



MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE ESTADO
DE MEDIO AMBIENTE

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD
Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

PROYECTO PILOTO DE TABLA DE BAREMOS

Sector: Fabricación de pinturas y tintas de imprimir

COMISIÓN TÉCNICA DE PREVENCIÓN Y REPARACIÓN DE DAÑOS
MEDIOAMBIENTALES

Este informe es un resumen elaborado a partir del proyecto piloto de Tabla de Baremos dirigido al sector de la fabricación de pinturas y tintas de imprimir, actuación promovida por la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Su objetivo es ilustrar una de las posibilidades de diseño y elaboración de Tabla de Baremos, habiéndose suprimido en este resumen los datos y referencias específicas consideradas confidenciales por el sector al cual se dirige.

La metodología expuesta debe ser entendida 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.

Índice

I.	OBJETO Y ALCANCE	1
II.	EQUIPO RESPONSABLE DEL ESTUDIO.....	2
III.	JUSTIFICACIÓN DEL INSTRUMENTO SELECCIONADO.....	2
IV.	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	3
IV.1.	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO.....	3
IV.2.	FASES DE ACTIVIDAD PARA LAS QUE SE REALIZA EL INFORME	7
IV.3.	INDICACIÓN DEL TIPO DE RIESGOS ANALIZADOS.....	7
IV.4.	DESCRIPCIÓN DEL PERFIL AMBIENTAL DEL SECTOR	7
V.	DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO TERRITORIAL DEL SECTOR.....	8
VI.	BREVE IDENTIFICACIÓN DE LAS PRINCIPALES DISPOSICIONES LEGALES.....	9
VII.	METODOLOGÍA SEGUIDA PARA EL DESARROLLO DE LA TABLA DE BAREMOS.....	13
VII.1.	MARCO CONCEPTUAL.....	13
VII.1.1.	Construcción de la TB en base a un registro histórico de accidentes	13
VII.1.2.	Construcción de la TB en ausencia de un registro histórico de accidentes.....	13
VII.2.	DESCRIPCIÓN DEL ANÁLISIS DE RIESGOS	14
VII.2.1.	Identificación de fuentes de peligro	16
VII.2.2.	Identificación de los sucesos iniciadores y sus causas.....	18
VII.2.3.	Factores condicionantes (internos y externos). Consideración de medidas de prevención y evitación.....	23
VII.2.4.	Identificación de escenarios de accidente.....	26
VII.2.5.	Identificación de los agentes causantes de daño.....	29
VII.2.6.	Identificación de recursos naturales afectados	30
VII.2.7.	Asignación de probabilidades.....	31
VII.2.7.1.	Estimación de probabilidades de los sucesos iniciadores (escenarios causales)...	31
VII.2.7.2.	Estimación de probabilidades en el árbol de sucesos (escenarios consecuenciales)	32
VII.2.8.	Estimación de consecuencias y cuantificación del daño.....	32
VII.2.9.	Consideración de medidas de reparación primaria. Evaluación del coste de reposición ..	33
VII.2.10.	Estimación del riesgo.....	33
VII.2.11.	Cálculo de la garantía financiera	33
VIII.	DESCRIPCIÓN Y UTILIZACIÓN DE LA TABLA DE BAREMOS.....	34

VIII.1. DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA DEL ANÁLISIS DE RIESGOS ASOCIADOS A VERTIDO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS.....	36
VIII.1.1. Estimación de probabilidades en la identificación de los escenarios causales de vertido	37
VIII.1.2. Estimación de probabilidades en la identificación de los escenarios consecuenciales de vertido	64
VIII.2. DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA DEL ANÁLISIS DE RIESGOS ASOCIADOS A INCENDIO 75	
VIII.2.1. Estimación de probabilidades en la identificación de los escenarios causales de incendio.	76
VIII.2.2. Estimación de probabilidades en la identificación de los escenarios consecuenciales de incendio.	79
VIII.3. DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA DEL ANÁLISIS DE RIESGOS ASOCIADOS A VERTIDO DESDE EDAR	92
VIII.3.1. Estimación de probabilidades en la identificación de los escenarios causales de vertido desde EDAR.....	93
VIII.3.2. Estimación de probabilidades en la identificación de los escenarios consecuenciales de vertido desde EDAR.....	105
VIII.4. PROBABILIDAD DE LOS ESCENARIOS ACCIDENTALES	118
VIII.5. PROCEDIMIENTO PARA CUANTIFICAR Y EVALUAR LA SIGNIFICATIVIDAD DE LOS ESCENARIOS ACCIDENTALES	118
VIII.5.1. Estimación del volumen de vertido para el suceso iniciador vertido de sustancias químicas	118
VIII.5.2. Estimación del volumen de vertido asociado a aguas de extinción de incendio.....	119
VIII.5.3. Estimación del volumen de vertido para el suceso iniciador vertido desde EDAR.....	125
VIII.5.4. Estimación del volumen de vertido en daños al mar	126
IX. RESULTADOS OBTENIDOS	127
IX.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	127
IX.2. LIMITACIONES DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO	133
X. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	135
XI. ORIENTACIONES PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO MEDIOAMBIENTAL.....	136
XII. PLAN DE REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN DEL INSTRUMENTO DE ANÁLISIS SECTORIAL	138
XIII. CONCLUSIONES	140
XIV. BIBLIOGRAFÍA.....	142

Índice de anejos

ANEJO I. Caracterización de sustancias químicas

ANEJO II. Probabilidad de los sucesos iniciadores y sus causas

ANEJO III. Árboles de consecuencias

ANEJO IV. Determinación del daño medioambiental

ANEJO V. Cuestionario

ANEJO VI. Variables consideradas en el análisis estadístico

ANEJO VII. Resultados del modelo de análisis de riesgos

ANEJO VIII. Herramienta informática de la Tabla de Baremos

ANEJO IX. Manual de empleo del MIRAT

I. OBJETO Y ALCANCE

Este trabajo desarrolla una Tabla de Baremos (TB) dirigida al sector de fabricación de pinturas y tintas de imprimir.

