probabilidad deben asignarse en un primer momento a los sucesos iniciadores para, posteriormente, considerar la probabilidad de éxito de cada factor condicionante. La composición de estas probabilidades —atendiendo a los vínculos establecidos en el árbol de sucesos— permite obtener una estimación de la probabilidad de ocurrencia de los escenarios accidentales expresada en términos numéricos.

#### **5. Estimación de consecuencias**

Los escenarios accidentales deben figurar adecuadamente caracterizados, además de por su probabilidad de ocurrencia, por la magnitud de las consecuencias medioambientales que pudieran generar. Aunque en la actualidad un número importante de operadores del sector quedaría exento de constituir una garantía financiera obligatoria y, por tanto, no estarían sujetos a lo establecido en el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental aprobado mediante Real Decreto 2090/2008, de 22 de diciembre, y que se ha modificado mediante el Real Decreto 183/2015, de 13 de marzo, respecto al cálculo de dicha garantía, se recomienda evaluar las consecuencias conforme a dicha normativa, por ser la de referencia en el ámbito de la responsabilidad medioambiental. De esta forma, se calculará el Índice de Daño Medioambiental (IDM) de cada uno de los escenarios que puedan afectar de manera relevante a los recursos naturales.

#### **6. Estimación del riesgo**

Por último, el riesgo de cada escenario será el resultado de multiplicar su probabilidad de ocurrencia por la magnitud de sus consecuencias medioambientales expresadas en términos del IDM. Una vez se dispone de esta información, los operadores podrán adoptar las medidas de gestión del riesgo que consideren más adecuadas: eliminación del riesgo, reducción y control, retención y transferencia, comunicación, etc. Entre estas medidas de gestión puede encontrarse la constitución de una garantía financiera por responsabilidad medioambiental, cuyo cálculo deberá realizarse conforme con las disposiciones del artículo 33 del Reglamento de desarrollo parcial de la ley.

## VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS ESCENARIOS ACCIDENTALES RELEVANTES DEL SECTOR. SECCIÓN: ELEMENTOS ESTÁTICOS

En el ámbito del presente MIRAT se entiende por instalaciones estáticas a todos los elementos de los que disponga el operador cuando éstos no se desplazan por carretera. Su naturaleza y funcionamiento puede considerarse, por lo tanto, similar al de la mayoría de los restantes operadores sujetos a la LRM, ya que las fuentes de peligro no se trasladan fuera de un determinado recinto en el que se realiza la actividad.

### VIII.1. FUENTES DE PELIGRO

A continuación se enumeran las fuentes de peligro, identificadas para esta sección, agrupadas por zonas con objeto de facilitar su consulta. La codificación asignada a cada fuente responde a la nomenclatura F.X.Y, donde X es el código de la zona en la que aparece la fuente e Y el número de fuente dentro de dicha zona.

#### Zona de estacionamiento

Esta zona se corresponde con el espacio dentro de cada instalación en el que permanecen aparcados los vehículos cuando no están prestando un servicio de transporte. Estos vehículos pueden estar cargados de mercancía o no. En cuanto a los tipos de mercancías que se pueden encontrar en el sector indicar que esta es de muy diversos tipos: combustibles, gases, sustancias químicas, productos alimenticios, residuos o mercancías pulverulentas. De cara al análisis de riesgos se ha optado por diferenciar dos grandes grupos: sustancias inflamables (aquellas susceptibles de desencadenar un vertido y/o un incendio) y sustancias no inflamables (aquellas susceptibles de generar únicamente un vertido). Por lo tanto las fuentes de peligro identificadas a nivel sectorial son las siguientes:

**F.E.1:** Vehículos estacionados y cargados con mercancía inflamable.

**F.E.2:** Vehículos estacionados y cargados con mercancía no inflamable.

**F.E.3:** Vehículos estacionados sin carga de mercancía.

En el caso de los vehículos compartimentalizados que estén cargados con ambos tipos de mercancías (inflamables y no inflamables) se recomienda incluir estos vehículos en la categoría de “vehículos estacionados y cargados con mercancía inflamable”, situando de esta forma el estudio del lado de la prudencia.

En caso de que la mercancía cargada en los vehículos sea sólida y no inflamable puede asumirse que ésta no tendrá asociado un riesgo relevante dada la baja probabilidad de que la misma pueda ocasionar un daño a los recursos naturales. Por lo tanto, se podría asumir que, en caso de vertido, las mercancías sólidas serían retiradas previamente a que generen un accidente medioambiental. En este caso, de cara al análisis de riesgos, los vehículos deberían considerarse como vehículos estacionados sin carga de mercancía.

### **Zona de carga y descarga de mercancía envasada y reparto domiciliario**

La carga y descarga de la mercancía envasada puede ser realizada en las instalaciones del propio operador o en otras dependencias —del cliente o del destinatario de la mercancía—. Mientras, la carga y descarga de la mercancía a granel se realiza en dependencias de terceros (clientes, destinatarios de la mercancía, etc.). En el presente MIRAT únicamente se incluyen las operaciones de carga y descarga que sean realizadas en las instalaciones del propio operador, ya que son éstas sobre las que el operador tiene un mayor control de la actividad. Por otra parte, debe indicarse que la inclusión de operaciones realizadas en instalaciones ajenas no resulta viable ya que equivaldría a realizar un análisis de riesgos de todas y cada una de las ubicaciones o instalaciones en las cuales se realicen cargas o descargas de mercancía. Por último, en caso de ocurrencia de un accidente medioambiental durante un proceso realizado en dependencias ajenas, existe cierta incertidumbre a la hora de determinar quién sería el responsable final del mismo, pudiendo ser función tanto del estado de los equipos y del buen hacer del transportista como de las condiciones en las que se encuentre la instalación receptora, por lo que, probablemente, se trataría de una situación a analizar caso por caso, e incluso, con posterioridad a la ocurrencia de cada accidente.

Por lo que respecta a los servicios domiciliarios, de nuevo, su gran número hace inviable un estudio detallado de cada uno de los mismos, ya que sería necesario elaborar un análisis de las instalaciones con las que cuenta cada particular para el trasvase de la mercancía. Ante esta situación, en el presente MIRAT se ha asumido que los accidentes que podrían ocurrir durante la descarga en entregas domiciliarias tendrían escasa relevancia en comparación con los accidentes que pueden ocurrir durante el transporte de la mercancía por carretera. El fundamento de esta decisión se encuentra, principalmente, en la imposibilidad de llevar a cabo el análisis de cada uno de los puntos de descarga, a lo que puede añadirse que las instalaciones de particulares suelen encontrarse en suelo urbano (con una relativamente elevada componente artificial del terreno), y, por último, que las cantidades despachadas serían menores que en otras operaciones realizadas por el sector. Mientras, si sucediera un accidente durante el transporte de la mercancía, los efectos pueden ser notables debido a la posible afección a varios recursos naturales con cantidades elevadas de agentes causantes de daño. De esta forma, se considera que el tratamiento dado en el MIRAT a la actividad de transporte permite asumir que la misma cubriría escenarios (y por lo tanto daños medioambientales) de una relevancia significativamente superior a los que ocasionaría un accidente doméstico o, dicho de otra forma, los operadores que constituyan su garantía atendiendo a los criterios aquí ofrecidos para la actividad de transporte también contarían con los recursos financieros necesarios para atender posibles incidentes medioambientales durante la descarga doméstica.

Las operaciones de carga y descarga realizadas en las instalaciones del sector son las relativas al traslado de mercancía envasada dentro de los centros logísticos. De esta forma, se han identificado las siguientes fuentes de peligro:

**F.CD.1:** Carga y descarga de vehículos con mercancía inflamable envasada.

**F.CD.2:** Carga y descarga de vehículos con mercancía no inflamable envasada.

La operación de carga y descarga de sustancias sólidas no inflamables puede considerarse una actividad con un riesgo medioambiental no relevante dado que la movilidad de las mismas sería despreciable. De esta forma, se asume que en caso de derrame se podría proceder a la retirada del agente causante de daño previamente a que éste pueda generar un impacto sobre los recursos naturales.

#### **Zona de lavadero de cisternas**

El lavadero de cisternas es la zona en la cual se procede a limpiar el interior de las cisternas con objeto de que éstas queden disponibles para la siguiente actividad de transporte. En la misma se han identificado las siguientes fuentes de peligro:

**F.L.1:** Depósito de detergente.

**F.L.2:** Depósito subterráneo de decantación de aguas de lavado.

**F.L.3:** Depósito aéreo de decantación de aguas de lavado.

**F.L.4:** Depósito subterráneo de almacenamiento de aguas de lavado previamente a su tratamiento.

**F.L.5:** Depósito aéreo de almacenamiento de aguas de lavado previamente a su tratamiento.

**F.L.6:** Depósitos de reactivos para el tratamiento del agua de lavado.

**F.L.7:** Sistema de tratamiento de las aguas de lavado.

**F.L.8:** Caldera.

Respecto a esta zona merece la pena indicar que el depósito de detergente y los depósitos de reactivos para el tratamiento de las aguas de lavado pueden ser consideradas como fuentes de peligro no relevantes siempre que en las mismas se manejen cantidades relativamente bajas en comparación con el resto de cantidades manejadas en el conjunto de la instalación.

#### **Zona de almacenamiento de mercancías**

Las instalaciones del sector pueden contar con una zona en la que se almacenan de forma temporal las mercancías envasadas actuando, de esta forma, como un centro logístico. En estos almacenes se han identificado las siguientes fuentes de peligro:

**F.AM.1:** Envases de sustancias químicas inflamables: bidones, GRG, etc.

**F.AM.2:** Envases de sustancias químicas no inflamables: bidones, GRG, etc.

Las mercancías no inflamables que se encuentren almacenadas en estado sólido pueden considerarse como no relevantes en el presente análisis de riesgos dado que la movilidad de las mismas sería despreciable. Esto es, puede considerarse que en el almacén el derrame de estas sustancias sería retirado en un corto espacio de tiempo sin causar daños a los recursos naturales.

### **Red de tuberías**

En esta zona se incluye la red de tuberías empleada para el transporte de sustancias líquidas en el interior de la instalación. En concreto, a nivel sectorial, se han diferenciado los siguientes tipos:

**F.T.1:** Tuberías aéreas de combustible.

**F.T.2:** Tuberías aéreas de aguas de lavado.

**F.T.3:** Tuberías subterráneas de combustible.

**F.T.4:** Tuberías subterráneas de aguas de lavado.

### **Zona de instalaciones y actividades auxiliares**

Las instalaciones auxiliares son aquellas que prestan el soporte necesario para que la flota de vehículos pueda desempeñar su labor principal de transporte. En este sentido, se han identificado como fuentes relevantes el depósito de combustible para el abastecimiento de los vehículos y los productos necesarios para el mantenimiento de los mismos.

**F.A.1:** Depósito de combustible subterráneo.

**F.A.2:** Depósito de combustible aéreo.

**F.A.3:** Descarga de combustible desde camión de suministro.

**F.A.4:** Depósitos y envases de sustancias no inflamables para el mantenimiento de vehículos.

Los depósitos y envases de sustancias para el mantenimiento de vehículos hacen referencia principalmente a los envases de aceite disponibles en los talleres de las instalaciones. Sin embargo, la cantidad existente en las plantas suele ser reducida por lo que el operador podrá evaluar su supresión del análisis de forma justificada, siempre que el volumen manejado tenga escasa relevancia en comparación con las restantes fuentes de peligro que se hayan identificado.

## **VIII.2. CAUSAS DE PELIGRO Y SUCESOS INICIADORES**

La mera presencia de una fuente de peligro —según el enfoque adoptado en el presente análisis— no implica necesariamente la existencia de un suceso iniciador que pueda desembocar en un accidente medioambiental. De hecho, para que esto ocurra, previamente habrán de darse una serie de circunstancias desfavorables —o causas— que provoquen la liberación o la aparición de un agente potencialmente causante de daño. En el presente análisis se han identificado dos tipos básicos de sucesos iniciadores atendiendo al agente causante de daño que estaría asociado a los mismos: derrames de sustancias tóxicas e incendios o explosiones.

Los derrames, a su vez, deben diferenciarse en función del agente químico que causaría el hipotético daño medioambiental. En el presente MIRAT se han distinguido los siguientes grandes grupos:

- **Mercancía.** Bajo el concepto de mercancía se engloba la totalidad de sustancias, productos, preparados, etc. que pueden ser transportados en el ámbito del sector, incluyendo combustibles, gases, sustancias químicas, productos alimenticios, residuos y



mercancías pulverulentas. No obstante, podría decirse que, si no todos, prácticamente cualquier tipo de agente químico puede ser susceptible de transporte, por lo que no resulta viable realizar una caracterización detallada y válida de este tipo de agente para el conjunto del sector. Esto es, la mercancía específica que gestione cada operador es función de cada empresa, tratándose de una de las principales fuentes de heterogeneidad dentro de la actividad evaluada. Incluso dentro de cada operador, la diversidad de sustancias existentes hace recomendable asumir una serie de simplificaciones para la realización del análisis de riesgos. Dichas simplificaciones o pautas se exponen en apartados posteriores del presente documento.

En cuanto a los gases, indicar que, al no ser la atmósfera un recurso natural cubierto por la LRM, únicamente se deben considerar sus posibles efectos en caso de que dichos gases generen una nube tóxica y ésta pueda provocar daños relevantes sobre alguno de los recursos naturales cubiertos por la normativa (agua, suelo, hábitats, especies silvestres y riberas del mar y de las rías). En todo caso, si los gases son inflamables, se deberá considerar el posible daño por incendio y el consecuente vertido de los medios de extinción que se estimen necesarios para sofocarlo.

Por último, señalar que, si la sustancia transportada es sólida y no inflamable, podrá asumirse que la misma no llegará a causar efectos medioambientales relevantes al poder ser retirada en un corto periodo de tiempo debido a su escasa movilidad. No obstante, se destaca de nuevo que estas apreciaciones sectoriales deben ser contrastadas y analizadas por cada operador concreto.

- **Detergente.** Los detergentes son las sustancias empleadas en el lavadero de cisternas para, tras ser mezcladas con el agua, proceder al limpiado del interior de las mismas con objeto de que éstas queden habilitadas para el siguiente servicio de transporte. El producto concreto seleccionado para este fin dependerá de cada operador.
- **Aguas de lavado.** Por aguas de lavado se entiende a la mezcla de los restos de mercancía —fracción residual que permanece en la cuba después de su vaciado—, el agua usada en el lavado y los detergentes que se hayan empleado.
- **Reactivos.** Se trata de sustancias químicas usadas en bajas cantidades con objeto de tratar los efluentes previamente a su vertido de tal forma que dicho vertido, cuando se produzca, se encuentre dentro de los parámetros indicados en la correspondiente autorización.
- **Combustible.** El combustible empleado generalmente en el sector, para el abastecimiento de sus vehículos, es gasóleo. A éste se le incorpora un aditivo que se compone principalmente de urea, no constituyendo este último un peligro medioambiental relevante.
- **Aguas de extinción de incendio.** Bajo la denominación de “agua de extinción de incendio” se incluye el volumen de agua liberado con objeto de luchar contra un incendio en el interior de la instalación. Esta categoría considera también la cantidad de mercancía o de otras sustancias que serían arrastradas por los medios de extinción que se empleen.

- **Sustancias para el mantenimiento.** La denominación de sustancias para el mantenimiento da cabida en el análisis a los productos que se empleen en el taller para reparar o mantener los vehículos. Generalmente, a nivel sectorial, se tratará principalmente de aceite y de otras sustancias similares necesarias para el correcto funcionamiento de los vehículos.

En cuanto a los incendios y explosiones debe indicarse que su consideración como agentes causantes de daño hace referencia exclusivamente a los daños que estos puedan causar sobre los recursos naturales. De esta forma, un incendio que no traspase la instalación o que únicamente afecte a bienes artificiales no tendría la consideración de daño medioambiental. Por otra parte, las aguas de extinción contaminadas que se utilizasen para contener el incendio y que entrasen en contacto con los recursos naturales serían tratadas como un derrame o un agente de tipo químico.

En el Anejo E.I se recoge la identificación de las causas que se ha realizado para cada uno de los sucesos iniciadores en función de la fuente de peligro de la cual proceden. A continuación se describe cada una de las mismas:

- **Ausencia de revisiones y controles.** Generalmente, los equipos, las instalaciones, los almacenamientos, etc. deben ser objeto de una serie de revisiones periódicas que garanticen su funcionamiento adecuado. De esta forma, se considera que una realización deficiente de los controles pertinentes puede desencadenar un suceso iniciador.
- **Desgaste/corrosión.** El desgaste y la corrosión de los materiales de los que se componen los diferentes equipos puede ocasionar que estos dejen de funcionar de forma correcta dando lugar a un suceso iniciador.
- **Error humano.** El error humano se entiende, bajo un enfoque amplio, como cualquier incidente que puede producirse al fallar el personal encargado de los equipos o de las operaciones.
- **Fallo del equipo.** Bajo la causa “fallo del equipo” se da cabida en el análisis a los incidentes desencadenados por un equipo que, al menos aparentemente, se encontraba en buen estado atendiendo a los controles, a sus niveles de desgaste, a la operación por parte del personal, etc. pero que, sin embargo, provoca un incidente debido a fallos intrínsecos al mismo.
- **Foco de ignición.** En el caso de posibles daños por incendio se atiende a una triple causa conocida como triángulo del fuego. Con base en dicho triángulo se asume que únicamente se da un incendio cuando concurren una fuente de ignición, un combustible y un comburente.

Los focos de ignición pueden ser de cuatro tipos:

- i) Focos eléctricos: Cortocircuitos, arco eléctrico, cargas estáticas, etc.
- ii) Focos químicos: Reacciones exotérmicas, sustancias reactivas o sustancias auto-oxidables.
- iii) Focos térmicos: Soldadura, chispas de combustión, superficies calientes, etc.
- iv) Focos mecánicos: Chispas de herramientas o fricciones mecánicas.

- **Rotura por impacto.** En el presente análisis de riesgos la causa de rotura por impacto se considera asociada al impacto ocasionado por el choque de un vehículo. Por lo tanto, únicamente se ha considerado en aquellas zonas o actividades en las cuales existe una circulación de medios de transporte.

### VIII.3. IDENTIFICACIÓN DE ESCENARIOS ACCIDENTALES

La identificación de los escenarios accidentales se ha realizado utilizando la herramienta de los árboles de sucesos prevista en la Norma UNE 150008. Mediante estos árboles se prevén los diferentes caminos que puede seguir un suceso iniciador en función de los factores que pueden influir en su evolución en el espacio-tiempo.

Atendiendo a las características del sector objeto de estudio se han diseñado tres tipos de árboles de sucesos, recopilados en el Anejo E.II:

#### 1. **Árbol tipo para sucesos iniciadores de derrame (Tipo 1)**

Este árbol se encuentra dirigido a aquellos sucesos iniciadores en los que no se prevé un episodio de incendio o explosión. Por lo tanto, su agente causante de daño es el propio agente que se haya liberado en el origen del incidente, ya sea este inflamable o no inflamable, si bien en el primer caso se debe asumir que el mismo no sufrirá una ignición.

Los factores condicionantes identificados para este tipo de episodios son los siguientes:

- **Contención automática.** En caso de fuga o derrame, en el modelo planteado se asume que las primeras medidas en activarse serán aquellas que no requieran de ninguna actuación por parte del personal. Se trata por lo tanto de las medidas de contención de derrames automáticas y pasivas —en el presente análisis ambas se evalúan bajo la denominación genérica de contención automática—. A modo de ejemplo, esta categoría incluiría los cubetos, el cierre automático de válvulas o compuertas, etc.
- **Contención manual.** En la secuencia de eventos planteada se ha establecido que, con posterioridad al accionamiento de las medidas de contención automáticas, podrían activarse las medidas de emergencia manuales. En este sentido, se entiende por medida manual aquella que requiere de la participación del personal para entrar en funcionamiento. Dentro de esta categoría se incluirían medios como las mantas absorbentes, los depósitos de sepiolita, los cierres manuales de la red de drenaje, etc.
- **Gestión de aguas y derrames.** Bajo la denominación de este factor se hace referencia a la existencia de una red de drenaje capaz de retener tanto los posibles derrames como las aguas pluviales que pudieran resultar contaminadas a causa de los mismos. La red de drenaje puede cubrir tanto la totalidad de la instalación como uno o varios sectores concretos de la misma. El cerramiento de esta red interna como respuesta a un incidente puede ser tanto manual como automática o pasiva en función de la instalación concreta.

## 2. Árbol tipo para sucesos iniciadores de incendio (Tipo 2)

A diferencia de los árboles anteriores, en este tipo se asume la aparición de un foco de ignición que causará un incendio o una explosión. Como respuesta al incendio la instalación activará los sistemas de extinción de los que disponga, pudiendo quedar el incendio en un simple conato o, por el contrario en las circunstancias más desfavorables, llegar a trascender los límites de la planta. En estos árboles se prevé el efecto negativo que podrían ocasionar las aguas y medios de extinción que se empleen durante la lucha contra el incendio.

Los factores condicionantes recogidos en el árbol de sucesos son los siguientes:

- **Detección y extinción temprana.** El primer factor considerado en estos árboles hace referencia a la posibilidad de que el incendio sea detectado y extinguido de forma temprana quedando por lo tanto reducido a un conato o incendio de pequeñas dimensiones. En este caso, como criterio general, se asume que el volumen de agua o medios de extinción generado no sería relevante —bastaría con utilizar un volumen relativamente pequeño para sofocar el incendio en el interior de la zona donde éste se origina—. No obstante, aquellos operadores que lo consideren oportuno, atendiendo a las características de su instalación, podrán incorporar en este supuesto la liberación de un determinado volumen de vertido de medios de extinción —calculado con base en los equipos que se accionarían—.
- **Gestión de aguas y derrames.** Se trata del mismo factor condicionante al descrito en el árbol anterior. Por lo tanto, el mismo considera la posible retención de los medios de extinción que se hayan liberado previamente a la salida de estos fuera de la instalación.

## 3. Árbol tipo para sucesos iniciadores de líquidos tratados inadecuadamente (Tipo 3)

Por último, se ha previsto un árbol específico para el caso de que el sistema de tratamiento de las aguas de lavado no funcione de forma correcta, pudiendo producir un vertido directo cauce o indirecto (a través de la red de drenaje, colectores, etc.) de un efluente con parámetros de calidad deficitarios. En esta situación se han considerado dos posibles sistemas de contención del posible derrame, uno de tipo manual —medición de la calidad del vertido o detención del mismo de tipo manual— y otro de tipo automático —medición de los parámetros de vertido y parada del vertido de forma automática—.

- **Contención automática.** Este factor introduce en el modelo la posibilidad de que el operador cuente con un medio de detención del vertido de tipo automático que permita tanto detectar valores anormales como, en su caso, la retención del caudal vertido una vez que éste ha abandonado el sistema de tratamiento.
- **Contención manual.** Como alternativa (o complemento) a la posible existencia de un sistema de control automático se ha incluido en el árbol la opción de que existan sistemas manuales que permitan la detección y la contención de un efluente en condiciones no aptas para su vertido.

El conjunto de los árboles de sucesos que se han elaborado figuran en el Anejo E.II del presente MIRAT.

#### VIII.4. PROTOCOLOS PARA LA ASIGNACIÓN DE PROBABILIDADES

En los apartados precedentes se han expuesto los elementos que se consideran relevantes a nivel sectorial para la realización de los análisis de riesgos conforme prevé la normativa de responsabilidad medioambiental —se debe insistir, no obstante, en que la presente sección se dirige únicamente a los elementos estáticos de los operadores—. Estos elementos constituyen la estructura del modelo a seguir para la elaboración de los análisis de riesgos, restando por lo tanto dotar a dicha estructura de los valores numéricos necesarios para estimar la probabilidad de ocurrencia de cada escenario y la correspondiente magnitud de sus potenciales daños medioambientales.

En este primer apartado se procede a exponer una serie de pautas y protocolos para la imputación de probabilidades de ocurrencia tanto a los sucesos iniciadores como a cada uno de los escenarios a los que estos pueden dar lugar. La metodología seguida con este fin es esencialmente de tipo cuantitativo, fundamentándose en una serie de valores (tasas de accidente) obtenidos de literatura científica especializada.

No obstante, en el presente MIRAT se prevé que estos valores genéricos puedan ser particularizados o matizados por cada operador individual con objeto de que el modelo de análisis de riesgos ofrezca cierta sensibilidad a las diferentes políticas y medidas de gestión del riesgo que puedan adoptarse.

##### VIII.4.1. Asignación de probabilidades a los sucesos iniciadores

La estimación de la probabilidad de ocurrencia de cada suceso iniciador parte de los datos bibliográficos de tasas de fallo de los equipos que pueden originarlos. En concreto, en el presente MIRAT se han utilizado las siguientes fuentes:

- *Handbook failure frequencies 2009 for drawing up a safety report* (Flemish Government, 2009).
- *Failure Rate and Event Data for use within Risk Assessments* (HSE, 2012).

Si bien, los operadores del sector podrían acudir a otras fuentes de información —bibliografía especializada que consideren más adecuada para su instalación, registros de accidentes propios (por ejemplo, la declaración de sucesos que implican mercancías peligrosas exigida en el apartado 1.8.5 del ADR 2013), etc.— que les permitan obtener los datos requeridos (fallos esperados por unidad de tiempo).

Una vez que se ha determinado el dato de base para la estimación de la probabilidad del suceso iniciador (tasa de fallo de la fuente de peligro implicada, consultar Anejo E.III), ésta podrá verse modificada en un determinado porcentaje atendiendo a ciertas cuestiones relacionadas con la gestión del riesgo de la instalación.

Esta modificación de la tasa de fallo genérica permite al instrumento considerar la correcta gestión del riesgo en las instalaciones, haciendo que aquéllas que mantengan una adecuada prevención y gestión de sus riesgos puedan disminuir en cierta forma la probabilidad de los sucesos iniciadores considerados.

Para calcular esta disminución de la tasa de fallo se ha acudido a la metodología recogida en el manual promovido por el Gobierno de Flandes (Flemish Government, 2009).

En este sentido, el manual permite su adaptación a circunstancias específicas, habilitando al analista para desviarse de los valores que propone —considerados como genéricos o estándares de referencia— reduciéndolos en función de la instalación evaluada.

Conforme con Flemish Government (2009), las reducciones de probabilidad se deberían basar en la existencia de medidas adicionales o especiales de seguridad y prevención de riesgos para cada una de las causas que se identifiquen en la instalación.

A su vez, se indica que la tasa de fallo reducida —una vez aplicadas las reducciones sobre cada causa— debe ser igual o superior al 10% de la correspondiente probabilidad genérica, es decir, se puede alcanzar una reducción máxima de un 90% sobre la tasa original.

No obstante, en dicha referencia no se especifica qué porcentaje de la tasa de fallo se debe a cada una de las posibles causas de accidente, lo cual impide poder aplicar este criterio metodológico de manera directa. Ante esta incertidumbre, se ha optado por adoptar un enfoque conservador aceptando únicamente reducciones de la probabilidad genérica del suceso iniciador de un máximo del 10% de la tasa de fallo original.

Para determinar el porcentaje de reducción que debe aplicar una instalación a la probabilidad de cada uno de sus sucesos iniciadores, se ha acudido como referencia a los distintos cuestionarios recogidos en el SQAS —*Safety & Quality Assessment System*—.

Como se comentó previamente en el punto IV.2., se trata de un sistema que permite evaluar la calidad, la seguridad y el desempeño medioambiental de las empresas de transporte y logística. En la evaluación se utiliza un cuestionario específico para cada una de las siguientes actividades: núcleo o actividades transversales (*core*), actividades de transporte (*transport service*), actividades de limpieza de tanques (*tank cleaning*) y actividades de almacenamiento (*warehouse*). El SQAS ofrece como resultado final una nota numérica o puntuación expresada en valores del 0 al 100, donde los valores superiores reflejan situaciones más favorables en los ámbitos analizados.

Puesto que algunas de las preguntas recogidas en los distintos cuestionarios hacen referencia de forma directa a determinados comportamientos relacionados con la gestión de riesgos en la instalación y, además, se trata de un sistema muy extendido y aplicado por la mayoría de empresas que son objeto de estudio en este MIRAT, se ha determinado que el sistema SQAS es una herramienta óptima para la estimación del porcentaje de reducción de la tasa de fallo genérica.

Tomando como base la totalidad de preguntas recogidas en los 4 cuestionarios que conforman el SQAS —1.000 cuestiones aproximadamente—, se han seleccionado aquellas que podrían afectar en mayor medida a la probabilidad del suceso iniciador, obteniéndose una batería de 47 preguntas en total. Estas 47 cuestiones se han clasificado en función de la/s fuente/s de peligro a la/s que influirían y de si se trata de un suceso iniciador tipo “incendio” o “derrame” en aquellas fuentes de peligro que pueden estar asociadas a agentes inflamables. La totalidad de las preguntas seleccionadas, así como las fuentes de peligro con las que se han relacionado y el tipo de suceso iniciador, se pueden

consultar en el Anejo E.IV del presente documento. En todo caso, dado que esta selección se ha elaborado desde un punto de vista sectorial, si el operador estima que en su instalación concreta existe otra serie de cuestiones que expliquen en mayor medida su riesgo medioambiental podrá seleccionarlas de forma justificada.

La estimación del porcentaje de reducción de la probabilidad de cada suceso iniciador —hasta un máximo de un 10% de disminución de la tasa de fallo genérica—, requiere responder a las cuestiones marcadas con una “X” para la fuente de peligro y el tipo de suceso iniciador que se esté analizando conforme se indica en el Anejo E.IV. Si la respuesta a la pregunta es afirmativa, dicha cuestión debe valorarse como 1, por el contrario, si la respuesta es negativa, la cuestión debe quedar valorada como 0. Es necesario aclarar que determinadas preguntas se componen de varias cuestiones, en estos casos, el valor de la pregunta total es igual a 1, debiendo puntuarse ésta en función de las respuestas parciales dadas a las distintas cuestiones que la componen. Expresado de forma matemática:

$$P_p = \frac{N_{RA}}{T}$$

Donde:

$P_p$ , es la puntuación de la pregunta completa, cuyo valor máximo es la unidad.

$N_{RA}$ , es el número de respuesta afirmativas dadas dentro de la pregunta.

$T$ , es el total de subcuestiones que conforman la pregunta.

A modo de ejemplo, si una pregunta está formada por 8 subcuestiones y se responde a 5 de las mismas afirmativamente y a 3 negativamente, el resultado total de la pregunta sería:

$$P_p = \frac{5}{8} = 0,625$$

Con objeto de determinar el porcentaje total de disminución de la tasa de fallo genérica, será necesario aplicar la siguiente ecuación:

$$F_R = \frac{\sum P_p}{T_p} \times 0,1$$

Donde:

$F_R$ , es el factor de reducción aplicable a la probabilidad genérica del suceso iniciador. El valor máximo que puede adoptar es 0,1.

$\sum P_p$ , es el sumatorio de las puntuaciones otorgadas a cada una de las preguntas.

$T_p$ , es el total de preguntas que afectan al suceso iniciador que se esté analizando.

De nuevo, se incluye un ejemplo para ilustrar la aplicación de dicha ecuación. Para un hipotético suceso iniciador de “Derrame desde depósitos de reactivos para el tratamiento del agua de lavado”, el proceso de cálculo sería el que se detalla a continuación.

Tomando las preguntas de referencia de los cuestionarios del sistema SQAS, y respondiendo a las mismas conforme a la instalación que se tome de referencia, se obtendría la información resumida en la siguiente Tabla 4.

Por lo tanto, conociendo los valores de  $T_p$  (12) y de  $\sum P_p$  (7,75), se puede obtener de forma sencilla el valor del factor de reducción aplicable a la probabilidad genérica del suceso iniciador aplicando la ecuación:

$$F_R = \frac{\sum P_p}{T_p} \times 0,1 = \frac{7,75}{12} \times 0,1 = 0,0646$$

Es decir, que este modelo nos permitiría reducir la probabilidad genérica del suceso iniciador en un 6,46 % aproximadamente, de la siguiente forma:

$$F_{Ra} = T_{FG} \times F_R$$

Donde,

$F_{Ra}$ , es el factor de reducción aplicado a la tasa de fallo genérica correspondiente.

$T_{FG}$ , es la tasa de fallo genérica asociada al suceso iniciador, extraída de la bibliografía.

$F_R$ , es el factor de reducción expresado en tanto por uno y calculado con base en la respuesta a las cuestiones del SQAS.

Finalmente, mediante la siguiente ecuación, se obtendría tasa de fallo ajustada por gestión del riesgo.

$$T_{FA} = T_{FG} - F_{Ra}$$

Donde,

$T_{FA}$ , es la tasa de fallo ajustada asociada al suceso iniciador.

$T_{FG}$ , es la tasa de fallo genérica asociada al suceso iniciador, extraída de la bibliografía.

$F_{Ra}$ , es el factor de reducción aplicado a la tasa de fallo genérica correspondiente.

De esta forma, si el suceso iniciador lleva aparejada una tasa de fallo del depósito basada en fuentes bibliográficas ( $T_{FG}$ ) de  $5,00 \times 10^{-3}$ , el factor de reducción ( $F_R$ ) permitiría disminuirla un 6,46% ( $F_{Ra} = 3,23 \times 10^{-4}$ ), obteniéndose finalmente una probabilidad del suceso iniciador ajustada por gestión del riesgo en la instalación ( $T_{FA}$ ) de  $4,68 \times 10^{-3}$ , siendo esta última probabilidad la que se emplee para continuar con el análisis.



Modulo SQAS	Pregunta SQAS	Texto	Pregunta relacionada	Respuesta	Puntuación
			Derrame desde depósitos de reactivos para el tratamiento del agua de lavado	Derrame desde depósitos de reactivos para el tratamiento del agua de lavado	Derrame desde depósitos de reactivos para el tratamiento del agua de lavado
Warehouse	10.3.1.1f*	¿Los equipos están apoyados adecuadamente ?	X	Sí	1
Core	1.2.2.2	¿Incluye el programa de formación una formación inicial para cualquier nuevo trabajador?	X	Sí	1
Core	1.2.2.4.	¿Están los siguientes puntos cubiertos en el programa de formación para el personal operacional:	X	Sí	0,75
	1.2.2.4a	- informes, investigación y análisis de incidentes?		Sí	
	1.2.2.4g	- Principios de Seguridad Basada en Comportamiento (BBS)?		No	
	1.2.2.4h	- conciencia de protección según el riesgo y su papel dentro de la actividad de la compañía?		Sí	
Core	1.2.2.4i	- Evaluación y Gestión del Riesgo?			
Core	1.2.2.7.	¿Se utiliza personal cualificado/formado en tareas que requieran formación(técnica)/experiencia específicas?	X	Sí	1
Warehouse	6.2.2.	¿Están definidos y medidos los indicadores de mejora y progreso (individuales y de grupo), tales como :	X	No	0
	6.2.2a	- estadísticas de accidentes/incidentes/derrames?		No	
	6.2.2b*	- Niveles de daños a los equipos?			
Warehouse	8.1.5.	¿Está entrenado adecuadamente el personal que trabaja en las actividades relacionadas?	X	Sí	1
Warehouse	10.2.4.1.	¿Los tanques están aprobados para las mercancías almacenadas y por consiguiente identificados y etiquetados?	X	Sí	1
Warehouse	10.2.4.3.	¿Las alarmas de alto nivel están instaladas en los tanques de almacenamiento y se inspeccionan/mantienen periódicamente?	X	No	0
Core	2.1.5.	¿Se toman medidas para controlar/minimizar todos los riesgos potenciales identificados?	X	Sí	1
Tank cleaning	4.2.1.1.	¿Existe un procedimiento actualizado para el mantenimiento preventivo?	X	No	0
Core	1.4.2.4.	¿Se realizan y documentan inspecciones internas periódicas de seguridad por parte de personal apropiado?	X	Sí	1
Tank cleaning	4.1.1.2.	¿Se hace una comprobación respecto a las especificaciones de los equipos y el equipamiento de las instalaciones antes de su uso?	X	No	0
<b>Totales</b>			<b>12</b>	<b>7,75</b>	

**Tabla 4.** Muestra de la metodología a seguir con objeto de ajustar la tasa de fallo genérica. Fuente:

Elaboración propia.

#### VIII.4.2. Asignación de probabilidades a los escenarios accidentales

La probabilidad de ocurrencia de un determinado escenario accidental no tiene por qué coincidir con la probabilidad de ocurrencia del suceso iniciador que lo origina. Esto se debe a la existencia de una serie de elementos internos y/o externos a la instalación —denominados factores condicionantes— que afectan al desarrollo del suceso iniciador.

Por ello, la estimación de la probabilidad de ocurrencia de cada escenario accidental se encuentra asociada de manera directa, por un lado, a la probabilidad de ocurrencia de los sucesos iniciadores ( $T_{FA}$ ) —desarrollada en el punto anterior— y, por otro, a la probabilidad de éxito o fracaso de los factores condicionantes.

Al igual que sucedía en el apartado anterior, sobre la asignación de probabilidades a los sucesos iniciadores, la estimación de la probabilidad de ocurrencia para cada factor condicionante parte de los datos bibliográficos de tasas de fallo de los equipos que actúan como tales. En concreto, en el presente MIRAT se han usado las siguientes fuentes:

- *Handbook failure frequencies 2009 for drawing up a safety report* (Flemish Government, 2009).
- *Assessment of benefits of fire compartmentation in chemical warehouses* (Health & safety executive-HSE, 2003).
- *Methods for determining and processing probabilities. Red Book.* (Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, 2005).

De nuevo, si lo estimasen oportuno, los operadores del sector, en caso de conocer fuentes de información más precisas o ajustadas a su instalación que les permitan obtener los datos requeridos, podrían emplearlas de forma justificada.

En el caso de los factores condicionantes que implican la actuación conjunta de dos o más elementos de entre los indicados en el Anejo E.V. deberá multiplicarse la probabilidad de éxito de todos ellos. A modo de ejemplo, en el caso del factor condicionante “Detección y extinción temprana de incendios”, su probabilidad de éxito sería el resultado de multiplicar la probabilidad de éxito de los sistemas de detección por la probabilidad de éxito de los sistemas de extinción.

Una vez que se ha determinado el dato de base para la estimación de la probabilidad del factor condicionante (tasa de fallo del equipo implicado, consultar Anejo E.V), al igual que sucedía con las probabilidades de los sucesos iniciadores, ésta podrá verse modificada en un determinado porcentaje atendiendo a ciertas cuestiones relacionadas con la correcta gestión y mantenimiento de los equipos de detección, contención y extinción de la instalación.

Esta modificación de la tasa de fallo genérica permite al instrumento considerar la actuación adecuada de los distintos factores condicionantes —por ejemplo, el buen mantenimiento y revisiones de un cubeto de contención de derrames hará que este actúe más eficazmente—, haciendo que aquéllas instalaciones que mantengan una correcta gestión y mantenimiento de sus elementos de

protección ante riesgos puedan disminuir en cierta forma la probabilidad de fallo de los factores condicionantes y, por tanto, la probabilidad de que se produzca un escenario accidental.

Para calcular esta disminución de la tasa de fallo, se ha aplicado la misma metodología descrita en el apartado VIII.4.1. sobre asignación de probabilidades a los sucesos iniciadores.

De nuevo, para determinar el porcentaje de reducción que debe aplicar una instalación a la probabilidad de fallo de cada uno de sus factores condicionantes —con un máximo de un 10% de reducción—, se ha acudido como referencia a los distintos cuestionarios recogidos en el SQAS —*Safety & Quality Assessment System*—.

Partiendo, nuevamente, de la totalidad de preguntas recogidas en los 4 cuestionarios que conforman el SQAS, se han seleccionado aquellas que podrían afectar en mayor medida a la probabilidad de fallo de los factores condicionantes, obteniéndose una batería de 32 preguntas en total. Estas 32 cuestiones se han clasificado en función de el/los factor/es condicionante/s a los que influirían. La totalidad de las preguntas seleccionadas, así como los factores condicionantes a los que se han asociado, se pueden consultar en el Anejo E.VI del presente documento. En todo caso, dado que esta selección se ha elaborado desde un punto de vista sectorial, si el operador estima que en su instalación concreta existe otra serie de cuestiones que expliquen en mayor medida el comportamiento de los factores condicionantes podrá seleccionarlas de forma justificada. Es importante indicar que en el caso de la detección y extinción de incendios se debe seleccionar el bloque de preguntas correspondiente a la detección y extinción manual siempre que alguno de estos dos elementos —detección y extinción—, o ambos, sean manuales en la zona evaluada.

El cálculo de la reducción de la probabilidad de fallo de los factores condicionantes es análogo al descrito para la probabilidad de ocurrencia de los sucesos iniciadores, por lo que puede consultarse la descripción detallada del mismo en el apartado anterior. Con dicho cálculo se obtendría la probabilidad de fallo del factor condicionante ajustada por gestión del riesgo en la instalación.

Una vez que se ha determinado la probabilidad de fallo de los distintos factores condicionantes que afectan a un determinado suceso iniciador, se procede a calcular la probabilidad de ocurrencia de cada escenario accidental.

Este cálculo se realiza mediante el operador “Y”, o intersección de las probabilidades de los factores condicionantes que desembocan en el escenario que se esté evaluando. Expresado de forma matemática, la ecuación del cálculo sería la siguiente:

$$P_E = prob_{S.I} \times P_1 \times P_2 \dots \times P_n$$

Donde:

- $P_E$ , es la probabilidad de ocurrencia asociada al escenario “E”, el cual para acontecer requiere que se den conjuntamente el suceso iniciador “S.I” y los factores condicionantes “1, 2, ..., y n”.
- $Prob_{S.I}$ , es la probabilidad de ocurrencia del suceso iniciador cuya evolución desencadena el escenario accidental “E”.

- $P_i$ , es la probabilidad de éxito (o de fallo) de cada factor condicionante. Siendo asignada con base en la bibliografía y considerando las puntuaciones obtenidas en las preguntas del SQAS de forma similar a lo explicado en el apartado VIII.4.1.

### **VIII.5. PROTOCOLOS PARA EL CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE AGENTE CAUSANTE DEL DAÑO**

La estimación de la cantidad de agente causante del daño es una fase importante del proceso de evaluación del riesgo medioambiental en tanto en cuanto dicha cantidad —especialmente en el caso de actividades cuyo daño medioambiental es ocasionado principalmente por un agente químico— determina la magnitud de los efectos negativos ocasionados sobre el medio ambiente.

Esta estimación se realiza en dos fases, de forma paralela y similar a como se realiza para la asignación de probabilidades:

- 1) Estimación de la cantidad de agente asociada a cada suceso iniciador. En esta primera fase se estima la cantidad de agente que resulta liberada tras un evento potencialmente causante de daño medioambiental. A modo de ejemplo, en esta etapa se estima el volumen liberado en caso de rotura de una cisterna llena situada en el aparcamiento de la instalación.
- 2) Estimación de la cantidad de agente asociada a cada escenario accidental. En una segunda fase se estima qué cantidad de agente liberada llega finalmente a entrar en contacto con un recurso natural y, por ello, ocasiona un daño medioambiental. La cantidad liberada en cada suceso iniciador se verá o podrá verse modificada por los factores condicionantes que potencialmente participan en el proceso de modelización del accidente. Dichos factores condicionantes pueden reducir la cantidad de agente que causa finalmente el daño respecto a la cantidad de agente liberada por un suceso iniciador (medidas de prevención y/o de evitación de nuevos daños como cubetos de contención o mantas absorbentes) o aumentar la cantidad de agente que finalmente causa el daño (medios de extinción de incendios que diluyen a una sustancia contaminante soluble).

En los siguientes epígrafes se muestran los procedimientos y claves para estimar la cantidad de agente causante del daño tanto de sucesos iniciadores como, posteriormente, de los escenarios accidentales.

#### **VIII.5.1. Cantidad de agente causante del daño asociada a los sucesos iniciadores**

El cálculo de la cantidad de agente causante del daño asociada a los sucesos iniciadores depende de la naturaleza del suceso iniciador (derrame, incendio o tratamiento inadecuado de efluentes). A continuación se describen los tres procedimientos:

## 1. Procedimiento para estimar la cantidad de agente causante del daño asociada a derrames

En el caso de derrames (sin incendio o explosión), los parámetros básicos para estimar la cantidad de agente causante del daño liberada son, básicamente: en el caso de los depósitos, el volumen del continente (cisterna, depósito o envase) y el porcentaje de llenado más habitual en el que dichos continentes suelen presentarse en la instalación; y, en el caso de las tuberías y mangueras, el caudal transportado y el tiempo de detección de los posibles derrames.

La Tabla 5 recoge los criterios a seguir para la estimación de la cantidad de agente liberada en caso de derrame; con el fin de garantizar la coherencia interna del MIRAT, se han diferenciado los criterios atendiendo al tipo de agente químico, tal y como fueron definidos en el epígrafe VIII.2. Adicionalmente se señala el código de los sucesos iniciadores a los que resultan aplicables; dichos códigos se pueden consultar en el Anejo E.I. del presente MIRAT.