El objetivo de este instrumento, tal y como dispone el *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*—en adelante, el Reglamento—, es facilitar a los operadores que integran el sector objeto de estudio el cálculo de la cobertura económica de la garantía financiera sin la necesidad de realizar, una vez diseñada la TB, un análisis de riesgos individual por cada operador.

El sector de las pinturas y tintas de imprimir en España representa un 0,4 por ciento dentro de la producción industrial global y un 4 por ciento en el ámbito de la industria química, grupo al que pertenece (ASEFAPI, 2009).

En el año 2009 las empresas del sector se estimaban en unas 480, dando ocupación a unos 13.000 trabajadores. El 95 por ciento tenían menos de 250 trabajadores, por lo que se consideran PYMES. Del total de 480 empresas, 138 se encontraban adheridas a la Asociación Española de Fabricantes de Pinturas y Tintas de Imprimir (en adelante ASEFAPI), y repartiéndose de la siguiente forma:

- Multinacionales: 17
- PYMES: 121

En la realización de este trabajo se ha contado con la importante colaboración de ASEFAPI, representante del 80 por ciento del total de facturación y trabajadores de la industria, que ha intervenido como asesoría técnica en el desarrollo del análisis de riesgos medioambientales realizado al sector, y como contacto con los afiliados de cara a las visitas realizadas a instalaciones y a la obtención de información.

La elaboración de esta TB se ha ejecutado en base a las directrices desarrolladas 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, el cual está a disposición del público en el portal de responsabilidad medioambiental del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, desde julio de 2010¹.

¹ <http://www.marm.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/responsabilidad-mediambiental/>

II. EQUIPO RESPONSABLE DEL ESTUDIO

Este trabajo ha sido realizado por el grupo de valoración ambiental de la Gerencia de Desarrollo Rural Sostenible de Tragsatec.

III. JUSTIFICACIÓN DEL INSTRUMENTO SECTORIAL SELECCIONADO

El artículo 36 del Reglamento aprobado por el Real Decreto 2090/2008, de 22 de diciembre, establece que los sectores o subsectores de actividad o pequeñas o medianas empresas que, por su alto grado de homogeneidad permitan la estandarización de sus riesgos medioambientales, por ser éstos limitados, identificables y conocidos, podrán acogerse a una TB como instrumento para el cálculo de la garantía financiera. Asimismo, dicho Reglamento indica que los parámetros que se utilicen para elaborar las TB deberán determinarse en relación con la intensidad y la extensión del daño que la actividad del operador pueda causar.

El conjunto del sector de pinturas y tintas de imprimir se caracteriza por un proceso de fabricación relativamente sencillo y homogéneo. En esencia el proceso se basa en la recepción de las materias primas y su posterior mezcla en distintas cantidades, en función del producto que se quiera obtener dentro de los diferentes tipos de pinturas y tintas. Esta homogeneidad permite que la TB sea un instrumento adecuado para la estandarización de los riesgos y el posterior cálculo de la garantía financiera.

Por otro lado, ASEFAPI se compone en un alto porcentaje por pequeñas y medianas empresas y, por tanto, se prevé que los daños potenciales sean de escasa magnitud tanto en extensión como en intensidad. Este hecho, además, viene avalado por la localización de las empresas, las cuales en su mayoría desarrollan sus procesos de fabricación en polígonos industriales y suelos urbanos, tal y como se ha constatado a través de una serie de visitas técnicas.

Por lo expuesto con anterioridad, en base a las hipótesis asumidas en cuanto a la homogeneidad del sector —atendiendo a su proceso productivo y a la peligrosidad de sus potenciales daños ambientales—, se considera que hay motivos suficientes que justifican plantear de partida la utilización de una TB como instrumento sectorial para el análisis del riesgo medioambiental del sector dedicado a la fabricación de pinturas y tintas de imprimir. Si bien el empleo de esta TB debería en todo caso atender a las limitaciones y cautelas que se establezcan en el presente análisis de riesgos.

Cabe destacar que la TB que se desarrolla en este documento está exclusivamente referida al grupo de instalaciones o actividades del sector que comparten la mencionada condición de homogeneidad; esto es, esta tabla sólo podrá ser utilizada por los operadores que cumplan dicha condición de homogeneidad desde la perspectiva del riesgo ambiental.

IV. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

IV.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

En este apartado se realiza una descripción del proceso productivo de las instalaciones pertenecientes al sector de la fabricación de pinturas y tintas de imprimir, identificando las diferentes actividades que lo componen.

El proceso de fabricación de pinturas y tintas de imprimir se reduce básicamente a la mezcla de diferentes sustancias según las características del producto final a obtener sin que tenga lugar reacción química entre ellas.