Grupo de sustancia potencialmente liberada		Sucesos iniciadores vinculados	Criterios para la estimación de la cantidad de agente liberada
Mercancía	Mercancía a granel	S.E.1, S.E.5	Volumen de la cisterna de mayor tamaño Porcentaje de llenado de la cisterna de mayor tamaño
	Mercancía envasada	S.CD.1, S.CD.3, S.AM.1, S.AM.3	Volumen del compartimento de la cisterna con mayor tamaño Porcentaje de llenado del compartimento de la cisterna con mayor tamaño
Detergentes para el lavado de las cisternas		S.L.1	Volumen de la unidad mínima de envase Número de envases susceptibles de romperse
Aguas de lavado	Depósitos	S.L.2, S.L.3, S.L.4, S.L.5	Volumen del depósito de mayor tamaño Porcentaje de llenado del depósito de mayor tamaño
	Red de tuberías	S.T.3, S.T.6	Caudal de la tubería Tiempo de detención del derrame
Reactivos		S.L.6	Volumen del depósito con mayor tamaño Porcentaje de llenado del depósito con mayor tamaño
Combustible	Depósito para suministro	S.A.1, S.A.3,	Volumen del depósito de mayor tamaño Porcentaje de llenado del depósito de mayor tamaño
	Descarga de combustible	S.A.5	Caudal de la descarga Tiempo de detención de la descarga en caso de derrame
	Red de tuberías	S.T.1, S.T.4	Caudal de la tubería Tiempo de detención del derrame
	Depósitos de los vehículos	S.E.3, S.E.6, S.E.8	Volumen del depósito de mayor tamaño Porcentaje de llenado del depósito de mayor tamaño
Sustancias en taller para mantenimiento de los vehículos		S.A.7, S.A.8	Volumen del depósito de mayor tamaño Porcentaje de llenado del depósito de mayor tamaño

**Tabla 5.** Estimación de la cantidad de agente liberada en caso de derrame. Fuente: Elaboración propia.

En el caso de los depósitos, el criterio general es el de escoger el depósito de mayor tamaño y el correspondiente porcentaje de llenado con el que habitualmente se encuentra dicho elemento en la instalación. De esta forma, el derrame sería igual al volumen medio de llenado de cada depósito. Sin embargo, existen dos variantes a este respecto:

- Cisternas compartimentadas. En este caso, se escogerá el compartimento de la cisterna que tenga mayor volumen.
- Mercancía envasada. Para este tipo de mercancía, es necesario identificar cuál es el volumen de la unidad mínima de envase y estimar el número de envases que pudieran romperse y, con ello, liberar la sustancia que contienen. En este caso, se asume un porcentaje de llenado del envase del 100%.

En cuanto a los derrames originados en sistemas de transporte de sustancias líquidas (tuberías y descarga de combustible desde camión de suministro), el procedimiento propuesto consiste en partir

del caudal de dicho sistema de transporte, de tal forma que el volumen liberado será el resultado de multiplicar dicho caudal por el tiempo de reacción ante este tipo de incidentes. La Tabla 6 muestra los tiempos de reacción recomendados en función del equipo de detección y bloqueo que exista en la zona. Como máximo volumen derramado por el sistema de tuberías debe establecerse aquel volumen del depósito que las alimenta (no resultaría posible de esta forma derramar un volumen mayor que el que es susceptible de ser transportado).

Sistema de parada de emergencia	Tiempo (min)
Manual	2
Semiautomático	10
Automático	2

El tiempo de reacción de los sistemas manuales (2 minutos) se ha estimado a partir del tiempo de respuesta propuesto en Flemish Government (2009) para las operaciones de carga y descarga bajo determinados supuestos de actuación.

**Tabla 6.** Tiempos de respuesta en función del sistema de parada de emergencia. Fuente: Elaboración propia a partir de Flemish Government (2009).

## 2. Procedimiento para estimar la cantidad de agente causante del daño asociada a incendios

Este criterio resulta aplicable a los sucesos iniciadores S.E.2., S.E.4, S.E.7, S.E.9, S.CD.2, S.L.8, S.AM.2, S.T.2, S.T.5, S.A.2, S.A.4, S.A.6 y S.A.9 (recogidos en el Anejo E.I), los cuales implican la aparición de un incendio en el interior de la instalación.

En caso de incendio, y teniendo en cuenta que en el ámbito de la responsabilidad medioambiental no se incluye la contaminación atmosférica ni los daños a personas ni a la propiedad privada, la consideración de incendio como causante de daño se circunscribirá a dos posibles escenarios:

- El incendio se extiende más allá de los límites de la instalación y afecta a recursos naturales cercanos. Teniendo en cuenta que las instalaciones del sector suelen ubicarse en terrenos industriales generalmente alejados de recursos naturales susceptibles de verse afectados por un incendio, resulta plausible afirmar que los daños por incendio en las instalaciones del sector tendrán un papel poco relevante, salvo ubicaciones concretas a determinar por el operador. En cualquier caso, los daños por incendio no exigen la estimación de una cantidad liberada de agente causante del daño, sino la estimación de la superficie de recurso natural afectada por el incendio —sobre la que influye de forma determinante las condiciones específicas de la ubicación de la instalación— o el número de individuos (en el caso de especies animales) que podrían verse afectados por el incendio.
- Los medios de extinción usados que intervienen en la generación del daño medioambiental, bien mediante su actuación como vector de la contaminación (en el caso de sustancias no solubles) o como agentes causantes del daño (en el caso de sustancias solubles en agua).

En el caso de que el incendio se haya originado por el vertido de una sustancia no soluble en agua (y considerando, como norma general, que no intervienen en el escenario accidental otras sustancias presentes en la instalación), la cantidad liberada de agente causante del daño podría estimarse siguiendo los criterios definidos para el caso de vertido o derrame. No obstante, adicionalmente, los operadores podrían adoptar un criterio conservador realizando sus cálculos como si de una sustancia soluble se tratara conforme se indica a continuación.

Cuando la sustancia involucrada en el escenario de incendio sea una sustancia soluble en agua, la cantidad liberada de agente causante del daño será función del volumen de agua utilizada para sofocar el incendio. De esta forma, el cálculo del mismo dependerá de los sistemas de extinción de incendios disponibles en la instalación y, en su caso, de la participación de servicios exteriores de extinción de incendios.

En función de las características de la instalación y de la información de la que de ésta se disponga, la metodología a aplicar será una u otra.

Así, en el caso de que la instalación cuente con naves o edificios que permitan tratar los distintos sectores de forma separada, se podrá aplicar el procedimiento metodológico propuesto por *“Défense extérieure contre l’incendie et rétentions. Guide pratique pour le dimensionnement des rétentions des eaux d’extinction”* elaborado por *l’Institut National d’Etudes de la Sécurité Civile, la Fédération Française des Sociétés d’Assurances y le Centre National de Prévention et de Protection* (Institut National D’Etudes de la Sécurité Civile, 2001). Esta fuente identifica, por un lado, las necesidades de agua para lucha exterior —requeridas por el servicio de bomberos— y, por otro, las necesidades de agua para lucha interior —siendo función de los medios de extinción propios de la instalación: número de rociadores y bocas de incendio disponibles—.

En caso contrario —si la instalación no cuenta con naves o edificios que permitan tratar los distintos sectores de forma separada —, no sería factible considerar las necesidades de lucha exterior con una precisión suficiente; mientras, para las de lucha interior, se podrían distinguir dos casos:

- Que la instalación cuente con datos sobre la cantidad de agua disponible en las diferentes zonas de la instalación para llevar a cabo la extinción de un eventual incendio (caudal de diluvios, capacidad de tanque contra incendios, etc.).
- Que la instalación no cuente con los datos citados, en cuyo caso se puede recurrir a referencias bibliográficas como es el caso de la Nota Técnica de Prevención 420 (NTP 420), relativa a instalaciones de abastecimiento de agua contra incendios. Si se optase por utilizar esta metodología, al no contarse con datos específicos de la instalación concreta que se estuviese analizando, se recomienda, siguiendo un criterio conservador, utilizar los máximos de los rangos obtenidos.

A continuación se procede a describir brevemente cómo se realizarían los cálculos en cada uno de los tres casos planteados:

- i. Existencia de naves o edificios que permiten separar la instalación en sectores: cálculo de las necesidades de lucha externa y de lucha interna utilizando el documento *“Défense*

*extérieure contre l'incendie et rétentions. Guide pratique pour le dimensionnement des rétentions des eaux d'extinction".*

- ii. Inexistencia de naves o edificios pero sí de datos de caudales y capacidades de las medidas de extinción: en este caso se considera que únicamente podrán estimarse de manera suficientemente fiable las necesidades para la lucha interna, para esta estimación se recurrirá a las características de la propia instalación.
- iii. Inexistencia de naves o edificios y de datos de caudales y capacidades de las medidas de extinción: al igual que en la situación anterior, la elevada incertidumbre asociada a la estimación de las necesidades de lucha externa hace recomendable basar el análisis en las necesidades de lucha interna. El cálculo de las necesidades de lucha externa tomará como base las disposiciones de la NTP 420.

**I. Existencia de naves o edificios que permiten separar la instalación en sectores**

**A. Cálculo del volumen de agua necesario para lucha exterior ( $V_{LE}$ )**

El volumen de agua necesario para lucha externa precisa de la selección de una serie de coeficientes en función de ciertas características de la instalación.

La metodología expone que las necesidades de agua para lucha exterior son la suma de los caudales calculados por un lado, en las áreas de proceso, y por otro, en las áreas de almacenamiento.

- a) Altura de almacenamiento. En ausencia de datos precisos, la altura de almacenamiento puede considerarse como la altura del edificio menos 1 metro.

Altura máxima de almacenamiento	Coeficientes
Hasta 3 m	0
Hasta 8 m	0,1
Hasta 12 m	0,2
> 12 m	0,5

**Tabla 7.** Coeficientes según las categorías de altura de almacenamiento. Fuente: Elaboración propia a partir de Institut National D'Etudes de la Sécurité Civile, (2001)

- b) Tipo de construcción. Este criterio valora la estabilidad del armazón ante el fuego. Cabe señalar que este valor se estima sin tener en cuenta la presencia de rociadores.

Tipo de construcción	Coeficientes
Armazón estable ante el fuego $\geq 1h$ (>RF-60)	-0,1
Armazón estable ante el fuego $\geq 30$ mins (RF-30 - RF-60)	0
Armazón estable ante el fuego < 30 mins (<RF-30)	0,1

**Tabla 8.** Coeficientes según las categorías de tipo de construcción. Fuente: Elaboración propia a partir de Institut National D'Etudes de la Sécurité Civile, (2001)



- c) Tipo de intervención interna. El tipo de intervención interna se considera a la hora de ponderar la celeridad con la que se produce la intervención una vez se ha iniciado el incendio.

Tipo de intervenciones internas	Coeficientes
Recepción 24h/24	-0,1
Detectores de incendios generalizados conectados 24h/24 a vigilancia o a un puesto de seguridad	-0,1
Servicio propio de seguridad antiincendio 24h/24	-0,3
Ninguno de los anteriores	0

**Tabla 9.** Coeficientes según las categorías de intervención interna. Fuente: Elaboración propia a partir de Institut National D'Etudes de la Sécurité Civile, (2001)

- d) Cálculo del caudal intermedio (Qi). El cálculo del caudal intermedio parte del sumatorio de los 3 coeficientes anteriores —altura, tipo de construcción y tipo de intervención interna—, añadiendo al valor resultante una unidad. Posteriormente, con este dato y el valor de la superficie de referencia (S), se halla el valor del caudal intermedio, según muestra la siguiente fórmula:

$$Q_i(m^3 / h) = 30 \times \frac{S \times (1 + \sum \text{coeficientes})}{500}$$

- e) Cálculo de la categoría de riesgo. El valor del caudal intermedio (Qi) se pondera en función del nivel de riesgo intrínseco (NRI) de cada zona. El Documento de Protección Contra Explosiones (DPCE) o el documento de Evaluación de Riesgos de Incendio o Explosión (EVRIE) de la instalación pueden ser, en ocasiones, una buena fuente para obtener el NRI. En cualquier caso, si no se dispusiese de este dato, se podría recurrir a la calculadora del NRI que ofrece el Ministerio de Empleo y Seguridad Social en su página web<sup>7</sup>.

Categoría de riesgo	Coeficientes
Riesgo 1 (NRI bajo)	Q1 = Qi x 1
Riesgo 2 (NRI medio)	Q2 = Qi x 1,5
Riesgo 3 (NRI alto)	Q3 = Qi x 2

**Tabla 10.** Coeficientes según las categorías de riesgo de incendio. Fuente: Elaboración propia a partir del documento *Défense extérieure contre l'incendie et rétentions. Guide pratique pour le dimensionnement des rétentions des eaux d'extinction*.

<sup>7</sup> <http://calculadores.insht.es:86/Seguridadcontraincendios/Entradadedatos.aspx>

El riesgo de incendio resultante, medido en unidades de caudal ( $m^3/h$ ), puede ser matizado mediante una división entre dos, cuando se cumplen las siguientes condiciones:

- i) La planta posee una protección autónoma, completa y dimensionada adecuadamente.
- ii) La instalación contra incendios se revisa y mantiene regularmente.
- iii) La planta se encuentra en servicio permanentemente.

Una vez aplicados todos los coeficientes y factores se obtiene el valor final de caudal necesario para la lucha exterior. Dado que esta magnitud se expresa en volumen por unidad de tiempo el analista deberá fijar de forma justificada una duración estimada del incendio.

**B. Cálculo del volumen de agua necesario para lucha interior ( $V_{LI}$ )**

El volumen de agua liberado en la lucha interior se ha estimado tomando como referencia el Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales, y su predecesor —Real Decreto 786/2001, de 6 de julio— con objeto de completar la información ofrecida por el primero.

En concreto, en el ámbito del presente análisis de riesgos se consideran tres medios de extinción:

- a) Rociadores. El caudal liberado por los rociadores se ha estimado a partir de la publicación “Indicaciones Básicas para el Diseño y Construcción de la Protección contra Incendios en Edificios Civiles e Industriales”<sup>8</sup>, en 10 litros por minuto y metro cuadrado con una autonomía de 90 minutos.
- b) Bocas de incendio equipadas (BIE). En el caso de las BIE se ha acudido a los caudales indicados en la normativa conforme con la siguiente tabla.

NRI	Tipo de BIE	Simultaneidad	Autonomía (min)	Caudal (l/min)	Reserva ( $m^3$ )
RB	DN 25 mm	2	60	96	5.760
RM	DN 45 mm	2	60	198	11.880
RA	DN 45 mm	3	90	198	17.820
RB: RIESGO BAJO / RM: RIESGO MEDIO / RA: RIESGO ALTO					

**Tabla 11.** Caudales de agua en función del tipo del diámetro nominal de las BIE (DN). Fuente: Elaboración propia a partir del Real Decreto 2267/2004.

- c) Hidrantes. Los caudales de agua de extinción suministrados por los hidrantes dependen del tipo de instalación (A, B, C, D o E).

<sup>8</sup> Disponible en Internet en la dirección: <http://es.scribd.com/doc/100843554/12960125-Nfpalos-Sistemas-de-Proteccion-Activa-Contra-Incendios>

Conforme al Real Decreto 2267/2004 las muy diversas configuraciones y ubicaciones que pueden tener los establecimientos industriales se consideran reducidas a:

- Establecimientos industriales ubicados en un edificio:
  - Tipo A: El establecimiento industrial ocupa parcialmente un edificio que tiene, además, otros establecimientos, ya sean éstos de uso industrial o bien de otros usos.
  - Tipo B: El establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio que está adosado a otro/s edificio/s, ya sean éstos de uso industrial o bien de otros usos.
  - Tipo C: El establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio, o varios, en su caso, que está a una distancia mayor de 3 m del edificio más próximo de otros establecimientos.
- Establecimientos industriales que desarrollan su actividad en espacios abiertos que no constituyen un edificio:
  - Tipo D: El establecimiento industrial ocupa un espacio abierto, que puede tener cubierta más del 50 % de la superficie ocupada.
  - Tipo E: El establecimiento industrial ocupa un espacio abierto que puede tener cubierta hasta el 50 % de la superficie ocupada.

Configuración del establecimiento	NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO					
	RB		RM		RA	
	Caudal (l/min)	Autonomía (min)	Caudal (l/min)	Autonomía (min)	Caudal (l/min)	Autonomía (min)
<b>A</b>	500	30	1.000	60	-	-
<b>B</b>	500	30	1.000	60	1.000	90
<b>C</b>	500	30	1.500	60	2.000	90
<b>D y E</b>	1.000	30	2.000	60	3.000	90

**Tabla 12.** Caudales de los hidrantes en función del tipo de establecimiento y su NRI. Fuente: Elaboración propia a partir del Real Decreto 2267/2004.

En caso de que existan varios medios de extinción en la zona, se han asumido las siguientes premisas:

- a) Sistemas de BIE e hidrantes. Se diferencian según dos factores:

Edificios con plantas únicamente a nivel rasante. Se toma como volumen la reserva de agua necesaria para el sistema de hidrantes.

Edificios con plantas sobre rasante. Se toma como volumen la suma del volumen requerido para las BIE y para el sistema de hidrantes.

- b) Sistemas de BIE y de rociadores automáticos. Se toma como volumen la reserva de agua necesaria para los rociadores automáticos.
- c) Sistemas de BIE, de hidrantes y de rociadores automáticos. Se toma como volumen el 50 por ciento requerido para hidrantes sumado a la reserva necesaria para los rociadores automáticos.
- d) Sistemas de hidrantes y de rociadores automáticos. El volumen de agua que se toma es la reserva mínima exigible del sistema que requiera la mayor reserva de agua.

**C. Cálculo del volumen de sustancias contaminantes arrastradas ( $V_{sust}$ )**

Siguiendo un criterio conservador, se puede asumir que las aguas de extinción pueden arrastrar alguna sustancia contaminante a su paso. La sustancia arrastrada se puede seleccionar en base a distintos criterios: sustancia más abundante, sustancia más peligrosa, etc. El criterio adoptado deberá justificarse adecuadamente.

Una vez justificada la elección de la sustancia que se va a considerar para el análisis, el operador deberá estimar el volumen de sustancia arrastrada. En general puede tomarse un porcentaje del volumen total en función de alguna o algunas características relevantes de la sustancia como, por ejemplo, la solubilidad.

En el documento *Défense extérieure contre l'incendie et rétentions. Guide pratique pour le dimensionnement des rétentions des eaux d'extinction* elaborado por l'Institut National d'Etudes de la Sécurité Civile, la Fédération Française des Sociétés d'Assurances y le Centre National de Prévention et de Protection (Institut National D'Etudes de la Sécurité Civile, (2001), se propone asumir que el volumen de sustancias arrastradas por el agua sea igual al 20 por ciento del volumen máximo de sustancias contenido en el sector ( $V_{sust}$ ).

**D. Cálculo del volumen total de aguas de extinción ( $V_I$ )**

Como resultado del proceso anterior, el volumen total de agua de incendio que se estima que puede causar efectos relevantes sobre el medio ambiente es el resultado de aplicar la siguiente expresión:

$$V_I = ((V_{LE} + V_{LI}) \times F_m) + (0,2 \times V_{sust})$$

Donde:

- $V_I$ , es el volumen total de aguas de extinción en  $m^3$ .
- $V_{LE}$ , es el valor de volumen de agua calculado para la lucha exterior en  $m^3$ .
- $V_{LI}$ , es el valor de volumen de agua calculado para la lucha interior en  $m^3$ .
- $F_m$ , es un coeficiente que introduce en el modelo la posibilidad de que se contamine una determinada proporción del agua usada en la extinción. Por norma general, este coeficiente se podrá asimilar a la miscibilidad de la sustancia, la cual puede obtenerse, normalmente, de la ficha de seguridad (sustancias más miscibles llevarían a una mayor cantidad de agua contaminada). En el caso de que no se contase con este dato se podría asignar por defecto un valor del 30 por ciento siguiendo la Guía Metodológica para determinadas actividades de gestión

de residuos peligrosos y no peligrosos publicada por la Comisión Técnica de Prevención y Reparación de Daños Medioambientales, la cual está disponible en la web del MAGRAMA.<sup>9</sup>

- $V_{sust}$  es el valor de volumen de sustancias químicas presentes en la zona afectada por el incendio, medido en  $m^3$ .

## **II. Inexistencia de naves o edificios pero sí de datos de caudales y capacidades de las medidas de extinción**

El operador podrá recurrir, en caso de disponer de ella, a la información sobre caudal y tiempo previsto de duración de las medidas de extinción —tales como diluvios, cortinas, etc.— en cada una de las distintas zonas de riesgo de la instalación. A modo de ejemplo, si una determinada instalación (o una zona de esa instalación) cuenta con un diluvio de  $700 m^3/h$  calculado para una duración estimada del incendio de 3 horas, esa instalación o zona tendría un volumen de aguas de extinción igual a  $2.100 m^3$ . En el supuesto de que una instalación o zona cuente simultáneamente con varios sistemas de extinción habría que calcular la suma de los volúmenes de agua de extinción asociados a cada uno de dichos sistemas.

Asimismo se podrá utilizar el dato de la capacidad del tanque de aguas de protección contra incendios como volumen de aguas de extinción en las instalaciones, o en las zonas de una instalación, en caso de que ésta sea la única fuente de suministro de agua para los sistemas de extinción.

Una vez que se ha estimado el volumen de agua liberado sería necesario añadirle una determinada cantidad de las sustancias tóxicas presentes en la zona que podrían ser arrastradas. Con este fin puede considerarse el mismo porcentaje que el propuesto en el punto D de la opción I anteriormente explicada —20 por ciento del volumen de sustancias químicas presentes en la zona afectada por el incendio—. Adicionalmente, el analista puede considerar que no todo el agua vertida para luchar contra el incendio resultará contaminada con las sustancias tóxicas, en este sentido, se puede incorporar en los cálculos el factor  $Fm$  igualmente explicado en el punto D de la citada opción I.

## **III. Inexistencia de naves o edificios y de datos de caudales y capacidades de las medidas de extinción**

Para la estimación del volumen de agua de extinción de incendios involucrada en cada uno de los escenarios accidentales contemplados en el análisis de riesgos se puede recurrir a las Notas Técnicas de Prevención (NTP) publicadas por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). En concreto, a la NTP 420 sobre Instalaciones de abastecimiento de agua contra incendios, según la cual:

1. “Los manuales guías generales proponen un caudal mínimo de agua de extinción de incendios de 4-20 litros/minuto/ $m^2$ ”.

---

<sup>9</sup> <http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/responsabilidad-mediambiental/analisis-de-riesgos-sectoriales/herramientas.aspx>

Al tratarse del caudal mínimo estimado, se recomienda, siguiendo un criterio conservador, tomar como referencia para el análisis el dato más alto del rango propuesto, es decir, 20 litros/minuto/m<sup>2</sup>.

- Las categorías de incendios en función de su duración se pueden clasificar de la siguiente forma:

Duración del incendio (minutos)	
Categoría I	<10
Categoría II	15-60
Categoría III	>60

**Tabla 13.** Categorías de incendios en función de su duración. Fuente: Elaboración propia a partir de NTP 420 (INSHT).

Los incendios más comunes en las instalaciones del sector objeto de análisis son aquellos generados en tanques o por fugas de líquido (incendios de charco). Conforme a la NTP, éstos quedarían clasificados dentro de la categoría III (incendios de larga duración, mayor de 60 minutos).

Partiendo de los datos extraídos de la NTP y calculando la superficie de la instalación o, en su caso, de cada una de las zonas de riesgo identificadas, se puede obtener el volumen de aguas de extinción de incendios (en m<sup>3</sup>) como el producto de los tres parámetros siguientes:

- el caudal de referencia —transformado a m<sup>3</sup>/minuto/m<sup>2</sup>—.
- el tiempo medio estimado de duración de un incendio —en minutos—.
- la superficie de la instalación o de cada zona de riesgo —transformada a m<sup>2</sup>—.

Al igual que en las opciones anteriores, el analista deberá considerar el arrastre de un determinado volumen de sustancias tóxicas —por defecto puede considerarse el arrastre del 20 por ciento del volumen existente en la zona afectada—. Por otra parte, puede aplicarse el factor *Fm* —anteriormente descrito para minorar el volumen de agua finalmente afectado—.

### 3. Procedimiento para estimar la cantidad de agente causante del daño asociada al vertido de líquidos tratados inadecuadamente

El volumen derramado bajo las hipótesis establecidas en el suceso iniciador S.L.7 se calcula de forma similar a lo expuesto anteriormente para los accidentes originados en los sistemas de tuberías y en los procesos de descarga de combustible. Por lo tanto, el volumen liberado de líquidos que incumplen los parámetros de vertido precisa de información respecto al caudal de vertido y al tiempo de respuesta entre el inicio del vertido y su detención. El producto de ambos datos dará como resultado la cantidad de agente que potencialmente puede generar un daño medioambiental.

El caudal de vertido es un dato que el operador dispondrá en su autorización de vertido; por su parte, el tiempo de respuesta dependerá del sistema de detección y actuación que el operador tenga instalado. Como se ha indicado en los apartados precedentes, en la Tabla 6 (“tiempos de respuesta en función del sistema de parada de emergencia”, Flemish Government, 2009) se recogen estos

tiempos de detección en función del sistema de detección y bloqueo del vertido que el operador tenga instalado.

### **VIII.5.2. Cantidad de agente causante del daño asociada a los escenarios accidentales**

Tras el cálculo de la cantidad de agente causante del daño liberada por la aparición de un suceso iniciador, es necesario identificar la posible evolución que dicho suceso tendrá incorporando al análisis los factores condicionantes y, con ello, cómo varía la cantidad de agente causante del daño hasta que entra en contacto con los recursos naturales.

En función del éxito o fracaso de los equipos de prevención y evitación de nuevos daños que actúan como factores condicionantes, la cantidad de agente causante del daño podrá disminuir, mantenerse o, incluso, aumentar, configurándose así un listado de escenarios accidentales definidos por las combinaciones de los distintos factores condicionantes, con una probabilidad de ocurrencia y una cantidad de agente causante del daño que, finalmente, entra en contacto con los recursos naturales y, con ello, genera un daño medioambiental.

Los factores condicionantes considerados son o pueden ser distintos en función de la naturaleza del suceso iniciador (derrame, incendio o tratamiento inadecuado de efluentes), por lo que la descripción del cálculo de la cantidad de agente causante del daño para cada escenario accidental se ordenará según esta división de naturaleza del suceso iniciador.

#### **1. Procedimiento para estimar la cantidad de agente causante del daño en los escenarios accidentales derivados de derrames**

En el caso de derrames, los factores condicionantes contemplados están relacionados con distintos tipos de equipos para su contención: automáticos, manuales y de gestión de aguas.

##### **a) Contención automática.**

La instalación de sistemas de contención automática y pasiva —tales como cubetos de contención o válvulas o compuertas— permiten asegurar la contención, siquiera parcial incluso en caso de un funcionamiento no óptimo del sistema, de un vertido.

En caso de éxito, estos sistemas reducen la cantidad de agente causante del daño en un volumen igual a su capacidad de retención; incluso en caso de mal funcionamiento de la contención automática, se considera que estos equipos pueden llegar a reducir la cantidad de agente liberada que finalmente entra en contacto con los recursos naturales.

De esta forma, en caso de éxito el volumen contenido coincidirá con la capacidad de retención del sistema y en caso de fallo se asumirá, al menos, una retención parcial del derrame debido a la mera existencia de los equipos de emergencia en la planta. Esta retención parcial se estima acudiendo a las puntuaciones obtenidas en el cuestionario del SQAS. En concreto, se utilizará de nuevo el Anejo E.VI, en el cual se indican las preguntas del cuestionario SQAS que se recomienda considerar para cada factor condicionante. No obstante, al igual que se ha explicado en el apartado de asignación de

probabilidades, cada operador concreto podrá seleccionar otra batería de preguntas siempre que de forma justificada considere que las mismas explican en mayor grado el mejor o peor funcionamiento de sus sistemas de emergencia.

La expresión matemática a aplicar en caso de funcionamiento subóptimo de los equipos de retención es la siguiente:

$$V_r = C_{min} \times \frac{\sum P_p}{T_p}$$

Donde:

$V_r$ , es el volumen de derrame contenido en caso de fallo o funcionamiento subóptimo de los equipos de emergencia.

$C_{min}$ , es la capacidad de retención mínima que se estima que podría tener la medida de emergencia incluso en caso de funcionamiento defectuoso de la misma. Se recomienda adoptar un valor conservador para este parámetro de tal forma que no sea superior al 10 por ciento de la capacidad de contención constructiva o nominal de la medida evaluada. Esto es, como máximo en caso de funcionamiento defectuoso, un equipo no podría contener más allá del 10 por ciento de su capacidad total.

$\sum P_p$ , es el sumatorio de las puntuaciones otorgadas a cada una de las preguntas establecidas para cada factor condicionante en el Anejo E.VI. El valor asignado a cada pregunta será 1, en caso de respuesta afirmativa y 0 en caso de respuesta negativa. Para aquellas preguntas que se encuentren desglosadas en diferentes cuestiones se atenderá a lo indicado en el apartado VIII.4.1 del presente MIRAT, de tal forma que la puntuación máxima de la pregunta no excederá de la unidad.

$T_p$ , es el total de preguntas que afectan al factor condicionante que se esté analizando.

#### **b) Contención manual.**

La consideración en el modelo planteado de las medidas de contención manual es similar al indicado para la contención automática. No obstante, en este caso se realiza la salvedad de que, en condiciones de fracaso, el volumen que se podría llegar a contener dependerá adicionalmente de la presencia continua o no de personal en el lugar donde se localiza el derrame:

- Si hay presencia continua de personal en la zona se acepta una contención mínima por parte de este tipo de medidas. Dicha contención mínima se calculará de forma análoga a lo indicado en el punto anterior.
- En caso contrario, sin presencia de personal, se asume que la contención manual, en caso de fracaso, no conseguiría ninguna reducción del volumen de vertido.

#### **c) Gestión de aguas y derrames.**

La existencia de una red de drenaje de cierre automático capaz de contener los vertidos que pudieran ocasionarse y/o la contaminación de las aguas pluviales por dichos vertidos y su efecto en términos de cantidad de agente causante del daño, tendrá un tratamiento muy similar al aplicado en el caso de



la contención automática. De esta forma, en caso de éxito, la cantidad de agente causante del daño se reduce en un volumen igual a la capacidad de contención de la medida, mientras que en caso de fracaso el volumen retenido estará en función de la gestión del riesgo que el operador realice en la misma (evaluada a través de la puntuación obtenida en el cuestionario del SQAS). Por el contrario, si el sistema de gestión de aguas y derrames es de accionamiento manual su tratamiento será análogo al indicado para los sistemas de contención manual, modelizándose su comportamiento atendiendo a la presencia continua o no del personal.

## **2. Procedimiento para estimar la cantidad de agente causante del daño en los escenarios accidentales derivados de incendios**

En caso de incendio, se han considerado como factores condicionantes los sistemas de detección y extinción de incendios (automáticos, semiautomáticos o manuales) y la gestión de aguas y derrames que el operador realice.

### ***a) Detección y extinción temprana de incendios.***

La detección y extinción temprana de incendios influirá en la cantidad de agente causante del daño liberada en función del tiempo de actuación de los equipos de extinción y, con ello, en la cantidad de medios de extinción utilizados (agua), que puede convertirse en vehículo de propagación de la contaminación (sustancias no solubles) o en agente causante del daño (sustancias solubles).

En caso de detección y extinción temprana del incendio (o éxito del factor condicionante), se considera que los medios de extinción empleados evitan por completo la generación de aguas de extinción.

Por el contrario, cuando no se detecte ni se extinga el incendio en sus inicios (fracaso del factor condicionante) se considera que se generan las aguas de extinción estimadas en la fase anterior (cantidad de agente causante del daño liberada por el suceso iniciador).

### ***b) Gestión de aguas y derrames.***

En caso de incendio, la gestión de aguas y derrames, esto es, la disponibilidad de una red de drenaje que pueda contener las aguas de extinción generadas, se convierte en un sistema básico de prevención de daños medioambientales. Su introducción en el modelo es análoga a lo ya expuesto para los sucesos iniciadores de tipo derrame.

## **3. Procedimiento para estimar la cantidad de agente causante del daño en los escenarios accidentales derivados de vertido de líquidos tratados inadecuadamente**

En el apartado VIII.3 se indicó que la contención automática y manual, en el caso de vertido de líquidos tratados inadecuadamente, tienen un significado distinto que en el caso de los sucesos iniciadores relacionados con vertidos.

**a) Contención automática.**

La contención automática se entiende como un dispositivo que, sin actuación humana, detecta un vertido con parámetros fuera de rango y procede al cierre de una válvula o de cualquier otro dispositivo que detenga el vertido de aguas a la red pública de alcantarillado o al cauce.

En términos de cantidad de agente causante del daño liberada, en caso de éxito del dispositivo, dicha cantidad se reducirá tanto como la capacidad de contención del equipo; en caso de fracaso del dispositivo, la cantidad de agente causante del daño liberada será función de la gestión que se realice de este equipo (evaluada a través de las respuestas dadas al cuestionario del SQAS según se ha expuesto en los epígrafes anteriores).

**b) Contención manual.**

La contención manual consiste en este caso de vertido de líquidos tratados inadecuadamente en la detección automática de un vertido con parámetros fuera de rango y en la posterior activación manual de una válvula que clausure el vertido a la red pública de alcantarillado o a cauce. El efecto del éxito o fracaso de este factor condicionante sobre la cantidad de agente causante del daño liberada mantendrá los mismos criterios que en el caso de la contención manual en una situación de vertido.

## **IX. IDENTIFICACIÓN DE LOS ESCENARIOS ACCIDENTALES RELEVANTES DEL SECTOR. SECCIÓN: ELEMENTOS MÓVILES**

En el ámbito del presente MIRAT se entiende por elementos móviles aquellos componentes de la actividad del operador que se desplazan por carretera, es decir, los vehículos que realizan el transporte de las mercancías peligrosas y la carga que transportan. El hecho de que estos componentes se desplacen a lo largo de la red viaria española y que, por tanto, el daño medioambiental que pudieran causar no tenga una ubicación conocida, introduce en el análisis de riesgos un ingrediente muy distinto al de la mayoría de los restantes operadores sujetos a la LRM.

Como se ha señalado al inicio de este documento, esta particularidad es especialmente relevante a la hora de cuantificar y monetizar el posible daño medioambiental, dentro del procedimiento de determinación de la cuantía de la garantía financiera previsto en el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de responsabilidad medioambiental.

Para atender a estas especiales circunstancias de las actividades de transporte de mercancías por carretera, dentro del MIRAT se ha desarrollado una metodología para los elementos móviles que, respetando el procedimiento establecido en el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, permita hacer operativa la realización de los análisis de riesgos medioambientales individuales a los operadores que desarrollen estas actividades.

## IX.1. FUENTES DE PELIGRO

En la sección del análisis de riesgos dirigida a los elementos móviles las fuentes de peligro identificadas se corresponden con los camiones y vehículos circulando, tanto cargados como descargados, por las diferentes vías de comunicación. En concreto, de forma similar al esquema planteado en la sección dirigida a los elementos estáticos, las fuentes de peligro se encontrarían en alguna de las siguientes tres categorías:

**F.M.1:** Vehículos circulando en un determinado itinerario cargados con mercancía inflamable.

**F.M.2:** Vehículos circulando en un determinado itinerario cargados con mercancía no inflamable.

**F.M.3:** Vehículos circulando en un determinado itinerario sin carga de mercancía.

A diferencia de la sección estática —en la cual se consideraba que los vehículos permanecían estacionados dentro de la instalación (fuentes de peligro F.E.1, F.E.2 y F.E.3)—, en la sección de elementos móviles las fuentes de peligro se caracterizan tanto por el vehículo (y, en su caso, por su carga) como por el trayecto que realiza, ya que determinados trayectos implican un mayor peligro o probabilidad de accidente que otros. Por lo tanto, el analista en este caso no sólo deberá identificar los vehículos que realizan el servicio de transporte sino, adicionalmente, el recorrido que éstos siguen desde su origen hasta su lugar de destino. En todo caso, se recomienda incluir los vehículos compartimentalizados que estén cargados con ambos tipos de mercancías (inflamables y no inflamables) en la categoría de “vehículos circulando en un determinado itinerario cargados con mercancía inflamable”, situando de esta forma el estudio del lado de la prudencia.

De forma adicional, en el caso del transporte, ya sea a granel o de mercancía envasada, de sustancias que, a priori, no supongan una amenaza de daño medioambiental, su incorporación en el presente análisis de riesgos se materializará en la consideración de dichos transportes como vehículos vacíos, es decir, se considerarán generalmente como un transporte de 0,7 m<sup>3</sup> de gasóleo (volumen más frecuente del depósito de combustible del vehículo).

En el análisis de riesgos de la presente sección se ha establecido una simplificación con objeto de dotar a la herramienta de mayor operatividad<sup>10</sup>. En concreto, en los vehículos cargados se consideran los posibles derrames exclusivamente de la carga, mientras que en los vehículos

---

<sup>10</sup> Como se expone en los apartados posteriores, los operadores del sector realizan un elevado número de trayectos diferentes, existiendo por lo tanto una elevada incertidumbre a la hora de determinar el punto concreto en que se producirían los accidentes. Adicionalmente, dichos trayectos tienen una notable flexibilidad pudiendo variar en numerosas ocasiones a lo largo del año. Ante la amplia variedad de episodios accidentales que pueden acontecer, se hace obligado adoptar determinadas medidas que permitan modelizar la situación real con un requerimiento de recursos proporcionado a los resultados que se obtengan.

descargados se considera el derrame del depósito de combustible. En este sentido, en la sección dirigida a los elementos móviles, se entiende por vehículo cargado aquél:

- i) Cuya carga se encuentra a granel, o
- ii) Cuya carga es más peligrosa en términos medioambientales que el combustible del vehículo. El analista determinará que la carga transportada es más peligrosa que el combustible del vehículo si:
  - a. La carga se encuentra distribuida en envases cuya capacidad individual es mayor que la capacidad del depósito de combustible; y/o
  - b. La carga es más tóxica que el combustible del vehículo atendiendo a los parámetros ecotoxicológicos recogidos en las correspondientes fichas de seguridad; y/o
  - c. Se prevé que la carga generaría un mayor daño medioambiental que el combustible atendiendo a los parámetros de cuantificación del daño (extensión, intensidad y escala temporal); y/o
  - d. Las técnicas a aplicar para reparar el daño medioambiental ocasionado por la carga resultarían más costosas que las que se aplicarían para recuperar el daño ocasionado por el derrame del combustible del vehículo —esta valoración de daños podría apoyarse en la herramienta informática MORA disponible en la página web del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente—.

Si bien cada operador podrá atender a uno o varios de los criterios anteriores para determinar la peligrosidad relativa de la carga y del combustible —o, incluso, incluir nuevos criterios de forma justificada—, en el presente MIRAT se seguirá con criterio general la primera de estas recomendaciones. Esto es, se tratará como un vehículo cargado aquel cuya carga, con amenaza de daño, se encuentre a granel o aquel cuya carga, con amenaza de daño, se encuentre en unos envases individuales con una capacidad mayor que la del depósito de combustible del vehículo.

En todo caso, la selección de los criterios anteriores debe conducir a situar el estudio del lado de la prudencia, seleccionando para el análisis el depósito que desencadenaría unas mayores consecuencias medioambientales. Este depósito, como se ha indicado, en algunos casos será el de la carga del vehículo y, en otras, el propio depósito de combustible del vehículo.

Con objeto de simplificar la posterior identificación de las causas de accidente y de los correspondientes sucesos iniciadores que podrían desencadenarse, en el Anejo M.I. se aplica la clasificación de fuentes de peligro recogida inicialmente (F.M.1: Vehículos circulando en un determinado itinerario cargados con mercancía inflamable; F.M.2: Vehículos circulando en un determinado itinerario cargados con mercancía no inflamable; y F.M.3: Vehículos circulando en un determinado itinerario sin carga de mercancía), si bien se debe insistir en que, en la presente sección, las fuentes de peligro quedan caracterizadas tanto por el vehículo que realiza el servicio como por el itinerario que éste recorre (en el apartado IX.1.X que sigue a continuación se expone el tratamiento que se sugiere adoptar para los distintos itinerarios).

### IX.1.1. Información de base para una caracterización preliminar de la actividad del operador

Los operadores de transporte de mercancías peligrosas suelen o, al menos, pueden tener potencialmente multitud de servicios a lo largo de un período de referencia, además de que entre distintos períodos de referencia pueden existir importantes diferencias en los servicios realizados. De forma similar a como se realiza en el caso de una instalación fija, no resulta necesario, en términos de análisis de riesgo, identificar y posteriormente evaluar absolutamente todas las fuentes de peligro (todos los depósitos, válvulas, tuberías, sustancias, etc.) sino únicamente las más relevantes (el depósito de mayor capacidad o que, por su situación y/o contenido, mayor susceptibilidad tiene de generar un daño medioambiental, por ejemplo). El sentido común y la experiencia del analista permiten centrar el análisis en aquellas fuentes de peligro más relevantes.

Otro motivo para la selección de los trayectos relevantes, además del indicado en el párrafo anterior relativo a la identificación de las fuentes de peligro más relevantes en términos de riesgo medioambiental, deriva de la naturaleza especial del sector al que se destina el presente MIRAT (el transporte de mercancías peligrosas por carretera): la naturaleza móvil de la fuente de peligro —que supone que el analista no pueda determinar el lugar donde se produciría el accidente—, las exigencias documentales que supone la descripción detallada de un lugar concreto donde se produciría el daño medioambiental —cuanto más la descripción de numerosos puntos donde podría producirse dicho daño medioambiental— y la complejidad de evaluar la accidentabilidad de cada trayecto considerado como relevante y las posibles repercusiones medioambientales del mismo exige de la identificación de aquellos trayectos que puedan suponer mayor riesgo medioambiental.

De esta forma, del conjunto total de servicios que un operador realice puede resultar necesario seleccionar aquéllos más relevantes, con mayor susceptibilidad de generar un daño medioambiental. Será esta selección, estos itinerarios relevantes, sobre los que se construirá el análisis de riesgo medioambiental del operador.

La primera etapa del proceso de modelización de la actividad de cualquier operador de transporte de mercancías con fines de análisis de su actividad es la identificación de trayectos. Un **trayecto (t)** puede definirse por cuatro variables:

- Recorrido (r):
  - o Origen del servicio.
  - o Destino del servicio.
- Sustancia transportada (s).
- Cantidad de sustancia transportada (c).

En una unidad de tiempo (año, trienio, quinquenio, etc.) un **trayecto (t)** puede realizarse un determinado número de veces, es decir, un determinado número de **viajes (v)**. El tráfico-

vehículo (en vehículos-km) asociado a determinado trayecto se estima multiplicando el número de viajes por el número de kilómetros (vehículos-km); finalmente, para conocer el tráfico-carga (en toneladas-km) es necesario multiplicar por la carga de cada viaje.

Los distintos viajes de un trayecto, suponiendo que al tener el mismo origen y destino discurren por las mismas carreteras —y sabiendo que se transporta la misma sustancia— tendrán las mismas características respecto al riesgo medioambiental; las probabilidades de accidente asociadas al vehículo y al conductor se consideran independientes respecto de las variables origen y destino del servicio y sustancia transportada.

De igual forma, en términos de riesgo medioambiental en el presente MIRAT el comportamiento de un recorrido será independiente del sentido en el que se recorra, es decir, a modo de ejemplo, un trayecto entre Zaragoza y Madrid tendrá el mismo comportamiento en términos de riesgo medioambiental (manteniendo igual la carga y la sustancia) que un trayecto entre Madrid y Zaragoza, al discurrir por las mismas carreteras. En definitiva, los trayectos pueden agruparse en **itinerarios (i)** cuando se trate de un mismo recorrido realizado en uno u otro sentido.

Por otra parte, el comportamiento de distintas sustancias tras su liberación al medio ambiente puede ser similar al de otras. De hecho, el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, que presenta el Índice de Daño Medioambiental (IDM) como herramienta para estimar el nivel de daño medioambiental de un escenario accidental de cara a seleccionar el escenario de referencia sobre el que estimar la cuantía de la garantía financiera obligatoria, agrupa los distintos agentes químicos susceptibles de generar un daño medioambiental básicamente en cinco grandes grupos: Compuestos Orgánicos Volátiles (halogenados y no halogenados), Semivolátiles (halogenados y no halogenados) y No Volátiles (en función de su punto de ebullición), fueles, inorgánicos y explosivos. Dentro de cada grupo se incluyen sustancias cuyo comportamiento respecto al recurso natural receptor es similar, si no idéntico; de esta forma, se simplifica la estimación del nivel de daño medioambiental generado por la liberación de una sustancia al medio ambiente.

Este comportamiento semejante de distintas sustancias tras su liberación al medio ambiente permitiría reducir el número de itinerarios relevantes en términos de riesgo medioambiental agrupando los itinerarios no por sustancia sino por tipo de sustancia. Esta operación permitiría simplificar el procedimiento de selección de los itinerarios relevantes, aunque, como se comentará posteriormente, la clasificación de todas las sustancias transportadas a lo largo del período de referencia (un año), en el caso de un operador con mucha y variada actividad, puede restar operatividad a este ejercicio.

Por otra parte, la operativa del transporte de mercancías peligrosas por carretera puede generar que determinados trayectos o itinerarios se realicen con el vehículo vacío, considerando a efectos del presente MIRAT, como se ha comentado en el epígrafe IX.1, que un vehículo va vacío si no tiene carga o si la carga transportada se considera que tiene menor peligrosidad que el depósito de combustible del vehículo.

La incorporación de estos trayectos sin carga al conjunto de la actividad del operador con el fin de que, en caso de que supongan un porcentaje significativo del tráfico del operador, pudieran ser seleccionados como itinerarios relevantes ha de tenerse en cuenta, especialmente, en el caso de aquellos operadores que transporten mercancía envasada con menos peligrosidad que el depósito de combustible del vehículo —atendiendo a alguno de los criterios recogidos en el epígrafe IX.1 o a otros debidamente justificados por el operador, que podría considerar incluir ambos agentes causantes del daño (carga y depósito de combustible) en caso de dudas respecto a la peligrosidad de uno frente al otro— o de que realicen numerosos trayectos sin carga.

El operador deberá incorporar estos trayectos sin carga al listado de trayectos e itinerarios que realice (es decir, al listado similar al del ejemplo de la Tabla 14 que se detalla en páginas posteriores). De igual forma, cada trayecto o itinerario estará identificado por un origen y un destino (o, al menos, por una distancia), por un número de viajes y por una carga por viaje (en este caso,  $0,7 \text{ m}^3$  o  $0,64 \text{ t}^{11}$ ). Con estos datos, el operador podrá incorporar los viajes que realice sin carga (atendiendo a los criterios planteados en el presente MIRAT) a su listado de operaciones, por si algún itinerario realizado en vacío pudiera considerarse relevante siguiendo, en su caso, el procedimiento propuesto en las páginas siguientes de este MIRAT.

En caso de que alguno de estos itinerarios realizados en vacío resultara relevante, el operador deberá incorporar al mismo en su análisis de riesgos. El posterior análisis del/de los itinerario/s seleccionado/s seguirá el mismo procedimiento de estimación del riesgo medioambiental que se desarrolla en el epígrafe IX.4.1. Si el operador conoce las carreteras por las que discurre este itinerario en vacío, dichas vías se identificarán en la base de datos de carreteras disponible en el marco del presente MIRAT; si el operador desconoce dichas vías, procederá a la estimación del riesgo medioambiental identificando el tipo de carreteras y la/s provincia/s por las que discurre el itinerario, siguiendo el procedimiento diseñado para las vías que no están incluidas en la base de datos de carreteras descrito en el Anejo M.VI, en el caso de que el operador decida utilizar la aplicación de estimación de la probabilidad de afección a distintos recursos naturales que el presente MIRAT pone a disposición del sector.

### **IX.1.2. Procedimiento para la selección de itinerarios relevantes del conjunto de actividad del operador**

La selección de los itinerarios relevantes ha de tener como guía, como criterio de decisión, el riesgo medioambiental. El riesgo medioambiental asociado al transporte de mercancías peligrosas viene determinado, como cualquier otro riesgo, por la probabilidad y las

---

<sup>11</sup> Se asume una densidad del gasóleo de  $0,91 \text{ kg/dm}^3$ , densidad media del gasóleo según la siguiente ficha de seguridad: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/401a500/1561.pdf>. El operador podrá modificar estas cifras ( $0,7 \text{ m}^3$  del depósito y densidad del gasóleo) atendiendo a sus datos.

consecuencias, cuya traducción operativa a la actividad del transporte de mercancías peligrosas implica los siguientes criterios de selección:

En primera instancia, procede descartar itinerarios esporádicos, seleccionando aquéllos consolidados, usuales, con trayectoria histórica y perspectivas de continuidad. Dentro de éstos:

1. Identificar itinerarios de mayor longitud o con más tráfico (vehículos-km o toneladas-km).
2. Identificar tramos conflictivos (por su mayor accidentabilidad) en las carreteras por donde discurren los servicios que presta el operador, debido a que pueden influir de forma significativa en el riesgo del trayecto. La identificación de tramos conflictivos podrá ser objetiva (tramos con mayor accidentabilidad según datos obtenidos para el presente MIRAT) o subjetiva (conocimiento del operador respecto a accidentabilidad en determinadas rutas).

### **1. Identificar itinerarios de mayor longitud y con más tráfico (vehículos-km y toneladas-km)**

Debido a que un operador puede haber realizado varios centenares o, incluso, miles de trayectos a lo largo del período de referencia (en este caso, un año), puede resultar necesario seleccionar aquéllos que resulten más representativos de la actividad del operador, alcanzando en esta selección un compromiso entre dicha representatividad y la obtención de una muestra de itinerarios no muy extensa (orientativamente, unas pocas unidades o una o dos decenas, como máximo). Sobre esta selección de itinerarios se procederá a un análisis más detallado con el objetivo de conocer el riesgo medioambiental del operador y, con ello, la garantía financiera.

Cabe señalar que este procedimiento de selección es una propuesta incluida en el presente MIRAT que permite identificar aquellos itinerarios susceptibles de representar un mayor riesgo medioambiental, usando para ello información básica a disposición del operador. El operador podrá aplicar los criterios de selección que se proponen, aplicar otros o no realizar esta selección por considerar factible el análisis del conjunto de todas las rutas que realiza.

A continuación se procede a describir el procedimiento de selección, ilustrándolo en la presente memoria con un ejemplo sencillo; el caso práctico que acompaña a esta memoria muestra un ejemplo más extenso y complejo.

El operador de transporte de mercancías peligrosas dispondrá de una información sobre su actividad que, de una u otra forma, será similar a la expuesta en la Tabla 14 (página 65).

Con esta información, el operador puede estimar el tráfico-vehículo que genera aplicando la siguiente ecuación, datos que se recogen en la penúltima columna de la Tabla 14:

$$\text{Tráfico - vehículo}_t = v_t * L_t$$

Donde:



*Tráfico-vehículo<sub>t</sub>*, es el tráfico del trayecto *t* (vehículos-kilómetros o veh-km).

*v<sub>t</sub>*, es el número de viajes que se realizan del trayecto *t* (vehículos).

*L<sub>t</sub>*, es la longitud del trayecto *t* (kilómetros).

Sin embargo, a efectos de transporte de mercancías, resulta también relevante y más expresivo en términos de responsabilidad medioambiental expresar el tráfico en términos de toneladas-kilómetros (t-km), tal y como se expone en la siguiente ecuación y cuyos datos se recogen en la última columna de la Tabla 14:

$$\text{Tráfico - carga}_t = \sum_{t=0}^n (v_t * L_t * c_t)$$

Donde:

*Tráfico-carga<sub>t</sub>*, es el tráfico en el trayecto *t* (toneladas-kilómetros o t-km).

*v<sub>t</sub>*, es el número de viajes que se realizan del trayecto *t* (vehículos).

*L<sub>t</sub>*, es la longitud del trayecto *t* (kilómetros).

*c<sub>t</sub>*, es la cantidad de sustancia por viaje transportada en el trayecto *t* (toneladas/vehículo).

Siendo el ámbito de aplicación del presente MIRAT el territorio nacional, en caso de servicios que incluyan recorridos por otro país únicamente se computarán los kilómetros realizados por territorio nacional.

Los trayectos 3, 4, 5, 7 y 8 de la Tabla 14 muestran una carga por viaje pequeña, mientras que el número de viajes es relativamente elevado. Con estos ejemplos se pretende ilustrar el tratamiento que se realizará en el caso de las cisternas compartimentadas: cada compartimento de la cisterna será considerado de forma independiente al resto. Es decir, una cisterna con tres compartimentos de 8 toneladas cada uno realizará tres viajes cada vez que se desplace entre un origen y un destino; de esta forma, el trayecto 3 de la Tabla 14 muestra un total de 249 viajes, cuando en realidad únicamente se realizaron 83 desplazamientos entre A Coruña y Toledo.

En caso de transporte de mercancía envasada, la consideración será similar al de las cisternas compartimentadas, indicando en el listado de la Tabla 14, en su caso, como carga por viaje la capacidad de la unidad de envase, siempre que la mercancía se considere más peligrosa que el depósito de combustible atendiendo a los criterios indicados en el apartado IX.1. Cuando se considere que el depósito de combustible es más peligroso que la carga, se indicará como carga por viaje el depósito de combustible y como sustancia transportada el gasóleo.

El procedimiento más sencillo de selección de los itinerarios más relevantes sería escoger aquéllos que concentren un porcentaje significativo del tráfico-carga total del operador (en t-km). Sin embargo, la elevada variabilidad de trayectos que un operador puede realizar hace que los porcentajes del tráfico-carga de cada trayecto respecto al total del operador sean generalmente pequeños y, con ello, sea necesario seleccionar un número muy elevado de

trayectos para agrupar un porcentaje significativo del tráfico-carga total del operador. Debido a esta circunstancia, se ha considerado necesario proponer un criterio de selección que, sin olvidar el dato de tráfico-carga e, incluso, basándose en él, incluya otras variables que permitan caracterizar la relevancia del itinerario y, a la vez, seleccionar un número operativo de itinerarios, y que a la vez sean más relevantes.

Un elemento clave para realizar esta selección de itinerarios relevantes es la accidentabilidad. En el presente MIRAT, la unidad básica de la accidentabilidad es el número de accidentes que se produce en un año, por vehículo y por kilómetro (accidente/año.veh-km). De esta forma, se ha considerado que la relevancia de un itinerario, en términos de responsabilidad medioambiental, vendrá determinada fundamentalmente por tres variables:

- Distancia del itinerario. En aquellos itinerarios más largos existe mayor probabilidad de que se produzca un accidente.
- Tráfico-vehículo. Cuanto mayor número de veces se realice un determinado itinerario (mayor número de viajes), mayor probabilidad de que se produzca un accidente en el mismo.
- Tráfico-carga. Al incluir la carga transportada, se incorpora en el análisis las consecuencias de un posible accidente, debido a que cuanto mayor carga se transporte mayores consecuencias ambientales podrán derivarse de un posible accidente.

Las tres variables están íntimamente relacionadas, por lo que se ha considerado que aquellos itinerarios que aparezcan en las posiciones superiores de una clasificación descendente de los mismos en las tres variables serán itinerarios relevantes, al encontrarse a la vez entre los que más distancia tienen, más número de veces se realizan y mayor carga de mercancía transportan.

CodTrayecto	Origen	Destino	Itinerario	Sustancia (s)	Distancia (km)	Viajes (v)	Carga (c) (t/viaje)	Tráfico (veh-km)	Tráfico (t-km)
1	A Coruña	Almería	A Coruña – Almería	Alquitrán líquido	1.172	78	16	91.416	1.462.656
2	Almería	A Coruña	A Coruña – Almería	Queroseno	1.172	15	24	17.580	421.920
3	A Coruña	Toledo	A Coruña – Toledo	Ácido nítrico	675	249	8	168.075	1.344.600
4	Toledo	A Coruña	A Coruña – Toledo	Acetona	675	96	6	64.800	388.800
5	Córdoba	Albacete	Córdoba – Albacete	Alquitrán líquido	354	144	4	50.976	203.904
6	Soria	Lugo	Soria – Lugo	Queroseno	578	38	22	21.964	483.208
7	Soria	Pamplona	Soria – Pamplona	Ácido sulfúrico	176	180	6	31.680	190.080
8	Pamplona	Soria	Soria – Pamplona	Benceno	176	114	8	20.064	160.512
9	Segovia	Cádiz	Segovia – Cádiz	Acetato de metilo	750	2	18	1.500	27.000
10	Madrid	Soria	Madrid – Soria	Benceno	231	101	16	23.331	373.296
11	Soria	Madrid	Madrid – Soria	Ácido nítrico	231	247	24	57.057	1.369.368
12	Madrid	Valladolid	Madrid – Valladolid	Pólvora negra	193	193	17	37.249	633.233
13	Valladolid	Madrid	Madrid – Valladolid	Acetona	193	103	12	19.879	238.548

**Tabla 14.** Ejemplo ilustrativo de información de base sobre la actividad de un operador de transporte de mercancías peligrosas. Fuente: Elaboración propia

Como se ha comentado previamente, a efectos de responsabilidad medioambiental la variable que se considera determinante es el itinerario, definido como el desplazamiento que se realiza entre un origen y un destino independientemente del sentido de la marcha. De esta forma, los trayectos 1 y 2 se tratan como un mismo itinerario (A Coruña – Almería); lo mismo ocurre con 3 y 4 (A Coruña – Toledo), 7 y 8 (Soria – Pamplona), 10 y 11 (Madrid – Soria) y 12 y 13 (Madrid – Valladolid). La Tabla 15 muestra las tres variables consideradas como relevantes de los 8 itinerarios a los que pueden reducirse los 13 trayectos recogidos en la Tabla 14.

Itinerario	Distancia (km)	Tráfico-vehículo (veh-km)	Tráfico-carga (t-km)
A Coruña – Almería	1.172	108.996	1.884.576
A Coruña – Toledo	675	232.875	1.733.400
Córdoba – Albacete	354	50.976	203.904
Madrid – Soria	231	80.388	1.742.664
Madrid – Valladolid	193	57.128	871.781
Segovia – Cádiz	750	1.500	27.000
Soria – Lugo	578	21.964	483.208
Soria – Pamplona	176	51.744	350.592

**Tabla 15.** Resumen por itinerarios del tráfico del ejemplo ilustrativo propuesto en la Tabla 14. Fuente: Elaboración propia

Se ha considerado más operativo proceder a la agrupación de los trayectos en itinerarios sin distinguir la sustancia concreta que se transporta, siempre y cuando dicha sustancia sea potencialmente dañina para los recursos naturales. No se considera relevante en el presente análisis de riesgos la especificación de la sustancia o del tipo de sustancia transportada, desde el momento en el que, en términos de daños medioambientales, las sustancias pueden agruparse únicamente en cinco tipos de compuestos por su similar comportamiento una vez liberadas al medio ambiente conforme con la metodología del IDM; por otra parte, la clasificación (en uno de estos cinco tipos de sustancias) de cada sustancia transportada por un operador con varios centenares o millares de trayectos restaría operatividad a este análisis preliminar cuyo objetivo es seleccionar los itinerarios más relevantes con la menor información posible y de forma rápida y sencilla.

De esta forma, en esta primera fase de selección de itinerarios relevantes éstos se definen, únicamente, por un origen y un destino, independientemente del sentido en el que se realice el desplazamiento y de la sustancia o tipo de sustancia que se transporte.

Los itinerarios considerados relevantes serán aquellos que, a la vez, tengan una elevada distancia de recorrido y un elevado tráfico, tanto en términos de veh-km como, especialmente, de t-km. Como se ha indicado anteriormente, aquellos itinerarios que aparezcan en los primeros puestos de cada una de las variables, ordenados de mayor a menor, serán considerados como relevantes.

El procedimiento puede dividirse en dos fases:

**1º Seleccionar el número de datos con el que se compararán las tres listas.**

Para ello, se tomará como referencia el dato de tráfico-carga ordenándose los itinerarios de mayor a menor valor de esta variable; el número de datos sobre el que se realizará la comparación de las listas será uno de los siguientes, indicados por orden de prioridad:

- Número de itinerarios que acumulan al menos el 50% del tráfico-carga total del operador.
- Número de itinerarios que acumulan al menos el 25% del tráfico-carga total del operador.
- Número de itinerarios que acumulan al menos el 10% del tráfico-carga total del operador.

El analista realizará la selección de itinerarios relevantes, en primer lugar, para el número de datos resultado del número de itinerarios que acumula más del 50% del tráfico-carga del operador; si el resultado fuera un número excesivo de itinerarios (varias unidades, hasta una decena como máximo orientativo), se procedería a realizar la selección según el número de datos resultante del número de itinerarios que acumula más del 25% del tráfico-carga del operador y, finalmente, para el que acumula más del 10% del tráfico-carga. Como se ha comentado anteriormente, el objetivo es seleccionar un número de itinerarios representativos de la actividad del operador con el que sea operativo realizar el análisis de riesgos medioambientales; para operadores con una actividad muy intensa y diversa, el resultado de aplicar el número de datos resultante del número de itinerarios que acumulan más del 50% del tráfico-carga daría como resultado un número de itinerarios relevantes muy extenso. De hecho, en caso de que incluso el número de itinerarios que acumulan más del 10% del tráfico-carga total del operador resultara excesivo (varias unidades, hasta una decena como máximo orientativo) el operador podrá seleccionar directamente el número de itinerarios que vaya a considerar operativo.

La Tabla 16 muestra los resultados de tráfico-carga relativo y acumulado para los itinerarios del ejemplo ficticio que se muestra a modo de ilustración del procedimiento.

Itinerario	%tráfico-carga	%tráfico-carga acumulado
A Coruña – Almería	25,83%	25,83%
Madrid – Soria	23,88%	49,71%
A Coruña – Toledo	23,75%	73,46%
Madrid – Valladolid	11,95%	85,41%
Soria – Lugo	6,62%	92,03%
Soria – Pamplona	4,80%	96,84%
Córdoba – Albacete	2,79%	99,63%
Segovia – Cádiz	0,37%	100,00%

**Tabla 16.** Itinerarios ordenados en orden descendente por tráfico-carga relativo. Fuente: Elaboración propia

En este caso, es 3 el número mínimo de itinerarios que acumulan más del 50% del tráfico-carga del operador. De esta forma, los itinerarios considerados como relevantes serán aquellos de estos tres (A Coruña – Almería, Madrid – Soria y A Coruña – Toledo) que se encuentren también entre los tres primeros en longitud de recorrido y en tráfico-vehículo.

### **2º Identificar itinerarios que se repiten en las tres listas.**

La segunda fase del procedimiento consiste en comparar las tres listas (distancia, tráfico-vehículo y tráfico-carga) e identificar aquellos itinerarios que se repiten en ellas.

La Tabla 17 muestra cómo se ordenan los distintos itinerarios del ejemplo según las tres variables consideradas como relevantes para la caracterización de los itinerarios y cuáles de los itinerarios realizados por el operador son elegidos como relevantes.

De los tres itinerarios que concentraban el 50% del tráfico-carga acumulado del operador, el itinerario Madrid – Soria no será considerado por no incluirse entre los tres primeros en longitud de recorrido. En definitiva, de la actividad del operador del sencillo ejemplo presentado en la presente memoria —resumida en la Tabla 15— pueden extraerse dos itinerarios relevantes: A Coruña – Almería y A Coruña – Toledo.

Con este procedimiento de selección se identifican aquellos itinerarios que, de entre los que concentran un porcentaje determinado del tráfico-carga total del operador, se encuentran también entre los que más longitud de recorrido tienen y más tráfico-vehículo generan. Estos itinerarios se considera que tendrán una mayor susceptibilidad de generar un daño medioambiental.

En el caso de que no resultara elegible ningún itinerario, habría de ampliarse el número de datos con el que se comparan las tres listas; para ello, se ampliará el porcentaje de tráfico acumulado del operador (en el ejemplo, el 50%) mediante el cual se define el número de datos con el que se comparan las tres listas.

### **2. Selección de itinerarios conflictivos (con mayor accidentabilidad, objetiva y/o subjetiva)**

Además de los itinerarios que mayor longitud de recorrido tienen y más tráfico concentran, se considera conveniente incluir entre los itinerarios relevantes aquellos que discurran por carreteras con una elevada accidentabilidad. Aunque estos itinerarios que discurren por carreteras con un elevado número de accidentes puedan no estar incluidos entre los que más tráfico del operador concentran, la elevada probabilidad de accidente que puedan tener algunos de ellos puede convertir en significativo su riesgo medioambiental asociado.

La selección de los itinerarios más conflictivos puede realizarse de forma objetiva —escogiendo aquéllos que, al menos en principio, contengan tramos de elevado riesgo medioambiental— o subjetiva —a partir del conocimiento del operador respecto a itinerarios que, por cualquier razón, resultan problemáticos por su riesgo medioambiental—.

Ordenación por longitud de recorrido			Ordenación por tráfico-vehículo (veh-km)			Ordenación por tráfico-carga (t-km)		
Orden	Distancia (km)	Itinerario	Orden	Tráfico-vehículo (veh-km)	Itinerario	Orden	Tráfico-carga (t-km)	Itinerario
1	1.172	<b>A Coruña – Almería</b>	1	232.875	<b>A Coruña – Toledo</b>	1	1.884.576	<b>A Coruña – Almería</b>
2	750	Segovia – Cádiz	2	108.996	<b>A Coruña – Almería</b>	2	1.742.664	Madrid – Soria
3	675	<b>A Coruña – Toledo</b>	3	80.388	Madrid – Soria	3	1.733.400	<b>A Coruña – Toledo</b>
4	578	Soria – Lugo	4	57.128	Madrid – Valladolid	4	871.781	Madrid – Valladolid
5	354	Córdoba – Albacete	5	51.744	Soria – Pamplona	5	483.208	Soria – Lugo
6	231	Madrid – Soria	6	50.976	Córdoba – Albacete	6	350.592	Soria – Pamplona
7	193	Madrid – Valladolid	7	21.964	Soria – Lugo	7	203.904	Córdoba – Albacete
8	176	Soria – Pamplona	8	1.500	Segovia – Cádiz	8	27.000	Segovia – Cádiz

**Tabla 17.** Itinerarios organizados en orden descendente por cada una de las tres variables consideradas relevantes para identificar los itinerarios más relevantes. En rojo, itinerarios relevantes del operador. Fuente: Elaboración propia

La **identificación subjetiva** de itinerarios conflictivos permite incorporar al análisis el conocimiento que el operador tenga respecto a itinerarios que pueden entrañar mayor riesgo medioambiental. El análisis posterior que se realizará sobre el conjunto de itinerarios permitirá confirmar o descartar esta identificación subjetiva.

Por su parte, la **identificación objetiva** de itinerarios conflictivos se basará en los datos de accidentabilidad del transporte de mercancías por carretera que se han obtenido en el marco del presente MIRAT empleando el Mapa de Tráfico del Ministerio de Fomento y las Estadísticas de las Emergencias de Accidentes en el Transporte de Mercancías Peligrosas elaboradas por la Dirección General de Protección Civil y Emergencias del Ministerio del Interior, además de la información disponible respecto a recursos naturales por los que discurren las carreteras evaluadas.

El primero de los análisis comentados ha permitido estimar la accidentabilidad del transporte de mercancías peligrosas en las carreteras incluidas en la Red de Carreteras del Estado (RCE), para el conjunto de vías y de forma desagregada según el tipo de carretera.

Atendiendo a la diferente accidentabilidad por tipo de carretera entre vías de gran capacidad (autopistas y autovías) y vías convencionales (ya sean de una calzada o de dos), podría incorporarse al análisis la identificación de itinerarios conflictivos debido a la accidentabilidad de las vías por las que discurren, atendiendo a los siguientes criterios:

- Aquellos itinerarios con volumen de tráfico-carga dentro del porcentaje de referencia empleado en la etapa anterior pero que no hayan sido seleccionados por no aparecer entre los que más longitud tienen o entre los que más tráfico-vehículo generan y que, además, discurren en un porcentaje significativo de su recorrido (por ejemplo, superior al 50% de su longitud total) por carreteras convencionales.
- Aquellos itinerarios con volumen de tráfico-carga dentro del porcentaje de referencia utilizado en la etapa anterior pero que no hayan sido seleccionados por no aparecer entre los que más longitud tienen o entre los que más tráfico-vehículo generan y que, además, contengan en un porcentaje significativo de su recorrido tramos con accidentabilidad superior a la genérica que les correspondería por el tipo de vía al que se adscriben.

Si el operador dispone de la información relativa al tipo de carretera por donde discurren sus itinerarios, resultaría de sencilla aplicación el primero de los criterios arriba indicados; aunque el análisis se circunscribiría a los itinerarios con volumen de tráfico-carga dentro del porcentaje de referencia pero que no hayan sido seleccionados por no aparecer entre los que más longitud tienen o entre los de mayor tráfico-vehículo, el segundo criterio, sin embargo, puede exigir de unos esfuerzos excesivos, especialmente en el caso de operadores con mucha y muy diversa actividad. El Anejo M.IV identifica la probabilidad de accidente de 113 tramos de carreteras de la Red de Carreteras del Estado y la comparación respecto a la accidentabilidad genérica según el tipo de vía; el operador puede basarse en esta información para identificar itinerarios que incluyan tramos de carretera de elevada accidentabilidad y que supongan un porcentaje significativo del total de distancia del itinerario.



### **3. Itinerarios relevantes del conjunto de actividad del operador**

El resultado de la selección de itinerarios relevantes de entre el conjunto de actividad del operador, ya sea de aquéllos con mayor distancia y tráfico y/o que se presuman conflictivos objetiva o subjetivamente, ha de ser un listado manejable, con objeto de que el análisis a realizar posteriormente sea operativo.

El operador podrá elegir unas pocas unidades de itinerarios relevantes (unos pocos siguiendo el proceso de selección basado en el tráfico y distancia de los itinerarios y otros de los considerados como conflictivos por el propio operador, por ejemplo) para realizar el análisis de riesgos medioambientales con objeto de estimar la cuantía de la garantía financiera. Las siguientes fases del proceso de cálculo del riesgo medioambiental del transporte por carretera de mercancías peligrosas exigen de unos recursos que pueden convertirse en desproporcionados si la selección de itinerarios relevantes resulta excesivamente extensa, por lo que se insiste en recomendar la limitación del número de itinerarios seleccionados, siempre asegurando que estos sean representativos de la actividad, aunque dicha limitación quedará a criterio del operador que deberá justificar su decisión.

Por el contrario, esta selección de itinerarios relevantes puede hacerse más extensa si el objetivo del análisis es mejorar la gestión del riesgo medioambiental del operador, no siendo necesario de esta forma abordar fases posteriores que, siendo necesarias para el cálculo de la garantía financiera, pueden ser prescindibles para la mejora de la gestión del riesgo del operador.

### **4. Selección de un trayecto de cada uno de los itinerarios seleccionados**

Al haberse tenido en cuenta únicamente los orígenes y destinos de los trayectos para la identificación de itinerarios relevantes, cada uno de los itinerarios seleccionados puede incluir uno o varios trayectos, cada uno con una sustancia transportada y/o con un número de viajes determinado y/o con una diferente cantidad de sustancia transportada en cada viaje.

Cuando el itinerario relevante esté conformado por un único trayecto, el análisis de riesgos continuará teniendo en cuenta la sustancia que se transporta en dicho trayecto, el número de viajes que el operador realiza y la cantidad transportada en cada viaje.

Por otra parte, si el itinerario relevante incluye varios trayectos, será necesario seleccionar uno de ellos para la ejecución del análisis de riesgos. El presente MIRAT propone los siguientes criterios de decisión, basados en las prácticas más habituales que se realizan en los análisis de riesgos:

- Cuando en los trayectos incluidos en un mismo itinerario se transporta la misma sustancia (y, por tanto, se diferenciarán por el número de viajes y/o por la cantidad transportada en cada viaje), se seleccionará el trayecto que mayor tráfico-carga (t-km) genere.
- Cuando en los trayectos incluidos en un mismo itinerario se transportan sustancias distintas, el analista procederá a la selección del trayecto atendiendo a uno de los criterios (expuestos a continuación sin que el orden implique jerarquía) que los análisis de riesgos suelen aplicar para el caso de mezcla de sustancias, adaptándolos en este caso a la casuística del transporte de mercancías peligrosas:

- a) Selección del trayecto en el que se transporta la sustancia más tóxica.
- b) Selección del trayecto en el que se transporta la sustancia que podría causar unos daños medioambientales cuyo coste de reparación fuera más elevado.
- c) Selección del trayecto en el que se transporta la sustancia tóxica que genera un mayor volumen de tráfico-carga (t-km).

## IX.2. CAUSAS DE PELIGRO Y SUCESOS INICIADORES

Además de la presencia de una fuente de peligro como las identificadas en el epígrafe anterior, en el marco del presente MIRAT se ha considerado que han de confluír una serie de circunstancias desfavorables —o causas— que den lugar a la aparición del agente causante del daño.

Al igual que en el apartado dedicado a elementos estáticos, en la sección del presente MIRAT dedicada a los elementos móviles también se han considerado dos tipos básicos de sucesos iniciadores: vertidos y derrames de sustancias tóxicas e incendios y explosiones.

Los vertidos o derrames se diferencian entre sí por el agente químico liberado, que puede agruparse, dentro de los elementos móviles considerados en el presente MIRAT, en los siguientes grandes grupos:

- **Mercancía.** Como mercancía se considera cualquier sustancia, producto, preparado, etc. (incluyendo combustibles, gases, sustancias químicas, productos alimenticios, residuos y mercancías pulverulentas) cuyo transporte es la actividad básica del sector. La diversidad de sustancias objeto de transporte, que se manifiesta no solo a nivel sectorial (empresas especializadas en el transporte de uno u otro tipo de sustancias) sino dentro de los propios operadores (diversidad de sustancias transportadas por un mismo operador), hace inviable una caracterización detallada de este tipo de agente. Esta heterogeneidad de sustancias exige de una serie de simplificaciones que permitan hacer operativo el análisis de riesgos, tal y como se expone en posteriores apartados.  
Como la atmósfera no es un recurso natural cubierto por la LRM, la emisión de gases únicamente deberá considerarse en el marco del presente MIRAT cuando dichos gases generen una nube tóxica y ésta provoque daños a los recursos naturales contemplados en la LRM (agua, suelo, hábitats, especies silvestres y/o ribera del mar y de las rías). En el caso de gases inflamables, habrá de considerarse el posible daño por incendio y vertido de medios de extinción.  
Finalmente, cuando la sustancia involucrada en un accidente sea sólida y no inflamable, podrá asumirse la ausencia de efectos medioambientales relevantes, al considerar que la poca movilidad del agente contaminante permite su rápida recogida. En cualquier caso, esta apreciación de carácter sectorial, como otras que se realizan en el presente MIRAT, debe ser contrastada y adecuada por cada operador concreto.
- **Combustible.** Los vehículos utilizados por el sector para el transporte de mercancías utilizan gasóleo como combustible. En la actualidad, se incorpora un aditivo, compuesto principalmente por urea, que ayuda a reducir las emisiones de gases contaminantes; la

composición de dicho aditivo y la capacidad del depósito de los camiones (unos 20 litros) permiten asumir que dicho aditivo no supone un peligro medioambiental relevante.

- **Aguas de extinción de incendio.** Por último, en caso de incendio (además de los daños ocasionados por el propio fuego, que se comentan en páginas posteriores) es necesario considerar el volumen de agua liberado y su posible contaminación con la mercancía o con el combustible del vehículo.

En el caso de accidentes que puedan ocasionar incendios o explosiones, es necesario indicar que, en el marco de la normativa sobre responsabilidad medioambiental, únicamente se consideran los daños que el fuego pueda causar sobre los recursos naturales cubiertos por ésta. Por otra parte, y tal y como se ha recogido anteriormente, las aguas de extinción y el potencial daño medioambiental que puede generar serán tratados como un vertido o derrame de agente químico.

Finalmente, en el Anejo M.I se recoge la identificación de las causas que se ha realizado para cada una de las fuentes de peligro y sus correspondientes sucesos iniciadores. Estas posibles causas de accidente en carretera se han tomado del informe de accidentalidad en el transporte profesional del año 2002<sup>12</sup> para el transporte de mercancías peligrosas. En concreto, en este documento se recogen las siguientes posibles causas de accidente:

- Distracción.
- Cansancio, sueño o enfermedad.
- Velocidad inadecuada.
- Infracción a norma de circulación.
- Condición de la vía.
- Mal estado del vehículo.
- Avería mecánica.
- Meteorología adversa.

### **IX.3. IDENTIFICACIÓN DE ESCENARIOS ACCIDENTALES**

El Acuerdo Europeo sobre transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera actualmente vigente (ADR 2013) describe las acciones a realizar por la tripulación en caso de accidente o emergencia durante el transporte de mercancías peligrosas:

- Aplicar el sistema de frenado, apagar el motor y desconectar la batería accionando el interruptor cuando exista;
- Evitar fuentes de ignición, en particular, no fumar o activar ningún equipo eléctrico;

---

<sup>12</sup> <http://www.cetm.es/pagina3/Accidentalidad/AccidentalidadBN.pdf>

- Ponerse el chaleco fluorescente y colocar las señales de advertencia autoportantes como sea apropiado;
- Mantener los documentos de transporte disponibles para los receptores a su llegada;
- No andar sobre las materias derramadas, no tocarlas y evitar la inhalación de gases, humo, polvo y vapores manteniéndose en el lado desde donde sopla el viento;
- Siempre que sea posible hacerlo con seguridad, usar los extintores para apagar incendios pequeños/iniciales en neumáticos, frenos y compartimento del motor;
- Los miembros de la tripulación del vehículo no deberán actuar contra los incendios en los compartimentos de carga;
- Siempre que sea posible hacerlo con seguridad, usar el equipo de a bordo para evitar fugas al medio ambiente acuático o al sistema de alcantarillado y para contener los derrames;
- Apartarse de las proximidades del accidente o emergencia, aconsejar a otras personas que se aparten y seguir el consejo de los servicios de emergencias;
- Quitarse la ropa y equipos de protección contaminados después de su utilización y deshacerse de estos de forma segura.

El ADR incluye además indicaciones adicionales en función de las características del peligro de las mercancías peligrosas involucradas en el accidente, entre las que se encuentra evitar al máximo la exposición de la tripulación a la sustancia (refugiarse, mantenerse en zonas altas, etc.) o reducir los efectos de su vertido (cubrir sustancias que pueden generar gases inflamables en contacto con el agua o no mezclar sustancias comburentes o peróxidos orgánicos con materias inflamables), por citar las más comunes y/o relacionadas con el riesgo medioambiental.

Además del equipamiento genérico de la unidad de transporte (calzos para el vehículo, señales de advertencia autoportantes y líquido para el lavado de ojos) y para cada miembro de la tripulación (chaleco o ropa fluorescente, iluminación portátil, guantes y equipo de protección ocular), para las sustancias sólidas o líquidas con las etiquetas de peligro 3 —peligro de fuego (materias líquidas inflamables)—, 4.1 —peligro de fuego (materias sólidas inflamables)—, 4.3 —peligro de emanación de gas inflamable al contacto con el agua—, 8 —materia corrosiva— y 9 —materias y objetos diversos que en el curso del transporte supongan un riesgo distinto de los que se señalan en las otras clases—, la unidad de transporte deberá disponer de:

- una pala;
- un obturador de entrada al alcantarillado;
- un recipiente colector.

De esta forma, en términos de riesgo medioambiental, la actuación de la tripulación ante un accidente que pudiera generar un daño medioambiental es obligatoria, siempre que sea posible por seguridad (y por la condición de la tripulación tras el accidente), en la evitación de incendio del vehículo (no de

la carga) y en la contención de derrames (en el caso de sustancias con determinadas etiquetas de peligro).

Por su parte, en la Orden INT/3716/2004, de 28 de octubre, por la que se publican las fichas de intervención para la actuación de los servicios operativos en situaciones de emergencia provocadas por accidentes en el transporte de mercancías peligrosas por carretera y ferrocarril se expone a modo de ficha las acciones o tareas que han de realizarse durante las intervenciones en caso de accidente en el transporte de mercancías peligrosas: la detención de la fuga, la contención de la sustancia derramada (empleando cualquier medio disponible), la extinción del incendio usando los medios adecuados (agua a chorro o pulverizada, polvo seco, espuma, etc.) y la comunicación a la autoridad competente del contacto entre la sustancia derramada con un curso de agua o con una alcantarilla son probablemente las cuatro acciones más relevantes, relacionadas con el riesgo medioambiental, a realizar tras un accidente durante el transporte de mercancías peligrosas.

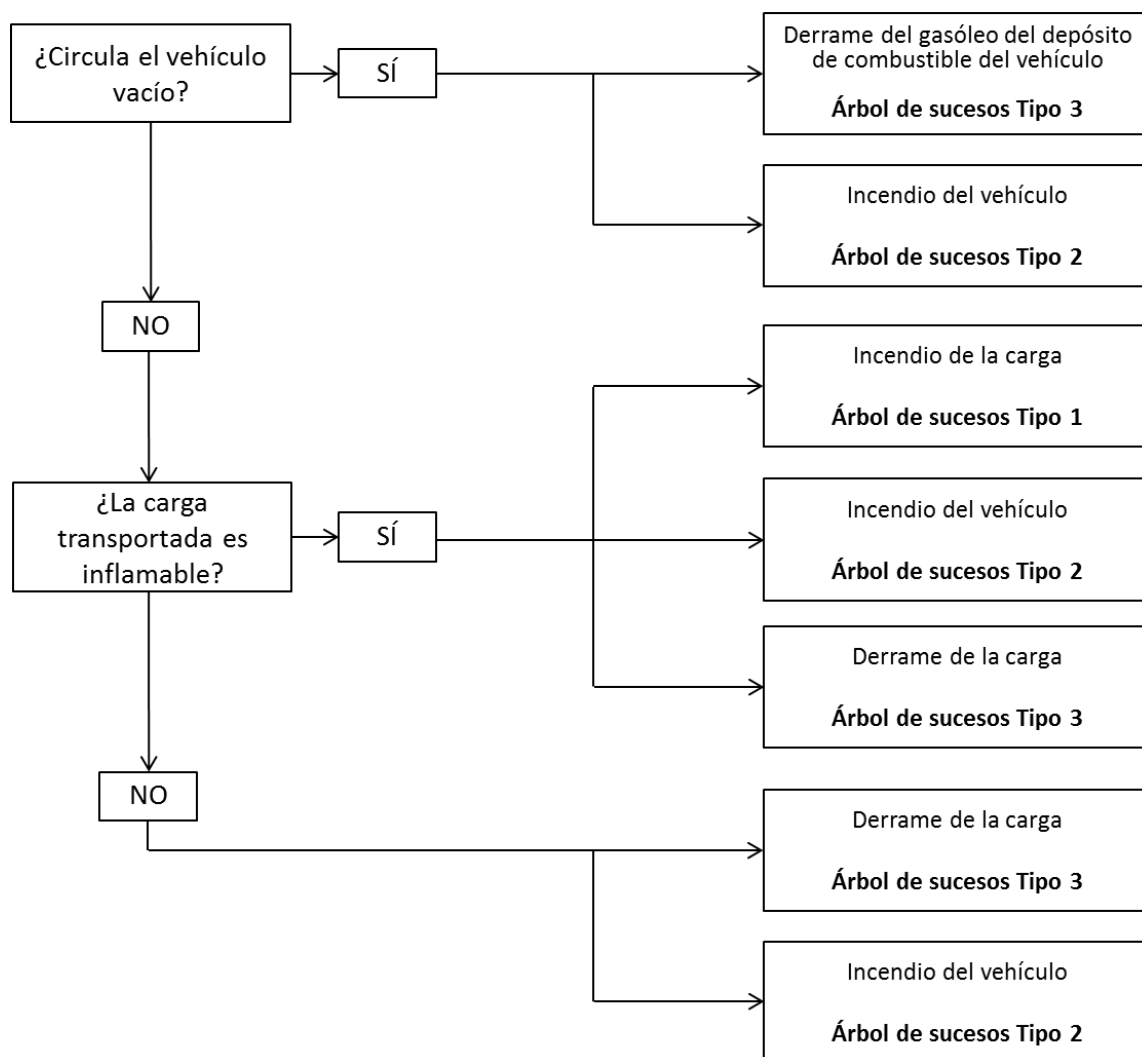
En definitiva, la elaboración de los árboles de sucesos para los accidentes de tráfico de vehículos de transporte de mercancías peligrosas ha de tener en cuenta la intervención de la tripulación para reducir o evitar los daños medioambientales, considerando en qué circunstancias pueden intervenir (valorando la posibilidad de incluir la condición de la tripulación tras el accidente) y de qué medios disponen para ello. Posteriormente, será necesario considerar la intervención de los servicios de emergencia, ya sean éstos externos (básicamente, bomberos) o propios (equipo de actuación ante accidentes).

De forma adicional, es necesario tener en cuenta la posibilidad de que el depósito de combustible del vehículo (con una capacidad unitaria generalmente de 700 litros, siendo posible que el vehículo disponga de dos unidades) se vea afectado por el accidente, provocando una fuga del contenido.

Teniendo en cuenta estas indicaciones respecto a la naturaleza de los accidentes de tráfico durante el transporte de mercancías peligrosas y a la posterior actuación, y aplicando la herramienta de los árboles de sucesos prevista en la Norma UNE 150008, se ha procedido a la identificación de los escenarios accidentales asociados a la propia actividad del transporte de mercancías peligrosas por carretera. Mediante estos árboles se prevén los diferentes caminos que puede seguir un suceso iniciador en función de los factores que pueden influir en su evolución en el espacio-tiempo.

En este caso, se han identificado tres tipos de árboles de sucesos, que se recopilan en el Anejo M.II.

La Figura 2 muestra el árbol de decisión para identificar los árboles de sucesos relevantes para cada accidente que el analista haya de estudiar en términos de riesgos medioambientales.



**Figura 2.** Tipo de árbol de sucesos a aplicar en función de si se transporte carga y, en caso positivo, del tipo de la misma. Fuente: Elaboración propia.

Quando el vehículo circule vacío, tal y como ha sido definido en el apartado IX.1 del presente MIRAT, los escenarios accidentales estarán relacionados con el incendio del vehículo y con el derrame del gasóleo del depósito de combustible del mismo.

Por su parte, cuando el vehículo circule con mercancía, los árboles de sucesos relevantes tendrán relación con la naturaleza de la sustancia transportada y, en concreto, con su inflamabilidad. Cuando se transporten sustancias no inflamables (aquéllas con tipos de peligro distintos a los recogidos en el Cuadro 1), los escenarios accidentales estarán relacionados con el derrame de la carga y el incendio del vehículo; cuando la mercancía sea inflamable (contenga uno o varios de los tipos de peligro recogidos en el Cuadro 1), a estos escenarios se le añadirá el incendio de la carga. Para ambos tipos de carga (inflamable o no inflamable), no se considera relevante el derrame del depósito de combustible, al evaluarse la posibilidad de un derrame de la carga que supondrá unas consecuencias medioambientales significativamente superiores.

Número	Peligro
Nº 1	Riesgo de explosión, divisiones 1.1, 1.2 y 1.3
Nº 1.4	Riesgo de explosión, división 1.4
Nº 1.5	Riesgo de explosión, división 1.5
Nº 1.6	Riesgo de explosión, división 1.6
Nº 01	Peligro de explosión
Nº 3	Peligro de fuego (materias líquidas inflamables)
Nº 4.1	Peligro de fuego (materias sólidas inflamables)
Nº 4.2	Materia susceptible de inflamación espontánea
Nº 4.3	Peligro de emanación de gas inflamable al contacto con el agua
Nº 5.1	Materia comburente
Nº 5.2	Peróxido orgánico: peligro de incendio
Nº 05	Peligro de activación de incendio

**Cuadro 1.** Tipos de peligro identificados en el ADR por los que una sustancia ha de calificarse como inflamable. Fuente: Elaboración propia

A continuación se procede a una breve descripción de los tipos de árboles de sucesos identificados en el marco del presente MIRAT, identificándose únicamente los factores condicionantes relacionados con las medidas de prevención y/o de evitación de nuevos daños. Los árboles incorporan como factores condicionantes, por necesidades relacionadas con la movilidad de la fuente de peligro, a los recursos potencialmente afectados en caso de accidente; dichos recursos serán analizados en capítulos posteriores.

### 1. Árbol tipo para incendio de la carga (Tipo 1)

Cuando la sustancia involucrada en un accidente de tráfico durante el transporte de mercancías peligrosas lleve asociada alguna de las indicaciones de peligro incluidas en el Cuadro 1, las consecuencias del accidente se modelizarán atendiendo al árbol de sucesos Tipo 1.

En caso de incendio de la carga, los daños medioambientales pueden manifestarse en forma de incendio de los recursos naturales o de contaminación de los mismos por los medios de extinción usados y/o por la carga arrastrada o disuelta en las aguas de extinción.

Los daños medioambientales por incendio se modelizan en el árbol Tipo 1a, que contempla la posibilidad de que los servicios de emergencia logren extinguir el fuego de forma temprana (atendiendo a las instrucciones del ADR 2013, la tripulación no debe actuar en caso de incendio de la carga). De esta forma, las medidas de prevención y/o de evitación de nuevos daños que se incorporan al árbol en forma de factores condicionantes son los siguientes:

- **Extinción temprana por servicios de emergencia.** Este factor condicionante hace referencia a la posibilidad de que el incendio sea extinguido de forma temprana quedando por lo tanto reducido a un conato o incendio de pequeñas dimensiones, con ninguna o escasas consecuencias medioambientales. En este caso, se asume que el volumen generado de agua o medios de extinción provocaría un daño medioambiental por vertido, debido a la mezcla del agua con sustancias contaminantes, a su actuación como medio de transporte de la contaminación o al propio carácter contaminante del medio de extinción utilizado. En caso de que los servicios de emergencia no pudieran atajar pronto el incendio de la carga, las consecuencias medioambientales del accidente se corresponderían con un incendio, además de con el vertido de las aguas de extinción.

A este factor condicionante el árbol Tipo 1a añade los distintos tipos de vegetación forestal potencialmente afectados y su pertenencia o no a Espacios Naturales Protegidos o espacios protegidos Red Natura 2000. La probabilidad de las distintas combinaciones dependerá del itinerario evaluado.

Por su parte, el árbol Tipo 1b modeliza los daños medioambientales a otros recursos (agua, suelo y ribera del mar y de las rías) por agente químico que se ocasionarían por las aguas de extinción; este árbol se aplicará a cada escenario accidental del árbol Tipo 1a considerado relevante (probabilidad mayor que 0).

La asignación de probabilidades a cada factor condicionante (ya sea medida de prevención y/o de evitación de nuevos daños o recurso natural potencialmente afectado) se describe en el apartado IX.4.1. Por su parte, para los daños medioambientales por agente químico (en este caso, por las aguas de extinción), la cantidad liberada de agente causante del daño se estima según los criterios recogidos en el apartado IX.5 del presente MIRAT.

## **2. Árbol tipo para incendio del vehículo (Tipo 2)**

Como consecuencia de un accidente en el que se vea involucrado un vehículo de transporte de mercancías peligrosas, puede generarse un incendio del vehículo. Este suceso iniciador es independiente del tipo de sustancia transportada.

Al igual que en el árbol tipo para incendio de la carga, en el árbol tipo para incendio del vehículo (Tipo 2), los daños medioambientales pueden manifestarse en forma de incendio de recursos naturales o de contaminación de los mismos por los medios de extinción usados y por la carga (aguas de extinción).

Los daños medioambientales a la vegetación forestal se modelizan en el árbol Tipo 2a, que contempla la posibilidad de que, en primera instancia, la tripulación consiga atajar el incendio sin más consecuencias y, en caso negativo, que sean los servicios de emergencia los que logren extinguir el fuego de forma temprana. De esta forma, las medidas de prevención y/o de evitación de nuevos daños que se incorporan al árbol en forma de factores condicionantes son los siguientes:

- **Extinción temprana por tripulación.** Este factor condicionante hace referencia a la posibilidad de que el incendio sea extinguido de forma temprana por la tripulación del



vehículo, quedando por lo tanto reducido a un conato de incendio. En caso de éxito de este factor condicionante, el incidente no provocaría daños medioambientales, ni por incendio ni por aguas de extinción.

- **Extinción temprana por servicios de emergencia.** Este factor condicionante hace referencia a la posibilidad de que el incendio sea extinguido de forma temprana por los servicios de emergencia, quedando por lo tanto reducido a un conato o incendio de pequeñas dimensiones sin consecuencias medioambientales. En este caso, se asume que el volumen generado de agua o medios de extinción provocaría un daño medioambiental por vertido, debido a la mezcla del agua con sustancias contaminantes, a su actuación como medio de transporte de la contaminación o al propio carácter contaminante del medio de extinción utilizado. En caso de que los servicios de emergencia no pudieran atajar pronto el incendio del vehículo, las consecuencias medioambientales del accidente se corresponderían con un incendio, además de con el vertido de las aguas de extinción.

A este factor condicionante el árbol Tipo 2a añade los distintos tipos de vegetación forestal potencialmente afectados y su pertenencia o no a Espacios Naturales Protegidos o espacios protegidos Red Natura 2000. La probabilidad de las distintas combinaciones dependerá del itinerario evaluado.