De forma general, para la fabricación de cualquier tipo de pintura o tinta de imprimir, en primer lugar se procede a realizar una mezcla de resinas, aceites, pigmentos, disolventes, etc. en dosis específicas a la que se añadirán diferentes aditivos en función del producto que se quiera obtener. Seguidamente dicha mezcla será sometida a procesos de disolución, mezclado, molienda y/o dispersión según el caso para posteriormente pasar por un sistema de filtrado y envasado del producto final.

El proceso de fabricación de pinturas y tintas de imprimir implica también otras actividades o procesos de tipo auxiliar como son el almacenamiento de sustancias, la carga y descarga de sustancias, la limpieza de depósitos móviles —denominados calderas—, la depuración de aguas de proceso y operaciones de control de calidad en laboratorio.

En la Tabla 1 se identifican las actividades principales que tienen lugar en las instalaciones pertenecientes al sector objeto de estudio que son descritas a continuación.

ACTIVIDADES PRINCIPALES DEL PROCESO PRODUCTIVO DEL SECTOR FABRICACIÓN DE PINTURAS Y TINTAS DE IMPRIMIR	
ACTIVIDAD	DENOMINACIÓN
	A. PROCESOS OPERACIONALES
A1	Carga y dosificación de materia prima
A2	Mezcla/Disolución/Dispersión/Molienda
A3	Filtrado y envasado
	B. PROCESOS AUXILIARES
B1	Almacenamiento de materia prima, producto terminado, residuos y producto no conforme
B2	Carga y descarga de materia prima y producto terminado
B3	Limpieza de calderas
B4	Depuración de aguas de proceso
B5	Laboratorio/Control de calidad

Tabla 1. Actividades principales del proceso productivo del sector de la fabricación de pinturas y tintas de imprimir. Fuente: elaboración propia.

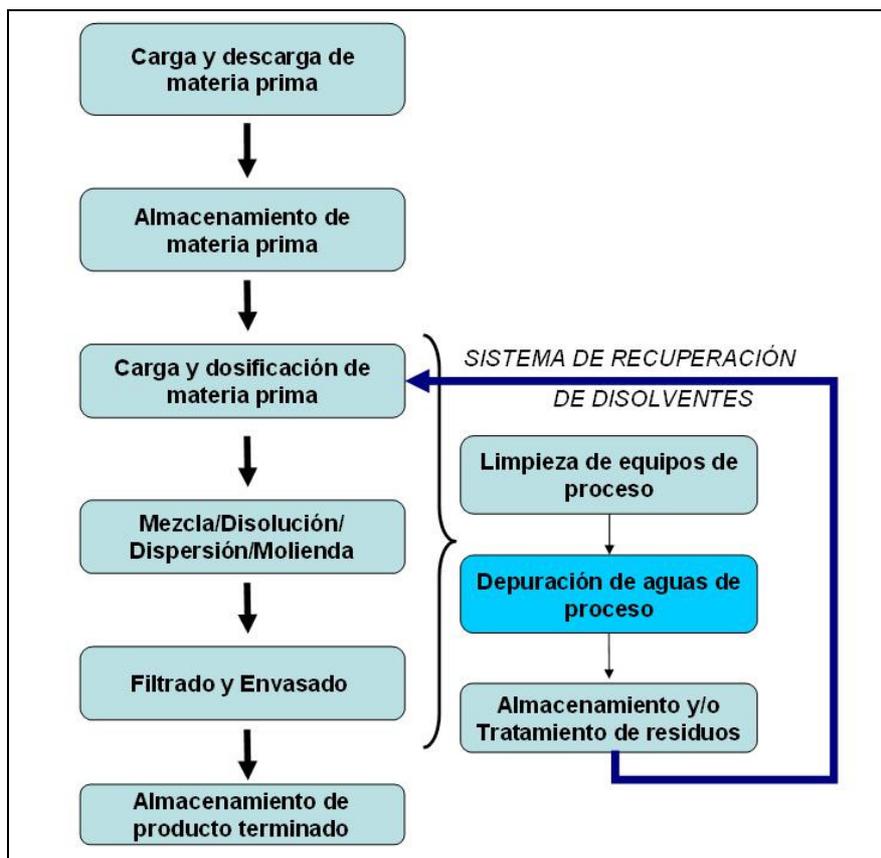


Figura 1. Proceso productivo general de la fabricación de pinturas y tintas de imprimir. Fuente: ASEFAPI.

En la Figura 1 se muestra un esquema general del proceso productivo de la fabricación de pinturas y tintas de imprimir. En distinto color aparecen las actividades de las que, a pesar de su alto grado de frecuencia, no se puede aseverar que se desarrollen en todas las instalaciones.

❖ **A1. Carga y dosificación de materia prima**

Es la primera fase del proceso de fabricación y consiste en la disposición en dosis específicas de diferentes sustancias —resinas, aceites, pigmentos, aditivos, etc.— bien en depósitos o bien en recipientes móviles llamados comúnmente calderas.

❖ **A2. Mezcla/Disolución/Dispersión/Molienda**

Una vez dosificadas las sustancias pasan a ser transportadas hasta los diferentes dispositivos ya sean de mezcla, disolución, dispersión o molienda. En la fabricación de pinturas, una vez seleccionadas, pesadas, dosificadas y dispuestas las materias primas en depósitos móviles —conocidos como calderas—, se procede a la dispersión de las mismas mediante agitadores. Después de la dispersión, la mezcla de sustancias puede requerir un proceso de molienda que se realiza mediante unos equipos llamados molinos que homogeneizan todavía más la mezcla.