De forma idéntica a lo expuesto en el árbol Tipo 1, el árbol Tipo 2b modeliza los daños medioambientales sobre otros recursos (agua, suelo y ribera del mar y de las rías) por agente químico que se ocasionarían por las aguas de extinción; este árbol se aplicará a cada escenario accidental del árbol Tipo 2a considerado relevante (es decir, a todos aquellos escenarios con probabilidad mayor que 0 excepto el escenario E.2.f.0, que no supone ningún riesgo en términos de responsabilidad medioambiental al extinguirse el incendio de forma temprana por la acción de la tripulación).

De nuevo, la asignación de probabilidades a cada factor condicionante se describe en el apartado IX.4.1, mientras que para los daños medioambientales por agente químico (en este caso, por las aguas de extinción), la cantidad liberada de agente causante del daño se estima según los criterios recogidos en el apartado IX.5 del presente MIRAT.

### **3. Árbol tipo para derrame de la carga o del depósito de combustible (Tipo 3)**

Una de las posibles consecuencias de un accidente en el que se vea involucrado un vehículo de transporte de mercancías peligrosas es el derrame o vertido de la sustancia que se transporte o del depósito de combustible del vehículo.

La evolución de este tipo de accidente dependerá del éxito o no de la contención por parte de tripulación y, en caso de que ésta fracase, de la contención que puedan conseguir los servicios de emergencia. Las consecuencias del accidente (un derrame de sustancia contaminante o del combustible del vehículo) variarán entre unas consecuencias mínimas (éxito de la contención por parte de la tripulación, aunque aun así pueda generarse un daño medioambiental por tener dicha contención una capacidad determinada) y el derrame de una cantidad relevante de sustancia o de

combustible (fracaso de la contención por parte de la tripulación y por parte de los servicios de emergencia).

En el caso del vertido del combustible del vehículo, el registro de accidentes del *Informe trienal de Emergencias en el transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera y Ferrocarril* (DGPCE, 2014) no proporciona información respecto al vertido del contenido del depósito de combustible del vehículo accidentado. Como se ha comentado anteriormente, estos vehículos disponen de uno o dos depósitos de combustible (gasóleo) con una capacidad unitaria genérica de unos 700 litros, por lo que pueden llegar a disponer de 1.400 litros de gasóleo que, en caso de accidente, y en el peor de los casos, pueden entrar en contacto con los recursos naturales y ocasionar un daño medioambiental.

Siendo el gasóleo una sustancia inflamable, el vertido del mismo podría dar lugar a un incendio. Sin embargo, del registro de accidentes de DGPCE (2014) puede obtenerse la probabilidad, entre otras, de incendio del vehículo (ver epígrafe IX.4.1) pero no las causas de dicho incendio (cortocircuito del vehículo, ignición del gasóleo vertido desde el depósito de combustible, etc.). De esta forma, el árbol de sucesos Tipo 2 (incendio del vehículo) incorpora la ocurrencia de un incendio tras el derrame del gasóleo contenido en el depósito de combustible del vehículo. Por su parte, el árbol de suceso Tipo 3, en su vertiente de derrame del combustible del vehículo, considera únicamente el derrame del gasóleo del depósito de combustible, sin ignición del mismo.

Las medidas de prevención y/o de evitación de nuevos daños considerados en este tipo de árbol de sucesos como factores condicionantes son los siguientes:

- **Contención temprana por parte de la tripulación.** Este factor condicionante incorpora al análisis la posibilidad de que la tripulación, empleando los equipos de los que dispone atendiendo a las exigencias del ADR, logre contener rápidamente el derrame de sustancia y, con ello, evitar la generación de daños medioambientales.
- **Contención temprana por parte de los servicios de emergencia.** En caso de fracaso de la contención temprana por parte de la tripulación, bien por la magnitud del derrame y/o por la imposibilidad de que la tripulación actúe tras el accidente de tráfico, serán los servicios de emergencia los que deberán proceder a contener el vertido.

Tras evaluar el desempeño de las medidas de prevención y/o de evitación de nuevos daños, el árbol de sucesos Tipo 3 incorpora como factores condicionantes una serie de recursos potencialmente dañados. La probabilidad de ocurrencia de estos factores condicionantes dependerá del itinerario que se esté evaluando; en el apartado IX.4.1 se describe el procedimiento para la asignación de probabilidades de los escenarios accidentales (y, con ello, de los factores condicionantes). Por su parte, la cantidad de agente liberada al medio se estimará siguiendo los criterios expuestos en el epígrafe IX.5.

El Anejo M.II recoge todos los árboles de sucesos elaborados en el marco del presente MIRAT para los elementos móviles del modelo de análisis de riesgos del transporte de mercancías peligrosas.

#### **IX.4. PROTOCOLOS PARA LA ASIGNACIÓN DE PROBABILIDADES**

De forma paralela a lo recogido en páginas previas para los elementos estáticos (epígrafe VIII del MIRAT), y tras haber dotado al modelo en los epígrafes anteriores (IX.1, IX.2 y IX.3) de una estructura para la elaboración de análisis de riesgos, en las páginas siguientes se procederá a nutrir a dicha estructura de los valores numéricos sobre los que se construye cualquier análisis de riesgos: probabilidad de ocurrencia de cada escenario y magnitud de los potenciales daños medioambientales.

#### **IX.4.1. Asignación de probabilidades a los sucesos iniciadores**

La estimación de la probabilidad de ocurrencia de cada suceso iniciador se ha realizado, en el marco del presente MIRAT, a partir del análisis del tráfico de mercancías peligrosas en España, de estadísticas disponibles sobre accidentes en los que se ven involucrados vehículos que realizan este tipo de servicios y de fuentes bibliográficas sobre tasas de fallo de algunos equipos. Estas probabilidades de ocurrencia de accidentes durante el transporte de mercancías peligrosas, de carácter genérico, podrán ser posteriormente matizadas por cada operador individual con el objetivo de incorporar al modelo de análisis de riesgos la política de gestión del riesgo puesta en práctica por cada operador.

##### **1. Accidentabilidad del transporte de mercancías peligrosas por carretera**

###### **A. Accidentabilidad del transporte de mercancías peligrosas por carretera en España**

Los datos de tráfico de mercancías peligrosas proporcionados por los Mapas de Tráfico para el trienio 2011 – 2013 y las estadísticas sobre accidentes durante el transporte de mercancías peligrosas de DGPCE (2014) permiten un análisis de la accidentabilidad del transporte de mercancías peligrosas por carretera en la Red de Carreteras del Estado (RCE), cuya titularidad pertenece al Ministerio de Fomento.

Los Mapas de Tráfico publicados por el Ministerio de Fomento únicamente proporcionan datos sobre tráfico de vehículos con mercancías peligrosas (Intensidad Media Diaria de Mercancías Peligrosas o I.M.D.M.P.) para los tramos de carretera pertenecientes a la RCE.

Tal y como se argumenta en el Anejo M.III, la RCE concentra prácticamente dos tercios del tráfico de vehículos pesados (a pesar de suponer apenas el 16% de la red de carreteras de España); por otra parte, la práctica totalidad del transporte de mercancías peligrosas se realiza utilizando vehículos pesados. En definitiva, la representatividad del análisis de la accidentabilidad del transporte de mercancías peligrosas por carretera, centrado únicamente en la RCE por la disponibilidad de datos, resulta muy superior a lo que podría derivarse de la extensión de la red en kilómetros y claramente suficiente a efectos del presente MIRAT.

La Tabla 18 recoge la cobertura que los tramos coherentes<sup>13</sup> proporcionan de la RCE para el año 2013, desagregando los datos según tipo de vía<sup>14</sup>. El análisis de esta Tabla 18 y de los datos a partir de los cuales se construye (datos del Ministerio de Fomento) muestra que en el Tipo 1 se incluyen, además de autopistas de peaje, autopistas o autovías urbanas (M-40, M-50, etc.), tramos de autopistas y autovías libres cercanos a núcleos urbanos y, por último, algunos tramos de autovías y autopistas libres alejados de núcleos urbanos (por ejemplo, más de la mitad del trazado de la A-3 con tramos coherentes se consideran Tipo 1).

Tipo de carretera		Longitud en tramos coherentes (km)	Longitud total (km)	Porcentaje (%)	Porcentaje agrupado (%)
Vías de gran capacidad	Autopistas (Tipo 1)	3.579,84	2.539,00	140,99%	92,32%
	Autovías (Tipo 2)	6.605,35	8.439,00	77,77%	
Carreteras convencionales	Carreteras de una calzada (Tipo 4)	13.175,88	14.468,00	91,07%	90,48%
	Carreteras de doble calzada (Tipo 8)	433,30	573,00	75,62%	
<b>TOTAL</b>		<b>23.794,37</b>	<b>26.073,00</b>	<b>91,26%</b>	<b>91,26%</b>

**Tabla 18.** Cobertura por tipo de vía de los denominados tramos coherentes pertenecientes a la RCE.

Año 2013. Fuente: Elaboración propia a partir del Mapa de Tráfico de 2013 (longitud en tramos coherentes) y de datos disponibles en la página web del Ministerio de Fomento (longitud total)

La comparación de los datos proporcionados por el Mapa de Tráfico de 2013 con los datos sobre longitud de la red de carreteras a cargo del Estado según anchura del pavimento por provincias<sup>15</sup>, tal y como se recoge en la Tabla 18, confirma la discrepancia entre ambas fuentes en los datos de autopistas (Tipo 1 del Mapa de Tráfico) y autovías (Tipo 2): la suma de la longitud de ambos tipos de vía concuerda, pero no así su desagregación en los dos tipos de vía. En definitiva, la sobrerrepresentación del Tipo 1 (140,99%) y la infrarrepresentación del Tipo 2 (77,77%) en la Tabla 18 se explican por esta circunstancia: la consideración de Tipo 1 a tramos coherentes que deberían ser Tipo 2. Cuando estos cuatro tipos de vías se agrupan en dos grandes grupos (vías de gran capacidad y carreteras convencionales), las discrepancias entre Tipo 1 y 2 desaparecen al incluirse en una misma categoría. De esta forma, el análisis de la accidentabilidad del transporte de mercancías peligrosas por carretera en España se realizará sobre la clasificación de las vías en dos grandes grupos: vías de gran capacidad (autovías y autopistas) y carreteras convencionales (carreteras de una calzada y de doble calzada, pero que no llegan a ser autovías ni autopistas); por otra parte, la representatividad de los tramos coherentes agrupados por estos dos grandes tipos de vía supera el 90% respecto al total de la RCE (ver Tabla 18).

<sup>13</sup> Se denominan tramos coherentes a los tramos que entre 2011 y 2013, y de forma inequívoca, no han sufrido cambios en su existencia (no desaparecen o se incorporan a los Mapas de Tráfico durante el trienio estudiado) o geometría (puntos kilométricos iniciales y finales iguales durante el trienio).

<sup>14</sup> Los Mapas de Tráfico editados por el Ministerio de Fomento identifican cuatro tipos de vía: autopistas (Tipo 1), autovías (Tipo 2), carreteras convencionales de calzada única (Tipo 4) y carreteras convencionales de doble calzada (Tipo 8).

<sup>15</sup> [http://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/7969B675-C9C8-4D1F-B6CA-4ED86C78B81C/126264/Long\\_provin\\_2013.pdf](http://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/7969B675-C9C8-4D1F-B6CA-4ED86C78B81C/126264/Long_provin_2013.pdf)

Por otra parte, los datos de accidentes durante el transporte de mercancías peligrosas por carretera se han obtenido del último *Informe Trienal sobre Emergencias producidas en el transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera y Ferrocarril* (DGPCE, 2014).

Entre 2011 y 2013, según la DGPCE (2014), se produjeron un total de 289 accidentes durante el transporte de mercancías peligrosas por carretera. De este total, han podido asignarse a los correspondientes tramos coherentes extraídos del Mapa de Tráfico del Ministerio de Fomento 172 (un 59,52%): la ubicación de un accidente en un sitio distinto a una carretera (por ejemplo, en un polígono industrial), la no inclusión de la carretera donde se produce el accidente en un tramo coherente o la no especificación del punto kilométrico en el listado ofrecido por DGPCE (2014) son los tres motivos que impiden asignar un accidente a un tramo coherente. La Tabla 19 recoge los accidentes de tráfico que se produjeron en cada año del trienio 2011 – 2013 y los que han podido asignarse a un tramo coherente.

Año	Accidentes transporte mercancías peligrosas asignados a tramos coherentes	Accidentes totales transporte mercancías peligrosas por carretera	Porcentaje (%)
2011	71	113	62,83%
2012	55	92	59,78%
2013	46	84	54,76%
<b>Total</b>	<b>172</b>	<b>289</b>	<b>59,52%</b>

**Tabla 19.** Accidentes durante el transporte por carretera de mercancías peligrosas asignados a tramos coherentes. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de los Mapas de Tráfico de 2011, 2012 y 2013, publicados por el Ministerio de Fomento, y de DGPCE (2014)

Estos 172 accidentes que tuvieron lugar en tramos coherentes se distribuyeron en 154 tramos, 121 de ellos pertenecientes a vías de la RCE y 33 a la Red Autonómica Principal. Un tramo de los 121 de la RCE no dispone de datos relativos a Intensidad Media Diaria de vehículos con Mercancías Peligrosas (este dato no está disponible para ningún tramo coherente de la Red Autonómica Principal) y en siete tramos más la DGPCE (2014) indica que se ha producido un accidente de un vehículo de mercancías peligrosas, mientras que los Mapas de Tráfico muestran un tráfico nulo de este tipo de vehículos; todo esto reduce a 113 tramos los que disponen de toda la información necesaria para la caracterización de su accidentabilidad respecto al transporte de mercancías peligrosas por carretera y muestran datos congruentes con el tráfico de mercancías peligrosas que soportan (tramos óptimos y coherentes) (ver Tabla 20).

Titularidad	Número de tramos			Longitud (km)		
	Tramos datos óptimos y coherentes	Tramos coherentes totales	% Tramos datos óptimos y coherentes	km con datos óptimos y coherentes	km coherentes totales	% km con datos óptimos y coherentes
Red de Carreteras del Estado	113	4.329	2,61%	1.080,68	23.794,37	4,54%
Red Autonómica Principal	0	2.366	0,00%	0,00	19.999,65	0,00%
<b>Total</b>	<b>113</b>	<b>6.695</b>	<b>1,69%</b>	<b>1.080,68</b>	<b>43.794,01</b>	<b>2,47%</b>

**Tabla 20.** Extensión de la red de carreteras de España (únicamente tramos coherentes) con datos óptimos (tramo coherente con dato de accidente y tráfico de mercancías peligrosas superior a 0).

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de los Mapas de Tráfico de 2011, 2012 y 2013, publicados por el Ministerio de Fomento, y de DGPCE (2014)

De esta forma, la probabilidad genérica de accidente de vehículo con mercancías peligrosas será la recogida en la Tabla 21; en las carreteras convencionales (de una o doble calzada) existe aproximadamente siete veces más probabilidad de accidente que en las vías de gran capacidad (autovías y autopistas). Este resultado resulta coherente, aunque superior, con el resultado obtenido por EuroRAP 2014 para España<sup>16</sup>: este estudio informa de que el riesgo de accidente mortal o grave en una vía convencional (independientemente del tipo de vehículo) es el cuádruple respecto al de una vía de alta capacidad.

Tipo de vía agrupada	Accidentes/año	Tráfico (millones veh-km)	Índice de Peligrosidad (accidente/año.veh-km)
Vías de gran capacidad	33,67	67,53	4,99E-07
Carreteras convencionales	9,33	2,60	3,59E-06
<b>Total</b>	<b>43,00</b>	<b>70,13</b>	<b>6,13E-07</b>

**Tabla 21.** Accidentabilidad de los tramos coherentes de la RCE con datos para el cálculo de la accidentabilidad según tipo de vía agrupada. Datos depurados (113 tramos). Fuente: Elaboración propia a partir de los Mapas de Tráfico del trienio 2011 – 2013, elaborados por el Ministerio de Fomento, y de DGPCE (2014)

El presente MIRAT ha procedido a estimar la probabilidad de accidente de tráfico durante el transporte de mercancías peligrosas en las carreteras españolas, obteniendo los resultados recogidos en la Tabla 21. El operador, no obstante, podrá hacer uso de estas probabilidades de accidente —ya sea desagregadas por tipo de vía o sin desagregar— u otras, fruto de su propio registro de accidentes (por ejemplo, la declaración de sucesos que implican mercancías peligrosas exigida en el apartado 1.8.5 del ADR 2013) y/o de fuentes bibliográficas alternativas.

<sup>16</sup> [http://consejosconducir.racc.es/uploads/download?fichero=/uploads/20141218/DP\\_EuroRAP2014\\_ESP.pdf](http://consejosconducir.racc.es/uploads/download?fichero=/uploads/20141218/DP_EuroRAP2014_ESP.pdf)

**B. Procedimiento para el cálculo de la probabilidad de accidente de tráfico de los itinerarios relevantes**

El análisis anterior ha permitido estimar la probabilidad de accidente del transporte de mercancías peligrosas por carretera en España en los últimos tres años según el tipo de vía, confirmando por otra parte que los resultados resultan coherentes con otros estudios realizados sobre accidentabilidad de las carreteras españolas.

La utilización de estos datos, con vocación de ser útiles para tramos y vías sin dato de accidentabilidad (ya estén incluidos o no entre los denominados tramos coherentes), puede realizarse de forma genérica (lo que simplificaría el cálculo del riesgo medioambiental) o de forma más específica (teniendo en cuenta los datos concretos de accidentabilidad de algunos tramos).

*Uso de la accidentabilidad genérica por tipo de vía*

---

Esta alternativa se basa en la clasificación de las carreteras atendiendo a los dos tipos de carreteras recogidos en la Tabla 21, aplicando los datos de accidentabilidad que esta misma tabla recoge.

El procedimiento sería el siguiente:

- 1) Para cada tramo, identificar la accidentabilidad, en accidentes/año.veh-km, según el tipo de vía en el que se incluye, atendiendo a los datos recogidos en la Tabla 21 (Índice de Peligrosidad).
- 2) Multiplicar la accidentabilidad en accidentes/año.veh-km, por la longitud del tramo, obteniéndose una medida de la accidentabilidad del tramo en accidentes/año.veh.
- 3) Sumar la accidentabilidad en accidentes/año.veh del conjunto de tramos que conforman el trayecto a evaluar.

El cálculo de la probabilidad de accidente de un trayecto determinado, relevante a efectos de riesgo medioambiental, se construirá sobre el resultado del paso 3 (accidentabilidad en accidentes/año.veh) y su multiplicación por el número de veces (vehículos) que dicho trayecto se realiza al cabo de un período de referencia (en este caso, el año).

La utilización de la accidentabilidad genérica por tipo de vía a todos los tramos de carretera supone una generalización de la probabilidad de accidente, cuyos efectos conviene que sean evaluados.

La Tabla 22 recoge distintas medidas de dispersión (promedio, mediana y desviación típica) del cociente entre la accidentabilidad real de cada tramo y la accidentabilidad genérica por tipo de vía al que pertenece el tramo, escogiendo para este análisis únicamente los 113 tramos coherentes con datos óptimos y coherentes.

Un cociente mayor que 1 implica que la probabilidad real de accidente es mayor que la genérica de la vía. De esta forma, de los datos de la Tabla 22 se concluye que el cálculo de la probabilidad de accidente aplicando para ello la accidentabilidad genérica del tipo de vía ofrecería una infraestimación de la probabilidad de accidente; sin embargo, con unas cifras de dispersión similares entre los dos tipos de vías, dicha infraestimación de la probabilidad de accidente no influirá en el resultado del análisis de riesgos.

Tipo de vía	Número de datos (n)	Promedio cociente real/estimado	Mediana cociente real/estimado	Desviación típica cociente real/estimado
Vías de gran capacidad	85	3,15	1,41	6,83
Carreteras convencionales	28	3,33	1,41	4,65
<b>Total</b>	<b>113</b>	<b>3,18</b>	<b>1,41</b>	<b>6,25</b>

**Tabla 22.** Evaluación de diferencias entre datos reales de los 113 tramos coherentes con datos óptimos y coherentes. Conjunto de datos: 113 tramos coherentes. Fuente: Elaboración propia a partir de los Mapas de Tráfico del trienio 2011 – 2013, elaborados por el Ministerio de Fomento, y DGPCE (2004)

De esta forma, el presente MIRAT propone la utilización de las probabilidades genéricas de accidente durante el transporte de mercancías peligrosas recogidas en la Tabla 21. No obstante, se ofrece a continuación una alternativa que permitiría mejorar la precisión del análisis y que puede resultar interesante para determinados trayectos o itinerarios.

*Uso de la accidentabilidad específica de algunos tramos y de la genérica por tipo de vía*

Esta alternativa consiste en aplicar la probabilidad genérica de accidente por tipo de vía, salvo en aquellos tramos que disponen de un dato propio de accidentabilidad (esto es, salvo en los 113 tramos coherentes en los que se ha producido un accidente y disponen de datos válidos sobre intensidad de vehículos de transporte de mercancías peligrosas).

De esta forma, se aplicarían las probabilidades de accidente recogidas en la Tabla 21, salvo en aquellos 113 tramos para los que existe una cifra de accidentabilidad específica.

El procedimiento de cálculo sería exactamente igual que el descrito en la alternativa anterior, apareciendo en este caso tantos tramos como, por un lado, tipos de vía por los que discurra el itinerario y, por otro lado, tramos coherentes con datos óptimos y coherentes contenga el itinerario. La operatividad de esta alternativa puede ser más compleja, al tener que averiguar si el trayecto o trayectos a evaluar incluyen alguno de los 113 tramos que poseen una accidentabilidad específica.

El Anejo M.IV recoge el listado de estos 113 tramos coherentes y con datos óptimos, convenientemente identificados con el nombre de la vía y los puntos kilométricos inicial y final, comparándose la probabilidad de accidente real del tramo con la genérica del tipo de vía al que se adscribe el tramo en cuestión.

En cualquier caso, el efecto que la utilización de la accidentabilidad genérica de la vía o la de un tramo con una accidentabilidad específica tendrá sobre la probabilidad de accidente conjunta de un trayecto dependerá de dos variables: (1) la relevancia del tramo o de los tramos con probabilidades específicas sobre el total del trayecto (en distancia) y (2) las diferencias que sus probabilidades tengan respecto a la probabilidad genérica de la vía.

El analista podrá optar por una alternativa u otra (probabilidad genérica o específica y genérica) en la estimación de la probabilidad de accidente de sus itinerarios relevantes. Resultará especialmente



relevante seleccionar la segunda alternativa en casos de itinerarios de corta distancia que incorporen tramos con una probabilidad específica de accidente muy distinta (en un sentido o en otro) a la genérica de la vía a la que se adscriben los tramos.

## 2. Desenlace del accidente de tráfico (sin fuga, fuga o derrame e incendio o explosión)

La Dirección General de Protección Civil y Emergencias publica el *Informe trienal de Emergencias en el transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera y Ferrocarril* (DGPCE, 2014) del que pueden extraerse estadísticas relevantes relativas a probabilidad y consecuencias derivadas de accidentes durante el transporte de mercancías peligrosas.

Este informe sobre emergencias en el transporte de mercancías peligrosas incluye un registro de los accidentes de tráfico ocurridos en los correspondientes años en los que se ha visto involucrado el transporte de mercancías peligrosas por carretera: entre las variables que recopila para cada evento se encuentra la localización del accidente (carretera y punto kilométrico), la sustancia (nombre y número ONU), el tipo de accidente (1, 2, 3, 4 ó 5)<sup>17</sup> —ver Cuadro 2— y el tipo de situación de emergencia generado.

Tipo de accidente	Descripción del accidente
Tipo UNO (1)	Avería o accidente. El vehículo no puede continuar la marcha. El continente y el contenido están en perfecto estado
Tipo DOS (2)	Como consecuencia del accidente, el continente (vehículo) ha sufrido desperfectos, pero no existe fuga o derrame del contenido (cargamento)
Tipo TRES (3)	Como consecuencia del accidente, el continente ha sufrido desperfectos y existe fuga o derrame del contenido
Tipo CUATRO (4)	Como consecuencia del accidente, existen daños o incendio en el continente y fuga encendida del contenido
Tipo CINCO (5)	Como consecuencia del accidente, el continente y su contenido han hecho explosión

**Cuadro 2.** Clasificación de los accidentes durante el transporte de mercancías peligrosas en función de sus consecuencias. Fuente: Elaboración propia a partir de DGPCE (2014)

La probabilidad de accidente será función del tramo o tramos de carretera por donde discurre el trayecto (ver epígrafe anterior). Una vez se ha producido el accidente, será necesario determinar la naturaleza del mismo (sin consecuencias, derrame o incendio, básicamente), para lo cual se recurrirá a la información proporcionada por DGPCE (2014), el último informe publicado relativo a los años 2011, 2012 y 2013.

<sup>17</sup> El *Informe trienal de Emergencias en el transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera y Ferrocarril*, en realidad, no incluye datos relativos a accidentes Tipo 1.

Los accidentes recopilados por DGPCE (*op. cit.*) han sido clasificados y estudiados con el fin de informar sobre la probabilidad de que una situación de accidente desemboque en un tipo de consecuencias u otro. En concreto, el tratamiento de los datos ha seguido los siguientes criterios:

- Se han clasificado las sustancias transportadas en sustancias inflamables y sustancias no inflamables.
  - o Las sustancias inflamables son aquellas que llevan asociada una o varias de las etiquetas de peligro recogidas en el Cuadro 3.
  - o Las sustancias no inflamables son aquellas que no llevan asociada ninguna de las etiquetas de peligro recogidas en el Cuadro 3.
  - o En el caso de cubas compartimentadas, el transporte de una sustancia inflamable en uno de los compartimentos convierte al conjunto en transporte de sustancias inflamables.
  - o Las etiquetas de peligro asociadas a cada sustancia se han obtenido de la información proporcionada por el VADEMECUM REMER<sup>18</sup>.

Número	Peligro
Nº 1	Riesgo de explosión, divisiones 1.1, 1.2 y 1.3
Nº 1.4	Riesgo de explosión, división 1.4
Nº 1.5	Riesgo de explosión, división 1.5
Nº 1.6	Riesgo de explosión, división 1.6
Nº 01	Peligro de explosión
Nº 3	Peligro de fuego (materias líquidas inflamables)
Nº 4.1	Peligro de fuego (materias sólidas inflamables)
Nº 4.2	Materia susceptible de inflamación espontánea
Nº 4.3	Peligro de emanación de gas inflamable al contacto con el agua
Nº 5.1	Materia comburente
Nº 5.2	Peróxido orgánico: peligro de incendio
Nº 05	Peligro de activación de incendio

**Cuadro 3.** Tipos de peligro relacionados con el árbol de sucesos de accidente durante el transporte de mercancías peligrosas Tipo 1: derrame, vertido o fuga con incendio. Fuente: Elaboración propia

- Los accidentes Tipo 4 que se hayan producido durante el transporte de sustancias no inflamables se asociarán a incendios del vehículo.
  - o La probabilidad de incendio del vehículo es independiente del tipo de sustancia (inflamable o no) transportada e involucrada en el accidente.

<sup>18</sup> <http://www.proteccioncivil.es/catalogo/carpeta02/carpeta24/vademecum12/vdm011.htm>

El tratamiento de los datos atendiendo a los anteriores criterios permite obtener resultados como los recogidos en la Tabla 23:

- La probabilidad de incendio del vehículo tras un accidente es del 4,44%.
- La probabilidad de incendio de la carga (únicamente cuando la sustancia es inflamable) es del 1,53% (4,78%+1,20%-4,44%).
- La probabilidad de derrame de la carga debido a un accidente depende del tipo de sustancia transportada:
  - o La probabilidad de derrame tras un accidente en el caso del transporte de sustancias inflamables es del 40,64%.
  - o La probabilidad de derrame tras un accidente en el caso del transporte de sustancias no inflamables es del 63,33%.

Tipo de sustancia	Tipo de accidente				
	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 5	TOTAL
Inflamable	53,39%	40,64%	4,78%	1,20%	100,00%
No inflamable	32,22%	63,33%	4,44%	0,00%	100,00%
<b>TOTAL</b>	<b>47,80%</b>	<b>46,63%</b>	<b>4,69%</b>	<b>0,88%</b>	<b>100,00%</b>

**Tabla 23.** Distribución de tipo de accidentes en función del tipo de sustancia involucrada. Fuente: Elaboración propia a partir de DGPCE (2014)

La DGPCE (2014) no recopila información respecto a la posibilidad de que, fruto de un accidente durante el transporte de mercancías peligrosas por carretera, se produzca un derrame o vertido del depósito (o depósitos) de combustible del vehículo. Este escenario es relevante únicamente cuando el vehículo circula sin carga y solamente contempla la posibilidad de derrame, pues, como se ha comentado anteriormente, la probabilidad de incendio del vehículo ya incorpora la probabilidad de incendio del gasóleo utilizado como combustible por el vehículo.

Tampoco se han localizado fuentes bibliográficas que informen de la probabilidad de que el depósito de combustible de un vehículo pueda sufrir una fuga tras un accidente. Debido a esta escasez de información, se sugiere utilizar la misma probabilidad que en el caso de vertido o derrame de carga no inflamable (63,33%); aunque el gasóleo es una sustancia inflamable, se considera que las exigencias estructurales del depósito de combustible son inferiores que las que aplican a una cuba destinada al transporte de materias inflamables, por lo que se justifica la adopción de este valor conservador.

La Tabla 24 recopila las probabilidades de los distintos desenlaces a los que puede dar lugar un accidente de tráfico durante el transporte de mercancías peligrosas por carretera. Estas probabilidades multiplicarán a la probabilidad de accidente del itinerario a evaluar estimada en función de los tipos de carretera por los que discurre el transporte.

Desenlace/suceso	Tipo de carga	Probabilidad (suceso/accidente)
Incendio de la carga	Inflamable	1,53E-02
	No inflamable	0,00E+00
Incendio del vehículo	Inflamable	4,44E-02
	No inflamable	
Vertido o derrame de la carga	Inflamable	4,06E-01
	No inflamable	6,33E-01
Vertido o derrame del depósito de combustible del vehículo	Inflamable	6,33E-01
	No inflamable	

**Tabla 24.** Probabilidad de distintos desenlaces de un accidente de tráfico durante el transporte de mercancías peligrosas por carretera. Fuente: Elaboración propia a partir de DGPCE (2014)

El usuario del presente MIRAT podrá hacer uso de estos datos para la asignación de la probabilidad de los distintos sucesos iniciadores, recurrir a datos propios de su histórico de accidentes (por ejemplo, la declaración de sucesos que implican mercancías peligrosas exigida en el apartado 1.8.5 del ADR 2013) o aplicar datos proporcionados por fuentes alternativas.

### 3. Incorporación al modelo de las medidas de gestión del riesgo

Al igual que se realizó para la sección de elementos estáticos de los operadores de transporte de mercancías peligrosas por carretera (epígrafe VIII.4.1 del presente MIRAT), se ha acudido a los distintos cuestionarios recogidos en el SQAS —*Safety & Quality Assessment System*— para plantear preguntas respecto a acciones o equipamientos con efectos en términos de gestión del riesgo medioambiental que los operadores podrán responder para informar sobre la gestión del riesgo que realizan y, con ello, por un lado, reducir la probabilidad de ocurrencia de los sucesos iniciadores en hasta un 10% y, por otro, identificar las potenciales mejoras en materia de gestión del riesgo que pueden realizar para disminuir su riesgo medioambiental.

El procedimiento para identificar la reducción de la probabilidad de ocurrencia de los sucesos iniciadores relacionados con los denominados elementos móviles del transporte de mercancías peligrosas por carretera es idéntico al planteado en la sección de elementos estáticos: el operador ha de responder con un 1 (si la respuesta es afirmativa) o con un 0 (si es negativa) a las cuestiones marcadas con una “X” conforme se indica en el Anejo M.V. En cualquier caso, el operador puede excluir o incluir, de forma justificada, las preguntas que considere con el fin de diseñar un cuestionario que se ajuste mejor a las características de su actividad de transporte.

Para aquellas preguntas compuestas por varias cuestiones, el valor total de la pregunta seguirá siendo 1 y se puntuará en función de las respuestas parciales dadas a las cuestiones que las componen, tal y como se recoge en la siguiente ecuación:

$$P_p = \frac{N_{RA}}{T}$$

Donde:

$P_p$ , es la puntuación de la pregunta completa, cuyo valor máximo es la unidad.

$N_{RA}$ , es el número de respuesta afirmativas dadas dentro de la pregunta.

$T$ , es el total de subcuestiones que conforman la pregunta.

A modo de ejemplo, si una pregunta está formada por 7 subcuestiones y se responde a 4 de las mismas afirmativamente y a 3 negativamente, el resultado total de la pregunta sería:

$$P_p = \frac{4}{7} = 0,571$$

Una vez valoradas cada una de las preguntas, ya sean estas simples o compuestas, el factor de reducción de la probabilidad de ocurrencia de los sucesos iniciadores se estimará aplicando la siguiente ecuación:

$$F_R = \frac{\sum P_p}{T_p} \times 0,1$$

Donde:

$F_R$ , es el factor de reducción aplicable a la probabilidad genérica del suceso iniciador. El valor máximo que puede adoptar es 0,1.

$\sum P_p$ , es el sumatorio de las puntuaciones otorgadas a cada una de las preguntas.

$T_p$ , es el total de preguntas que afectan al suceso iniciador que se esté analizando.

#### 4. Cálculo de la probabilidad de los sucesos iniciadores

La probabilidad de ocurrencia de los distintos sucesos iniciadores identificados para el transporte de mercancías peligrosas por carretera (incendio de la carga, incendio del vehículo, derrame de la carga y derrame del depósito de combustible) se estimará mediante la operación “Y” o multiplicación de las probabilidades y modificadores indicados en páginas anteriores: accidentabilidad de las carreteras españolas respecto al transporte de mercancías peligrosas, probabilidad de que del accidente se derive un desenlace u otro y la gestión del riesgo que el operador realice en sus actividades. De forma matemática, el cálculo de la probabilidad de los sucesos iniciadores se expresa según la siguiente ecuación:

$$prob\_S.I = [P_{Accidente} \times P_{Desenlace}] \times (1 - F_R)$$

Donde:

$Prob\_S.I$ , es la probabilidad de ocurrencia del suceso iniciador.

$P_{Accidente}$ , es la probabilidad de accidente asociada al itinerario a evaluar.

$P_{Desenlace}$ , es la probabilidad de ocurrencia de los distintos desenlaces de un accidente (vertido o derrame de la carga, incendio de la carga, incendio del vehículo y vertido o derrame del depósito de combustible del vehículo)

$F_R$ , es el factor de reducción derivado de la gestión del riesgo realizada por el operador.

#### **IX.4.2. Asignación de probabilidades a los escenarios accidentales**

Una vez conocida la probabilidad de que se produzca un determinado tipo de accidente durante el transporte de mercancías peligrosas por carretera, es necesario modelizar la posible evolución del accidente teniendo en cuenta, en este caso, dos tipos de factores condicionantes:

- Medidas de prevención y de evitación de nuevos daños.
- Recursos naturales potencialmente afectados por el accidente.

La evolución del accidente se representa de forma gráfica en los árboles de sucesos recopilados en el Anejo M.II; en el presente apartado se expondrán los criterios a seguir para la cumplimentación de la probabilidad de ocurrencia de los factores condicionantes considerados en los citados árboles de sucesos.

##### **1. Probabilidad de fallo de las medidas de prevención y/o de evitación de nuevos daños**

En caso de accidente durante el transporte de mercancías peligrosas por carretera, existe cierto margen de actuación tanto de la tripulación como de los servicios de emergencia que acuden al lugar del siniestro para reducir al máximo las consecuencias del accidente. Dichas actuaciones, que se calificarían en el marco de un análisis de riesgos medioambiental como medidas de prevención y/o de evitación de nuevos daños, tienen una probabilidad de ocurrencia concreta que determinará, junto con las probabilidades del suceso iniciador, de todas las medidas de prevención y/o de evitación de nuevos daños y de afección a los distintos recursos naturales, la probabilidad del escenario accidental.

La probabilidad genérica sobre la que se ha construido la probabilidad de fallo de las medidas de prevención y/o de evitación de nuevos daños tras un accidente durante el transporte de mercancías peligrosas es la atribuida por Schüller (2005) para un fallo de un operario a la hora de realizar acciones rápidas y complejas con el fin de evitar un incidente serio, como una explosión, siendo igual a 0,5. El hecho de que el accidente pueda haber generado algún tipo de lesión a la tripulación o que la llegada de los servicios de emergencia sea tardía por la ubicación del accidente hace necesario, siempre que sea posible, matizar esta probabilidad genérica, como se indica a continuación.

El operador podrá aplicar en su análisis de riesgos otras probabilidades de fallo de los factores condicionantes que se recogen a continuación, siempre de forma debidamente justificada (empleando otras fuentes estadísticas, el histórico propio de accidentes, la declaración de sucesos que implican mercancías peligrosas exigida en el apartado 1.8.5 del ADR 2013, etc.).

**a) Extinción temprana por parte de la tripulación.**

Esta medida de prevención y/o de evitación de nuevos daños considera que, tras un accidente en el que se produzca un incendio del vehículo, la tripulación pueda atajar el mismo de forma rápida, limitando el episodio a un conato de incendio sin repercusiones en términos de responsabilidad medioambiental.

La probabilidad de éxito de esta medida de prevención y/o de evitación de nuevos daños se construye sobre la probabilidad de 0,5 de Schüller (2005) comentada anteriormente y la probabilidad de que la tripulación pueda intervenir después del accidente, esto es, que no hayan sufrido lesiones o que éstas tengan carácter leve y permitan su actuación.

Para ello, se recurrirá a las estadísticas de la Dirección General de Tráfico del Ministerio del Interior del Gobierno de España, en concreto a los accidentes con víctimas en vías interurbanas<sup>19</sup>. En los últimos cinco años con estadísticas definitivas (2009-2013), se produjeron un total de 296.149 víctimas de accidentes de tráfico en vías interurbanas, de las cuales 253.375 tuvieron la condición de heridos leves; es decir, en un accidente con víctimas, existe una probabilidad del 85,56% (0,8556) de que la condición de los tripulantes sea de herido leve, asumiendo por tanto que pueda actuar en caso de, en este caso, incendio del vehículo.

De esta forma, la probabilidad de éxito de la extinción temprana por parte de la tripulación ( $1-P_{Ext,T}$ ), factor condicionante que interviene en el árbol Tipo 2a, es de 4,28E-01 (0,5x0,8556); la probabilidad de fallo ( $P_{Ext,T}$ ) de este factor condicionante, por tanto, es de 5,72E-01 fallos por demanda.

**b) Extinción temprana por parte de los servicios de emergencia.**

En el caso de la extinción temprana por parte de los servicios de emergencia, a la probabilidad de fallo del operario en situación de emergencia (0,5, como se ha comentado anteriormente) habría que incorporar la probabilidad de que la llegada de los servicios de emergencia sea lo suficientemente pronta como para que el incendio no se extienda a la vegetación forestal adyacente al lugar del accidente.

No se han localizado fuentes que informen sobre esta última probabilidad, por lo que el presente MIRAT sugiere el empleo directo de la probabilidad de 0,5 (5,00E-01) para este factor condicionante ( $P_{Ext,SE}$ ). Por un lado, esta probabilidad no incorpora al modelo sectorial la mencionada llegada a tiempo de los servicios de emergencia antes de que el incendio se extienda, como tampoco una mayor probabilidad de éxito, respecto a la tripulación, que podría esperarse de unos servicios de emergencia especializados en la extinción de incendios. En este sentido, aquellos operadores que dispongan de información que pudiera integrarse en el modelo para hacerlo más sensible a este o a otros aspectos podrán utilizarla de forma debidamente justificada.

---

<sup>19</sup> <http://www.dgt.es/es/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/accidentes-30dias/tablas-estadisticas/>

**c) Contención temprana por parte de la tripulación.**

La probabilidad de éxito de la contención temprana por parte de la tripulación en caso de vertido o derrame de la carga o del depósito de combustible del vehículo ( $1-P_{\text{Cont,T}}$ ) será la misma que la estimada en el caso de la extinción temprana por parte de la tripulación:  $4,28E-01$ . La probabilidad de fallo ( $P_{\text{Cont,T}}$ ), por tanto, resulta también de  $5,72E-01$  fallos por demanda.

Esta probabilidad incorpora al análisis tanto la probabilidad de que la actuación de la tripulación no acabe con éxito como la probabilidad de que la tripulación se encuentre en condiciones de actuar después de haber tenido el accidente de tráfico.

De forma adicional, el operador habrá de considerar la incorporación o no de este factor condicionante en su escenario de accidente: según el ADR, los vehículos han de disponer de una pala, de un obturador de entrada al alcantarillado y de un recipiente colector si la etiqueta de peligro de la sustancia transportada es 3 (peligro de fuego, materias líquidas inflamables), 4.1 (peligro de fuego, materias sólidas inflamables), 4.3 (peligro de emanación de gas inflamable al contacto con el agua), 8 (materia corrosiva) o 9 (materias y objetos diversos que en el curso del transporte supongan un riesgo distinto de los que se señalan en otras clases). De esta forma, el operador deberá incorporar al análisis la posibilidad de que, en determinados servicios, la tripulación no disponga de equipos de contención ( $P_{\text{Cont,T}} = 1$ ) o de que dispongan de medios de contención adicionales a lo establecido en la normativa (este último escenario no influirá en la probabilidad de éxito de la contención temprana por parte de la tripulación pero sí en la cantidad de agente contenida por las medidas, como se desarrollará en el epígrafe IX.5.2 del presente MIRAT).

**d) Contención temprana por parte de los servicios de emergencia.**

La intervención de los servicios de emergencia en caso de derrame tiene los mismos condicionantes para su éxito (intervención adecuada y llegada a tiempo al lugar del siniestro) que la intervención de los mismos en caso de incendio y, por ello, la misma probabilidad de fallo ( $P_{\text{Cont,SE}} = 5,00E-01$ ).

La Tabla 25 recopila las probabilidades de fallo de las medidas de prevención y/o de evitación de nuevos daños que el presente MIRAT sugiere utilizar para los análisis de riesgos del sector de transporte de mercancías peligrosas por carretera. No obstante, estas probabilidades pueden ser modificadas de forma justificada por los operadores en virtud de sus conocimientos o datos propios.



Medida de prevención y/o de evitación de nuevos daños	Notación	Probabilidad (fallo/demanda)
Extinción temprana por parte de la tripulación	$P_{Ext,T}$	5,72E-01
Extinción temprana por parte de los servicios de emergencia	$P_{Ext,SE}$	5,00E-01
Contención temprana por parte de la tripulación	$P_{Cont,T}$	5,72E-01
Contención temprana por parte de los servicios de emergencia	$P_{Cont,SE}$	5,00E-01

**Tabla 25.** Probabilidad genérica de fallo de las medidas de prevención y/o de evitación de nuevos daños. Fuente: Elaboración propia a partir de Schüll (2005) y de estadísticas de la Dirección General de Tráfico

## 2. Probabilidad de afección a los distintos recursos naturales

La naturaleza móvil de la fuente de peligro de la actividad del transporte de mercancías peligrosas por carretera —el vehículo que se desplaza por un itinerario— impide conocer la ubicación exacta donde se ocasionaría un accidente, es decir, conocer las características medioambientales del punto donde se produciría y, con ello, identificar los recursos naturales potencialmente afectados por la liberación del agente causante del potencial daño medioambiental.

El presente MIRAT ha resuelto esta indeterminación incorporando en los árboles de sucesos los distintos recursos naturales que pudieran verse afectados por cada tipo de accidente. La probabilidad de que un accidente afecte a un recurso natural concreto (por ejemplo, agua superficial) será igual a la proporción de trayecto que determinado itinerario tenga sobre dicho recurso o en sus proximidades respecto al total de la longitud del itinerario. De esta forma, la probabilidad de afección a uno u otro recurso dependerá del itinerario concreto que el operador esté evaluando, lo que introduce en el análisis la necesidad de resolver la especificidad geográfica del posible daño medioambiental.

En el marco del presente MIRAT se proporciona una herramienta que permite resolver esta especificidad geográfica del daño medioambiental; en cualquier caso, el operador siempre podrá realizar un ejercicio *ad hoc* de sus itinerarios relevantes, siguiendo el esquema propuesto en estas líneas.

La herramienta desarrollada en el marco de este MIRAT para evaluar la probabilidad de que un accidente afecte a los distintos recursos naturales considerados por la LRM se ha construido a partir del cruce de la red de carreteras estudiada en el Mapa de Tráfico de 2013 del Ministerio de Fomento con la siguiente cartografía digital:

- Para la evaluación de los daños medioambientales a la vegetación forestal y a los Espacios Naturales Protegidos y espacios protegidos Red Natura 2000:
  - o Tipos de vegetación forestal por los que discurren las carreteras, a partir del Mapa Forestal de España (MFE50). Se han reclasificado los usos del suelo del mapa para obtener las siguientes clases:

- Arbolado maduro.
  - Arbolado joven o matorral.
  - Herbazal.
  - Humedal.
  - Suelo artificial o suelo natural sin vegetación forestal.
  - Espacios Naturales Protegidos y espacios protegidos Red Natura 2000.
- Para la evaluación de los daños medioambientales a otros recursos naturales (agua, suelo y ribera del mar y de las rías):
- Red hidrográfica. Se obtuvieron datos aplicando un *buffer* de 50 y de 100 metros a ambos lados de los ríos, lagos y embalses.
  - Masas de agua subterránea. La información disponible hace referencia a la presencia/ausencia de masas de agua subterránea; la información relativa al nivel freático es, en el mejor de los casos, de difícil acceso.
  - Línea de costa.
  - Espacios Naturales Protegidos y espacios protegidos Red Natura 2000.

La consideración únicamente de la vegetación forestal (no considerando en el análisis otros tipos de vegetación, como los cultivos) se debe a que un daño a vegetación no forestal (por ejemplo, a cultivos) estaría generalmente sujeto a responsabilidad civil, no a responsabilidad medioambiental.

Por último, la inclusión en el análisis de los Espacios Naturales Protegidos y espacios protegidos Red Natura 2000 es una forma de incorporar al análisis los daños a especies protegidas. Esto no implica que se obvien daños a especies protegidas fuera del territorio con algún tipo de protección ambiental, sino que el daño a este recurso (especies protegidas) se considera más probable en territorio bajo alguna figura de protección.

En el Anejo M.VI se describen de forma más detallada las fuentes cartográficas utilizadas y el alcance del análisis en función de la calidad de las mismas. Por su parte, el Anejo M.VII contiene una guía de la herramienta desarrollada en el marco del presente MIRAT a través de la cual pueden estimarse las probabilidades de afección a los distintos recursos naturales.

La naturaleza de los potenciales daños medioambientales asociados al transporte de mercancías peligrosas por carretera (incendio y derrame o vertido de aguas de extinción o derrame o vertido de carga o de combustible) obliga a una operativa concreta para que la estimación de las probabilidades de afección a los distintos recursos se ajuste a la realidad. Esta operativa se apunta en las siguientes líneas (diferenciando por los dos grandes tipos de recursos potenciales afectados: vegetación forestal y otros recursos naturales); en el Anejo M.VII, donde se explica la herramienta de cálculo de probabilidades de afección a recursos naturales elaborada en el marco del presente MIRAT, se detalla el procedimiento a seguir dentro del entorno de *Microsoft Excel* en el que se ha diseñado la herramienta.

Los daños medioambientales asociados al transporte de mercancías peligrosas por carretera presentan dos componentes: daño a la vegetación forestal y daño a otros recursos naturales (aguas superficiales, masas de agua subterránea, ribera del mar y de las rías y suelo), ya sea por incendio o por vertido o derrame de las aguas de extinción, de la carga transportada o del combustible del vehículo.

El daño a la vegetación forestal se modeliza en los árboles Tipo 1a (incendio de la carga), Tipo 2a (incendio del vehículo) y Tipo 3a (derrame de la carga o del depósito de combustible del vehículo); una vez consideradas las medidas de prevención y de evitación de nuevos daños que aplican a cada tipo de árbol, es necesario considerar la probabilidad de que se afecte a un determinado recurso, que en el caso de daños a la vegetación forestal son diferentes tipos de la misma: esta probabilidad se estima como la longitud del itinerario que atraviesa determinado tipo de vegetación forestal (por ejemplo, arbolado maduro) respecto a la longitud total del itinerario:

$$P_{Arbmad} = \frac{D_{Arbmad}}{D}$$

Donde:

$P_{Arbmad}$ , es la probabilidad de que el accidente se produzca en una zona con arbolado maduro.

$D_{Arbmad}$ , es la distancia del itinerario que transcurre por zonas con arbolado maduro.

$D$ , es la distancia total del itinerario.

$$P_{Arbjov} = \frac{D_{Arbjov}}{D}$$

Donde:

$P_{Arbjov}$ , es la probabilidad de que el accidente se produzca en una zona con arbolado joven o matorral.

$D_{Arbjov}$ , es la distancia del itinerario que transcurre por zonas con arbolado joven o matorral.

$D$ , es la distancia total del itinerario.

$$P_{Herb} = \frac{D_{Herb}}{D}$$

Donde:

$P_{Herb}$ , es la probabilidad de que el accidente se produzca en una zona de herbazal.

$D_{Herb}$ , es la distancia del itinerario que transcurre por zonas de herbazal.

$D$ , es la distancia total del itinerario.

$$P_{Hum} = \frac{D_{Hum}}{D}$$

Donde:

$P_{Hum}$ , es la probabilidad de que el accidente se produzca en una zona de humedal.

$D_{Hum}$ , es la distancia del itinerario que transcurre por zonas de humedal.

$D$ , es la distancia total del itinerario.

$$P_{ArtifYSinVeg} = \frac{D_{ArtifYSinVeg}}{D}$$

Donde:

$P_{ArtifYSinVeg}$ , es la probabilidad de que el accidente se produzca en una zona de suelo artificial o suelo sin vegetación forestal.

$D_{ArtifYSinVeg}$ , es la distancia del itinerario que transcurre por zonas de suelo artificial o suelo sin vegetación forestal.

$D$ , es la distancia total del itinerario.

Por otra parte, en los árboles de sucesos construidos, los escenarios accidentales asociados a daños a la vegetación forestal durante el transporte de mercancías peligrosas por carretera derivan también de la probabilidad de que, para cada tipo de vegetación forestal, el accidente se produzca fuera o dentro de un Espacio Natural Protegido y/o de un espacio protegido Red Natura 2000:

$$P_{ENP1} = \frac{D_{Arbmad,ENP/RN2000}}{D_{Arbmad}}$$

Donde:

$P_{ENP1}$ , es la probabilidad de que el accidente se produzca en una zona con arbolado maduro en un Espacio Natural Protegido o espacio protegido Red Natura 2000.

$D_{Arbmad,ENP/RN2000}$ , es la distancia del itinerario que transcurre por zonas con arbolado maduro en Espacios Naturales Protegidos o espacios protegidos Red Natura 2000.

$D_{Arbmad}$ , es la distancia del itinerario que transcurre por zonas con arbolado maduro.

$$P_{ENP2} = \frac{D_{Arbjov,ENP/RN2000}}{D_{Arbjov}}$$

Donde:

$P_{ENP2}$ , es la probabilidad de que el accidente se produzca en una zona con arbolado joven o matorral en un Espacio Natural Protegido o espacio protegido Red Natura 2000.

$D_{Arbjov,ENP/RN2000}$ , es la distancia del itinerario que transcurre por zonas con arbolado joven o matorral en Espacios Naturales Protegidos o espacios protegidos Red Natura 2000.

$D_{Arbjov}$ , es la distancia del itinerario que transcurre por zonas con arbolado maduro.

$$P_{ENP3} = \frac{D_{Herb,ENP/RN2000}}{D_{Herb}}$$

Donde:

$P_{ENP3}$ , es la probabilidad de que el accidente se produzca en una zona de herbazal en un Espacio Natural Protegido o espacio protegido Red Natura 2000.

$D_{Herb,ENP/RN2000}$ , es la distancia del itinerario que transcurre por zonas de herbazal en Espacios Naturales Protegidos o espacios protegidos Red Natura 2000.

$D_{Herb}$ , es la distancia del itinerario que transcurre por zonas de herbazal.

$$P_{ENP4} = \frac{D_{Hum,ENP/RN2000}}{D_{Hum}}$$

Donde:

$P_{ENP4}$ , es la probabilidad de que el accidente se produzca en una zona de humedal en un Espacio Natural Protegido o espacio protegido Red Natura 2000.

$D_{Hum,ENP/RN2000}$ , es la distancia del itinerario que transcurre por zonas de humedal en Espacios Naturales Protegidos o espacios protegidos Red Natura 2000.

$D_{Hum}$ , es la distancia del itinerario que transcurre por zonas de humedal.

$$P_{ENP5} = \frac{D_{ArtifYSinVeg,ENP/RN2000}}{D_{ArtifYSinVeg}}$$

Donde:

$P_{ENP5}$ , es la probabilidad de que el accidente se produzca en una zona de suelo artificial o sin vegetación forestal en un Espacio Natural Protegido o espacio protegido Red Natura 2000.

$D_{ArtifYSinVeg,ENP/RN2000}$ , es la distancia del itinerario que transcurre por zonas de suelo artificial o sin vegetación forestal en Espacios Naturales Protegidos o espacios protegidos Red Natura 2000.

$D_{ArtifYSinVeg}$ , es la distancia del itinerario que transcurre por zonas de suelo artificial o sin vegetación forestal.

Estos datos han de obtenerse para cada itinerario que se evalúe, procediendo al cruce de la cartografía del itinerario con, en este caso, el Mapa Forestal de España y las coberturas de ENP y de Red Natura 2000, en los términos indicados en el Anejo M.VI. La aplicación descrita en el Anejo M.VII ofrece estas probabilidades, una vez el usuario ha seleccionado las carreteras y tramos y/o la provincia y el tipo de carretera por donde discurre el itinerario que se evalúa.

Una vez se han definido los escenarios accidentales relacionados con daños a la vegetación forestal, a los ENP y a la Red Natura 2000 el analista ha de proceder a definir los escenarios accidentales cuyo agente causante del daño sea un producto químico (la carga, el combustible del vehículo o las aguas de extinción) y los recursos dañados son el agua, el suelo y/o la ribera del mar y de las rías.

Los daños medioambientales causados por agentes químicos a recursos distintos de la vegetación forestal se modelizan en los árboles Tipo 1b, 2b y 3b. La probabilidad del suceso iniciador de estos árboles se corresponderá con cada uno de los escenarios accidentales que generan daños medioambientales de los árboles Tipo 1a, Tipo 2a y Tipo 3a (escenarios de E.1.f.1 hasta E.1.f.20 para incendio de la carga, de E.2.f.2 hasta E.2.f.21 para incendio del vehículo y de E.3.f.1 a E.3.f.40 para derrame de la carga o del combustible del vehículo).

Para cada uno de estos escenarios accidentales de incendio —con repercusiones medioambientales y con probabilidad mayor a 0— será necesario desarrollar el árbol de sucesos correspondiente a los daños medioambientales ocasionados por el agente químico debido a la liberación de las aguas de extinción. En este caso, los escenarios accidentales se generan a partir de la probabilidad de afección a distintos recursos considerados en la LRM

—agua (superficial y subterránea), ribera del mar y de las rías (costa) y suelo<sup>20</sup>— y sus posibles combinaciones, siguiendo el siguiente esquema y teniendo en cuenta el tipo de vegetación al que se hace referencia en el escenario accidental de los árboles Tipo 1a, Tipo 2a o Tipo 3a:

- Cuando el vertido del agente químico afecta a las aguas superficiales (proximidad del itinerario a las mismas, con un *buffer* recomendado de 50 m), se considerará que afecta a este recurso y, en su caso, a la fauna y flora ligada al mismo. La probabilidad de este escenario ( $P_{ASup,v}$ ) se estimará mediante la siguiente ecuación:

$$P_{ASup,v} = \frac{D_{ASup,v}}{D_v}$$

Donde:

$P_{ASup,v}$  es la probabilidad de vertido sobre agua superficial en vegetación forestal tipo  $v$ .

$D_{ASup,v}$  es la distancia del itinerario sobre agua superficial en vegetación forestal tipo  $v$ .

$D_v$  es la distancia del itinerario en vegetación forestal  $v$ .

- Cuando el vertido del agente químico no afecta a las aguas superficiales, no habrá de incluirse en la distancia de referencia (en el denominador de la ecuación) la distancia que discurre sobre aguas superficiales.
  - o En caso de que el itinerario discurra sobre masas de agua subterránea, la probabilidad ( $P_{ASub,v}$ ) se estimará mediante la siguiente ecuación:

$$P_{ASub,v} = \frac{D_{(1-ASup,v);ASub,v}}{D_v - D_{ASup,v}}$$

Donde:

$P_{ASub,v}$  es la probabilidad de vertido sobre masas de agua subterráneas en vegetación forestal tipo  $v$ .

$D_{(1-ASup,v);ASub,v}$  es la distancia del itinerario sin aguas superficiales y sobre masas de agua subterráneas en vegetación forestal tipo  $v$ .

$D_v$  es la distancia del itinerario en vegetación forestal  $v$ .

$D_{ASup,v}$  es la distancia del itinerario sobre agua superficial en vegetación forestal tipo  $v$ .

---

<sup>20</sup> Los recursos hábitats y especies, cuya identificación en el presente MIRAT se realiza empleando como referencia el MFE, los Espacios Naturales Protegidos y los espacios protegidos Red Natura 2000, ya se encuentran incorporados en los árboles Tipo 1b, 2b y 3b al derivar éstos de los escenarios accidentales de los árboles Tipo 1a, 2a y 3a, que ya incorporan la localización o no del accidente en un Espacio Natural Protegido y/o en un espacio protegido Red Natura 2000. En la página 95 del presente MIRAT se justifica el empleo de la inclusión del recurso natural en un Espacio Natural Protegido y/o en un espacio protegido Red Natura 2000 como una aproximación a la existencia de especies protegidas al considerar que en dichos espacios existe más probabilidad de que dichas especies estén presentes.

- Si, además de sobre una masa de agua subterránea, el itinerario discurre en algún tramo próximo a la línea de costa, la probabilidad ( $P_{Costa1}$ ) habrá de estimarse restando también la distancia del itinerario que no discurre sobre masas de agua subterráneas.

$$P_{Costa1,v} = \frac{D_{(1-ASup,v);ASub,v;Costa}}{D_v - D_{ASup,v} - D_{(1-ASub,v)}}$$

Donde:

$P_{Costa1,v}$  es la probabilidad de vertido sobre ribera del mar y de las rías (costa) con masa de agua subterránea en vegetación forestal tipo  $v$ .

$D_{(1-ASup,v);ASub,v;Costa}$  es la distancia del itinerario sin aguas superficiales y sobre ribera del mar y de las rías (costa) con masa de agua subterránea en vegetación forestal tipo  $v$ .

$D_v$  es la distancia del itinerario en vegetación forestal  $v$ .

$D_{ASup,v}$  es la distancia del itinerario sobre agua superficial en vegetación forestal tipo  $v$ .

$D_{(1-ASub,v)}$  es la distancia del itinerario sin masas de agua subterránea en vegetación forestal tipo  $v$ .

- En caso de que el itinerario no discorra sobre masas de agua subterránea ( $1 - P_{ASub}$ ), es necesario diferenciar de nuevo entre costa o no.
  - Si el itinerario no discurre sobre masas de agua subterránea pero en algún tramo transcurre próximo a la línea de costa, la probabilidad ( $P_{Costa2}$ ) habrá de estimarse restando en este caso la distancia del itinerario que discurre sobre masas de agua subterránea.

$$P_{Costa2,v} = \frac{D_{(1-ASup,v);(1-ASub,v);Costa}}{D_v - D_{ASup,v} - D_{ASub,v}}$$

Donde:

$P_{Costa2,v}$  es la probabilidad de vertido sobre ribera del mar y de las rías (costa) sin masa de agua subterránea en vegetación forestal tipo  $v$ .

$D_{(1-ASup,v);(1-ASub,v);Costa}$  es la distancia del itinerario sin aguas superficiales y sin masa de agua subterránea sobre ribera del mar y de las rías (costa) en vegetación forestal tipo  $v$ .

$D_v$  es la distancia del itinerario en vegetación forestal  $v$ .

$D_{ASup,v}$  es la distancia del itinerario sobre agua superficial en vegetación forestal tipo  $v$ .

$D_{ASub,v}$  es la distancia del itinerario sobre masas de agua subterránea en vegetación forestal tipo  $v$ .



En todas las ecuaciones anteriores, la vegetación tipo  $v$  se define por el tipo de vegetación forestal o uso del suelo (arbolado maduro, arbolado joven o matorral, herbazal, humedal y suelo artificial o sin vegetación forestal) y por su inclusión o no en un Espacio Natural Protegido o en un espacio protegido Natura 2000, tal y como son definidos los escenarios accidentales de los árboles Tipo 1a, 2a y 3a.

De nuevo, la aplicación en entorno de *Microsoft Excel* descrita en el Anejo M.VII permite calcular directamente estas probabilidades, una vez el usuario ha seleccionado las vías y tramos de vías y/o las provincias y tipos de carreteras por las que discurre el itinerario que se está evaluando y se ha definido el tipo de vegetación forestal y su inclusión o no en Espacios Naturales Protegidos y/o en espacios protegidos Red Natura 2000.

Como puede apreciarse, el procedimiento requiere de ciertos recursos, de ahí la necesidad —expresada, argumentada y resuelta en el epígrafe IX.1 del presente MIRAT— de seleccionar un número de itinerarios con los que sea operativo trabajar, siempre teniendo en cuenta que los mismos sean considerados como relevantes del total de los servicios realizados por el operador.

### **3. Incorporación al modelo de las medidas de gestión del riesgo**

De forma análoga a lo indicado en el apartado relativo a la asignación de probabilidades a los sucesos iniciadores, a partir de los cuestionarios del SQAS se ha planteado un procedimiento para incorporar las medidas de gestión del riesgo que implementa o puede implementar el operador para reducir la probabilidad de fallo de, en este caso, las medidas de prevención y/o de evitación de nuevos daños.

Las preguntas seleccionadas con este fin se recogen en el Anejo M.VIII. De nuevo, el operador podrá definir, de forma justificada, el cuestionario que mejor se adapte a, en este caso, las medidas de prevención y/o de evitación de nuevos riesgos de las que disponga partiendo de las cuestiones planteadas en el SQAS.

### **4. Cálculo de la probabilidad de ocurrencia de los distintos escenarios accidentales**

Una vez que se ha determinado la probabilidad de ocurrencia de los distintos factores condicionantes que afectan a un determinado suceso iniciador (ya sean medidas de prevención y de evitación de nuevos daños o recursos naturales potencialmente afectados), se procede a calcular la probabilidad de ocurrencia de cada escenario accidental.

Este cálculo se realiza mediante el operador “Y”, o intersección de las probabilidades de los factores condicionantes que desembocan en el escenario que se esté evaluando. Expresado de forma matemática, la ecuación del cálculo sería la siguiente:

$$P_E = \text{prob}_{S.I} \times [P_1 \times (1 - F_{R,1})] \times [P_2 \times (1 - F_{R,2})] \dots \times [P_n \times (1 - F_{R,n})]$$

Donde:

$P_E$ , es la probabilidad de ocurrencia asociada al escenario "E", el cual para acontecer requiere que se den conjuntamente el suceso iniciador "S.I" y los factores condicionantes "1, 2, ..., y n".

$Prob\_S.I$ , es la probabilidad de ocurrencia del suceso iniciador cuya evolución desencadena el escenario accidental "E".

$P_n$ , es la probabilidad de fallo de cada factor condicionante, siendo asignada con base en la bibliografía y a la probabilidad de afección a los distintos recursos naturales.

$F_{R,n}$ , es el factor de reducción aplicable a la probabilidad genérica del factor condicionante  $n$  debido a la política de gestión del riesgo del operador. El valor máximo que puede adoptar es 0,1. Se aplica únicamente a las medidas de prevención y/o de evitación de nuevos daños para los que el operador tiene capacidad de gestión.

#### **IX.5. PROTOCOLOS PARA EL CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE AGENTE CAUSANTE DEL DAÑO**

Una vez descritos los procedimientos para la asignación de probabilidades, tanto a los sucesos iniciadores como a los escenarios accidentales, en las siguientes páginas se procede a exponer los cálculos asociados a la cantidad de agente causante del daño liberada, dato relevante en el caso de los escenarios accidentales en los que se produce un vertido, ya sea de aguas de extinción contaminadas o de sustancia transportada o combustible del vehículo.

En el caso de los escenarios que dan como resultado un incendio, no procede calcular la cantidad liberada de agente causante del daño medioambiental ya que el riesgo medioambiental asociado a los mismos se estima directamente con la probabilidad del escenario accidental y los daños medioambientales asociados al incendio, que dependen de factores como el tipo de vegetación afectada, la pendiente del terreno o la pertenencia o no de la vegetación afectada a un Espacio Natural Protegido o a un espacio protegido Red Natura 2000, tal y como se desarrollará en el epígrafe XI del presente MIRAT.

De forma paralela a lo expuesto en el caso de las probabilidades, la estimación de la cantidad de agente causante del daño que finalmente entra en contacto con los recursos naturales y, por ello, causa un daño medioambiental se realizará en dos fases:

- 1) Estimación de la cantidad de agente asociada a cada suceso iniciador. En primera instancia, ha de estimarse la cantidad de agente causante del daño que resulta liberada tras un evento no deseado. A modo de ejemplo, en esta etapa se estima el volumen liberado en caso de un accidente de tráfico en el que se ha producido la rotura de la cisterna transportada.
- 2) Estimación de la cantidad de agente asociada a cada escenario accidental. Posteriormente, ha de estimarse la cantidad de agente causante del daño que finalmente entra en contacto con un recurso natural. Para ello, se introducen en el análisis los denominados factores condicionantes, ya sean medidas de prevención

y/o de evitación de nuevos daños (como medidas de contención del vertido) como, en el caso de los elementos móviles del transporte de mercancías peligrosas por carretera, los recursos naturales que finalmente se verán afectados por la contaminación.

En las páginas siguientes del MIRAT se procede a explicar los procedimientos para estimar la cantidad liberada de agente causante del daño medioambiental siguiendo este mismo esquema: en primer lugar, en los sucesos iniciadores y, posteriormente, en los escenarios accidentales.

### **IX.5.1. Cantidad de agente causante del daño asociada a los sucesos iniciadores**

La cantidad de agente causante del daño liberada en los sucesos iniciadores depende de la naturaleza del suceso iniciador: derrame o vertido de aguas de extinción generadas en un incendio o derrame o vertido de sustancia transportada o del combustible del vehículo.

#### **1. Procedimiento para estimar la cantidad de agente causante del daño de los sucesos iniciadores asociados a incendios**

En caso de producirse un incendio, ya sea de la carga o del vehículo, y en caso de actuación de los servicios de emergencia, los daños medioambientales se manifestarán en forma de incendio (si las llamas se extienden a la vegetación forestal desde el lugar del accidente) y de derrame o vertido de las aguas de extinción. En caso de incendio, no es necesario estimar la cantidad de agente causante del daño.

Las aguas de extinción se convierten en agente causante del daño o en vehículo de dicho agente al entrar en contacto con sustancias contaminantes como, en este caso, la carga que transporta el vehículo. Dependiendo de la naturaleza de la carga (en concreto, de su solubilidad), las aguas de extinción se sumarán total o parcialmente al volumen de sustancia contaminante liberado —en el caso de sustancias solubles en agua— o actuarán como vehículo de la contaminación pero sin convertirse en agentes causantes del daño —sustancias no solubles en agua—.

El cálculo de las aguas de extinción se realizará en dos fases:

**1º Cálculo de la cantidad de agua generada en la extinción del incendio**

En caso de incendio de la carga o del vehículo durante el transporte de mercancías peligrosas, los servicios de emergencia destacarán a un número de vehículos de extinción de incendios al lugar del accidente. El volumen de agua generada será función del número de vehículos destacados y del volumen de agua de que cada uno disponga.

$$V_{\text{Agua}} = \sum_{v=0}^n (n_v * c_v)$$

Donde:

$V_{\text{Agua}}$ , es el volumen de agua utilizado para la extinción del incendio.

$n_v$ , es el número de vehículos de tipo  $v$  que participan en la extinción del incendio.

$c_v$ , es el volumen de agua que disponen los vehículos tipo  $v$  de extinción de incendios.

Nótese que, en términos de riesgo medioambiental relacionado con las aguas de extinción, no resulta tan relevante el número total de vehículos de extinción de incendios destacados al lugar del accidente sino únicamente aquellos cuyo ámbito de actuación esté próximo al vehículo accidentado y, por ello, el agua utilizada para la extinción del incendio ha podido entrar en contacto con sustancias contaminantes. Se asume que aquellos efectivos que, en caso de extenderse el incendio, actúen en zonas alejadas al vehículo no generarán aguas de extinción contaminantes.

De esta forma, se considera que el número de vehículos necesarios para extinguir el incendio del vehículo o de la carga será de pocas unidades. Una búsqueda exploratoria en Internet (no exhaustiva) de siniestros en los que se ha producido un incendio tras un accidente de tráfico permite sugerir un número de entre 2 y 6 vehículos de extinción destacados al lugar del siniestro y que actúan sobre el vehículo siniestrado.

Por otra parte, los vehículos destacados al lugar del accidente tendrán una capacidad de agua para la extinción del incendio de entre 2.000 y 5.000 litros (entre 2 y 5 m<sup>3</sup>), aproximadamente, tal y como puede desprenderse de la consulta a algunos servicios de bomberos<sup>21</sup>.

Por último, debe señalarse que, como se ha indicado, en el presente MIRAT se adopta el agua como agente de extinción genérico. Los operadores podrán incluir en el análisis otros agentes

---

<sup>21</sup> Madrid InfoEmer: <http://emergenciasmadrid.com/fuego/>

Bombers de Barcelona: [http://www.bcn.cat/bombers/es/intervencio\\_recurstecnics\\_vehicles\\_autobomba.html](http://www.bcn.cat/bombers/es/intervencio_recurstecnics_vehicles_autobomba.html)

Consorcio Prevención y Extinción de Incendios "Cuenca 112": <http://www.cuenca112.com/parques/parque-movil>

de extinción que pudieran considerarse tóxicos y móviles (susceptibles de contactar con los recursos naturales), si lo consideran necesario.

## **2º Cálculo de la cantidad de aguas de extinción causantes del daño medioambiental**

El total de las aguas de extinción susceptibles de generar un daño medioambiental será una combinación entre el agua usada para la extinción del incendio y la sustancia contaminante, en el caso del presente MIRAT la sustancia transportada. El cálculo de las aguas de extinción causantes del daño medioambiental se realiza mediante la siguiente expresión:

$$V_1 = [V_{Agua} \times Fm] + V_{sust}$$

Donde:

$V_1$ , es el volumen de las aguas de extinción causantes del daño medioambiental.

$V_{Agua}$ , es el volumen de agua generada en la extinción del incendio.

$Fm$ , es un coeficiente que introduce en el modelo la posibilidad de que no se contamine la totalidad del agua usada en la extinción. Este coeficiente adquiere el valor de 0 para sustancias no solubles en agua y el valor de 0,3<sup>22</sup> (30%) para sustancias solubles en agua.

$V_{sust}$ , es el volumen de sustancia transportada liberada por el incendio.

Esta ecuación es una adaptación de la aplicada en otros análisis de riesgos realizados en el marco de la LRM, por ejemplo en la *Guía Metodológica. Sector: Determinadas actividades de gestión de residuos peligrosos y no peligrosos. Apéndice: Aplicación a un caso hipotético* (CTPRDM, 2015). En este caso, se ha estimado que actúa como contaminante la totalidad de la sustancia transportada liberada por el incendio; en la anterior referencia se aplica un coeficiente de 0,2 a este sumando, coeficiente que multiplica al volumen total de sustancias almacenadas en una planta. En el caso de un accidente de tráfico durante el transporte de mercancías peligrosas, se ha considerado que el reducido tamaño del ámbito de actuación de los bomberos relevante a efectos de aguas de extinción (el vehículo y alrededores más inmediatos) induce a asumir que toda la carga (o toda la carga que se libere) sería susceptible de entrar en contacto con el agua, ya sea para que ésta arrastre a la sustancia contaminante o se mezcle con ella.

El parámetro  $V_{sust}$  puede estimarse atendiendo a dos criterios:

- Volumen total de la carga que transportaba el vehículo. Este ha de considerarse un criterio conservador, que proporcionaría resultados de máximo daño medioambiental por aguas de extinción contaminadas para cada escenario accidental relevante.

---

<sup>22</sup> CTPRDM (2015)

- Volumen de la carga que se liberaría en caso de accidente con derrame. En este caso, se estimará la cantidad liberada por el incendio atendiendo a los criterios descritos en el apartado A del procedimiento para estimar la cantidad de agente causante del daño asociada a vertidos o derrames que se describe en las siguientes páginas.

Finalmente, la intervención de los servicios de emergencia puede basarse en el empleo de medios de extinción distintos al agua (polvo, espuma, etc.), especialmente en las primeras fases del incendio cuando éste aún no ha alcanzado dimensiones importantes o no se ha extendido a la vegetación forestal adyacente al lugar del accidente. En caso de considerarse esta circunstancia (por ejemplo, en caso de éxito de la intervención de los servicios de emergencia, representado en los escenarios E.1.f.1 a E.1.f.10 del árbol Tipo 1a y de E.2.f.2 a E.2.f.11 del árbol Tipo 2a),  $V_{\text{Agua}}$  se consideraría nula y el agente causante del daño sería únicamente  $V_{\text{sust}}$  en la ecuación anterior, salvo que el medio de extinción utilizado sea tóxico y móvil, en cuyo caso el volumen se incluiría de nuevo en  $V_{\text{Agua}}$ .

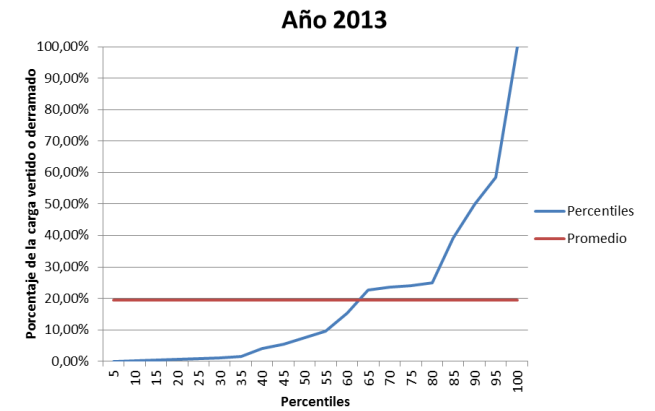
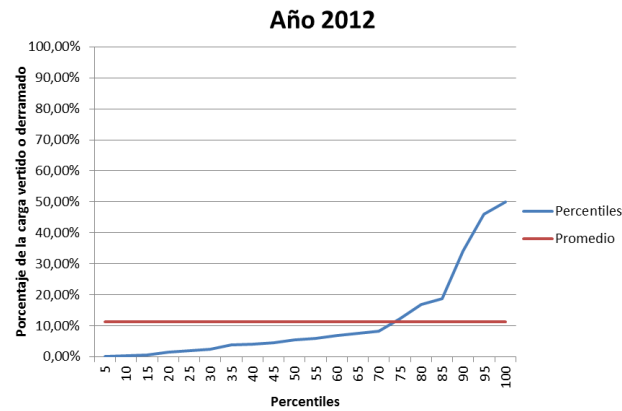
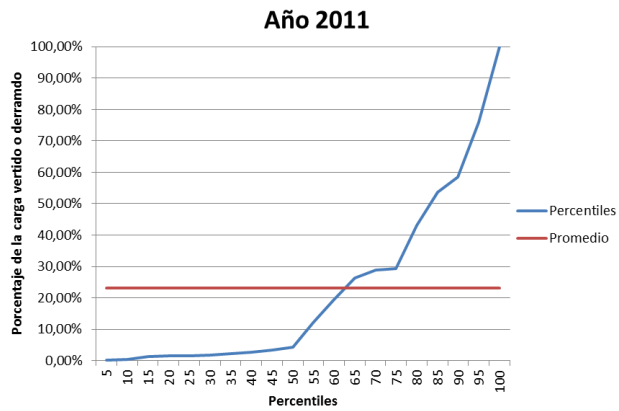
## **2. Procedimiento para estimar la cantidad de agente causante del daño de los sucesos iniciadores asociados a vertidos o derrames**

### **A. Cantidad de agente causante del daño asociada a un vertido o derrame de la carga**

El *Informe trienal de Emergencias en el transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera y Ferrocarril* (DGPCE, 2014) proporciona datos que permiten evaluar la cantidad de carga que resulta liberada como resultado de un accidente de Tipo 3 (el continente ha sufrido desperfectos y existe fuga o derrame del contenido).

Los datos aprovechables proporcionados por DGPCE (2014) —es decir, aquellos en los que se proporciona información, para los accidentes Tipo 3, sobre la cantidad transportada y la cantidad involucrada en el accidente— ascienden a 52 (13, 15 y 24 para los años 2011, 2012 y 2013, respectivamente).

Con estos datos de DGPCE (2014) se han elaborado los gráficos del Gráfico 1 para cada año del trienio. La interpretación de esta información es la siguiente: en el año 2013, en el 90% (percentil 90) de los accidentes con derrame se liberó el 50,02% o menos de la carga que se transportaba.



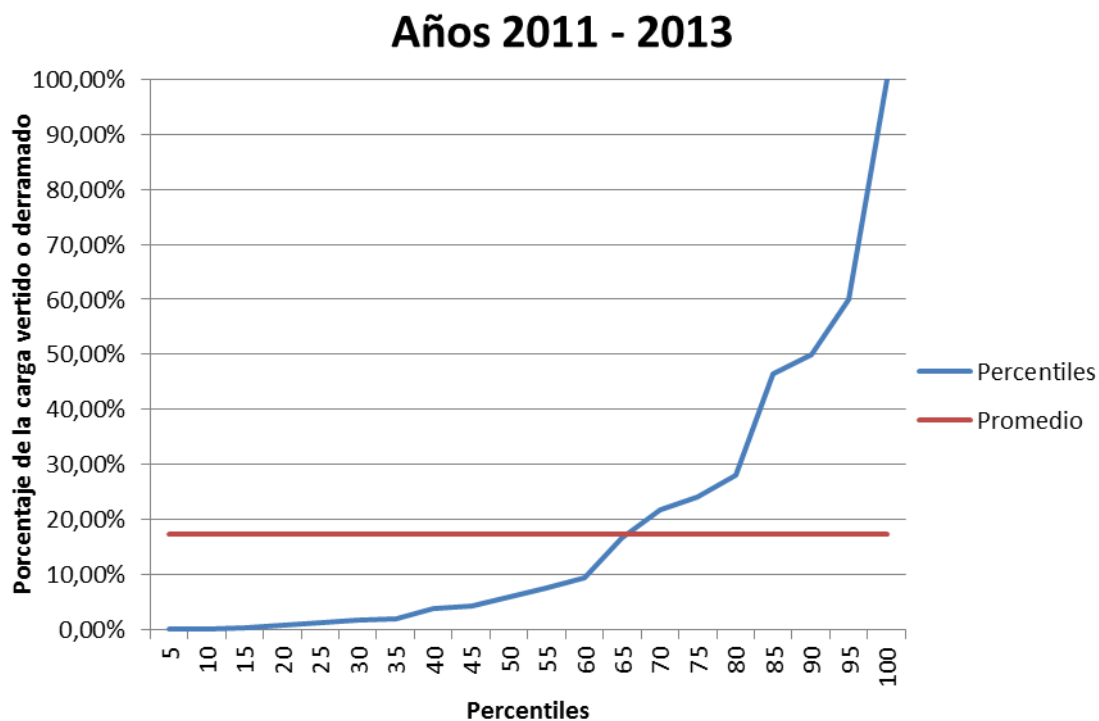
Percentil	% carga derramada
10	0,45%
20	1,51%
30	1,83%
40	2,58%
50	4,25%
60	19,51%
70	28,91%
80	43,07%
90	58,43%
95	76,00%
100	100,00%

Percentil	% carga derramada
10	0,26%
20	1,49%
30	2,49%
40	4,14%
50	5,45%
60	6,75%
70	8,17%
80	16,78%
90	34,23%
95	46,11%
100	50,00%

Percentil	% carga derramada
10	0,17%
20	0,62%
30	1,16%
40	4,06%
50	7,47%
60	15,33%
70	23,57%
80	25,01%
90	50,02%
95	58,50%
100	100,00%

**Gráfico 1.** Cantidad de sustancia derramada tras un accidente durante el transporte de mercancías peligrosas. Fuente: Elaboración propia a partir de DGPCE (2014)

El tratamiento conjunto de estos datos anuales para el total del período del trienio proporciona los datos recogidos en el Gráfico 2.



Percentil	% carga derramada
10	0,20%
20	0,75%
30	1,63%
40	3,94%
50	5,85%
60	9,48%
70	21,83%
80	28,01%
90	50,03%
95	60,00%
100	100,00%

**Promedio: 17,43%**

**Gráfico 2.** Cantidad de sustancia derramada tras un accidente durante el transporte de mercancías peligrosas. Trienio 2011-2013. Fuente: Elaboración propia a partir de DGPCE (2014)

A tenor de estos datos, se sugiere aplicar, como mínimo, el percentil 90, lo que resultaría en un derrame del 50% de la carga; no obstante, se recomienda el empleo del percentil 95 (es decir,



únicamente en un 5% de los casos el derrame sería superior), lo que implica un derrame del 60% de la carga transportada.

En el caso de mercancía envasada que el analista considere más peligrosa que el depósito de combustible del vehículo atendiendo a los criterios de la página 57 del presente MIRAT, se aplicará el mismo porcentaje de derrame (60%), aplicado en este caso al volumen de la unidad de envase.

En cualquier caso, el operador podrá proporcionar otro dato de cantidad de sustancia derramada en caso de accidente Tipo 3, atendiendo a otras fuentes (como su histórico de accidentes o la declaración de sucesos que implican mercancías peligrosas exigida en el apartado 1.8.5 del ADR 2013, por ejemplo), siempre de forma debidamente justificada.

**B. Cantidad de agente causante del daño asociada a un vertido o derrame del combustible del depósito del vehículo**

En caso de que el vehículo circule vacío, atendiendo a los criterios definidos en el epígrafe IX.1 del presente MIRAT, el escenario de vertido o derrame a tener en cuenta sería la rotura del depósito de combustible del vehículo y la liberación de su contenido al medio ambiente.

En este caso, debido a la ausencia de estadísticas específicas, se recomienda plantear el escenario de rotura de al menos uno de los depósitos y la liberación del contenido completo del mismo (700 litros o 0,7 m<sup>3</sup>, generalmente). No obstante, el operador podrá plantear un escenario distinto al recomendado en este MIRAT atendiendo a fuentes alternativas debidamente justificadas.

**IX.5.2. Cantidad de agente causante del daño asociada a los escenarios accidentales**

Una vez estimada la cantidad de agente causante del daño liberada por cada tipo de suceso iniciador, es necesario proceder a incluir en el análisis los efectos sobre dicha cantidad que tendrán las medidas de prevención y/o de evitación de nuevos daños disponibles, tal y como son consideradas en los árboles de sucesos recogidos en el Anejo M.II.

**1. Procedimiento para estimar la cantidad de agente causante del daño de los escenarios accidentales asociados a incendios**

En caso de incendio de la carga o del vehículo accidentado, en su vertiente de aguas de extinción, no se han considerado medidas de prevención y/o de evitación de nuevos daños, por lo que la cantidad de agente causante del daño del suceso iniciador estimada en el epígrafe anterior será la que finalmente alcance a los recursos naturales y produzca un daño medioambiental.

**2. Procedimiento para estimar la cantidad de agente causante del daño de los escenarios accidentales asociados a vertidos o derrames**

El árbol de sucesos que modeliza la evolución de un accidente que genera un derrame (ya sea de la carga o del depósito de combustible del vehículo) considera dos tipos de medidas de prevención y/o evitación de nuevos daños:

**a) Contención temprana por parte de la tripulación.**

La capacidad de la tripulación de contener el derrame causado por un accidente de tráfico durante el transporte de mercancías peligrosas dependerá del equipamiento del que dispongan para, de una u otra forma, evitar la propia fuga y/o mantener la sustancia alejada de los recursos naturales.

Tal y como se ha comentado anteriormente, el ADR actualmente vigente (ADR 2013) obliga para determinadas etiquetas de peligro a disponer de un mínimo de equipo destinado a contener el derrame (en concreto, una pala, un obturador de alcantarilla y un recipiente colector, cuya capacidad es muy limitada). Si el vehículo accidentado dispone únicamente de este equipamiento, el procedimiento para estimar la cantidad derramada por el accidente podría estimarse multiplicando el caudal de la fuga por el tiempo de intervención del operario.

Los escenarios que pudieran plantearse respecto al caudal de la fuga serían infinitos, desde un goteo hasta la rotura catastrófica de la cuba. Como solución intermedia, el presente MIRAT sugiere la utilización del caudal de las válvulas de cargado de la cuba (por ejemplo, 10 l/s); el operador podrá adoptar en su análisis de riesgos otro caudal de fuga, siempre que lo justifique debidamente.

Por otra parte, el tiempo de reacción de un operario ante una emergencia para activar un sistema de parada sugerido por Flemish Government (2009) es de 2 minutos, pero siempre que se cumplan unas condiciones que podrían considerarse alejadas de las esperables en un escenario de accidente de tráfico. De esta forma, se sugiere aplicar un tiempo de reacción (desde que se inicia la fuga hasta que la tripulación consigue contenerla) de 10 minutos (valor atribuido por la referencia citada anteriormente en caso de un sistema de parada de emergencia semiautomático). De nuevo, el operador podrá adoptar otro tiempo de detención siempre que lo justifique de forma adecuada.

Si la tripulación dispone equipamiento adicional al exigido por el ADR 2013 para determinadas etiquetas de peligro de la carga (mantas absorbentes, por ejemplo), el operador recopilará la información necesaria sobre la capacidad de retención de los equipos al proveedor de los mismos e incorporará dichos datos a su análisis de riesgos.

Finalmente, el escenario de fallo de la contención temprana por parte de la tripulación no considerará la contención de ninguna cantidad de carga.

**b) Contención temprana por parte de los servicios de emergencia.**

El presente MIRAT sugiere que la actuación de los servicios de emergencia en un escenario de vertido o derrame logra contener toda la contaminación en caso de éxito o ninguna en caso de fracaso.

De cualquier forma, el operador podrá considerar una capacidad de retención distinta a la sugerida en el presente MIRAT, siempre que la justifique de forma adecuada.

## X. PROTOCOLOS PARA CUANTIFICAR Y EVALUAR LA SIGNIFICATIVIDAD DE LOS ESCENARIOS ACCIDENTALES. SECCIÓN: ELEMENTOS ESTÁTICOS

### X.1. ESTIMACIÓN DE LA GRAVEDAD DE LAS CONSECUENCIAS MEDIOAMBIENTALES MEDIANTE EL ÍNDICE DE DAÑO MEDIOAMBIENTAL

La magnitud de las consecuencias medioambientales derivadas de cada escenario accidental debe evaluarse mediante el cálculo del Índice de Daño Medioambiental (IDM) previsto en la nueva redacción del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre (Real Decreto 183/2015). Este índice asigna unos valores mayores a aquellos escenarios que, al menos a priori, producen un mayor daño medioambiental.

El IDM se calcula para cada escenario aplicando la siguiente ecuación:

$$IDM = \sum_{i=1}^n \left[ (Ecf + A \times Ecu \times (B \times \alpha \times Ec) + p \times M_{acc}^q + C \times Ecr) \times (1 + Ecc) \right] + (\beta \times Eca)$$

Donde:

*IDM*, es el Índice de Daño Medioambiental.

*Ecf*, es el estimador del coste fijo del proyecto de reparación para la combinación agente causante de daño-recurso potencialmente afectado *i*.

*A*, es el multiplicador del estimador del coste unitario del proyecto de reparación, siendo el resultado de multiplicar los valores de los modificadores que afectan a los costes unitarios ( $M_{Aj}$ ) para cada combinación agente-recurso *i*. Su fórmula es:

$$A = \prod_{j=1}^l M_{Aj}$$

*Ecu*, es el estimador del coste unitario del proyecto de reparación para la combinación agente-recurso *i*.

*B*, es el multiplicador del estimador de cantidad, siendo el resultado de multiplicar los valores de los modificadores que afectan al estimador de cantidad ( $M_{Bj}$ ) para cada combinación agente-recurso *i*. Su fórmula es:

$$B = \prod_{j=1}^m M_{Bj}$$

$\alpha$ , representa la cantidad de agente involucrada en el daño.

*Ec*, representa la relación entre las unidades de recurso afectadas y las unidades de agente involucradas en el daño para cada combinación agente-recurso *i*.

$p$ , es una constante que únicamente adquiere un valor distinto de cero para los daños al lecho marino o al lecho de las aguas continentales.

$M_{acc}$ , es la cantidad de agente asociada al accidente, medida en toneladas, en el caso de daños al lecho marino o al lecho de las aguas continentales. En las restantes combinaciones agente-recurso este parámetro adquiere valor cero.

$q$ , es una constante que adquiere valor 1 para todas las combinaciones agente-recurso, salvo para aquellas que implican daños al lecho marino o al lecho de las aguas continentales en las que adopta un valor específico.

$C$ , es el multiplicador del estimador del coste de revisión y control del proyecto de reparación, siendo igual al valor del modificador que afecta al estimador del coste de revisión y control ( $M_{Cj}$ ) para cada combinación agente-recurso  $i$ . Su fórmula es:

$$C = M_{Cj}$$

$E_{cr}$ , es el estimador del coste de revisión y control del proyecto de reparación para la combinación agente-recurso  $i$ .

$E_{cc}$ , es el estimador del coste de consultoría del proyecto de reparación, expresado en tanto por uno, para la combinación agente-recurso  $i$ .

$i$ , hace referencia a cada una de las combinaciones agente-recurso  $i$  consideradas en la Tabla de combinaciones agente-recurso del IDM.

$n$ , es el número total de combinaciones agente-recurso que el analista considere relevantes para el escenario que esté siendo evaluado.

$\beta$ , representa la distancia (Dist) desde la zona a reparar a la vía de comunicación más cercana.

Para la aplicación de la fórmula del IDM, es necesario conocer las combinaciones agente causante de daño-recurso natural afectado consideradas en este índice. Estas combinaciones se muestran sombreadas en la Tabla 26, habiéndose destacado en color azul oscuro aquellas combinaciones que pueden resultar más frecuentes en los miembros del sector.

El MAGRAMA suministra a través de su página web abundante información de apoyo para el cálculo del IDM. Entre la misma se recomienda consultar especialmente la siguiente:

- Memoria del análisis de impacto normativo abreviada del proyecto de Real Decreto por el que se modifica el Reglamento de Desarrollo Parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental, aprobado por el Real Decreto 2090/2008, de 22 de diciembre. Este documento ofrece una descripción y una justificación detallada de la metodología de cálculo del IDM. Adicionalmente, recoge una serie de pautas e indicaciones para la introducción de los parámetros de entrada en la ecuación del IDM.

- Módulo de cálculo del IDM. Dentro de la aplicación informática MORA se ha integrado un módulo que permite a los operadores calcular el IDM de cada escenario a partir de la introducción de sus parámetros de entrada.
- Guía de usuario del módulo de cálculo del IDM. Se trata de un manual práctico en el que se indica la manera de utilizar el módulo de cálculo del IDM integrado en la aplicación informática MORA. Dentro de la guía resulta especialmente destacable la existencia de un caso práctico ilustrativo en el que se muestra paso a paso la forma de calcular el IDM.