En el caso de la fabricación de tintas de imprimir generalmente se produce barniz mediante la cocción de una mezcla de resina y aceite en unos depósitos llamados reactores. A continuación dicho barniz se mezcla con pigmentos y aceites, y seguidamente la mezcla resultante es sometida a dispersión mediante unos molinos tricilíndricos que consiguen que todas las partículas de pigmento queden cubiertas por la mezcla de sustancias.

❖ **A3. Filtrado y envasado**

Una vez se ha conseguido la mezcla con las características deseadas se realiza un proceso de filtrado para eliminar las posibles impurezas. Posteriormente se procederá al envasado, empaquetado y etiquetado del producto final que generalmente se hace de forma automatizada.

❖ **B1. Almacenamiento de recipientes**

Las instalaciones dedicadas a la fabricación de pinturas y tintas de imprimir disponen de diferentes zonas de almacenamiento según el tipo y finalidad de las sustancias.

Las diferentes sustancias generalmente son almacenadas en recipientes o envases —como son los Grandes Recipientes a Granel (GRGs), definidos en el Acuerdo europeo sobre el transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera (ADR)— dispuestos sobre estanterías en el interior de naves, y en depósitos aéreos o subterráneos.

Tanto los depósitos aéreos como los subterráneos están conectados con otros depósitos o recipientes mediante un sistema de tuberías y válvulas aéreas o subterráneas que permiten la dosificación de las sustancias que contienen.

Las instalaciones pueden también disponer de un polvorín de nitrocelulosa que tiene unas condiciones específicas de almacenamiento por sus especiales requerimientos de seguridad, al tratarse de una sustancia explosiva.

❖ **B2. Carga y descarga de materia prima y producto terminado**

Las operaciones de carga y descarga en este tipo de instalaciones se realizan bien mediante camiones cisterna que vierten a depósitos aéreos o subterráneos, o bien mediante carretillas conducidas por operarios que cargan y descargan *palets* con recipientes o depósitos tipo GRG.

❖ **B3. Limpieza de calderas**

Las instalaciones disponen generalmente de al menos un equipo de limpieza de los depósitos móviles, también conocidos dentro del sector como calderas. Dicho equipo de limpieza realiza un lavado de los restos de producto que permanecen en las calderas utilizando disolvente que es reutilizado una y otra vez en el proceso. Cuando el disolvente ya no puede ser reutilizado es retirado y gestionado como residuo peligroso.

❖ **B4. Depuración de aguas de proceso**

Es posible que las instalaciones dispongan de una estación depuradora de aguas residuales de proceso (EDAR). Por lo general en estas estaciones depuradoras las aguas residuales a tratar se almacenan en depósitos en los que dichas aguas se homogeneizan. Posteriormente las aguas son bombeadas a los depósitos de proceso donde, mediante la adición de floculantes, se facilita la deposición de la fase más pesada en el fondo de los mismos. De esta forma, se favorece la formación de fangos que normalmente son bombeados, filtrados, decantados y posteriormente deshidratados dando lugar a residuos sólidos que posteriormente son llevados a un gestor de residuos autorizado.

❖ **B5. Control de calidad/Laboratorio**

Antes de que el producto final sea envasado, se realizan controles de calidad en laboratorio dentro de la instalación, en los cuales se manejan pequeñas cantidades de producto. Dependiendo de los resultados que se obtengan en dichos controles, las mezclas pueden ser modificadas hasta obtener las características idóneas del producto final. Los laboratorios suelen disponer de cabinas y salas de pintura para realizar pruebas de los productos, diseñadas para recibir la pintura nebulizada y evacuarla. Es posible que el laboratorio disponga también de salas piloto de mezcla en las que se ensayan, a pequeña escala, diversas formulaciones en agitadores y molinos a escala.

A partir del conocimiento del proceso productivo, se concluyó que las instalaciones pertenecientes al sector objeto de estudio se componen de forma general de las siguientes zonas o sectores relevantes para el análisis del riesgo:

- Zona de fabricación
- Zona de carga y descarga con cisterna
- Zona de carga y descarga con carretilla
- Zona de almacenamiento de sustancias sobre *palets* y estanterías
- Zona de almacenamiento de sustancias en depósitos aéreos
- Zona de almacenamiento de sustancias en depósitos subterráneos
- Zona de limpieza de calderas
- Estación depuradora de aguas residuales
- Polvorín de nitrocelulosa
- Laboratorios

IV.2. FASES DE ACTIVIDAD PARA LAS QUE SE REALIZA EL INFORME

La fase de actividad para la cual se ha realizado la TB descrita en el presente informe es la fase de operación de las instalaciones pertenecientes al sector analizado. En ningún caso se han tenido en cuenta riesgos derivados de las fases de construcción, diseño o traslado de las instalaciones.

IV.3. INDICACIÓN DEL TIPO DE RIESGOS ANALIZADOS

Los riesgos que han sido analizados para esta TB son los referidos a instalaciones dedicadas exclusivamente a la fabricación de pinturas y tintas de imprimir, quedando excluido del análisis cualquier riesgo ajeno a las actividades que realicen dichas instalaciones. Así, los riesgos ocasionados por actividades ajenas al ámbito de este informe y que de alguna forma podrían repercutir en el sector objeto de estudio, no han sido tenidos en cuenta en el análisis y, por tanto, los daños ambientales que pudieran ocasionar quedarían fuera de la cobertura de la garantía financiera por responsabilidad medioambiental, que en su caso el operador quisiera o tuviera que constituir.

IV.4. DESCRIPCIÓN DEL PERFIL AMBIENTAL DEL SECTOR

Este apartado describe de forma general los aspectos relacionados con el riesgo medioambiental que caracterizan a las instalaciones pertenecientes al sector de fabricación de pinturas y tintas de imprimir.

El proceso productivo de la fabricación de pinturas y tintas de imprimir, como se ha explicado anteriormente en este documento, se reduce básicamente a la mezcla de diferentes sustancias según las características del producto final. Dicha mezcla se realiza de forma mecánica y en ausencia de reacciones químicas, lo que simplifica el número de riesgos medioambientales del sector.

Adicionalmente se da la circunstancia de que muchas de las sustancias implicadas en el proceso de fabricación de pinturas y tintas de imprimir son inflamables y, por extensión, generadoras de atmósferas explosivas, es decir, su procesamiento implica la generación de gases, vapores, nieblas o polvos, los cuales en presencia de aire y un foco de ignición pueden provocar una explosión y, en consecuencia, un incendio.

Dichas características del proceso productivo implican una serie de riesgos medioambientales que pueden afectar a los recursos cubiertos por la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental —suelo, aguas, hábitats, especies silvestres y ribera del mar y de las rías—.

Los principales riesgos medioambientales identificados en el sector que pueden afectar a los recursos naturales cubiertos por la Ley 26/2007 son los siguientes:

- Derrames o vertidos de materias primas y producto terminado asociados a fugas o roturas de tuberías, recipientes o depósitos, tanto de almacenamiento como de proceso
- Derrames o vertidos originados durante las operaciones de carga y descarga de materias primas peligrosas y/o productos terminados
- Incendio por generación de atmósferas explosivas (ATEX)
- Vertido de aguas de extinción de incendio
- Vertido de aguas residuales de proceso desde EDAR

Dada la variabilidad de los entornos en los que se emplazan las instalaciones del sector, los mencionados riesgos medioambientales pueden afectar a todos los receptores cubiertos por la Ley 26/2007, hecho que ha sido tenido en cuenta en el análisis de riesgos medioambientales realizado.

Cabe destacar que otro rasgo ambiental característico del proceso productivo del sector objeto de estudio es la generación de emisiones de compuestos orgánicos volátiles y partículas en suspensión. Dicho aspecto aunque ha sido tenido en cuenta en el análisis de riesgos medioambientales descrito en este informe —como es sabido la atmósfera no es un receptor cubierto por la Ley 26/2007, sin embargo sí es considerado vector de difusión de la contaminación—, no se ha estimado que pudiera generar riesgos medioambientales de importancia ya que, se ha concluido que en situaciones de fuga, la dispersión atmosférica de dichas sustancias no llegaría a formar una nube tóxica que pudiera generar un daño medioambiental relevante.

V. DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO TERRITORIAL DEL SECTOR

La distribución geográfica de los asociados de ASEFAPI se reparte de la siguiente forma:

- Andalucía, 2%
- Asturias, Cantabria y País Vasco, 12%
- Aragón, 1%
- Comunidad Valenciana, Murcia y Baleares, 14%
- Canarias, 1%
- Castilla - La Mancha, 10%
- Castilla y León, 1%
- Cataluña, 44%
- Galicia, 3%

- La Rioja, 5%
- Madrid, 8%

Dado que el empleo de la TB tiene un alcance sectorial y que las instalaciones a las que será aplicada se encuentran repartidas por toda la geografía española —como se muestra en el listado de asociados de ASEFAPI—, no es posible identificar un contexto territorial común para encuadrar al sector en unas determinadas condiciones ambientales.

VI. BREVE IDENTIFICACIÓN DE LAS PRINCIPALES DISPOSICIONES LEGALES

A continuación se identifican las disposiciones legales que afectan o pueden afectar a las instalaciones que desarrollan la actividad objeto de este informe, y por tanto tienen relevancia en la caracterización de los riesgos ambientales:

Seguridad Industrial

- Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias
- Real Decreto 393/2007, de 23 de marzo, por el que se aprueba la Norma Básica de Autoprotección de los centros, establecimientos y dependencias dedicados a actividades que puedan dar origen a situaciones de emergencia
- Real Decreto 312/2005, de 18 de marzo, por el que se aprueba la clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego
- 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
- Real Decreto 1196/2003, de 19 de septiembre, por el que se aprueba la Directriz básica de protección civil para el control y planificación ante el riesgo de accidentes graves en los que intervienen sustancias peligrosas
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión
- Real Decreto 1254/1999, de 16 de julio, por el que se aprueban las medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas

- Real Decreto 769/1999, de 7 de mayo, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo, 97/23/CE, relativa a los equipos de presión y se modifica el Real Decreto 1244/1979, de 4 de abril, que aprobó el Reglamento de aparatos a presión
- Real Decreto 400/1996, de 1 de marzo, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la directiva del parlamento europeo y del consejo 94/9/CE, relativa a los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas
- Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de la infraestructura para la calidad y la seguridad industrial
- Real Decreto 2549/1994, de 29 de Diciembre de 1994 por el que se modifica la I.T.C. MIE-AP3 que complementa el Real Decreto 1244/1979, de 4 de Abril. Reglamento de aparatos a presión
- Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios

Legislación ambiental

- Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos
- Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental y su Reglamento de desarrollo parcial (RD 2090/2008)

La industria de las pinturas y tintas de imprimir se encuadra en el marco de las actividades a las que hace referencia el punto 1 del Anexo III de la Ley 26/2007, aunque también podría incluirse en las actividades referidas en los puntos 3, ó 6, del mismo anexo según el caso.