Agente causante de daño		Recurso							
		Agua			Lecho continental y marino	Suelo	Ribera del mar y de las rías	Especies	
		Marina	Continental					Vegetales	Animales
			Superficial	Subterránea					
Químico	COV halogenados	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 5	Grupo 9	Grupo 10	Grupo 11	Grupo 16	
	COV no halogenados								
	COSV halogenados								
	COSV no halogenados								
	Fueles y CONV								
	Sustancias inorgánicas								Grupo 7
	Explosivos								
Físico	Extracción/Desaparición								
	Vertido de inertes								
	Temperatura								
Incendio							Grupo 14	Grupo 19	
Biológico	OMG								
	Especies exóticas invasoras								
	Virus y bacterias								
	Hongos e insectos								

COV, compuestos orgánicos volátiles (punto de ebullición <100°C)  
 COSV, compuestos orgánicos semivolátiles (punto de ebullición entre 100-325°C)  
 CONV, compuestos orgánicos no volátiles (punto de ebullición >325°C)  
 OMG, organismos modificados genéticamente

**Tabla 26.** Grupos de combinaciones agente causante del daño-recurso natural afectado representativas del sector. Fuente: Elaboración propia a partir del RD2090/2008.

### X.1.1. Pautas para la selección de la combinación agente causante de daño-recurso natural afectado

Como se ha indicado, la estimación del IDM requiere determinar las diferentes combinaciones *agentes causantes del daño-recursos naturales afectados* que pueden darse bajo las hipótesis establecidas en cada escenario accidental.

En este sentido, para la determinación preliminar de los recursos naturales que podrían verse afectados en un hipotético accidente debe atenderse al contexto propio de cada instalación,

pudiendo tenerse en cuenta las fuentes de información recomendadas en el apartado V.1. Identificación de fuentes de información útiles del presente informe.

En cuanto a los agentes causantes de daño, la Guía de usuario del módulo de cálculo del IDM incluye un esquema que facilita la clasificación de los diferentes agentes en función de sus características.

Agente causante de daño	El agente lleva asociado un umbral de toxicidad	El agente no es una sustancia explosiva	Agente orgánico	$P_E < 325\text{ °C}$	$P_E < 100\text{ °C}$	El agente contiene elementos halógenos	<b><i>Daños por COV halogenados</i></b>
						El agente no contiene elementos halógenos	<b><i>Daños por COV no halogenados</i></b>
					$P_E > 100\text{ °C}$	El agente contiene elementos halógenos	<b><i>Daños por COSV halogenados</i></b>
						El agente no contiene elementos halógenos	<b><i>Daños por COSV no halogenados</i></b>
				$P_E > 325\text{ °C}$	Fuel	<b><i>Daños por fueles</i></b>	
	Otras sustancias	<b><i>Daños por compuestos orgánicos no volátiles (CONV)</i></b>					
		Agente inorgánico	<b><i>Daños por sustancias inorgánicas</i></b>				
		El agente es una sustancia explosiva	<b><i>Daños por sustancias explosivas</i></b>				
	El agente no lleva asociado un umbral de toxicidad	Agentes físicos	<b><i>Daños por extracción o desaparición del recurso natural</i></b>				
			<b><i>Daños por vertido de inertes</i></b>				
<b><i>Daños por incremento de la temperatura</i></b>							
Incendio		<b><i>Daños por incendio</i></b>					
Agentes biológicos		<b><i>Daños por organismos modificados genéticamente</i></b>					
		<b><i>Daños por especies exóticas invasoras</i></b>					
		<b><i>Daños por virus y bacterias</i></b>					
	<b><i>Daños por hongos e insectos</i></b>						

**Cuadro 4.** Esquema de asistencia para la selección del agente causante de daño.  $P_E$  = Punto de ebullición. Fuente: Guía de usuario del módulo de cálculo del IDM.

Un caso particular es el de los escenarios que impliquen el derrame de una mezcla de productos químicos, ya que no existe un criterio de actuación generalmente establecido para los mismos. Por lo tanto, cada operador deberá decidir la forma más adecuada de tratarlos, si bien la decisión que adopte debe encontrarse siempre adecuadamente justificada. A continuación se enumeran algunos de los planteamientos más usuales en el ámbito de los análisis de riesgos medioambientales, aunque cada operador podrá aplicar otros diferentes siempre de forma justificada:

- a) Selección como referencia de una sustancia similar

Esta primera posibilidad consistiría en seleccionar la sustancia del esquema del IDM que se considere más similar a la mezcla analizada. Para ello, deberá atenderse a aspectos como el comportamiento de la mezcla, su toxicidad, el coste de los posibles daños que se pudieran ocasionar, etc.

- b) Selección como referencia de la sustancia más tóxica

Una posible opción conservadora consiste en asumir que la totalidad de la mezcla tiene idénticas propiedades que la sustancia más tóxica presente en la misma.

- c) Selección como referencia de la sustancia que podría causar unos daños medioambientales cuyo coste de reparación fuera más elevado

Al igual que la propuesta anterior, se trataría de un enfoque conservador en el que, en este caso, se asumiría que la totalidad de la mezcla se comportaría como aquel componente de la misma que podría causar unos mayores daños medioambientales en términos de coste económico. La previsión de los costes de reparación podría basarse en la utilización de la herramienta MORA —accesible a través de la página web del MAGRAMA—.

- d) Selección como referencia de la sustancia tóxica que representa un mayor volumen en la mezcla.

Una posibilidad adicional consistiría en atender a la proporción en la que se encuentra presente cada componente de la mezcla, de tal forma que se asuma que la totalidad de la mezcla se comportaría como aquel componente tóxico de la misma que tenga una mayor presencia.

### **X.1.2. Pautas para la estimación del coeficiente Ecf**

El estimador de los costes fijos (Ecf) se encuentra predeterminado en el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre para cada una de las combinaciones *agentes causantes del daño-recursos naturales afectados*, por lo tanto su introducción en la ecuación del IDM es directa.

### **X.1.3. Pautas para la estimación del coeficiente A**

El coeficiente “A” es el multiplicador del estimador del coste unitario. El valor del mismo se obtiene mediante la multiplicación de una serie de parámetros que se encuentran establecidos normativamente para cada combinación agente-recurso, haciendo referencia a:

- La densidad de la vegetación que podría verse afectada por el daño. Este parámetro puede ser medido directamente en campo o, en su defecto, completado con datos bibliográficos como el Inventario Forestal Nacional o el Mapa Forestal de España.
- La posibilidad de afección a un espacio natural protegido puede determinarse consultando la información disponible en las correspondientes Comunidades Autónomas o en la página web del MAGRAMA.
- La pedregosidad del suelo sobre el que se produciría el daño. Este dato debe ser rellenado a partir de la observación directa sobre el terreno atendiendo a su transitabilidad y compactación.
- La pendiente del terreno. La pendiente media del terreno potencialmente afectado puede ser estimada bien mediante un trabajo de campo o bien consultando fuentes de información cartográficas.

#### **X.1.4. Pautas para la estimación del coeficiente Ecu**

“Ecu” es el estimador del coste unitario del proyecto de reparación. Se trata de un parámetro fijado para cada combinación agente-recurso por lo que su inclusión en la ecuación no reviste complejidad.

#### **X.1.5. Pautas para la estimación del coeficiente B**

El coeficiente “B” es el multiplicador de la cantidad de recurso potencialmente afectada. Su cálculo se efectúa considerando los siguientes aspectos:

- «Biodegradabilidad del agente causante de daño». Esta característica puede consultarse en las fichas de seguridad de las sustancias químicas.
- «Densidad de población». Este aspecto hace referencia al estado cuantitativo de las poblaciones de especies animales que son susceptibles de recibir el daño. Su cumplimentación requiere consultar las referencias bibliográficas previas que existan sobre la zona objeto de estudio.
- «Densidad de la vegetación que podría verse afectada por el daño». Como se ha indicado anteriormente, este dato puede ser evaluado mediante un trabajo de campo o bien consultando referencias como el Inventario Forestal Nacional o el Mapa Forestal de España.
- «Diferencia de temperatura». La diferencia de temperatura entre el vertido y el medio receptor se debe introducir siempre que se evalúen daños por vertido de agua a alta o baja temperatura, debiendo establecerse la diferencia existente entre la temperatura del agua vertida y la del medio receptor.
- «Lago o embalse». La ecuación del IDM requiere que el analista determine si se podría ver afectado un lago o un embalse bajo las hipótesis establecidas en cada escenario. Adicionalmente, también se solicita la capacidad de esta masa de agua. Para cumplimentar este último dato puede acudir al Inventario de Presas y Embalses de España elaborado por el MAGRAMA y disponible a través de Internet.
- «Peligrosidad». En los daños causados por Organismos Modificados Genéticamente (OMG), especies exóticas invasoras y microorganismos patógenos debe tenerse en cuenta la peligrosidad de cada tipo de agente. No obstante, dado que los agentes biológicos no se consideran relevantes en el sector objeto de estudio este aspecto podrá ser obviado.
- «Pendiente». La pendiente del terreno, como se ha indicado anteriormente, puede ser determinada bien mediante mediciones en el terreno o bien acudiendo a bibliografía o cartografía preexistente.
- «Permeabilidad y Permeabilidad 2». El valor de permeabilidad requerido por el IDM puede ser introducido utilizando estudios del suelo específicos de los que



pueda disponer el operador o la cartografía publicada por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME).

- «Precipitación». Como posibles fuentes de información para determinar la precipitación media anual de la zona puede acudir a la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) o la información cartográfica que puede encontrarse en el Atlas Nacional de España elaborado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN).
- «Río». Este parámetro hace referencia a la posible afección a una masa de agua corriente —ríos, arroyos, regatos, etc.—. Adicionalmente, debe conocerse el caudal de dicha masa de agua. Estos caudales pueden establecerse con base en la red de estaciones de aforo del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).
- «Solubilidad». La metodología del IDM requiere considerar la solubilidad de las sustancias químicas derramadas. Este dato puede consultarse en la ficha de «seguridad de cada sustancia».
- «Temperatura». En la evaluación de los daños por incendio debe determinarse la temperatura media anual de la zona potencialmente afectada. Con objeto de cumplimentarlo el analista puede servirse de los datos existentes en la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), o de la información cartográfica que puede encontrarse en el Atlas Nacional de España.
- «Tipo de fuga». Las tablas asociadas a la metodología del IDM diferencian tres tipos posibles de fuga: creciente —se trata de vertidos cuyo caudal aumenta con el tiempo—, fuga continua —en las que el caudal fugado se mantiene constante— o fuga instantánea —si el tiempo que tarda en producirse el vertido se considera despreciable—.
- «Toxicidad». Con objeto de cumplimentar este parámetro el analista podrá consultar las fichas de seguridad de las sustancias implicadas.
- «Viento». En la evaluación de daños por incendio el IDM requiere introducir los valores medios de velocidad del viento en la zona objeto de estudio. Para ello pueden consultarse las bases de datos de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) o del Atlas Nacional de España.
- «Viscosidad». La viscosidad de cada sustancia puede consultarse en su correspondiente ficha de seguridad.
- «Volatilidad». En la metodología del IDM la volatilidad se clasifica según el punto de ebullición de las sustancias. Esta característica, igual que la anterior, puede obtenerse a partir de las fichas de seguridad.

Puede apreciarse que ciertos parámetros del IDM dependen de la sustancia concreta que se esté considerando —biodegradabilidad, solubilidad, toxicidad, etc.—; por lo que, en el caso de mezclas, el analista podrá acudir a las pautas que se han ofrecido anteriormente —apartado “X.1.1 Pautas para la selección de la combinación agente causante de daño-recurso natural

afectado”— con objeto de seleccionar una sustancia de referencia para el cálculo del IDM de cada escenario.

#### **X.1.6. Pautas para la estimación del coeficiente $\alpha$**

La ecuación del IDM considera la cantidad de agente implicada en el daño a través del coeficiente “ $\alpha$ ”. En concreto, “ $\alpha$ ” puede corresponderse con las siguientes magnitudes según el escenario que se esté evaluando:

- La masa vertida (Mvert)
- El volumen vertido (Vvert)
- El volumen extraído (Vext)
- La masa extraída (Mext)
- La superficie extraída (Supext)
- El número de individuos extraídos (Next)

La cantidad de recurso extraída —magnitudes “Vext”, “Mext”, “Supext” y “Next”— se utiliza exclusivamente en los daños físicos por extracción, siendo su cumplimentación relativamente sencilla.

Por otra parte, las magnitudes “Mvert” y “Vvert” deben cumplimentarse siempre que se evalúen daños por agentes químicos, por vertido de inertes y por vertido de agua a alta temperatura. En el presente MIRAT se ofrecen diferentes pautas para estimar el volumen vertido bajo las hipótesis establecidas en cada escenario accidental. En concreto, se recomienda la consulta del epígrafe VIII.5.

En los daños al suelo que puedan causar a su vez una afección al agua subterránea la ecuación del IDM solicita la introducción de la profundidad media a la que se encuentran las aguas subterráneas. Este dato puede determinarse acudiendo a informes preexistentes particulares de la instalación o utilizando otra información como la publicada por el Instituto Geológico y Minero de España o el MAGRAMA (Sistema de Información de las Aguas Subterráneas).

#### **X.1.7. Pautas para la estimación del coeficiente $E_c$**

Con objeto de vincular la cantidad de agente liberado con la cantidad de recurso natural que podría resultar afectada, la ecuación del IDM prevé la introducción del coeficiente “ $E_c$ ”. Este parámetro se encuentra tabulado para cada combinación agente-recurso, por lo que su cumplimentación resulta sencilla.

#### **X.1.8. Pautas para la estimación del coeficiente $p$**

El coeficiente “ $p$ ” es una constante que únicamente recibe valores específicos para los daños al lecho de las aguas marinas o de las aguas continentales. En todo caso, sus valores se encuentran tabulados para cada combinación agente-recurso.

#### **X.1.9. Pautas para la estimación del coeficiente Macc**

Se trata de un coeficiente que se aplica, al igual que el coeficiente “p”, en los daños al lecho marino o al lecho de las aguas continentales. En este caso, el operador deberá introducir en la ecuación la cantidad que estima que podría verterse al lecho medida en toneladas.

#### **X.1.10. Pautas para la estimación del coeficiente q**

De forma similar a los dos coeficientes anteriores, el coeficiente “q” se aplica únicamente en los daños al lecho, encontrándose sus valores preestablecidos en la normativa.

#### **X.1.11. Pautas para la estimación del coeficiente C**

“C” es el coeficiente que multiplica al estimador del coste de revisión y control del proyecto de reparación. El valor que debe asignarse a “C” es función directa de la duración estimada de las tareas reparadoras del daño.

Por lo tanto, para la introducción de este coeficiente el analista debe estimar previamente la duración del daño medioambiental hipotéticamente ocasionado. Para ello, una opción consiste en realizar una simulación del daño en el Modelo de Oferta de Responsabilidad Ambiental, donde a partir de una serie de parámetros de entrada se recomienda una técnica reparadora —la cual lleva asociada su correspondiente duración—. Adicionalmente, el analista podría consultar fuentes bibliográficas especializadas en técnicas y proyectos de reparación en las que se indique la duración de la técnica que sería más adecuada para cada caso —en este sentido, puede resultar especialmente recomendable la base de datos de la Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR)—.

#### **X.1.12. Pautas para la estimación del coeficiente Ecr**

El estimador de los costes de revisión y control de la ecuación del IDM (“Ecr”) se encuentra predeterminado en la normativa a través de una serie de tablas específicas para cada combinación agente-recurso.

#### **X.1.13. Pautas para la estimación del coeficiente Ecc**

La ecuación del IDM considera los costes de redacción del proyecto de reparación a través del coeficiente “Ecc”. Se trata de nuevo de un valor tabulado que, en este caso, se expresa como un porcentaje del coste de la reparación del daño.

#### **X.1.14. Pautas para la estimación del coeficiente $\beta$**

Un aspecto importante en el cálculo del IDM es la distancia que debería recorrerse desde una vía de comunicación hasta el lugar que se vería afectado por el hipotético daño. En concreto, el analista deberá introducir a través del parámetro “ $\beta$ ” la distancia existente entre el punto donde se produciría el daño y la vía de comunicación más cercana.

### **X.1.15. Pautas para la estimación del coeficiente Eca**

El estimador del coste de acceso (“Eca”) es un parámetro fijo, siendo igual a 6,14.

### **X.1.16. Pautas para la estimación de varias combinaciones agente-recurso**

En un mismo escenario pueden liberarse varios agentes causantes del daño y/o afectar a varios recursos naturales. En este caso, la ecuación del IDM prevé tratar cada combinación agente-recurso como un sumando. Esto es, el analista deberá aplicar la ecuación tantas veces como combinaciones diferentes existan en el escenario y, posteriormente agregar todos los sumandos para obtener el IDM del escenario.

Este valor del IDM se corresponde con la magnitud del daño esperado para el escenario evaluado o, dicho de otra, el valor de sus posibles consecuencias medioambientales.

## **X.2. SELECCIÓN DEL ESCENARIO DE REFERENCIA PARA EL CÁLCULO DE LA GARANTÍA FINANCIERA**

La normativa de responsabilidad medioambiental prevé la constitución de una garantía financiera que permita a los operadores responder por las obligaciones que establece dicha normativa. Sin embargo, en la actualidad, no todos los operadores económicos se encuentran obligados a constituir la garantía. En concreto, de entre todas las actividades sujetas a responsabilidad objetiva —enumeradas en el Anexo III de la LRM—, únicamente las indicadas en el artículo 37 del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre deberán disponer necesariamente de esta garantía financiera, siendo:

1. Las actividades e instalaciones sujetas al ámbito de aplicación del Real Decreto 1254/1999, de 16 de julio, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas<sup>23</sup>.
2. Las actividades e instalaciones sujetas al ámbito de aplicación de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación.
3. Los operadores que cuenten con instalaciones de residuos mineros clasificadas como de categoría A de acuerdo a lo establecido en el Real Decreto 975/2009, de 12 de junio, sobre gestión de los residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por actividades mineras.

De esta forma, la actividad del transporte de mercancías peligrosas en sí misma no está sujeta a la obligación de constituir una garantía financiera, si bien los operadores que la realizan sí pueden encontrarse obligados siempre que sus instalaciones estén incluidas en los criterios

---

<sup>23</sup> Este Real Decreto ha sido recientemente derogado por el Real Decreto 840/2015, de 21 de septiembre, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.

anteriores. Adicionalmente, debe indicarse que la constitución de una garantía financiera puede ser una medida de gestión del riesgo recomendable para la totalidad de operadores económicos incluidos en el Anexo III de la LRM<sup>24</sup> ya que, como se ha indicado, estos operadores tienen una responsabilidad objetiva frente a los daños medioambientales, debiendo repararlos con independencia de que exista dolo, culpa o negligencia por su parte.

Por lo tanto, se hace necesario que el presente MIRAT ofrezca instrucciones y orientaciones detalladas para que los operadores del sector que deban o deseen constituir la citada garantía financiera puedan hacerlo cumpliendo con la normativa vigente de responsabilidad medioambiental.

---

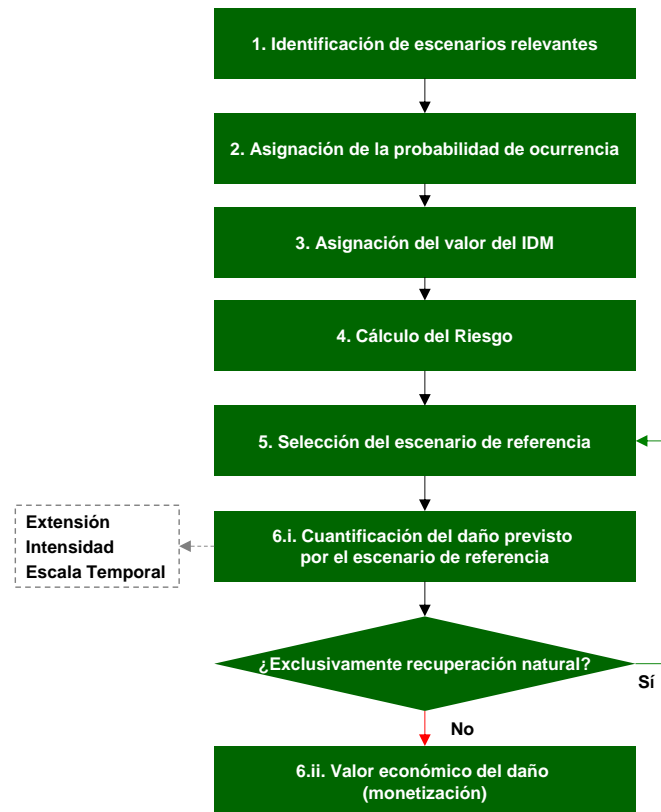
<sup>24</sup> El apartado 9 de dicho Anexo III incluye expresamente el transporte por carretera, por ferrocarril, por vías fluviales, marítimo o aéreo de mercancías peligrosas o contaminantes de acuerdo con la definición que figura en el artículo 2.b) del Real Decreto 551/2006, de 5 de mayo, por el que se regulan las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera en territorio español, o en el artículo 2.b) del Real Decreto 412/2001, de 20 de abril, que regula diversos aspectos relacionados con el transporte de mercancías peligrosas por ferrocarril o en el artículo 3.h) del Real Decreto 210/2004, de 6 de febrero, por el que se establece un sistema de seguimiento y de información sobre el tráfico marítimo.

Con base en el artículo 33 del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, el procedimiento que debe seguirse es el siguiente:

- 1) Identificar los escenarios accidentales que se consideran relevantes para la instalación analizada. Para ello, los operadores, podrán basarse en los escenarios identificados en el presente análisis de riesgos.
- 2) Asignar la probabilidad de ocurrencia a cada escenario.
- 3) Calcular el IDM de cada escenario.
- 4) Calcular el riesgo asociado a cada escenario multiplicando su probabilidad por el valor del IDM.
- 5) Seleccionar los escenarios con menor índice de daño medioambiental asociado que agrupen el 95 por ciento del riesgo total.
- 6) Establecer la cuantía de la garantía financiera, como el valor del daño medioambiental del escenario con el índice de daño medioambiental más alto entre los escenarios accidentales seleccionados. Para ello se seguirán los siguientes pasos:
  - i. En primer lugar, se cuantificará el daño medioambiental generado en el escenario seleccionado.
  - ii. En segundo lugar, se monetizará el daño medioambiental generado en el escenario de referencia, cuyo valor será igual al coste del proyecto de reparación primaria. En caso de que la reparación primaria diseñada deba consistir exclusivamente en una recuperación natural, se desestimará dicho escenario para calcular la garantía financiera y se seleccionará el siguiente escenario con mayor valor de IDM; repitiéndose la secuencia hasta que se seleccione un escenario cuya reparación no se base exclusivamente en la recuperación natural. Este escenario sería el de referencia para el cálculo de la garantía financiera obligatoria.

De esta forma, el cálculo de la garantía financiera se fundamenta en el análisis detallado de un único escenario accidental seleccionado de entre todos los escenarios relevantes que se hayan identificado por el operador. En concreto, el analista deberá: primero, cuantificar el escenario que resulte seleccionado —en términos de extensión, intensidad y escala temporal del daño— y, segundo, calcular el valor del daño causado en términos monetarios.

En la Figura 3 se representa este proceso de forma gráfica.



**Figura 3.** Esquema simplificado para el cálculo de la garantía financiera por responsabilidad medioambiental. Fuente: Elaboración propia a partir del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre.

### **X.3. DEFINICIÓN DE PROTOCOLOS PARA CUANTIFICAR EL DAÑO REFERENTE A CADA TIPOLOGÍA DE ESCENARIO Y EVALUAR, POR PARTE DE CADA OPERADOR SU SIGNIFICATIVIDAD**

Como se ha indicado anteriormente, el hipotético daño medioambiental únicamente debe ser cuantificado para el escenario de referencia. No obstante, en el presente MIRAT deben recogerse pautas para cuantificar todos los escenarios que con mayor frecuencia pueden encontrarse en el sector ya que, al menos en principio, cualquiera de los mismos podría resultar seleccionado como escenario de referencia.

El procedimiento a seguir para cuantificar los potenciales daños medioambientales se encuentra establecido en los artículos 11, 12, 13 y 14 del Reglamento.

El principal documento de referencia para la cuantificación de los daños medioambientales es el estudio “Análisis de herramientas de evaluación de la difusión y comportamiento de agentes químicos en el marco de la normativa de responsabilidad medioambiental” elaborado en el seno de la Comisión Técnica de Prevención y Reparación de Daños Medioambientales y

disponible en la página web del MAGRAMA<sup>25</sup>. En este documento se suministra un catálogo e información sobre los siguientes tipos de modelos de dispersión de contaminantes:

- Modelos de dispersión atmosférica.
- Modelos de simulación en agua superficial.
  - o Aguas continentales: vertido en río.
  - o Aguas continentales y Dominio Público Marítimo Terrestre: vertido en lago, embalse, humedal, bahía o estuario.
- Dominio Público Marítimo Terrestre: vertido en línea de costa.
- Modelos de simulación en suelo y agua subterránea.

Los siguientes epígrafes del MIRAT suministran información adicional a los operadores con objeto de facilitarles la etapa de cuantificación del daño en lo que se refiere a la determinación de su extensión, intensidad y escala temporal. No obstante, desde un primer momento se debe tener presente que las pautas que aquí se ofrecen son genéricas —pretendiendo ser aplicables a la mayoría de situaciones en las que pueden encontrarse los operadores—, debiendo ser particularizadas a cada caso concreto mediante los análisis de riesgos que se realicen a nivel individual.

### **X.3.1. Extensión de los daños**

Se entiende por extensión del daño la cantidad de recurso o de servicio natural que resultaría afectada en caso de producirse un accidente, debiendo medirse en unidades biofísicas del propio recurso (toneladas de suelo, superficie de bosque, número de individuos, etc.).

En la actualidad existe una amplia variedad de modelos y de criterios de dispersión de contaminantes considerados válidos en el ámbito de los análisis de riesgos medioambientales. Los recursos que se requieren para aplicar cada uno de los mismos así como su nivel de precisión son variables, por lo que cada operador deberá seleccionar de forma justificada aquél que mejor se adapte a sus características. En todo caso, cuando exista una elevada incertidumbre en los resultados obtenidos se recomienda situar el estudio del lado de la prudencia adoptando valores conservadores.

En los siguientes apartados se recopila una serie de posibles modelos y pautas que pueden seguir los operadores para cuantificar los escenarios que con mayor frecuencia aparecen en este sector. Los principios básicos adoptados para la selección de los modelos recomendados han sido la sencillez de su aplicación y el acceso libre a través de Internet o a través de bibliografía especializada. En todo caso, debe incidirse en que, igual que sucede con el resto del contenido del presente documento —la utilización de los análisis de riesgos medioambientales sectoriales no es obligatoria para la elaboración de los análisis

---

<sup>25</sup> [http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/responsabilidad-mediambiental/Herramientas\\_de\\_evaluacion\\_de\\_difusion\\_y\\_comportamiento\\_de\\_agentes\\_quimicos\\_tcm7-270598.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/responsabilidad-mediambiental/Herramientas_de_evaluacion_de_difusion_y_comportamiento_de_agentes_quimicos_tcm7-270598.pdf)



individuales—, la aplicación de los criterios que se indican a continuación es voluntaria, pudiendo ser adaptados a cada situación concreta.

En la Tabla 27 se muestran las combinaciones agentes-recurso para las cuales se han identificado modelos o criterios de determinación de la extensión del daño. Estos criterios se han distinguido con la sigla “C” seguida de un número que permite su codificación.

		Recurso									
		Agua			Lecho continental y marino	Suelo	Ribera del mar y de las rías	Especies			
		Marina	Continental					Vegetales	Animales		
			Superficial	Subterránea							
Agente causante de daño	Químico	COV halogenados	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C9	
		COV no halogenados									
		COSV halogenados									
		COSV no halogenados									
		Fueles y CONV									
		Sustancias inorgánicas									
		Explosivos									
	Físico	Extracción/Desaparición									
		Vertido de inertes									
		Temperatura									
Biológico	Incendio								C8	C10	
	OMG										
	Especies exóticas invasoras										
	Virus y bacterias										
	Hongos e insectos										

COV, compuestos orgánicos volátiles (punto de ebullición <100°C)  
 COSV, compuestos orgánicos semivolátiles (punto de ebullición entre 100-325°C)  
 CONV, compuestos orgánicos no volátiles (punto de ebullición>325°C)  
 OMG, organismos modificados genéticamente

**Tabla 27.** Criterios para cuantificar la extensión para cada combinación agente-recurso suministrados en el presente MIRAT. Fuente: Elaboración propia.

### 1) C1. Criterios de cuantificación de la extensión para daños por sustancias químicas al agua marina

Un criterio relativamente sencillo para cuantificar el daño causado por los vertidos al mar consiste en dar un tratamiento diferenciado a dicho vertido en función de las características de la sustancia química que se haya liberado. De esta forma, si la sustancia derramada es soluble en agua podría estudiarse la posibilidad de abordar la reparación vía recuperación natural debido al efecto de la dilución. No obstante, debe tenerse en cuenta que el coste de dicha recuperación natural puede no ser nulo —de hecho en la herramienta MORA no lo es, al incluir aspectos como la revisión y el control periódico del daño ocasionado—. Adicionalmente, la utilización de la recuperación natural sobre un determinado recurso no excluye la adopción de otras técnicas de reparación sobre los restantes recursos afectados siempre que se considere necesario —aunque pueda asumirse la recuperación natural del agua marina sería necesario analizar si procede realizar actuaciones sobre, por ejemplo, la fauna marina—.

Si la sustancia vertida es insoluble en agua, el analista deberá determinar la fracción de la misma que permanece en el agua y la fracción que se depositará en el lecho marino. Para ello, el operador podrá apoyarse en los valores de densidad suministrados en las fichas de seguridad, de tal forma que aquellas sustancias con mayor densidad que el agua serán más propensas a precipitarse en el lecho. El daño ocasionado por la fracción dispuesta sobre el lecho podría cuantificarse con el apoyo de los criterios que se ofrecen en el punto C5.

Respecto a la fracción del vertido que permanece en el agua, el analista podrá estimar la cantidad de recurso dañado acudiendo a diferentes fuentes bibliográficas. A modo de ejemplo, en USEPA (2011) pueden encontrarse diferentes espesores promedio de vertidos sobre el agua marina, dividiendo el volumen vertido entre dicho espesor promedio puede estimarse la extensión que alcanzaría la mancha expresada en términos de superficie.

## **2) C2. Criterios de cuantificación de la extensión para daños por sustancias químicas al agua continental superficial**

La cuantificación del daño al agua superficial es, en gran medida, específica de la situación concreta que se esté evaluando. Por lo tanto, se recomienda analizar las condiciones del entorno y del escenario seleccionado para diseñar la reparación a realizar de forma justificada. No obstante, a continuación se ofrecen una serie de pautas que pretenden servir como una asistencia en este sentido.

En una primera fase, de forma similar a lo expuesto en el criterio C1 (químicos-agua marina), se recomienda al analista estimar la cantidad del volumen vertido que quedaría depositada en el lecho, ya que dicha cantidad sería objeto de una cuantificación diferenciada a través del criterio C4 (químicos-lecho continental y marino). Respecto a la cantidad que permanecería en el agua, probablemente la primera pregunta a plantearse es si el vertido se realizaría a una masa de agua corriente —como un río, un arroyo, etc.— o a una masa de agua relativamente estática —como un embalse, un lago, etc.—.

- Criterios de cuantificación para daños por sustancias químicas a corrientes de agua

Los vertidos a masas de agua corriente podrían asimilarse a vertidos sobre masas de agua estáticas siempre que el río tenga o pueda tener aguas abajo una estructura de retención como azudes, presas, etc. En este caso podría asumirse que el agente causante de daño quedaría contenido en esta estructura de retención.

En caso de que el vertido no pueda ser retenido el analista dispone de varias opciones para la cuantificación del daño. Una primera opción podría consistir en tomar como volumen de agua dañado —extensión— la multiplicación del caudal del río por el tiempo de permanencia del contaminante en el agua, posteriormente las técnicas reparadoras se dimensionarían con base en dicho volumen. En este sentido también puede resultar válido estudiar la posibilidad de aplicar una recuperación natural del daño —sustentada en la dilución de la sustancia, su biodegradabilidad, etc.—. Al igual que en el criterio de cuantificación anterior (C1) debe insistirse en que la recuperación natural no implica necesariamente un valor del daño nulo, ya

que deberán realizarse las tareas de control y seguimiento y, en su caso, aplicar las medidas compensatorias que proceda conforme con lo dispuesto en la LRM. En todo caso, el analista debe evaluar si, una vez ocasionado el daño, no podría restituirse el estado básico, en este supuesto no se aplicarían técnicas de reparación primaria y el daño sería declarado como irreversible.

- Criterios de cuantificación para daños por sustancias químicas a masas de agua estáticas

En los daños a las masas de agua relativamente estáticas como lagos, embalses, etc. cabría analizar si el vertido podría quedar confinado por el rápido despliegue de medidas de contención como barreras flotantes. En este caso, el daño quedaría acotado a la zona que se haya delimitado por las barreras; en caso contrario, el vertido previsiblemente se expandiría paulatinamente a toda la masa de agua.

En este tipo de daños, el agua contaminada se encontraría retenida por lo que, al menos en principio, podrían realizarse cuantas técnicas reparadoras se consideren necesarias para reestablecer el estado básico original. No obstante, igual que ocurría en los tramos de ríos, el analista podrá evaluar la procedencia de tratar el daño como una recuperación natural o como un daño irreversible según sus circunstancias concretas.

### **3) C3. Criterios de cuantificación de la extensión para daños por sustancias químicas al agua continental subterránea**

Los daños por vertidos químicos a las aguas subterráneas usualmente se analizan de forma conjunta con los daños al suelo debido a los estrechos vínculos que existen entre ambos recursos naturales.

En la actualidad existen en el mercado una gran variedad de modelos aplicables a este tipo de daños siendo su coste y precisión muy variable, pudiendo seleccionar cada operador aquel que considere que mejor se ajusta a sus necesidades, siempre de forma justificada. En este sentido, merece la pena recomendar de nuevo al analista la consulta del documento “Análisis de herramientas de evaluación de la difusión y comportamiento de agentes químicos en el marco de la normativa de responsabilidad medioambiental” disponible en la página web del MAGRAMA.

Una opción de modelización relativamente sencilla es la propuesta por varios autores pertenecientes a las universidades de Udine (Italia) y de Belfast (Reino Unido). Se trata de un modelo matemático —constituido por una serie de ecuaciones— que ofrece como resultado una estimación tanto de la superficie que ocuparía el hipotético vertido como de su expansión en términos de profundidad. La descripción detallada del modelo puede consultarse en Grimaz *et al.* (2007) y Grimaz *et al.* (2008), además de en el Anejo A.E.VI del caso práctico del presente MIRAT; resultando igualmente útil consultar la aplicación práctica que se hace del mismo en los instrumentos de análisis de riesgos sectoriales publicados en la página web del MAGRAMA.

Las principales virtudes del modelo de Grimaz se encuentran en su relativa sencillez de aplicación, el respaldo de organismos oficiales y la accesibilidad al mismo de forma pública y gratuita.

#### **4) C4. Criterios de cuantificación de la extensión para daños por sustancias químicas al lecho continental y marino**

Dado que para que un hipotético vertido alcance el lecho previamente debe haber discurrido por el agua superficial —bien marina o bien continental—, en el presente MIRAT se recomienda al analista evaluar este tipo de daños de forma conjunta. Esto es, partiendo de la cantidad vertida al agua debería establecerse qué porcentaje de dicho vertido quedaría depositado en el fondo marino. Para ello, el analista puede fundamentarse en aspectos como la solubilidad y la densidad de la sustancia vertida, de tal forma que cuanto menor sea la solubilidad y mayor la densidad, mayor debería ser la probabilidad de que la sustancia se deposite en el lecho —o mayor será el volumen depositado—.

Atendiendo a la densidad, podría asumirse que si la sustancia es más densa que el agua ésta quedaría depositada en el lecho. Por otra parte, la solubilidad puede ser tratada, a modo de ejemplo, considerando que las sustancias solubles quedarían completamente disueltas en el agua, las parcialmente solubles quedarían disueltas en un porcentaje del vertido situado entre el 0 y el 100% y las sustancias insolubles quedarían o bien sobrenadando —sustancias menos densas que el agua— o bien depositadas en el fondo —sustancias más densas que el agua—.

De esta forma, el volumen total del vertido se repartiría entre una fracción que quedaría depositada en el lecho y otra fracción que o bien se disolvería o bien sería arrastrada por el flujo de agua.

Una vez que el analista ha determinado la cantidad de sustancia depositada en el lecho deberá proceder a estimar la extensión del daño medida en unidades de recurso afectado. Para ello, podrá apoyarse en aspectos como el poder de arrastre de la corriente y el grado de movilidad que tenga la sustancia vertida —como se ha expuesto, dos buenos indicadores en este sentido pueden ser la solubilidad de la sustancia y la densidad de la misma—. Como regla práctica podría asumirse que, en el caso de las aguas lentas y de las sustancias de baja movilidad —insolubles y más densas que el agua—, la cantidad de lecho a tratar podría asimilarse con el volumen que se haya derramado, coincidiendo con la cantidad a retirar del cauce, simplificándose de esta forma la tarea de cuantificación. No obstante, ante la incertidumbre de la extensión finalmente ocupada por el hipotético vertido, la cantidad anterior podría incrementarse si se considera necesario.

#### **5) C5. Criterios de cuantificación de la extensión para daños por sustancias químicas al suelo**

La estimación de los daños causados al suelo puede seguir las mismas indicaciones que las ofrecidas para los daños a las aguas subterráneas. De esta forma, puede ser útil consultar tanto el informe “Análisis de herramientas de evaluación de la difusión y comportamiento de

agentes químicos en el marco de la normativa de responsabilidad medioambiental” como la documentación asociada al modelo de Grimaz *et al.* recogida en los estudios piloto de análisis de riesgos sectoriales disponibles en la página web del MAGRAMA.

**6) C6. Criterios de cuantificación de la extensión para daños por sustancias químicas a la ribera del mar y de las rías**

Es relativamente frecuente que los daños a las riberas del mar y de las rías se cuantifiquen considerando este recurso natural como una combinación de los restantes recursos naturales cubiertos por la Ley de Responsabilidad Medioambiental. De esta forma, se remite al analista a consultar las pautas e indicaciones que se recogen en el presente MIRAT relativas a la cuantificación de daños sobre el suelo, el agua superficial, el agua marina, las especies vegetales, etc.

**7) C7. Criterios de cuantificación de la extensión para daños por sustancias químicas a las especies vegetales**

Los modelos de dispersión de contaminantes sobre el suelo —como el propuesto por Grimaz *et al.*— no suelen considerar la presencia de vegetación en el terreno. Por este motivo, una opción conservadora para estimar la extensión del daño sobre la vegetación consistiría en aplicar los mismos modelos que se hayan seleccionado para los daños al suelo. El resultado obtenido podría interpretarse como un valor de máximos ya que los criterios utilizados obviarían la presencia de una cubierta vegetal que contenga —al menos parcialmente— el derrame.

**8) C8. Criterios de cuantificación de la extensión para daños por incendio a las especies vegetales**

La cuantificación de los daños causados por un hipotético incendio puede partir de la determinación de la dirección dominante que seguirá el fuego. Con este fin puede aplicarse el modelo Behave, ya que es una herramienta reconocida a nivel internacional, sencilla, gratuita y accesible a través de internet.

Behave permite simular y analizar el desarrollo que tendría un hipotético incendio forestal determinando su alcance a través de una elipse cuya extensión y forma depende principalmente de la pendiente del terreno y de la velocidad y dirección del viento dominante en la zona. Sin embargo, se recomienda que esta elipse facilitada por Behave sea utilizada en el análisis de riesgos únicamente para determinar la dirección que seguiría el incendio, ya que la delimitación de su extensión o superficie debería apoyarse adicionalmente en otros aspectos. En concreto, se pueden diferenciar dos posibilidades:

- La primera opción consistiría en conservar la elipse ofrecida por Behave introduciendo en el modelo una estimación del tiempo que se tardaría en extinguir el incendio forestal. De esta forma, la extensión dada por el modelo se correspondería con la extensión prevista del daño. La duración del incendio puede estimarse atendiendo a criterios como la proximidad de los medios de extinción, siendo recomendable

consultar la localización de estos medios en la web de las correspondientes Comunidades Autónomas y en sus planes contra incendios forestales.

- Una segunda opción, más conservadora que la anterior, consistiría en asumir que el incendio únicamente se detendrá en el momento que llegue a algún elemento no combustible. Por lo tanto, el hipotético incendio se delimitaría utilizando cartografía o fotografías aéreas que permitan señalar un perímetro en el cual quedaría contenido el daño por cortafuegos, vías de comunicación, zonas con escasa vegetación, etc.

#### **9) C9. Criterios de cuantificación de la extensión para daños por sustancias químicas a las especies animales**

La cuantificación de daños a las especies animales reviste cierta complejidad por dos motivos principales. Por un lado, el analista debe ser consciente de que trata de un recurso natural que se desplaza, por lo que resulta complicado situarlo en un momento y en un lugar concreto; por otro lado, en la actualidad no existen inventarios de fauna o cartografía de poblaciones disponibles para todas las especies silvestres, dificultándose la determinación de la cantidad de individuos que podrían resultar potencialmente afectados.

Siempre que el analista no disponga de un inventario de fauna —en el que se indique tanto las especies presentes como su población—, éste deberá adoptar un criterio justificado para la cuantificación del daño a este recurso, preferentemente situando las estimaciones realizadas del lado de la prudencia.

Como fuente de información disponible a nivel nacional merece la pena destacar el Inventario Nacional de Biodiversidad. Este inventario ofrece un listado de las especies presentes en cada cuadrícula de 10 por 10 km en las que se divide el territorio nacional, indicando el grado de amenaza al que está sometido cada especie.

El analista podrá atender a la extensión y a las características del vertido para descartar una afección relevante sobre ciertas especies. Esto es, si, a modo de ejemplo, se trata de un vertido reducido, con un bajo grado de toxicidad y en una zona en la que sólo existen especies no amenazadas podría asumirse una probabilidad despreciable de causar efectos relevantes sobre las poblaciones.

En ausencia de mejores datos, el analista podría optar por asignar a cada una de las especies que el Inventario Nacional de Biodiversidad declara que existen en la zona afectada una determinada densidad de población. Este valor podría establecerse en función de la categoría de amenaza y del tipo de animal con base en referencias bibliográficas, aplicando un criterio experto, consultando a las Administraciones Públicas competentes, etc. De esta forma, se perseguiría alcanzar como resultado una estimación de los individuos afectados.

En el caso de daños a las aguas superficiales continentales merece la pena recomendar la consulta de la base de datos ID-TAX (disponible en la página web del MAGRAMA) y de los inventarios de densidades piscícolas realizados por la Confederación Hidrográfica del Ebro para algunos de sus embalses. En estos últimos se ofrece la densidad de peces por metro

cúbico de agua, facilitando de esta forma la cuantificación al analista una vez que éste haya evaluado los daños al agua.

#### **10) C10. Criterios de cuantificación de la extensión para daños por incendio a las especies animales**

La cuantificación del daño causado por un incendio a las especies animales puede fundamentarse en criterios análogos a los expuestos en el punto anterior. De esta forma, una vez que el analista disponga de una estimación de la superficie vegetal afectada por el incendio deberá determinar tanto las especies potencialmente afectadas como la cantidad de individuos dañados.

#### **Combinación de modelos y criterios**

En los análisis de riesgos medioambientales es frecuente que bajo un mismo escenario se liberen diferentes agentes causantes de daño y/o que se afecten a varios recursos naturales. En este caso, la recomendación consiste en tomar como base cada uno de los criterios anteriores para cada combinación agente-recurso, y asegurar la coherencia entre los modelos que finalmente se seleccionen. En todo caso, se insiste en que las pautas aquí ofrecidas deberán particularizarse y adaptarse a cada caso concreto con el objeto de aproximar lo máximo posible el análisis planteado a los sucesos que puedan ocurrir en la realidad.

#### **X.3.2. Intensidad de los daños**

Dentro de los trabajos de cuantificación del escenario accidental de referencia debe incluirse una evaluación de la intensidad de los daños que podrían ocasionarse. Este aspecto, conforme con el artículo 13 del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, hace referencia al grado de severidad de los efectos ocasionados por el agente causante del daño sobre los recursos naturales.

La normativa de responsabilidad medioambiental ofrece las siguientes indicaciones para el análisis de la intensidad en función de cada tipo de agente causante de daño:

##### **a) Intensidad del daño causado por sustancias químicas**

El anexo I del Reglamento indica que, para los agentes de tipo químico, el nivel de intensidad debe medirse en relación con la concentración o dosis límite. En concreto, debe atenderse a aspectos como la concentración que alcanza la sustancia en el medio receptor, el tiempo de exposición del receptor a dicha sustancia y la relación de ambos con el umbral de toxicidad, entendiéndose por “umbral de toxicidad” la concentración a partir de la cual se produce un cierto efecto negativo sobre los seres vivos.

En la normativa se distinguen los siguientes niveles de intensidad del daño:

- Agudo. Nivel de intensidad que representa efectos adversos claros y a corto plazo sobre el receptor, con consecuencias evidentes sobre los ecosistemas y sus hábitats y

especies. Los efectos agudos suponen una afección sobre al menos el 50% de la población expuesta al agente causante del daño.

- Crónico. Nivel de intensidad que indica posibles efectos adversos a largo plazo para un porcentaje de la población expuesta al agente causante del daño comprendido entre el 10 y el 50%.
- Potencial. Nivel de intensidad que corresponde a efectos que superan el umbral ecotoxicológico y afectan al menos al 1% de la población expuesta al daño, pero no alcanzan los efectos de los niveles crónicos o agudos.

Por motivos prácticos, en los análisis de riesgos es frecuente diferenciar un cuarto nivel de intensidad adicional. Se trata de la intensidad letal, que se correspondería con una pérdida igual al 100 por ciento de la población.

Por lo que respecta a los umbrales de toxicidad —también denominados de forma genérica Curvas de Distribución de la Toxicidad, o CTD por sus siglas en inglés—, suelen utilizarse las siguientes categorías:

- *Median Lethal Concentration (LC50)* o *Median Effect Concentration (EC50)*; tomados como referencia para declarar que se causan efectos agudos, los cuales suponen una afección sobre el 50% de la población.
- *No Observed Effect Concentration (NOEC)* o *No Observed Adverse Effects Level (NOAEL)*; utilizados para declarar que se causan efectos crónicos, los cuales suponen una afección sobre el 10% de la población.
- *Predicted No Effects Concentration (PNEC)*, el cual se asume como el valor que no da margen de seguridad suficiente para descartar riesgos potenciales. Los efectos potenciales repercuten sobre el 1% de la población.