- Real Decreto 508/2007, de 20 de abril, que regula el suministro de información sobre emisiones del Reglamento E-PRTR y de las autorizaciones ambientales integradas
- Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera
- Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica
- Real Decreto 227/2006, de 24 de febrero, por el que se complementa el régimen jurídico sobre la limitación de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles en determinadas pinturas y barnices y en productos de renovación del acabado de vehículos
- 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

- Real Decreto 117/2003, de 31 de enero, sobre limitación de emisiones de compuestos orgánicos volátiles debidas al uso de disolventes en determinadas actividades
- Real Decreto 606/2003, de 23 de mayo, por el que se modifica el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los Títulos preliminar, I, IV, V, VI y VIII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas.
- Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire
- Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas
- Real Decreto 995/2000, de 2 de junio, por el que se fijan objetivos de calidad para determinadas sustancias contaminantes y se modifica el Reglamento de Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril
- Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución del Real Decreto legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de evaluación de impacto ambiental
- Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico que desarrolla los títulos preliminar, I, IV, V, VI, VII y VIII del texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio
- Real Decreto 100/2011, de 28 de enero, por el que se actualiza el catálogo de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera y se establecen las disposiciones básicas para su aplicación.

Residuos y envases

- Real Decreto 948/2005, de 29 de julio, por el que se modifica el 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
- Orden PRE/252/2006, de 6 de febrero, por la que se actualiza la Instrucción Técnica Complementaria n.º 10, sobre prevención de accidentes graves, del Reglamento de Explosivos.
- Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos
- Real Decreto 1378/1999, de 27 de agosto, por el que se establecen medidas para la eliminación y gestión de los policlorobifenilos, policloroterfenilos y aparatos que los contengan

- Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos
- Ley 11/1997, del 24 de Abril, de Envases y Residuos de Envases y su Reglamento de desarrollo y ejecución (RD 782/98)
- Orden de 13 de Octubre de 1989 por la que se determinan los métodos de caracterización de los residuos tóxicos y peligrosos
- Real Decreto 833/1988, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos

VII. METODOLOGÍA SEGUIDA PARA EL DESARROLLO DE LA TABLA DE BAREMOS

VII.1. MARCO CONCEPTUAL

La TB es una herramienta de análisis del riesgo sectorial, mediante la cual se pretende establecer una relación entre el riesgo medioambiental de cada instalación, y el coste asociado a la reparación primaria de sus posibles daños medioambientales. Esta relación debe permitir estimar la cobertura del daño que habrá de ser considerada para el establecimiento de la cuantía de la garantía financiera por responsabilidad medioambiental de cada instalación, conforme con lo establecido en el Real Decreto 2090/2008, de 22 de diciembre.

Desde el punto de vista metodológico existen dos posibles procedimientos para la elaboración de las TB, los cuales se exponen a continuación.

VII.1.1. CONSTRUCCIÓN DE LA TB EN BASE A UN REGISTRO HISTÓRICO DE ACCIDENTES

Para desarrollar una TB en base a un registro histórico de accidentes es determinante que el sector objeto de estudio disponga de un registro de accidentes medioambientales con un número de registros suficiente, y con la información necesaria para su utilización en la estandarización de los riesgos medioambientales del sector. En caso de que dicho registro no cuente con información sobre los costes de la reparación primaria asociados a cada accidente, sería necesario estimarlos.

Tanto el coste de reparación sufragado, como una serie de datos complementarios que permitan caracterizar cada caso, son determinantes para la aplicación de las herramientas de regresión estadística usuales. La regresión permitiría obtener una curva o expresión matemática, que reflejase la relación existente entre el coste de reparación —variable explicada— y las características de las instalaciones en las que han ocurrido los accidentes registrados —variables explicativas—. Las variables explicativas constituirían un índice de riesgo ambiental, de tal forma que conocido el índice de riesgo para cada instalación se dispondría del coste de reparación estimado mediante la TB —garantía financiera—.

VII.1.2. CONSTRUCCIÓN DE LA TB EN AUSENCIA DE UN REGISTRO HISTÓRICO DE ACCIDENTES

La ausencia de un registro histórico de los accidentes ocurridos en el sector, aboca la elaboración de la TB a un procedimiento sensiblemente más complejo que el citado en el punto anterior. En el caso de que el sector no disponga de un registro de accidentes con información suficiente, se debe realizar un estudio exhaustivo de los riesgos medioambientales del sector

identificando todos los escenarios accidentales del mismo. Los daños potenciales producidos en cada escenario deben ser cuantificados y monetizados, mediante estimaciones y simulaciones teóricas, empleando herramientas intermedias para el análisis de riesgos y la evaluación de sus posibles consecuencias. Una vez realizado el estudio del riesgo el procedimiento de construcción de la TB se realizaría de forma similar al expuesto anteriormente.

Dado que el sector objeto de estudio no cuenta con un registro histórico de accidentes con información suficiente, la metodología diseñada para la elaboración de su correspondiente TB toma como punto de partida la construcción de un modelo de análisis del riesgos que permita valorar sus potenciales daños medioambientales. Este modelo se asemeja a los conocidos MIRAT (Modelo de Informe de Riesgos Ambientales Tipo), puesto que parte de la identificación de todos los escenarios accidentales del sector.