La determinación de la intensidad del daño causado bajo las hipótesis establecidas en el escenario de referencia parte de una primera fase en la cual se debe estimar la concentración prevista de la sustancia tóxica en el medio receptor. Este valor se denomina *Predicted Environmental Concentration (PEC)* y puede ser obtenido aplicando los modelos y los criterios recomendados en el capítulo dedicado a la extensión del daño.

La concentración esperada (o PEC) debe compararse con los umbrales de toxicidad anteriormente enumerados, de tal forma que si la PEC supera el umbral de toxicidad que se haya seleccionado se causarían los efectos declarados por dicho umbral de toxicidad. A modo de ejemplo, si la PEC fuera superior a la concentración LC50 se podría declarar que el daño afectaría a más del 50 por ciento de la población.

De esta forma, para evaluar la intensidad del daño se debe disponer tanto de la concentración esperada en el medio (PEC) como del valor de los umbrales de toxicidad, aspectos que a su vez requieren que se den las siguientes dos circunstancias:



- a. El modelo de dispersión de contaminantes que se emplee debe ofrecer como dato de salida la concentración esperada del contaminante en el medio receptor (PEC).
- b. Debe existir suficiente información bibliográfica de los umbrales de toxicidad — expresados en unidades de concentración— de las sustancias químicas implicadas en el accidente.

Resulta frecuente que en la realización de los análisis de riesgos medioambientales no se den ambas condiciones, bien porque los modelos y criterios de difusión aplicados no ofrezcan como dato de salida la concentración esperada, o bien por las carencias de información en lo que respecta a los umbrales de toxicidad para un gran número de sustancias químicas. En este último caso, generalmente las fichas de seguridad de las sustancias recogen algunos datos de afecciones para algunas especies pero este listado de especies suele ser muy limitado. Por lo tanto, siempre que el analista se encuentre con estas limitaciones se recomienda que el mismo adopte un enfoque de prudencia en la valoración y asuma que el hipotético daño tendría la consideración de daño letal, afectando al 100 por ciento de la población. No obstante, se podrían seleccionar otros valores de forma justificada.

Merece la pena destacar aquí la existencia de un modelo de dispersión relativamente sencillo que permite estimar la concentración que alcanzaría un vertido en las aguas corrientes superficiales continentales. Este modelo —propuesto en el *Technical Guidance Document* (TGD) de la Comisión Europea (ECB, 2003)— es de acceso público y gratuito a través de internet.

La disponibilidad del citado modelo de la TGD junto con la existencia en la actualidad de información bibliográfica sobre los umbrales de toxicidad en el agua para un gran número de sustancias —expresados en unidades de concentración—, facilita en gran parte de las situaciones el cálculo de la intensidad de los daños sobre el recurso agua superficial.

#### **b) Intensidad del daño ocasionado por un agente de tipo físico**

En el conjunto del sector no se han considerado relevantes los posibles accidentes que puedan ocasionarse debido a agentes de tipo físico. No obstante, en caso de que un operador individual deba introducirlos en su análisis de riesgos particular (se trataría por lo tanto de un escenario singular) la normativa prescribe la utilización de índices de calidad ambiental que permitan estimar la severidad de los efectos ocasionados sobre el receptor. En concreto, la determinación de la intensidad del daño se establecería a partir del coeficiente de variación de los índices o indicadores ambientales que se hayan seleccionado antes y después de ocurrir el daño.

El análisis de este tipo de agentes reviste dificultades similares a las planteadas para los agentes químicos, al ser usual que no se disponga de datos suficientes para la estimación de la intensidad atendiendo a índices de calidad ambiental —debido a la carencia de indicadores de la zona objeto de estudio, la carencia de datos suficientes para construir los índices antes y después del hipotético accidente, el elevado grado de incertidumbre, etc.—. En caso de que el analista se encuentre con este tipo de dificultades resultaría recomendable actuar de nuevo situando el análisis del lado de la seguridad aceptando una intensidad del daño de tipo letal —afección al 100% de la población—.

#### **c) Intensidad del daño ocasionado por un agente de tipo biológico**

De nuevo, aunque a nivel sectorial no se han identificado este tipo de agentes como relevantes, merece la pena indicar que los mismos sí podrían ser introducidos en algún escenario singular de los análisis de riesgos individuales. En este sentido, la normativa de responsabilidad medioambiental distingue tres tipos de agentes biológicos: organismos modificados genéticamente, especies exóticas invasoras y microorganismos patógenos.

En caso de que el agente causante del daño sea un organismo modificado genéticamente, la intensidad del daño se debe caracterizar atendiendo a su peligrosidad, a los siguientes criterios y a lo establecido en la Ley 9/2003, de 25 de abril, y en el Real Decreto 178/2004, de 30 de enero, si las utilizaciones son confinadas:

- Nivel de intensidad alto: cuando el organismo modificado genéticamente sea de tipo 3 ó 4, es decir, aquellos que deben utilizarse con un grado de confinamiento alto o moderado.
- Nivel de intensidad medio: cuando el organismo modificado genéticamente sea de tipo 2, es decir, cuando lleve asociado un grado de confinamiento de tipo medio.
- Nivel de intensidad bajo: cuando el organismo modificado genéticamente sea de tipo 1, es decir, cuando su manipulación requiera un grado de confinamiento de tipo bajo.

En el caso de las liberaciones voluntarias, la intensidad del daño se debe determinar mediante un análisis caso por caso, acreditado por un organismo oficialmente reconocido.

Al igual que en los restantes agentes causantes de daño, en los agentes biológicos se recomienda seleccionar un daño de tipo letal siempre que se considere que existe una notable incertidumbre para establecer otro tipo de intensidad.

#### **d) Intensidad del daño ocasionado por un incendio**

En el caso de daños por incendio el analista podrá apoyarse en lo dispuesto 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 concreto, este documento indica que el incendio puede tratarse como una combinación de daño físico y químico.

La intensidad del daño ocasionado por un incendio se obtendría a través de un cociente entre la superficie incendiada y la superficie total que habría estado expuesta a dicho incendio. Cuando el valor de este cociente sea inferior a 0,03 el daño se consideraría como potencial, cuando se encuentre entre 0,03 y 0,25 el daño sería crónico, y con valores superiores a 0,25 se estaría ante un daño agudo.

No obstante, como se ha indicado, esta regla general puede ser modificada en los análisis de riesgos particulares en caso de que exista una incertidumbre significativa declarando el daño como de intensidad letal.

### **X.3.3. Escala temporal del daño**

Conforme con la normativa, el estudio de la escala temporal del daño implica determinar su duración, su frecuencia y su reversibilidad.

#### **a) Duración del daño**

La duración que tendrá el hipotético daño medioambiental puede estimarse acudiendo al Modelo de Oferta de Responsabilidad Ambiental. Esta herramienta recomienda una técnica de reparación concreta para el escenario que se haya introducido. Dicha técnica lleva asociado su coste de ejecución y el plazo previsto para la restauración de los recursos dañados. Por lo tanto, para determinar la duración del daño puede tomarse como dato de partida la información ofrecida en MORA; si bien, resulta recomendable contrastar este dato con la situación específica que se esté analizando con objeto de ajustar dicho valor lo máximo posible a la realidad.

#### **b) Frecuencia del daño**

La frecuencia con la que se prevé que podría ocurrir cada daño medioambiental se corresponde con la probabilidad de ocurrencia asignada a cada escenario accidental. Adicionalmente, como información complementaria, en los análisis de riesgos medioambientales también se especifica la probabilidad de ocurrencia de los diferentes sucesos iniciadores que se hayan identificado.

#### **c) Reversibilidad del daño**

En el marco de la normativa de responsabilidad medioambiental se dice que un daño es reversible cuando pueden restaurarse los mismos recursos y servicios ambientales que existían en la zona afectada antes de producirse el accidente en un periodo de tiempo razonable. Con el fin de analizar la reversibilidad del daño debe atenderse a lo establecido en el artículo 22 del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre. Adicionalmente, en el Documento Metodológico del Modelo de Oferta de Responsabilidad Ambiental, disponible en la página web del MAGRAMA, se ofrecen algunas pautas prácticas:

- Consideraciones relativas a la localización geográfica del daño. En el Modelo de Oferta de Responsabilidad Ambiental se declaran por defecto como irreversibles los daños ocasionados por sustancias no biodegradables sobre terrenos inaccesibles. En estas circunstancias este modelo de valoración asume que el daño ocasionado no podría repararse ni utilizando medios naturales, ni aplicando técnicas artificiales.
- Consideraciones relativas al agente causante de daño y a la cantidad de recurso afectado. En la actualidad no se dispone de técnicas que permitan recuperar algunos recursos naturales singulares o que consigan tratar de una manera completamente efectiva ciertos agentes causantes de daño. En estos casos la reparación se consideraría inviable y el daño, por lo tanto, irreversible. A modo de resumen, para que la reparación sea llevada a cabo deben existir las técnicas necesarias que permitan recuperar el estado básico de cada recurso natural.

#### **X.3.4. Significatividad del daño**

La Ley de Responsabilidad Medioambiental únicamente resulta aplicable cuando los daños ocasionados tengan la consideración de daños significativos. Por lo tanto, un aspecto clave del análisis de riesgos es determinar si los daños previstos en el mismo serían o no significativos. La normativa establece una serie de criterios para la declaración de la significatividad del daño causado sobre cada uno de los recursos cubiertos por la LRM —especies silvestres, hábitats, agua, ribera del mar y de las rías y suelo—. En concreto, estos criterios figuran en el artículo 2 de la LRM.

El Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, en sus artículos del 15 al 18, desarrolla la metodología que debe seguirse para estudiar la significatividad del daño a partir del trabajo de cuantificación que se haya realizado previamente. Entre los aspectos que deben tenerse en cuenta para la evaluación de la significatividad destacan los siguientes:

- El estado de conservación del recurso afectado.
- El estado ecológico, químico y cuantitativo del recurso afectado.
- La integridad física del recurso afectado.
- El nivel de calidad del recurso afectado.
- Los riesgos para la salud humana o para el medioambiente asociados al recurso afectado. En este sentido debe destacarse que todo daño al suelo que provoque una afección sobre la salud humana recibirá la declaración de significativo.

En caso de que los operadores, a la hora de elaborar sus análisis de riesgos particulares, se encuentren con situaciones de notable incertidumbre, resulta recomendable que se declaren los daños evaluados como significativos, situando de esta forma su estudio del lado de la prudencia. Esta posibilidad resulta especialmente recomendable cuando los modelos de dispersión aplicados no devuelven estimaciones de concentraciones esperadas en el medio receptor o cuando este dato se considera de escasa precisión. Adicionalmente, otra situación que puede conducir a declarar por defecto el daño como significativo es que no exista suficiente información sobre el estado de los recursos naturales previamente a la ocurrencia del accidente.

En los escenarios que impliquen un vertido de sustancias químicas al agua superficial, la evaluación de la significatividad puede apoyarse en el cálculo de los denominados cocientes de riesgo. Dichos cocientes pueden definirse como la relación existente entre la concentración que alcanzaría la sustancia en el medio receptor (PEC) y el umbral de toxicidad escogido como referencia. Si el cociente de riesgo resulta ser mayor que la unidad el daño se consideraría significativo, lo que indicaría que la concentración de la sustancia en el medio receptor es superior al umbral de toxicidad, causando efectos adversos apreciables sobre las poblaciones.

## **XI. PROTOCOLOS PARA CUANTIFICAR Y EVALUAR LA SIGNIFICATIVIDAD DE LOS ESCENARIOS ACCIDENTALES. SECCIÓN: ELEMENTOS MÓVILES**

### **XI.1. ESTIMACIÓN DE LA GRAVEDAD DE LAS CONSECUENCIAS MEDIOAMBIENTALES MEDIANTE EL ÍNDICE DE DAÑO MEDIOAMBIENTAL**

Al igual que en el caso de los elementos estáticos, para la estimación de las consecuencias asociadas a cada escenario accidental relativo a los elementos móviles se utiliza el Índice de Daño Medioambiental (IDM), desarrollado en el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental, aprobado por el Real Decreto 2090/2008, de 22 de diciembre, modificado mediante el Real Decreto 183/2015, de 13 de marzo. El IDM tiene carácter semicuantitativo, asignando valores mayores a los escenarios que, al menos a priori, producen mayor daño medioambiental. El IDM se calcula para cada escenario accidental aplicando la conocida ecuación:

$$IDM = \sum_{i=1}^n \left[ (Ecf + A \times Ecu \times (B \times \alpha \times Ec) + p \times M_{acc}^q + C \times Ecr) \times (1 + Ecc) \right] + (\beta \times Eca)$$

Donde:

*IDM*, es el Índice de Daño Medioambiental.

*Ecf*, es el estimador del coste fijo del proyecto de reparación para la combinación agente causante de daño-recurso potencialmente afectado *i*.

$A$ , es el multiplicador del estimador del coste unitario del proyecto de reparación, siendo el resultado de multiplicar los valores de los modificadores que afectan a los costes unitarios ( $M_{A_i}$ ) para cada combinación agente-recurso  $i$ . Su fórmula es:

$$A = \prod_{j=1}^l M_{A_j}$$

$E_{cu}$ , es el estimador del coste unitario del proyecto de reparación para la combinación agente-recurso  $i$ .

$B$ , es el multiplicador del estimador de cantidad, siendo el resultado de multiplicar los valores de los modificadores que afectan al estimador de cantidad ( $M_{B_j}$ ) para cada combinación agente-recurso  $i$ . Su fórmula es:

$$B = \prod_{j=1}^m M_{B_j}$$

$\alpha$ , representa la cantidad de agente involucrada en el daño.

$E_c$ , representa la relación entre las unidades de recurso afectadas y las unidades de agente involucradas en el daño para cada combinación agente-recurso  $i$ .

$p$ , es una constante que únicamente adquiere un valor distinto de cero para los daños al lecho marino o al lecho de las aguas continentales.

$M_{acc}$ , es la cantidad de agente asociada al accidente, medida en toneladas, en el caso de daños al lecho marino o al lecho de las aguas continentales. En las restantes combinaciones agente-recurso este parámetro adquiere valor cero.

$q$ , es una constante que adquiere valor 1 para todas las combinaciones agente-recurso, salvo para aquellas que implican daños al lecho marino o al lecho de las aguas continentales en las que adopta un valor específico.

$C$ , es el multiplicador del estimador del coste de revisión y control del proyecto de reparación, siendo igual al valor del modificador que afecta al estimador del coste de revisión y control ( $M_{C_j}$ ) para cada combinación agente-recurso  $i$ . Su fórmula es:

$$C = M_{C_j}$$

$E_{cr}$ , es el estimador del coste de revisión y control del proyecto de reparación para la combinación agente-recurso  $i$ .

$E_{cc}$ , es el estimador del coste de consultoría del proyecto de reparación, expresado en tanto por uno, para la combinación agente-recurso  $i$ .

$i$ , hace referencia a cada una de las combinaciones agente-recurso  $i$  consideradas en la Tabla de combinaciones agente-recurso del IDM.

$n$ , es el número total de combinaciones agente-recurso que el analista considere relevantes para el escenario que esté siendo evaluado.

$\beta$ , representa la distancia (Dist) desde la zona a reparar a la vía de comunicación más cercana.

La estimación de las consecuencias medioambientales del transporte de mercancías peligrosas por carretera aplicando el IDM ha de resolver la incertidumbre que el analista tiene sobre el lugar donde se produciría el accidente. Los árboles de sucesos, al incorporar como factores condicionantes los recursos naturales, permiten definir algunas características del lugar donde se produce el daño (tipo de vegetación forestal, pertenencia o no a Espacios Naturales Protegidos o espacios protegidos Red Natura 2000, etc.) y, con ello, nutrir el cálculo del IDM; sin embargo, ciertas características del lugar donde se produce el daño, relevantes para el cálculo del IDM (pedregosidad, pendiente, densidad de la vegetación, permeabilidad, etc.), no han podido incluirse en los árboles de sucesos y, por tanto, se desconoce qué valores de los mismos han de asignarse para el cálculo del IDM.

En definitiva, y no siendo posible la aplicación del IDM a un punto concreto (que parte de conocer con cierta precisión la localización del hipotético daño) por las características especiales de los elementos móviles del transporte de mercancías peligrosas por carretera, en las páginas siguientes se muestra el procedimiento sugerido por el presente MIRAT para el cálculo de las consecuencias medioambientales de los distintos escenarios accidentales.

Los diferentes parámetros que intervienen en el IDM pueden clasificarse, en función de la disponibilidad de la información necesaria para su determinación, en los siguientes grupos:

- Parámetros del IDM asociados al agente causante del daño medioambiental (agente químico, generalmente, en el caso del presente sector económico).
- Parámetros del IDM asociados a características del medio ambiente donde se produce el accidente que resultan de difícil determinación (pedregosidad, permeabilidad del suelo, pendiente, pluviosidad, velocidad del viento, etc.).
- Parámetros del IDM asociados a otras características del escenario accidental.

Para el cálculo del IDM de cada escenario accidental relevante (esto es, cuya probabilidad y cantidad de agente causante del daño sean mayores que 0), el analista deberá escoger los parámetros a aplicar según la combinación agente-recurso, el agente causante del daño y el escenario accidental y aplicar unos coeficientes genéricos para aquellas características del medio ambiente donde se produce el accidente que resultan de difícil determinación; esto es, la metodología propuesta se basa en asignar a aquéllos parámetros del IDM relacionados con el entorno unos valores predeterminados para el sector al que va destinado el presente MIRAT.

### XI.1.1. Pautas para la selección de la combinación agente causante del daño-recurso natural afectado

El escenario accidental define la combinación agente causante del daño-recurso natural afectado que el analista deberá tener en cuenta para la estimación de las consecuencias medioambientales a través del IDM.

Los Cuadros 5 a 8 identifican, tomando como base los cruces de la Tabla 26, los grupos de combinación de agente causante del daño-recurso natural afectado relevantes para cada escenario accidental de los árboles Tipo 1a, 2a, 3a y 1b, 2b y 3b, respectivamente.

Escenarios árboles Tipo a	Agente-recurso	Grupos agente-recurso
E.1.f.1	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.1.f.2	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.1.f.3	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.1.f.4	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.1.f.5	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.1.f.6	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.1.f.7	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.1.f.8	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.1.f.9	-	-
E.1.f.10	-	-
E.1.f.11	Incendio - especies vegetales	Grupo 14
	Incendio - especies animales	Grupo 19
E.1.f.12	Incendio - especies vegetales	Grupo 14
	Incendio - especies animales	Grupo 19
E.1.f.13	Incendio - especies vegetales	Grupo 14
	Incendio - especies animales	Grupo 19
E.1.f.14	Incendio - especies vegetales	Grupo 14
	Incendio - especies animales	Grupo 19
E.1.f.15	Incendio - especies vegetales	Grupo 14
	Incendio - especies animales	Grupo 19
E.1.f.16	Incendio - especies vegetales	Grupo 14
	Incendio - especies animales	Grupo 19
E.1.f.17	Incendio - especies vegetales	Grupo 14
	Incendio - especies animales	Grupo 19
E.1.f.18	Incendio - especies vegetales	Grupo 14
	Incendio - especies animales	Grupo 19
E.1.f.19	-	-
E.1.f.20	-	-

**Cuadro 5.** Identificación de los grupos de combinación agente causante del daño-recurso natural afectado relevantes para cada escenario accidental de los árboles de sucesos Tipo 1a. Fuente: Elaboración propia a partir del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre.



Escenarios árboles Tipo a	Agente-recurso	Grupos agente-recurso
E.2.f.1	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.2.f.2	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.2.f.3	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.2.f.4	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.2.f.5	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.2.f.6	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.2.f.7	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.2.f.8	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.2.f.9	-	-
E.2.f.10	-	-
E.2.f.11	Incendio - especies vegetales	Grupo 14
	Incendio - especies animales	Grupo 19
E.2.f.12	Incendio - especies vegetales	Grupo 14
	Incendio - especies animales	Grupo 19
E.2.f.13	Incendio - especies vegetales	Grupo 14
	Incendio - especies animales	Grupo 19
E.2.f.14	Incendio - especies vegetales	Grupo 14
	Incendio - especies animales	Grupo 19
E.2.f.15	Incendio - especies vegetales	Grupo 14
	Incendio - especies animales	Grupo 19
E.2.f.16	Incendio - especies vegetales	Grupo 14
	Incendio - especies animales	Grupo 19
E.2.f.17	Incendio - especies vegetales	Grupo 14
	Incendio - especies animales	Grupo 19
E.2.f.18	Incendio - especies vegetales	Grupo 14
	Incendio - especies animales	Grupo 19
E.2.f.19	-	-
E.2.f.20	-	-

**Cuadro 6.** Identificación de los grupos de combinación agente causante del daño-recurso natural afectado relevantes para cada escenario accidental de los árboles de sucesos Tipo 2a. Fuente: Elaboración propia a partir del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre.

Escenarios árboles Tipo a	Agente-recurso	Grupos agente-recurso
E.3.f.1	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.3.f.2	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.3.f.3	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.3.f.4	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.3.f.5	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.3.f.6	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.3.f.7	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.3.f.8	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.3.f.9	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.3.f.10	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.3.f.11	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.3.f.12	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.3.f.13	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.3.f.14	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.3.f.15	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.3.f.16	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.3.f.17	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.3.f.18	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.3.f.19	-	-
E.3.f.20	-	-
E.3.f.21	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.3.f.22	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.3.f.23	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.3.f.24	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.3.f.25	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.3.f.26	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.3.f.27	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.3.f.28	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.3.f.29	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.3.f.30	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.3.f.31	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.3.f.32	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.3.f.33	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.3.f.34	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.3.f.35	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.3.f.36	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.3.f.37	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.3.f.38	Químico - especies vegetales	Grupo 11
E.3.f.39	-	-
E.3.f.40	-	-

**Cuadro 7.** Identificación de los grupos de combinación agente causante del daño-recurso natural afectado relevantes para cada escenario accidental de los árboles de sucesos Tipo 3a. Fuente: Elaboración propia a partir del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre.

Escenarios árboles Tipo b	Agente-recurso	Grupos agente-recurso
E.X.r.1	Químico - agua superficial	Grupo 2
	Químico - lecho continental y marino	Grupo 7
	Químico - especies animales (peces)	Grupo 16
	Químico - suelo	Grupo 9
E.X.r.2	Químico - aguas subterráneas	Grupo 5
	Químico - suelo	Grupo 9
	Químico - ribera del mar y de las rías	Grupo 10
	Químico - especies animales (peces)	Grupo 16
E.X.r.3	Químico - aguas subterráneas	Grupo 5
	Químico - suelo	Grupo 9
E.X.r.4	Químico - suelo	Grupo 9
	Químico - ribera del mar y de las rías	Grupo 10
	Químico - especies animales (peces)	Grupo 16
E.X.r.5	Químico - suelo	Grupo 9

**Cuadro 8.** Identificación de los grupos de combinación agente causante del daño-recurso natural afectado relevantes para cada escenario accidental de los árboles de sucesos Tipo 1b (X=1), 2b (X=2) y 3b (X=3). Fuente: Elaboración propia a partir del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre.

Cada escenario accidental completo se define por el escenario accidental del árbol Tipo a (daños a vegetación forestal) y el escenario accidental del árbol Tipo b (daños a aguas, ribera del mar y de las rías y suelo). De esta forma, las consecuencias medioambientales de un escenario accidental completo, utilizando para su estimación el IDM, se corresponde con la suma de los IDM de los escenarios accidentales de los árboles Tipo a y Tipo b que lo conforman.

A la hora de estimar los IDM de los distintos escenarios accidentales conviene identificar tipos de escenarios cuyos IDM cambian únicamente por un parámetro —por ejemplo, la cantidad de agente—; la aplicación informática para el cálculo del IDM<sup>26</sup> a la que el usuario puede acudir permite, una vez se ha estimado el IDM atendiendo a un parámetro, ir hacia atrás en los parámetros a incluir para cambiar uno solo o unos pocos y mantener el resto tal y como se introdujeron en primera instancia. Esto permitirá optimizar los recursos necesarios para estimar las consecuencias medioambientales asociadas a todos los escenarios accidentales relevantes.

#### **XI.1.2. Pautas para la identificación de los modificadores a aplicar para cada combinación agente causante del daño-recurso natural afectado**

Una vez identificados los grupos de combinación agente causante del daño-recurso natural dañado relevante para cada escenario accidental, el cálculo del IDM exige escoger los parámetros que se ajusten a dicho escenario accidental.

<sup>26</sup> <http://portal.magrama.gob.es/mora/idm/editarSeleccionIdmAgentes.action>

Los cuadros siguientes ofrecen una primera aproximación a los modificadores del IDM a aplicar para cada grupo de combinación agente causante del daño-recurso natural dañado. Algunos de estos parámetros dependerán del agente químico (las pautas de selección de los mismos se muestran en el epígrafe XI.1.3 del presente MIRAT) y otros de otras características del escenario accidental (ver epígrafe XI.1.4); finalmente, para aquellos parámetros asociados a características del medio ambiente donde se produce el accidente que resultan de difícil determinación, se ha tomado la decisión de escoger la característica del medio relacionada con el valor intermedio del modificador —por ejemplo, el modificador  $M_{B7}$  de pendiente media del terreno puede adoptar los valores de 2,50 (pendiente mayor al 10%), 1,00 (pendiente entre el 5 y el 10%) y 0,50 (pendiente menor al 5%); en este caso, el analista adoptaría el valor de 1,00—.

En el caso de aquellos modificadores cuyas alternativas son dos ( $M_{A3}$  de pedregosidad, por ejemplo, con valores 1 y 1,10) o cuatro ( $M_{B5}$  de daño a un lago o embalse, con valores 1, 1,5, 2 y 3), el analista escogerá el valor intermedio más alto (1,10 o 2,00 en estos casos, respectivamente).

Cabe recordar de nuevo que las características especiales de las actividades de transporte de mercancías por carretera, concretamente la existencia de una parte móvil, confiere a los análisis de riesgos medioambientales de estas actividades una peculiaridad que no está presente en aquellas actividades que se desarrollan únicamente con una ubicación fija. Para atender a estas especiales circunstancias se ha desarrollado una metodología para la parte móvil de las mismas que, respetando el procedimiento establecido en el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, permita hacer operativa la realización de los análisis de riesgos medioambientales individuales a los operadores que desarrollen estas actividades.

La indeterminación del lugar donde se produciría el accidente y, debido a ello, la decisión de adoptar, como se propone en el presente MIRAT, la aplicación de los modificadores que proporcionan un valor medio del IDM para aquellas variables del medio ambiente que resultan de difícil determinación, tiene pequeña influencia en el caso de escenarios relacionados con vertido o derrame y considerable influencia en el caso de los escenarios relacionados con incendio.

Gran parte de los modificadores que aplican a los escenarios de vertido o derrame se relacionan con las características de la sustancia vertida o derramada (solubilidad, toxicidad, volatilidad, etc.), parámetros que son conocidos por el analista al identificar la sustancia en las fases iniciales del análisis de riesgos.

En cambio, la mayoría de los modificadores que aplican a los escenarios de incendio se relacionan con características del medio ambiente que, en el caso de los elementos móviles del sector del transporte de mercancías peligrosas por carretera, resultan de difícil determinación (pendiente del terreno, temperatura media, precipitación media, densidad de la vegetación, etc.), por no conocerse el lugar donde se produciría el accidente. De forma adicional, los valores que pueden adoptar estos modificadores varían, en su gran mayoría, entre 0,5 y 2,5 (un intervalo especialmente amplio, comparado con otros modificadores que aplican a los escenarios de vertido o derrame). La aplicación de los valores máximos de los modificadores a estos escenarios accidentales de incendio puede desvirtuar el resultado de selección del escenario de referencia, al implicar un valor de IDM muy

elevado a los escenarios de incendio. Es por ello que en la presente herramienta se propone seleccionar valores intermedios.

No obstante, el analista podrá adoptar otro criterio para estos parámetros de características del medio ambiente de difícil determinación (por ejemplo, el que otorgue un valor máximo al IDM), de forma debidamente justificada y aplicando dicho criterio alternativo al cálculo del IDM de todos los escenarios accidentales relevantes. El presente MIRAT recomienda, no obstante, el criterio expuesto anteriormente (escoger la característica del medio ambiente que proporcione valor medio al IDM).

En cualquier caso, el analista deberá adoptar uno u otro criterio únicamente a aquellos modificadores del IDM cuya determinación sea imposible o cuya determinación exija de recursos desproporcionados. Cuando se conozca que el trayecto que se está evaluando discurre por un territorio homogéneo respecto a determinada variable (por ejemplo, que el trayecto de referencia sea de corto recorrido y, por ello, tenga características climáticas similares, como temperatura media anual o precipitación media anual), el analista deberá, además de identificar estos casos, aplicar el valor del modificador que corresponda a las características del medio ambiente.

<b>Grupo 2: agua superficial - químicos</b>				
<b>Código</b>	<b>Modificador</b>	<b>Categorías</b>	<b>Valor</b>	<b>Selección</b>
M <sub>B1</sub>	Biodegradabilidad	Baja	1,00	Según agente químico
		Media	0,90	
		Alta	0,80	
M <sub>B5</sub>	Daño a un lago o embalse	Mediano (5-100 Hm <sup>3</sup> )	2,00	2,00
M <sub>B11</sub>	Daño a un río	Río medianamente caudaloso (5-100 m <sup>3</sup> /s)	1,50	1,50
M <sub>B12</sub>	Solubilidad	Insoluble (solubilidad en agua a 20°C <0,1 mg/l)	1,00	Según agente químico
		Poco soluble (solubilidad en agua a 20°C entre 0,1 y 10 mg/l)	0,90	
		Muy soluble (solubilidad en agua a 20°C > 10 mg/l)	0,80	
M <sub>B18</sub>	Volatilidad	Baja (P <sub>E</sub> > 325°C)	1,00	Según agente químico
		Media (P <sub>E</sub> 100-325 °C)	0,90	
		Alta (P <sub>E</sub> < 100°C)	0,80	
M <sub>C1</sub>	Duración estimada de los daños	Media (6 meses-1 años)	1,10	1,10

**Cuadro 9.** Parámetros de los modificadores del IDM a aplicar y propuesta de valores a adoptar para la combinación agente causante del daño-recurso natural dañado de Grupo 2: agua superficial-químicos. Fuente: Elaboración propia a partir del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre

Grupo 5: agua subterránea - químicos				
Código	Modificador	Categorías	Valor	Selección
M <sub>B1</sub>	Biodegradabilidad	Baja	1,00	Según agente químico
		Media	0,90	
		Alta	0,80	
M <sub>B9</sub>	Permeabilidad del suelo	Media (arena limosas o arcillosas, limos)	2,00	2,00
M <sub>B12</sub>	Solubilidad	Insoluble (solubilidad en agua a 20°C <0,1 mg/l)	1,00	Según agente químico
		Poco soluble (solubilidad en agua a 20°C entre 0,1 y 10 mg/l)	0,90	
		Muy soluble (solubilidad en agua a 20°C > 10 mg/l)	0,80	
M <sub>B17</sub>	Viscosidad	Sustancia poco viscosa	1,25	Según agente químico
		Sustancia medianamente viscosa	1,10	
		Sustancia muy viscosa	1,00	
M <sub>B18</sub>	Volatilidad	Baja (P <sub>E</sub> > 325°C)	1,00	Según agente químico
		Media (P <sub>E</sub> 100-325 °C)	0,90	
		Alta (P <sub>E</sub> < 100°C)	0,80	
M <sub>C2</sub>	Duración estimada de los daños	Media (3-10 años)	1,10	1,10

**Cuadro 10.** Parámetros de los modificadores del IDM a aplicar y propuesta de valores a adoptar para la combinación agente causante del daño-recurso natural dañado de Grupo 5: agua subterránea-químicos. Fuente: Elaboración propia a partir del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre

Grupo 7: lecho continental y marino - químicos				
Código	Modificador	Categorías	Valor	Selección
M <sub>B1</sub>	Biodegradabilidad	Baja	1,00	Según agente químico
		Media	0,90	
		Alta	0,80	
M <sub>B12</sub>	Solubilidad	Insoluble (solubilidad en agua a 20°C <0,1 mg/l)	1,00	Según agente químico
		Poco soluble (solubilidad en agua a 20°C entre 0,1 y 10 mg/l)	0,90	
		Muy soluble (solubilidad en agua a 20°C > 10 mg/l)	0,80	
M <sub>C1</sub>	Duración estimada de los daños	Media (6 meses-1 años)	1,10	1,10

**Cuadro 11.** Parámetros de los modificadores del IDM a aplicar y propuesta de valores a adoptar para la combinación agente causante del daño-recurso natural dañado de Grupo 7: lecho continental y marino-químicos. Fuente: Elaboración propia a partir del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre

Grupo 9: suelo - químicos				
Código	Modificador	Categorías	Valor	Selección
M <sub>B1</sub>	Biodegradabilidad	Baja	1,00	Según agente químico
		Media	0,90	
		Alta	0,80	
M <sub>B8</sub>	Permeabilidad del suelo	Media (arenas limosas o arcillosas, limos)	1,50	1,50
M <sub>B14</sub>	Tipo de fuga	Fuga continua	1,25	1,25
M <sub>B17</sub>	Viscosidad	Sustancia poco viscosa	1,25	Según agente químico
		Sustancia medianamente viscosa	1,10	
		Sustancia muy viscosa	1,00	
M <sub>B18</sub>	Volatilidad	Baja (P <sub>E</sub> > 325°C)	1,00	Según agente químico
		Media (P <sub>E</sub> 100-325 °C)	0,90	
		Alta (P <sub>E</sub> < 100°C)	0,80	
M <sub>C3</sub>	Duración estimada de los daños	Media (6 meses-2 años)	1,10	1,10

**Cuadro 12.** Parámetros de los modificadores del IDM a aplicar y propuesta de valores a adoptar para la combinación agente causante del daño-recurso natural dañado de Grupo 9: suelo-químicos.

Fuente: Elaboración propia a partir del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre

Grupo 10: ribera del mar y de las rías - químicos				
Código	Modificador	Categorías	Valor	Selección
M <sub>B1</sub>	Biodegradabilidad	Baja	1,00	Según agente químico
		Media	0,90	
		Alta	0,80	
M <sub>B18</sub>	Volatilidad	Baja (P <sub>E</sub> > 325°C)	1,00	Según agente químico
		Media (P <sub>E</sub> 100-325 °C)	0,90	
		Alta (P <sub>E</sub> < 100°C)	0,80	
M <sub>C1</sub>	Duración estimada de los daños	Media (6 meses-1 años)	1,10	1,10

**Cuadro 13.** Parámetros de los modificadores del IDM a aplicar y propuesta de valores a adoptar para la combinación agente causante del daño-recurso natural dañado de Grupo 10: ribera del mar y de las rías-químicos. Fuente: Elaboración propia a partir del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley

26/2007, de 23 de octubre

<b>Grupo 11: especies vegetales no amenazadas y amenazadas - químicos</b>				
<b>Código</b>	<b>Modificador</b>	<b>Categorías</b>	<b>Valor</b>	<b>Selección</b>
M <sub>A1</sub>	Densidad de la vegetación	Media (densidad de pies entre 50-700 pies/ha, matorral o herbazal de densidad media)	1,00	1,00
M <sub>A2</sub>	Afección a un Espacio Natural Protegido (ENP)	Posible afección a un ENP	1,25	Según escenario accidental
		Sin afección a ENP	1,00	
M <sub>A3</sub>	Pedregosidad	Suelo pedregoso	1,10	1,10
M <sub>A4</sub>	Pendiente	Media (30-50%)	1,25	1,25
M <sub>B1</sub>	Biodegradabilidad	Baja	1,00	Según agente químico
		Media	0,90	
		Alta	0,80	
M <sub>B8</sub>	Permeabilidad del suelo	Media (arenas limosas o arcillosas, limos)	1,50	1,50
M <sub>B14</sub>	Tipo de fuga	Fuga continua	1,25	1,25
M <sub>B15</sub>	Toxicidad	Alta	2,00	Según agente químico
		Media	1,50	
		Baja	1,00	
M <sub>B17</sub>	Viscosidad	Sustancia poco viscosa	1,25	Según agente químico
		Sustancia medianamente viscosa	1,10	
		Sustancia muy viscosa	1,00	
M <sub>B18</sub>	Volatilidad	Baja (P <sub>E</sub> > 325°C)	1,00	Según agente químico
		Media (P <sub>E</sub> 100-325 °C)	0,90	
		Alta (P <sub>E</sub> < 100°C)	0,80	
M <sub>C4</sub>	Duración estimada de los daños	Alta (arbolado maduro, más de 30 años)	1,25	Según escenario accidental
		Media-alta (arbolado joven, menos de 30 años)	1,10	
		Media-baja (matorral)	1,05	
		Baja (herbazal)	1,00	

**Cuadro 14.** Parámetros de los modificadores del IDM a aplicar y propuesta de valores a adoptar para la combinación agente causante del daño-recurso natural dañado de Grupo 11: especies vegetales no amenazadas y amenazadas-químicos. Fuente: Elaboración propia a partir del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre



<b>Grupo 14: especies vegetales no amenazadas y amenazadas - incendio</b>				
<b>Código</b>	<b>Modificador</b>	<b>Categorías</b>	<b>Valor</b>	<b>Selección</b>
M <sub>A1</sub>	Densidad de la vegetación	Media (densidad de pies entre 50-700 pies/ha, matorral o herbazal de densidad media)	1,00	1,00
M <sub>A2</sub>	Afección a un Espacio Natural Protegido (ENP)	Posible afección a un ENP	1,25	Según escenario accidental
		Sin afección a ENP	1,00	
M <sub>A3</sub>	Pedregosidad	Suelo pedregoso	1,10	1,10
M <sub>A4</sub>	Pendiente	Media (30-50%)	1,25	1,25
M <sub>B3</sub>	Densidad de la vegetación	Media (densidad de pies entre 50-700 pies/ha, matorral o herbazal de densidad media)	1,00	1,00
M <sub>B7</sub>	Pendiente media del terreno	Media (5-10%)	1,00	1,00
M <sub>B10</sub>	Precipitación media anual	Zona media (400-700 mm)	1,00	1,00
M <sub>B13</sub>	Temperatura media anual	Media (10-17,5 °C)	1,00	1,00
M <sub>B16</sub>	Velocidad media del viento	Medio (1-5 m/s)	1,00	1,00
M <sub>C4</sub>	Duración estimada de los daños	Alta (arbolado maduro, más de 30 años)	1,25	Según escenario accidental
		Media-alta (arbolado joven, menos de 30 años)	1,10	
		Media-baja (matorral)	1,05	
		Baja (herbazal)	1,00	

**Cuadro 15.** Parámetros de los modificadores del IDM a aplicar y propuesta de valores a adoptar para la combinación agente causante del daño-recurso natural dañado de Grupo 14: especies vegetales no amenazadas y amenazadas-incendio. Fuente: Elaboración propia a partir del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre

Los modificadores M<sub>A2</sub> y M<sub>C4</sub> de los Grupos 11 y 14 (ver Cuadros 14 y 15) vendrán determinados por las características del escenario accidental; en los árboles Tipo 1a, 2a y 3a se incluyen como factores condicionantes el tipo de vegetación forestal y la pertenencia o no a un Espacio Natural Protegido o a un espacio protegido Red Natura 2000.

Cuando la vegetación forestal se corresponda con la clase arbolado joven y matorral, el modificador M<sub>C4</sub> tomará el valor de 1,10, correspondiente a una duración estimada de los daños media-alta (arbolado joven, menos de 30 años).

<b>Grupo 16: especies animales - químicos</b>				
<b>Código</b>	<b>Modificador</b>	<b>Categorías</b>	<b>Valor</b>	<b>Selección</b>
M <sub>A2</sub>	Afección a un Espacio Natural Protegido (ENP)	Posible afección a un ENP	1,25	Según escenario accidental
		Sin afección a ENP	1,00	
M <sub>B1</sub>	Biodegradabilidad	Baja	1,00	Según agente químico
		Media	0,90	
		Alta	0,80	
M <sub>B2</sub>	Densidad de la población	Media	1,50	1,50
M <sub>B15</sub>	Toxicidad	Alta	2,00	Según agente químico
		Media	1,50	
		Baja	1,00	
M <sub>C5</sub>	Duración estimada de los daños	Baja (resto de especies)	1,00	1,00

**Cuadro 16.** Parámetros de los modificadores del IDM a aplicar y propuesta de valores a adoptar para la combinación agente causante del daño-recurso natural dañado de Grupo 16: especies animales-químicos. Fuente: Elaboración propia a partir del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre

El modificador  $M_{A2}$  del Grupo 16 (especies animales-químicos) vendrá determinado por las características del escenario accidental (la pertenencia o no a ENP/RN2000).

Grupo 19: especies animales - incendio				
Código	Modificador	Categorías	Valor	Selección
$M_{A2}$	Afección a un Espacio Natural Protegido (ENP)	Posible afección a un ENP	1,25	Según escenario accidental
		Sin afección a ENP	1,00	
$M_{B2}$	Densidad de la población	Media	1,50	1,50
$M_{B3}$	Densidad de la vegetación	Media (densidad de pies entre 50-700 pies/ha, matorral o herbazal de densidad media)	1,00	1,00
$M_{B7}$	Pendiente media del terreno	Media (5-10%)	1,00	1,00
$M_{B10}$	Precipitación media anual	Zona media (400-700 mm)	1,00	1,00
$M_{B13}$	Temperatura media anual	Media (10-17,5 °C)	1,00	1,00
$M_{B16}$	Velocidad media del viento	Medio (1-5 m/s)	1,00	1,00
$M_{C5}$	Duración estimada de los daños	Alta (mamíferos)	1,25	1,25

**Cuadro 17.** Parámetros de los modificadores del IDM a aplicar y propuesta de valores a adoptar para la combinación agente causante del daño-recurso natural dañado de Grupo 19: especies animales-incendios. Fuente: Elaboración propia a partir del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre

De nuevo, el modificador  $M_{A2}$ , en este caso del Grupo 19 (especies animales-incendios), vendrá determinado por las características del escenario accidental (la pertenencia o no a ENP/RN2000).

### XI.1.3. Pautas para la identificación de los parámetros del IDM asociados al agente causante del daño

En el caso de los escenarios accidentales cuyo agente causante del daño medioambiental sea un compuesto químico, el cálculo del IDM exige de la caracterización de la sustancia atendiendo a las siguientes variables:

- «Biodegradabilidad del agente causante de daño». Esta característica puede consultarse en las fichas de seguridad de las sustancias químicas.
- «Solubilidad». La metodología del IDM requiere considerar la solubilidad de las sustancias químicas derramadas. Este dato puede consultarse en la ficha de seguridad de cada sustancia.
- «Toxicidad». Con objeto de cumplimentar este parámetro el analista podrá consultar las fichas de seguridad de las sustancias implicadas.
- «Viscosidad». La viscosidad de cada sustancia puede consultarse en su correspondiente ficha de seguridad.
- «Volatilidad». En la metodología del IDM la volatilidad se clasifica según el punto de ebullición de las sustancias. Esta característica, igual que la anterior, puede obtenerse a partir de las fichas de seguridad.

De forma adicional, en el caso de los derrames o vertidos de sustancias químicas (ya sea en escenarios de vertido o derrame o en los de incendios, por la generación de aguas de extinción), un parámetro relevante a efectos de estimación de las consecuencias medioambientales es la cantidad

de agente que entra en contacto con los recursos naturales. Dicha cantidad de agente causante del daño depende, en primera instancia, de la cantidad de sustancia liberada por el suceso iniciador (ver epígrafe IX.5.1 del presente MIRAT) y, por último, de la cantidad de sustancia que es retenida o añadida (debido a la generación de aguas de extinción) por las medidas de prevención y/o de evitación de nuevos daños, es decir, la asociada a cada escenario accidental (ver epígrafe IX.5.2).

Además de estas cantidades (en concreto, las asociadas a los escenarios accidentales), para el cálculo del IDM es necesario, cuando se considera que se ven afectados varios recursos naturales (aguas subterráneas y suelo, por ejemplo), establecer un reparto de la cantidad de agente que contamina uno u otro recurso natural.

A efectos del presente MIRAT, se recomienda proceder según los siguientes criterios:

- Cuando un vertido o derrame, por la dinámica del suceso, pueda afectar a varios recursos se recomienda asignar a cada recurso la cantidad de agente que caracteriza al escenario accidental dividida entre el número de recursos afectados. Este criterio se aplica a los siguientes casos:
  - Afección a las aguas superficiales (escenarios E.X.r.1). Se considera que en primera instancia se contamina el suelo y parte del vertido (la mitad, en este caso) llega finalmente al río, afectando a las aguas superficiales y a la fauna piscícola.
  - Afección a las aguas subterráneas (escenarios E.X.r.2). Se considera que se ve afectado por la contaminación, además de las aguas subterráneas, el suelo situado entre la superficie, donde se produce el derrame, y el nivel freático.
  - Afección a las aguas subterráneas y a la ribera del mar y de las rías (escenarios E.X.r.3). En este caso, se considera que se ven afectados tres recursos (aguas subterráneas, ribera del mar y de las rías y suelo), por lo que la cantidad de agente que afectará a cada recurso se estimará dividiendo entre tres la cantidad de agente indicada en el escenario accidental.
  - Afección a la ribera del mar y de las rías (E.X.r.4). Siendo el transporte de mercancías peligrosas por carretera un tipo de transporte terrestre, lo característico es que el origen del derrame se localice en tierra firme y, debido a la movilidad del agente causante del daño, pueda llegar a la ribera del mar y de las rías, cuando el derrame se ha producido en sus proximidades. En este caso, se recomienda repartir a partes iguales la cantidad indicada en el escenario accidental entre ambos recursos (ribera del mar y de las rías y suelo).
- Cuando por la naturaleza de la combinación de los recursos afectados (por ejemplo, afección a agua superficial y fauna piscícola) se considere que no existirá reparto de la cantidad de agente entre ambos recursos (como cantidad de agente causante del daño se indica, para ambos recursos naturales, la cantidad indicada en el escenario accidental). Este criterio se aplicará a los siguientes casos:
  - Afección a agua superficial y fauna piscícola.
  - Afección a ribera del mar y de las rías y fauna piscícola.