VII.2. DESCRIPCIÓN DEL ANÁLISIS DE RIESGOS

Como se ha indicado anteriormente, para la elaboración de la TB objeto de este informe, es necesario diseñar un modelo de análisis de riesgos con el fin de definir y cuantificar los posibles escenarios accidentales del sector. En la elaboración de dicho modelo se han seguido con carácter preferencial las especificaciones de la norma UNE 150008 sobre Análisis y evaluación del riesgo ambiental. En concreto se han empleado las siguientes técnicas para la identificación de riesgos:

- Análisis del *What if?*. Se trata de una técnica aplicada con el fin de identificar las posibles consecuencias de los sucesos indeseados. El resultado del trabajo consiste en un listado de escenarios incidentales.
- Análisis de *árbol de sucesos*. Consiste en partir del suceso iniciador del daño, y determinar sus posibles consecuencias a través de una secuencia de posibles eventos. Esta secuencia es función de los diferentes caminos que puede seguir el accidente. Para cada uno de los diferentes sucesos se establecen dos caminos, en función de que se produzca o no el desarrollo incidental.

El proceso de toma de decisiones necesario para la aplicación de estas técnicas, se ha sustentado en la consulta a expertos del sector a través de la asociación ASEFAPI, y en la constitución de equipos multidisciplinares con el fin de desarrollar los trabajos a través de técnicas como *Brainstorming* y *Nominal Group Techniques*.

La Figura 2 muestra de manera esquemática las fases seguidas para la elaboración de la TB, las cuales se han diseñado conforme a lo dispuesto en la norma UNE 150008, el Real Decreto 2090/2008 y la Memoria Justificativa de dicho Real Decreto.

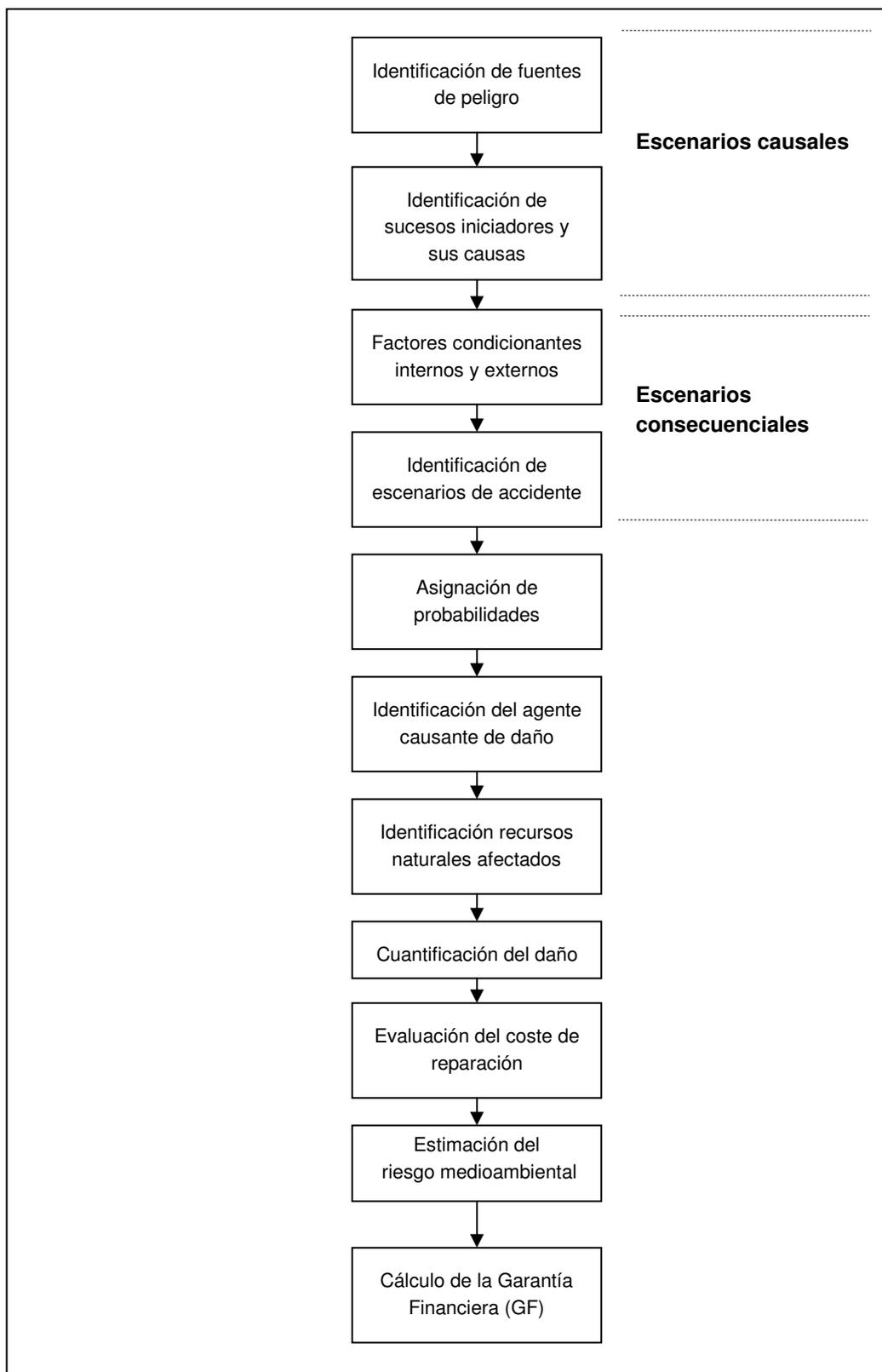


Figura 2. Secuencia metodológica del análisis de riesgos para el desarrollo de la TB. Fuente: elaboración propia.