- Afección a vegetación forestal y suelo.

En todo caso, el analista podrá adoptar un criterio diferente del que aquí se expone, siempre de manera debidamente justificada.

#### **XI.1.4. Pautas para la identificación de los parámetros del IDM asociados a otras características del escenario accidental**

En aquellos escenarios accidentales en los que puedan verse dañados las especies vegetales y las especies animales, determinados parámetros del IDM habrán de asignarse atendiendo a las características del escenario accidental (básicamente, tipo de vegetación forestal y pertenencia o no a Espacios Naturales Protegidos o espacios protegidos Red Natura 2000, en adelante ENP/RN2000). Estos escenarios accidentales se corresponden con los que derivan de los árboles de sucesos Tipo 1a, 2a y 3a (Grupos 11, 14 y 19 de combinaciones agente causante del daño-recurso natural dañado) y de los escenarios E.X.r.1, E.X.r.2 y E.X.r.4 (Grupo 16) —siendo X el tipo de árbol de sucesos del que derivan— (en este caso, la contaminación de las aguas superficiales y de la ribera del mar y de las rías suponen también la afección a la fauna piscícola).

Para los Grupos 11 y 14, los coeficientes a seleccionar para el cálculo del IDM dependerán del tipo de vegetación forestal (arbolado maduro, arbolado joven o matorral y herbazal) y de su pertenencia o no a ENP/RN2000; cuando el escenario accidental se caracterice por su situación en ENP/RN2000, se utilizarán los coeficientes de especies vegetales amenazadas. El presente MIRAT sugiere asignar a la vegetación forestal tipo humedal las características de herbazal, debido a la rápida tasa de renovación de la biomasa que ambos ecosistemas tienen.

En el caso de vertido a aguas superficiales o a la ribera del mar y de las rías, además de la afección al recurso abiótico correspondiente (agua superficial y ribera del mar y de las rías) ha de considerarse la posible afección a la fauna piscícola (peces) (Grupo 16), que habrán de considerarse amenazados si la masa de agua afectada está incluida en un ENP/RN2000 o no amenazados en caso contrario.

En caso de incendio en un entorno forestal, el presente MIRAT considera que han de incluirse en la estimación del IDM los daños que pudieran causar sobre las poblaciones de mamíferos de la zona (al ser ésta la clase taxonómica que mayores costes de recuperación generaría, situando al estudio del lado de la prudencia en la estimación del riesgo medioambiental) (Grupo 19). Se recomienda que se consideren como mamíferos amenazados si el escenario accidental se caracteriza por su pertenencia a ENP/RN2000.

#### **XI.2. SELECCIÓN DEL ESCENARIO DE REFERENCIA PARA EL CÁLCULO DE LA GARANTÍA FINANCIERA**

Si bien el transporte de mercancías peligrosas por carretera se encuentra actualmente exento de constituir una garantía financiera obligatoria —salvo operadores puntuales cuya actividad de almacenamiento les incluya en actividades SEVESO o IPPC—, al no encontrarse entre las

actividades económicas relacionadas en el artículo 37 del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, como actividad incluida en el Anexo III de la LRM<sup>27</sup> esta actividad económica tiene responsabilidad objetiva frente a los daños medioambientales, debiendo proceder a su reparación, con carácter ilimitado, en caso de provocarlos con independencia de que exista dolo, culpa o negligencia por su parte. De esta forma, la estimación de la cuantía de la garantía financiera siguiendo el procedimiento establecido en la normativa vigente de responsabilidad medioambiental, aunque su posterior constitución no sea obligatoria, puede convertirse en una herramienta de gestión del riesgo medioambiental de interés para los operadores.

Con base en el artículo 33 del Reglamento el procedimiento que debe seguirse para estimar la cuantía de la garantía financiera obligatoria es el siguiente:

- 1) Identificar los escenarios accidentales que se consideran relevantes para la instalación analizada. Para ello, los operadores podrán basarse en los escenarios identificados en el presente análisis de riesgos.
- 2) Asignar la probabilidad de ocurrencia a cada escenario.
- 3) Calcular el IDM de cada escenario.
- 4) Calcular el riesgo asociado a cada escenario multiplicando su probabilidad por el valor del IDM.
- 5) Seleccionar los escenarios con menor índice de daño medioambiental asociado que agrupen el 95 por ciento del riesgo total.
- 6) Establecer la cuantía de la garantía financiera, como el valor del daño medioambiental del escenario con el índice de daño medioambiental más alto entre los escenarios accidentales seleccionados. Para ello se seguirán los siguientes pasos:
  - i. En primer lugar, se cuantificará el daño medioambiental generado en el escenario seleccionado.
  - ii. En segundo lugar, se monetizará el daño medioambiental generado en el escenario de referencia, cuyo valor será igual al coste del proyecto de reparación primaria. En caso de que la reparación primaria diseñada deba consistir exclusivamente en una recuperación natural, se desestimará dicho escenario para calcular la garantía financiera y se seleccionará el siguiente escenario con mayor valor de IDM; repitiéndose la secuencia hasta que se seleccione un escenario cuya reparación no se base exclusivamente en la recuperación natural. Este escenario sería el de referencia para el cálculo de la garantía financiera obligatoria.

---

<sup>27</sup> El apartado 9 de dicho Anexo III incluye expresamente el transporte por carretera, por ferrocarril, por vías fluviales, marítimo o aéreo de mercancías peligrosas o contaminantes de acuerdo con la definición que figura en el artículo 2.b) del Real Decreto 551/2006, de 5 de mayo, por el que se regulan las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera en territorio español, o en el artículo 2.b) del Real Decreto 412/2001, de 20 de abril, que regula diversos aspectos relacionados con el transporte de mercancías peligrosas por ferrocarril o en el artículo 3.h) del Real Decreto 210/2004, de 6 de febrero, por el que se establece un sistema de seguimiento y de información sobre el tráfico marítimo.

Este procedimiento limita la cuantificación (en términos de extensión, intensidad y escala temporal del daño) y la monetización a un único escenario accidental considerado de referencia, que se define como el escenario de mayor daño medioambiental (medido éste a través del IDM) de aquellos que agrupan el 95% del riesgo total del operador.

### **XI.3. DEFINICIÓN DE PROTOCOLOS PARA CUANTIFICAR EL DAÑO REFERENTE A CADA TIPOLOGÍA DE ESCENARIO Y EVALUAR, POR PARTE DEL OPERADOR, SU SIGNIFICATIVIDAD**

Como se ha indicado, la garantía financiera correspondiente a la actividad de transporte —a constituir por los operadores que así lo deseen<sup>28</sup>— deberá basarse en lo establecido en el artículo 33 del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre. Este artículo indica que dicha garantía debe coincidir con el valor del daño medioambiental del escenario de referencia. Con el fin de calcular el valor del daño, se debe, en primer lugar, cuantificar dicho daño y, en segundo lugar, monetizarlo a través del coste de la reparación primaria que procedería realizar.

Un aspecto singular del análisis de riesgos sectorial realizado es que, a diferencia de las instalaciones industriales, en el caso de la actividad de transporte se desconoce el punto concreto en el que podría ocurrir el hipotético accidente. Esto es, al menos en teoría, el accidente puede producirse en cualquiera de los infinitos puntos que forman la carretera por la que se realiza el desplazamiento. No obstante, atendiendo a la caracterización de los escenarios ofrecida por los árboles de sucesos se dispone de una mayor precisión del tipo de zona que se vería afectada —tipo de vegetación existente, proximidad de masas de agua, pertenencia o no a un espacio protegido, etc.—.

Si bien, mediante los árboles de sucesos el analista dispone de las características básicas de la zona potencialmente afectada por el accidente, la fase de cuantificación del daño y la posterior labor de valoración del mismo requiere una mayor concreción, debiendo seleccionarse un único punto de referencia. Esto es debido a que tanto los modelos de dispersión de contaminantes que se empleen —incluyendo los modelos de dispersión de incendios— como el modelo de referencia de valoración de daños (MORA) requieren este nivel de precisión en la localización geográfica del episodio. De esta forma, se hace necesario establecer y aplicar un criterio para la selección de un único punto dentro de todos los segmentos de carretera que cumplan simultáneamente las siguientes condiciones:

- i. Los segmentos de carretera deben encontrarse en el itinerario al que pertenezca el escenario de referencia. Esto es, si a modo de ejemplo, el analista realiza su estudio centrándose en dos itinerarios deberá descartar completamente aquél en el que no se encuentre el escenario de referencia que haya resultado seleccionado.
- ii. Los segmentos de carretera deben atravesar la totalidad de recursos naturales que se hayan especificado en el árbol de consecuencias del escenario accidental de

---

<sup>28</sup> Se recuerda que, actualmente, la actividad de transporte de mercancías por carretera se encuentra exenta de la obligación de constituir una garantía financiera por responsabilidad medioambiental.

referencia y no atravesar aquellos recursos naturales que en los árboles de consecuencias figuran como no afectados.

Debe destacarse que las dos condiciones anteriores pueden cumplirse en uno o varios segmentos de carretera —pueden existir varios segmentos dentro del itinerario al que pertenece el escenario de referencia que atraviesen zonas similares—. Independientemente de que existan uno o varios tramos que cumplan estos condicionantes, el analista debe seleccionar un único punto contenido en alguno de estos segmentos para continuar con el análisis. En este sentido, debe incidirse de nuevo en que un segmento, por pequeño que éste sea, se compone de un número infinito de puntos por lo que se hace necesario establecer un procedimiento factible para la selección del punto de referencia. En concreto, en el presente MIRAT se recomienda asumir que, dado un itinerario, todos los segmentos que tengan las mismas características —en cuanto a los recursos naturales que éstos atraviesan— son similares tanto de cara a la cuantificación de los daños como de cara a su posterior valoración económica. Los recursos naturales a los que se debe atender para determinar la tipología de segmentos son, precisamente, los distinguidos en los árboles de consecuencias: tipo de vegetación forestal (arbolado maduro, arbolado joven o matorral, humedal, herbazal o suelo artificial o suelo natural sin vegetación forestal), pertenencia a un Espacio Natural Protegido o espacio protegido Red Natura 2000, proximidad de una masa de agua superficial, existencia de una masa de agua subterránea y proximidad a la costa.

La premisa expuesta en el párrafo anterior permite enunciar, dentro del modelo propuesto, que al ser todos los segmentos similares desde el punto de vista de sus consecuencias medioambientales será indiferente el punto que finalmente se seleccione dentro de los mismos para continuar con el análisis. Dicho de otra forma, en esta fase el analista seleccionará un punto aleatorio perteneciente a cualquier segmento que cumpla simultáneamente los condicionantes (i) y (ii) expuestos anteriormente, y centrará el resto del estudio exclusivamente en dicha localización de referencia. No obstante, debe realizarse una salvedad. En concreto, desde el presente MIRAT se recomienda que el punto seleccionado cumpla —en la mayor medida posible— los parámetros y criterios que se hayan introducido en la ecuación del IDM para calcular el correspondiente IDM del escenario de referencia. A modo de ejemplo, si en el IDM se ha previsto una afección al agua subterránea debería seleccionarse un punto con un acuífero relativamente somero. La forma de proceder en este sentido consistiría en seleccionar aleatoriamente el punto de referencia y posteriormente comprobar el grado de adecuación del mismo a los parámetros que se hayan introducido en la ecuación del IDM. Si el nivel de adecuación se considera inadmisibile deberá procederse a seleccionar un nuevo punto. De esta forma, a través de una serie de iteraciones se determinaría el punto de referencia. En todo caso, se recomienda a los analistas situar su estudio del lado de la prudencia a la hora de seleccionar este punto. De esta forma, el punto seleccionado no debe tener unas características especialmente favorables atendiendo a la cuantificación y la valoración del daño, si no, ser realmente representativo del itinerario que se esté evaluando.

El anterior proceso de selección se ve notablemente facilitado si, con carácter previo, el analista dispone cargadas en un Sistema de Información Geográfica de todas las coberturas y mapas

necesarios así como una intersección de los mismos: mapa de vías de comunicación, Mapa Forestal de España, mapa de Espacios Naturales Protegidos y Red Natura 2000, mapa de ríos y masas de agua superficiales y mapa de aguas subterráneas. Puede para ello utilizar por ejemplo el visor cartográfico del MAGRAMA, o su personalización para la aplicación informática del Modelo de Oferta de Responsabilidad Ambiental.

El procedimiento de cuantificación del daño —en términos de extensión, intensidad y escala temporal— así como la posterior valoración económica del daño se centrará exclusivamente en el punto que se haya seleccionado como referencia.

Los protocolos a aplicar para cuantificar el daño medioambiental coinciden con los expuestos previamente para los elementos estáticos. Esto es, en el presente MIRAT se prevé que una vez ocasionado el daño a los recursos naturales la forma de cuantificarlo y valorarlo resulta independiente de que el origen del mismo sea una instalación fija o un vehículo que se encuentre desplazándose por una vía de comunicación.

## **XII. CÁLCULO DE LA GARANTÍA FINANCIERA POR RESPONSABILIDAD MEDIOAMBIENTAL**

Como se ha expuesto en los apartados precedentes, en el presente MIRAT se propone que los operadores del sector al cual se dirige dividan sus análisis de riesgos medioambientales en dos secciones. La primera cubriría los elementos estáticos de las instalaciones mientras, la segunda, estudiaría los riesgos asociados específicamente a la actividad del transporte. Conforme con la actual redacción del artículo 37 del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre —según su redacción modificada por el Real Decreto 183/2015—, únicamente se encuentran (o encontrarán) obligados a constituir una garantía financiera por responsabilidad medioambiental aquellos operadores que se encuentren en alguno de los tres siguientes grupos:

- 1) Las actividades e instalaciones sujetas al ámbito de aplicación del Real Decreto 1254/1999, de 16 de julio, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas, recientemente derogado por el Real Decreto 840/2015, de 21 de septiembre, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.
- 2) Las actividades e instalaciones sujetas al ámbito de aplicación de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación.
- 3) Los operadores que cuenten con instalaciones de residuos mineros clasificadas como de categoría A de acuerdo a lo establecido en el Real Decreto 975/2009, de 12 de junio, sobre gestión de los residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por actividades mineras.

Por lo tanto, los operadores que únicamente realicen el transporte de mercancías peligrosas podrán constituir una garantía financiera por responsabilidad medioambiental de forma voluntaria. Sin



embargo, aquellos operadores cuyas instalaciones se encuentren incluidas en alguno de los tres supuestos anteriores sí deberán disponer de esta garantía de forma obligatoria. La fecha a partir de la cual será exigible la constitución de la garantía financiera obligatorio se determinará mediante las órdenes ministeriales previstas en la disposición final cuarta de la Ley 26/2007, de 23 de octubre.

Dado que, como se ha indicado, los operadores del sector realizan dos tipos de actividades claramente diferenciadas (asociadas a elementos estáticos por una parte y a móviles por otra), a la hora de constituir su garantía financiera por responsabilidad medioambiental (ya sea esta obligatoria o voluntaria) en el presente MIRAT se indica que, en virtud del artículo 40.1 del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, según su redacción modificada por el Real Decreto 183/2015, han de analizarse cada una de estas actividades de forma separada y calcular una garantía financiera específica para cada una de las mismas.

Respecto a los elementos estáticos del presente sector —que deben disponer de una garantía financiera obligatoria si cumplen con los requisitos establecidos en el artículo 37 del Reglamento, según su redacción modificada por el Real Decreto 183/2015—, la formulación del instrumento de la garantía financiera atenderá, en su caso, a lo indicado en los apartados 2, 3 y/o 4 del artículo 40 del Real Decreto 2090/2008, de nuevo atendiendo a su nueva redacción según el Real Decreto 183/2015.

Conforme con lo establecido en el artículo 33 del Reglamento, también modificado por el Real Decreto 183/2015, la cuantía de la garantía financiera a constituir se corresponde con el valor económico del coste de la reparación primaria que se debería aplicar en caso de que sucedan los daños previstos en el escenario de referencia.

La valoración económica del daño medioambiental puede realizarse a partir de los datos obtenidos en la fase de cuantificación aplicando para ello la herramienta informática MORA. Esta aplicación es de acceso público y gratuito, y cuenta con el respaldo de la Comisión Técnica de Prevención y Reparación de Daños Medioambientales, aspecto que la convierte en la referencia prioritaria para este fin.

En la actualidad existe una abundante bibliografía sobre MORA —manuales, presentaciones, ejemplos de utilización en los análisis de riesgos, etc.— que puede consultarse en la página web del MAGRAMA. No obstante, merece la pena destacar que la utilización de MORA no es obligatoria sino, simplemente, recomendable, por lo que el operador que lo desee podrá elaborar y justificar otro presupuesto de reparación de daños si lo considera más adecuado.

La garantía financiera que, en su caso, deba constituirse debe incluir los costes de prevención y evitación del daño, los cuales no son calculados por MORA. Para el cálculo de estos costes, conforme con el artículo 33 del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, el operador podrá:

- a) Aplicar un porcentaje sobre la cuantía total de la garantía obligatoria, o
- b) Estimar tales costes de prevención y evitación a través de su análisis de riesgos medioambientales.

En todo caso, la cuantía de los gastos de prevención y evitación del daño debe ser, como mínimo, el diez por ciento del importe total de la garantía que se haya determinado.

Por otra parte, debe indicarse que en el artículo 28 de la LRM se establecen una serie de exenciones a la hora de constituir la garantía financiera. En concreto, quedan exentos los operadores cuyos daños medioambientales potenciales no superen los 300.000 € y los operadores que, pudiendo generar unos daños por valor comprendido entre 300.000 y 2.000.000 €, cuenten o bien con un sistema comunitario de gestión y auditoría medioambientales (EMAS), o bien con un sistema de gestión medioambiental UNE-EN ISO 14001:1996. En todo caso, la cobertura de la garantía financiera obligatoria nunca será superior a 20.000.000 € según dispone el artículo 30 de la Ley 26/2007.

- Como se ha indicado, siempre que un operador deba constituir una garantía financiera ésta deberá cubrir necesariamente los costes correspondientes a las medidas de reparación primaria y a las medidas de prevención y evitación de daños. No obstante, los costes que deberá afrontar el operador responsable de los daños causados son más amplios. En concreto, según dispone el artículo 3 de la LRM, en caso de ocurrencia de un daño medioambiental los operadores contenidos en el Anexo III de dicha Ley deberán llevar a cabo las medidas de reparación con independencia de que exista dolo, culpa o negligencia. Mientras, los operadores no citados en dicho Anexo III, deberán llevar a cabo las medidas de reparación únicamente cuando se demuestre la existencia de dolo culpa o negligencia. Por lo tanto, en determinadas situaciones los operadores no deberán ceñirse únicamente a realizar las medidas de reparación primaria si no que, además, se encontrarán obligados a realizar la totalidad de medidas reparadoras previstas en la normativa. En este sentido, el Anexo II de la LRM especifica las siguientes medidas reparadoras:  
Reparación primaria: Toda medida correctora que restituya o aproxime al máximo los recursos naturales o servicios de recursos naturales dañados a su estado básico.
- Reparación complementaria: Toda medida correctora adoptada en relación con los recursos naturales o los servicios de recursos naturales para compensar el hecho de que la reparación primaria no haya dado lugar a la plena restitución de los recursos naturales o servicios de recursos naturales dañados.
- Reparación compensatoria: Toda acción adoptada para compensar las pérdidas provisionales de recursos naturales o servicios de recursos naturales que tengan lugar desde la fecha en que se produjo el daño hasta el momento en que la reparación primaria haya surtido todo su efecto. No consiste en una compensación financiera al público.

La aplicación informática MORA puede ser una herramienta útil ya que permite valorar los costes asociados a las técnicas de reparación compensatoria y/o complementaria de forma similar a como se aborda la valoración de las medidas de reparación primaria.

### XIII. ORIENTACIONES PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO MEDIOAMBIENTAL

Los análisis de riesgos medioambientales tienen dos finalidades principales: por un lado, como se ha indicado, son el instrumento básico a partir del cual se determina la garantía financiera que correspondería constituir en el ámbito de la normativa de responsabilidad medioambiental; y, por otro, ofrecen una información valiosa para realizar una adecuada gestión de los riesgos medioambientales.

La norma UNE 150008 entiende por gestión del riesgo a “la toma de decisiones más adecuadas sobre los riesgos ambientales, fundamentadas en los criterios de seguridad y eficiencia económica.”.

Este proceso de gestión del riesgo incluiría:

- a) El tratamiento de los distintos riesgos evaluados, tanto en su vertiente financiera como en su vertiente técnica.
- b) La comunicación adecuada con los grupos de interés relevantes.

En concreto, en el Anexo A de la norma UNE 150008 se identifican las siguientes perspectivas, no excluyentes entre sí, para la gestión del riesgo:

- **Eliminación del riesgo.** Esta opción consiste en la eliminación total del riesgo mediante la supresión de la fuente de peligro o del agente causante de daño que lo origina. Si bien se trata de una medida deseable, la misma no resulta siempre posible debido a razones técnicas y/o económicas. Adicionalmente, debe atenderse a la posibilidad de que la supresión del riesgo haya podido generar un riesgo diferente —sustitución de un riesgo por otro—, en este último caso deberá incluirse la nueva fuente de peligro en el análisis realizado.
- **Reducción y control del riesgo.** Mediante esta perspectiva se trataría de reducir el riesgo en la medida que resulte factible desde el punto de vista técnico y económico. Las acciones realizadas se encaminan a reducir la probabilidad de ocurrencia de los accidentes, sus consecuencias medioambientales o, en conjunto, ambas magnitudes. La norma UNE 150008 indica la necesidad de realizar un seguimiento adecuado de los riesgos residuales que pueden persistir en la instalación.
- **Retención y transferencia del riesgo.** Dentro de esta opción se encuentra la transferencia técnica del riesgo, que consiste en trasladar el riesgo a otro operador mediante los correspondientes contratos de subcontratación. En este sentido, debe advertirse, por un lado, que esta opción no supone necesariamente una reducción de la probabilidad de ocurrencia del accidente o de sus consecuencias y, por otro, que la transferencia técnica del riesgo puede no conllevar la transferencia de la responsabilidad de los hipotéticos accidentes que pudieran ocurrir. Otra posible medida consiste en la financiación del riesgo, cubriendo el coste de los potenciales daños. Dentro de esta última medida se encuentran las fianzas y avales, los depósitos, los fondos de garantía de solvencia, las pólizas de seguros y los fondos de garantía de indemnización.

En el presente apartado merece la pena destacar algunas de las acciones que pueden realizar los operadores del sector para reducir su riesgo medioambiental, ya sea reduciendo la probabilidad de ocurrencia de los accidentes, sus consecuencias potenciales o ambas magnitudes:

- Cada fuente de peligro y suceso iniciador lleva asociada una probabilidad de ocurrencia tomada de la bibliografía, por lo tanto, una posible medida de gestión consistiría en sustituir los equipos actuales por otros que, conforme con la bibliografía o con la experiencia documentada previa, impliquen una menor probabilidad de fallo.
- En el caso de las fuentes de peligro móviles (camiones y restantes vehículos de transporte) los operadores pueden preferir, siempre que sea posible, realizar el transporte por vías de comunicación que se consideren de mayor seguridad como las autopistas o autovías.
- En el modelo planteado en el presente MIRAT se asume que la probabilidad genérica publicada en la bibliografía puede ser matizada atendiendo a la política de gestión concreta de cada instalación. Como indicador de la mejor o peor política de gestión de cada instalación se ha propuesto acudir al cuestionario SQAS, el cual es sensible a las medidas de prevención de daños con que cuenta cada operador. De esta forma una posibilidad para reducir el riesgo consistiría en mejorar en la medida de lo posible las puntuaciones obtenidas en dicho cuestionario —incrementando la formación del personal, mejorando las medidas de seguridad, manteniendo el orden en la planta, realizando un adecuado mantenimiento de la planta y de los vehículos, etc.—.
- Respecto al agente liberado, los operadores podrían evaluar la posibilidad de sustituir los agentes de mayor toxicidad por aquellos que impliquen un menor peligro para el medioambiente. Estas acciones sobre los agentes causantes de daño pueden complementarse estudiando la reducción de los volúmenes almacenados y manejados, de tal forma que la cantidad de agentes causantes de daño manejadas sea la menor posible.
- Una vez producido el incidente, una medida que puede reducir sensiblemente tanto la probabilidad de que finalmente ocurra el daño a los recursos naturales como la magnitud de dicho daño consiste en establecer tantas medidas de contención como sea posible —factores condicionantes en la terminología de la norma UNE 150008—. De esta forma para que finalmente el agente causante de daño entre en contacto con los recursos sería necesario que se dieran una serie de fallos en cadena, aspecto que reduciría la probabilidad de ocurrencia. Adicionalmente, si se asume —como en el presente MIRAT— que cada una de las medidas introducidas contendría, al menos parcialmente, un hipotético derrame esta actuación lograría reducir la cantidad de agente causante de daño.
- Las medidas de seguridad, de gestión y de mantenimiento no sólo deben aplicarse sobre las fuentes de peligro que se hayan identificado en la instalación sino que, además, deben atender a las medidas de prevención y evitación de daños existentes en la instalación. A modo de ejemplo, los cubetos deberían encontrarse en un buen estado de conservación con objeto de que resulten eficaces. En este sentido en el presente MIRAT, se sugiere de nuevo el empleo de una serie de cuestionarios basados en la SQAS que permiten evaluar el mejor o peor estado de los equipos de emergencia; por lo que, el operador reduciría su riesgo si se aplica una mejor gestión, materializada en una mejor puntuación en el cuestionario.
- En el modelo planteado se asume que la mejora de la gestión de los equipos de emergencia que implican una contención de los agentes químicos (cubetos de retención, kits de recogida

de derrames, etc.), conlleva una mayor efectividad de los mismos, logrando retener una cantidad de agente más elevada. Por lo tanto, la mejora de la puntuación en el cuestionario elaborado con base en el SQAS reduciría la cantidad de agente liberado.

- Una medida de reducción del riesgo que puede ser adoptada en la fase de diseño de las instalaciones (previa a su construcción) es introducir en la planificación la componente del riesgo medioambiental. Esto es, a la hora de decidir la localización de las actividades se debería tener en cuenta las consecuencias que podrían tener los hipotéticos accidentes medioambientales que puedan preverse o la existencia de factores en el entorno que puedan incrementar las consecuencias ocasionadas por un determinado agente.

#### XIV.PUNTOS CRÍTICOS

Dado que el presente MIRAT es un análisis de riesgos realizado a nivel sectorial resulta indispensable que el mismo sea particularizado en los correspondientes análisis de riesgos individuales que realice cada operador. En este sentido, se ha perseguido que el MIRAT tenga la aplicación más directa y sencilla posible con objeto de facilitar su empleo. No obstante, pueden surgir algunas dificultades que será necesario resolver adoptando la solución que se considere más adecuada a cada caso concreto —si bien, como criterio general a adoptar, se recomienda que siempre que exista una notable incertidumbre se seleccione la opción considerada más prudente o conservadora, con objeto de situar el estudio del lado de la seguridad—. Algunos de los principales retos a la hora de particularizar el presente análisis de riesgos medioambiental sectorial pueden surgir en los siguientes puntos:

- **Identificación de las fuentes de peligro.** En el MIRAT se ha procedido a identificar todas aquellas fuentes de peligro que pueden resultar más usuales en el sector objeto de estudio: vehículos estacionados y en circulación, carga y descarga de mercancía envasada, instalaciones asociadas al lavadero de cisternas, etc. Aquellos operadores que carezcan de alguna o algunas de las fuentes identificadas no deberán incluirlas en su análisis. Mientras, los operadores que tengan alguna fuente no considerada en el ámbito sectorial deberán incluirla en su análisis siempre que la misma lleve asociada un peligro medioambiental relevante. Estas nuevas fuentes darían lugar a la consideración de los denominados escenarios singulares que serán característicos de cada planta. Dichos escenarios, al igual que los restantes, deberán figurar adecuadamente caracterizados a través de su probabilidad de ocurrencia y su valor del IDM. Para realizar esta caracterización el analista podrá acudir a las pautas ofrecidas en el presente MIRAT.
- **Identificación de las causas de peligro y sucesos iniciadores.** El MIRAT ofrece un listado relativamente amplio de sucesos iniciadores que incluye los principales episodios de derrame e incendio que podrían darse a nivel sectorial. Sin embargo, de nuevo, puede ser necesario adaptar dicho listado a las características concretas de cada operador. De esta forma una determinada planta puede tener algún agente causante de daño, un equipo o una localización (entre otros aspectos) que lleven a plantear la posible ocurrencia de otros sucesos

iniciadores. Estos sucesos, propios de cada instalación, deben ser incorporados en el análisis de riesgos de tal forma que el mismo recoja la totalidad de incidentes relevantes que podrían originarse. En este sentido, puede ser de especial utilidad acudir a la experiencia previa con la que cuente el personal de la planta, su registro histórico de accidentes (por ejemplo, la declaración de sucesos que implican mercancías peligrosas exigida en el apartado 1.8.5 del ADR 2013), etc.

- **Identificación de los escenarios accidentales.** Los escenarios accidentales relevantes a nivel sectorial se han identificado mediante unos árboles de consecuencias, partiendo de cada suceso iniciador (el cual a su vez se origina en una determinada fuente de peligro); por lo que, aquellos operadores que introduzcan en sus análisis nuevas fuentes de peligro y/o nuevos sucesos iniciadores, deberán realizar una identificación de escenarios accidentales específica. Por otra parte, los árboles consecuenciales diseñados a nivel sectorial puede que no se ajusten completamente a algunas instalaciones concretas. A modo de ejemplo, el árbol correspondiente a derrames desde las instalaciones estáticas tiene tres factores condicionantes (retención automática, retención manual y gestión de aguas y derrames), ya que se ha considerado que este es un esquema tipo al que pueden adaptarse la mayoría de operadores; no obstante, si un operador tiene algún factor condicionante adicional que pueda afectar al desarrollo del accidente de forma determinante, este debería ser considerado. De esta forma, si es necesario, cada operador debería modificar los árboles de tal forma que representen en mayor medida el posible desarrollo de cada incidente. Por otra parte, si el operador no dispone de alguno de los factores condicionantes previstos en los árboles genéricos sectoriales la modificación de los mismos resulta relativamente sencilla ya que bastaría con asignar a dicho factor una probabilidad de éxito y una capacidad de contención nulas.
- **Estimación de la cantidad de agente liberada.** Si bien en el MIRAT se ofrecen una serie de pautas que, por lo general, no deberían presentar dificultades a la hora de ser adoptadas por los operadores concretos, estos podrían introducir modificaciones en las mismas si consideran que así se obtendrán resultados más adecuados a sus características y a su política de gestión del riesgo. A modo de ejemplo, en los depósitos podría tomarse como referencia su capacidad total independientemente de su volumen medio de llenado.
- **Selección de cuestiones del SQAS.** Un aspecto especialmente destacable a la hora de elaborar el análisis de riesgos individual consiste en la selección que se haga de las preguntas del cuestionario SQAS para determinar la menor o mayor probabilidad de fallo (o de éxito) de cada elemento y la mayor o menor capacidad de retención de cada factor condicionante. En este sentido, en la herramienta sectorial se ofrece una selección de cuestiones genéricas que podrían ser aplicadas por la mayoría de operadores. No obstante, si dichos operadores consideran que otras cuestiones explican en mayor medida tanto la probabilidad de fallo como el adecuado funcionamiento de los equipos, podrán modificar el listado dado por defecto a nivel sectorial, suprimiendo preguntas que consideren irrelevantes en su instalación o incorporando otras que permitan ajustar mejor el análisis de riesgos.

- **Asignación de probabilidades.** Para realizar la asignación de probabilidades de éxito y de tasas de fallo en el MIRAT se propone acudir a fuentes de referencia bibliográficas y a registros de accidentes. Estas referencias suelen abarcar ámbitos relativamente amplios e, incluso, propios de países diferentes a aquél el que se centra el análisis de riesgos (es frecuente acudir a bases de datos de países como Reino Unido o los Países Bajos). Por este motivo, los analistas, siempre de forma justificada, podrán reemplazar las probabilidades ofrecidas en el presente MIRAT por otras que consideren más adecuadas a circunstancias concretas. Se posibilita por lo tanto, que aquellos operadores o grupos de operadores que dispongan de un registro histórico específico (por ejemplo, la declaración de sucesos que implican mercancías peligrosas exigida en el apartado 1.8.5 del ADR 2013) puedan utilizarlo cuando el mismo pueda aceptarse como una referencia válida y adecuada a los requerimientos de la normativa de responsabilidad medioambiental.
- **Cuantificación del escenario accidental de referencia.** Posiblemente una de las tareas que lleva aparejada una mayor incertidumbre sea la dirigida a cuantificar el escenario accidental de referencia. Respecto a la misma el MIRAT recoge una serie de propuestas de modelos y criterios útiles de cara a evaluar la afección por cada agente sobre cada recurso natural. Estas indicaciones podrían ser adaptadas por cada operador a sus circunstancias concretas, bien tomando como referencia las indicaciones del propio MIRAT o bien acudiendo a otras fuentes de información alternativas que se consideren válidas para los propósitos del análisis de riesgos. En todo caso, siempre que exista una notable incertidumbre se recomienda adoptar los valores más desfavorables con objeto de ofrecer unos resultados conservadores.
- **Utilización de información externa al presente MIRAT.** Los análisis de riesgos medioambientales sectoriales son de aplicación voluntaria por parte de los operadores, de forma que el análisis de riesgos individual que, en su caso, deba realizar cada operador podrá basarse o no en las disposiciones recogidas en el presente MIRAT. Por lo tanto, los operadores pueden tomar como referencia la totalidad del MIRAT o, alternativamente, adoptar sólo algunas secciones del mismo y elaborar otras para su análisis de riesgos. En este sentido, resulta necesario que siempre y en todo caso los análisis de riesgos particulares citen las referencias en la cuales se basan. Cuando se acuda a fuentes de información externas a las recogidas en el presente MIRAT se recomienda evaluar la fiabilidad de las fuentes bibliográficas, primando aquellas más acreditadas y, en el caso de la fase de cuantificación del daño medioambiental, se empleen programas o modelos de simulación con resultados contrastados.

## XV. PLAN DE REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN

El artículo 34.3 del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre establece que los operadores deben actualizar sus análisis de riesgos medioambientales siempre que lo estimen oportuno y, en todo caso, cuando se produzcan modificaciones sustanciales en la actividad, en la instalación o en la autorización sustantiva. En el presente apartado del MIRAT se ofrecen una

serie de pautas para la actualización del mismo, así como de los análisis de riesgos medioambientales individuales que se realicen a raíz de su aplicación.

En todo caso, debe tenerse en cuenta que los análisis de riesgos deben ser objeto de un seguimiento con el fin de adaptarlos a la posible evolución o cambios que se experimenten en el sector. Los aspectos en los que debe centrarse la atención son todos aquellos identificados en el presente MIRAT, esto es, las sustancias manejadas, el proceso y actividades realizadas por los operadores, las medidas de gestión, de prevención y de evitación de las que se disponen, etc. Cuando se produzcan cambios significativos en estos elementos a nivel sectorial resultará recomendable abordar una nueva edición del MIRAT.

Una vez se haya identificado una modificación sectorial que afecte al riesgo medioambiental deberá procederse a localizar el apartado o los apartados del análisis de riesgos que deberán adaptarse, pudiendo ser tanto elementos de la estructura del modelo —las fuentes de peligro, los posibles sucesos iniciadores, los factores condicionantes, los escenarios accidentales, etc.— como las ecuaciones y funciones de cálculo —probabilidades de ocurrencia, cantidad de agente liberado, cantidades retenidas por las medidas de emergencia, cuantificación de los recursos afectados, etc.—.

Debe indicarse que los cambios que pueden dar lugar a la necesidad de modificar el MIRAT pueden proceder del propio sector —por ejemplo, debido a un cambio generalizado en las actividades que en el mismo se realizan— o de fuentes externas —por ejemplo, por un cambio en la normativa que obligue a modificar la metodología o a considerar nuevos recursos y agentes—. Por lo tanto, a la hora de decidir la revisión y actualización la herramienta no sólo se debe atender a las propias características del sector sino, también, a los posibles cambios en el entorno donde este realiza sus actividades.

Un aspecto relevante de cara a detectar posibles mejoras a incluir en el MIRAT es la aplicación del mismo para la realización de los correspondientes análisis de riesgos individuales. De esta forma los operadores pueden identificar posibles mejoras en el momento que se encuentren elaborando sus propios análisis de riesgos. Estas aportaciones podrían ser registradas con objeto de mejorar el instrumento sectorial, ofreciendo progresivamente un instrumento más adaptado a las necesidades de sus usuarios.

Por último, merece la pena destacar la importancia de mantener un registro a nivel sectorial que contenga todos los accidentes que vayan ocurriendo tanto en las instalaciones como en los medios de transporte usados y que lleven asociado un determinado daño medioambiental; de tal forma que se disponga de información lo más completa y actualizada posible sobre la evolución de los accidentes medioambientales en el sector. El análisis de esta base de datos puede dar lugar a plantear una modificación del MIRAT si, a la luz de la misma, se identifica algún aspecto del mismo que deba ajustarse en mayor medida a la realidad observada.

A modo de resumen, puede decirse que el objetivo de la actividad de revisión y actualización consiste en disponer en todo momento de una herramienta válida actualizada a nivel sectorial para la



elaboración de los análisis de riesgos medioambientales conforme con la normativa de responsabilidad medioambiental.

## XVI.BIBLIOGRAFÍA

ANDREWS, P. L. (2007) *BehavePlus fire modeling system: past, present, and future*. In 'Proceedings of 7th Symposium on Fire and Forest Meteorology.' American Meteorological Society, 23-25 October 2007, Bar Harbor, Maine, 13 pages. <http://ams.confex.com/ams/pdfpapers/126669.pdf>

ANDREWS, P. L., BEVINS, C. D. y SELI, L. C. (2008) *BehavePlus fire modeling system Version 4.0. User's Guide*. Rocky Mountain Research Station. Forest Service. United States Department of Agriculture.

ANDREWS, P. L. (2009) *BehavePlus fire modeling system, version 5.0: Variables*. Rocky Mountain Research Station. Forest Service. United States Department of Agriculture.

COMISIÓN TÉCNICA DE PREVENCIÓN Y REPARACIÓN DE DAÑOS MEDIOAMBIENTALES (CTPRDM) (2011, actualizado en 2015) *Estructura y contenidos generales de los instrumentos sectoriales para el análisis del riesgo medioambiental*. Comisión Técnica de Prevención y Reparación de Daños Medioambientales.

COMISIÓN TÉCNICA DE PREVENCIÓN Y REPARACIÓN DE DAÑOS MEDIOAMBIENTALES (CTPRDM) (2015) *Guía Metodológica. Sector: Determinadas actividades de gestión de residuos peligrosos y no peligrosos. Apéndice: Aplicación a un caso hipotético*. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural. Secretaría de Estado de Medio Ambiente. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

[http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/responsabilidad-mediambiental/Caso\\_Practico\\_tcm7-367585.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/responsabilidad-mediambiental/Caso_Practico_tcm7-367585.pdf)

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS (DGPE) (2014) *Emergencias producidas en el transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera y Ferrocarril. Informe Trienal 2011-2013*. Ministerio del Interior.

<http://www.proteccioncivil.org/catalogo/carpeta02/carpeta21/trienal2011-2013/1.html>

ECB (2003) Technical Guidance Document on Risk Assessment, in support of Commission Directive 93/67/EEC on Risk Assessment for new notified substances, Commission Regulation (EC) No 1488/94 on Risk Assessment for existing substances and Directive 98/8/EC of the European Parliament and of the Council concerning the placing of biocidal products on the market. Part II. European Chemicals Bureau. European Commission. Joint Research Centre.

FLEMISH GOVERNMENT (2009) *Handbook failure frequencies 2009 for drawing a safety report*. Flemish Government. LNE Department. Environment, Nature and Energy Policy Unit. Safety Reporting Division.

GRIMAZ S., ALLEN S., STEWART J. y DOLCETTI G. (2007) *Predictive Evaluation of the extent of the surface spreading for the case of accidental spillage of oil on ground*. Selected paper IcheaP8, AIDIC Conference Series, Vol. 8, 2007, pp. 151 – 160.

GRIMAZ S., ALLEN S., STEWART J., DOLCETTI G. (2008) *Fast prediction of the evolution of oil penetration into the soil immediately after an accidental spillage for rapid-response purposes*, Proceeding of 3rd International Conference on Safety & Environment in Process Industry, CISAP – 3, Rome (I) 11 – 14 May 2008, Chemical Engineering Transactions, Vol. 13, 2008. Ed. AIDIC Servizi s.r.l.

HEALTH & SAFETY EXECUTIVE (HSE) (2003) *Assessment of benefits of fire compartmentation in chemical warehouses*.

HEALTH & SAFETY EXECUTIVE (HSE) (2012) *Failure Rate and Event Data for use within Risk Assessments*.

INSTITUT NATIONAL D'ÉTUDES DE LA SÉCURITÉ CIVILE (2001) *Défense extérieure contre l'incendie et rétentions. Guide pratique pour le dimensionnement des rétentions des eaux d'extinction*. Fédération Française des Sociétés d'Assurances, Centre National de Prévention et de Protection.

SCHÜLLER, J.C.H. (2005) *Methods for determining and processing probabilities*. Red Book. CPR 12E. Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties.

USEPA (2001) *Characteristics of Response Strategies: A Guide for Spill Response Planning in Marine Environments*. American Petroleum Institute. National Oceanic and Atmospheric Administration. U.S. Coast Guard. U.S. Environmental Protection Agency.

YU, C., LOUREIRO, C., CHENG, J.-J., JONES, L.G., WANG, Y.Y., CHIA, Y.P. y FAILLACE, E. (1993) *Data Collection handbook to support modelling impacts of radioactive material in soil*. Environmental Assessment and Information Sciences Division Argonne National Laboratory, Argonne, Illinois. Office of Environmental Restoration. U.S. Department of Energy.

### **Páginas web**

Confederación española de transporte de mercancías:

- <http://www.cetm.es/>

Safety & Quality Assessment System:

- <http://www.sqas.org/?lang=es>

Sistema Integrado de Información del Agua:

- <http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/sia/>

Red oficial de seguimiento del estado cuantitativo de las masas de agua subterráneas:

- <http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/evaluacion-de-los-recursos-hidricos/red-oficial-seguimiento/>

Puertos del Estado:

- <http://www.puertos.es/es-es/oceanografia/Paginas/portus.aspx>

Sistema de información nacional de aguas de baño:

- <http://nayade.mssi.es/Splayas/ciudadano/ciudadanoZonaAction.do>

Servicios de mapas (WMS, ArcGIS Server y Google Earth) del IGME:

- <http://mapas.igme.es/Servicios/default.aspx>

Banco de datos de la naturaleza:

- <http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/>

Confederación Hidrográfica del Ebro:

- <http://www.chebro.es/>

Centro Nacional de Energías Renovables:

- <http://www.globalwindmap.com/VisorCENER/>

ID-TAX (MAGRAMA):

- <http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/aguas-superficiales/programas-seguimiento/id-tax.aspx>

Módulo de cálculo del Índice de Daño Medioambiental (IDM):

- <http://eportal.magrama.gob.es/mora/idm/editarSeleccionIdmAgentes.action>

Memoria del análisis de impacto normativo abreviada del proyecto de Real Decreto por el que se modifica el Reglamento de Desarrollo Parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental, aprobado por el Real Decreto 2090/2008, de 22 de diciembre:

- [http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/participacion-publica/Proyecto\\_RD\\_Responsabilidad\\_MA.aspx](http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/participacion-publica/Proyecto_RD_Responsabilidad_MA.aspx)

Guía de usuario del módulo de cálculo del IDM:

- [http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/responsabilidad-mediambiental/guiausuarioidm\\_tcm7-365287.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/responsabilidad-mediambiental/guiausuarioidm_tcm7-365287.pdf)

Agencia Estatal de Meteorología:

- <http://www.aemet.es/es/portada>

Atlas Nacional de España:

- <http://www.ign.es/ane/ane1986-2008/>

Banco de Datos de la Naturaleza:

- <http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/>

Behave:

- <http://www.firemodels.org/index.php/behavplussoftware/behavplus-downloads>

Espacios Naturales Protegidos:

- <http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/>

Hispagua-Sistema Español de Información sobre el Agua:

- <http://hispagua.cedex.es/>

Inventario de Presas y Embalses:

- <http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/seguridad-de-presas-y-embalses/inventario-presas-y-embalses/>

Inventario Forestal Nacional:

- <http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/inventario-forestal-nacional/>

Inventario Nacional de Biodiversidad:

- <http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/inventario-espanol-patrimonio-natural-biodiv/default.aspx>

Libro Digital del Agua:

- <http://servicios2.marm.es/sia/visualizacion/lda/>

Mapa Forestal de España:

- <http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/ecosistemas-y-conectividad/mapa-forestal-de-espana/>

Modelo de Oferta de Responsabilidad Ambiental (MORA):

- <http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/responsabilidad-mediambiental/modelo-de-oferta-de-responsabilidad-ambiental/>

Red de estaciones de aforo:

- [http://hercules.cedex.es/anuarioaforos/afo/estaf-mapa\\_gr\\_cuenca.asp](http://hercules.cedex.es/anuarioaforos/afo/estaf-mapa_gr_cuenca.asp)

Red de piezómetros:

- <http://sig.magrama.es/recursossub/visor.html?herramienta=Piezometros>

Mapas (WMS, ArcGIS Server y Google Earth) del Instituto Geológico y Minero de España:

- <http://mapas.igme.es/Servicios/default.aspx>

Sistema Integrado de Información del Agua:

- <http://servicios2.marm.es/sia/consultas/servlet/consultas.GlobalFilter?tipo=masiva&sid=generate>

Federal Remediation Technologies Roundtable

- <http://www.frtr.gov/>

Análisis de riesgos sectoriales (MAGRAMA)

- <http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/responsabilidad-mediambiental/analisis-de-riesgos-sectoriales/>



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN  
Y MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE ESTADO  
DE MEDIO AMBIENTE

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD  
Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

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