A continuación se procede a la definición de cada una de las fases que se han llevado a cabo en el análisis de riesgos necesario para el desarrollo de la TB.

VII.2.1. IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE PELIGRO

En el análisis de riesgos realizado se procedió en primer lugar a la identificación de las unidades productivas de las instalaciones del sector, con el objetivo de realizar una zonificación que facilitara la identificación de las fuentes de peligro por actividad con peligro asociado.

Tanto la zonificación de las instalaciones como la identificación de las fuentes de peligro, se han realizado tomando como base la información recopilada a través de una serie de visitas técnicas a instalaciones características del sector, propuestas por la asociación sectorial ASEFAPI. De esta forma se visitó, por un lado, una planta representativa de la fabricación de pinturas, y por otro una instalación representativa de la fabricación de tintas de imprimir.

En ambas instalaciones se procedió a determinar las diferentes fuentes de peligro, atendiendo para ello a tres criterios o enfoques:

- Las apreciaciones del equipo técnico responsable del presente análisis de riesgos
- La experiencia previa de los responsables de las plantas visitadas
- La experiencia previa y la visión global del sector ofrecida por ASEFAPI

El procedimiento básico consistió en la realización de una visita en detalle de cada instalación, durante la cual se observaban y listaban las principales fuentes de peligro para cada una de las actividades con peligro asociado identificadas. Tras esta primera aproximación, se mantenía una reunión con el personal de cada planta, mediante la cual se afinaba y cribaba el listado inicial de fuentes de peligro.

Posteriormente a la realización de las visitas, se mantuvieron una serie de reuniones con el personal técnico de ASEFAPI, con el fin de generalizar las conclusiones obtenidas al conjunto de las instalaciones del sector.

Adicionalmente al citado trabajo técnico, y de nuevo a través de ASEFAPI, se consultaron fuentes bibliográficas especializadas sobre la gestión de atmósferas explosivas (SGS TECNOS, 2008).

Las fuentes de peligro identificadas a través de las visitas, se encuentran relacionadas principalmente con las sustancias y equipos empleados y con las actividades que el personal de las instalaciones realiza con los mismos.

En la Tabla 2, que se muestra a continuación, se enumeran las fuentes de peligro identificadas en cada actividad con peligro asociado.

Actividad o Sector con Peligro asociado	Fuentes de peligro identificadas
Carga y descarga con cisterna	Experiencia y formación ambiental del personal
	Sustancias tóxicas e inflamables
	Mantenimiento y supervisión en la operación
	Posible generación de atmósferas explosivas
Carga y descarga con carretilla	Experiencia y formación ambiental del personal
	Sustancias tóxicas e inflamables
	Mantenimiento y supervisión en la operación
Almacenamiento de recipientes	Recipientes
	Experiencia y formación ambiental del personal
	Sustancias tóxicas e inflamables
	Mantenimiento y supervisión en la operación
	Posible generación de atmósferas explosivas
Almacenamiento en depósitos aéreos y subterráneos	Depósitos
	Experiencia y formación ambiental del personal
	Sustancias tóxicas e inflamables
	Mantenimiento y supervisión en la operación
	Posible generación de atmósferas explosivas
Fabricación	Equipos (agitadores, reactores, molinos, envasadoras, etc.)
	Experiencia y formación ambiental del personal
	Sustancias tóxicas e inflamables
	Mantenimiento y supervisión en la operación
	Posible generación de atmósferas explosivas
Sistema de válvulas y tuberías aéreas y subterráneas	Tuberías, válvulas, bridas, conexiones, etc.
	Experiencia y formación ambiental del personal
	Sustancias tóxicas e inflamables
	Mantenimiento y supervisión en la operación
Limpieza de calderas	Depósito de disolvente
	Sustancias tóxicas e inflamables
	Experiencia y formación ambiental del personal
	Mantenimiento y supervisión en la operación
	Posible generación de atmósferas explosivas
Laboratorio	Equipos
	Sustancias tóxicas e inflamables
	Experiencia y formación ambiental del personal
	Mantenimiento y supervisión en la operación
	Posible generación de atmósferas explosivas
Polvorín de nitrocelulosa	Sustancias tóxicas e inflamables
	Posible generación de atmósferas explosivas
EDAR	Equipos, depósitos, tuberías, válvulas, bridas, etc.
	Experiencia y formación ambiental del personal
	Efluentes tóxicos
	Mantenimiento y supervisión en la operación

Tabla 2. Fuentes de peligro por actividad con peligro asociado identificadas en el análisis de riesgos. Fuente: elaboración propia.

VII.2.2. IDENTIFICACIÓN DE LOS SUCESOS INICIADORES Y SUS CAUSAS

Una vez identificadas las fuentes de peligro se procedió a identificar los sucesos iniciadores a partir de la información obtenida en la fase anterior.

Se entiende por suceso iniciador al hecho físico identificado a partir de un análisis causal que puede generar un incidente o accidente en función de cuál sea su evolución en el espacio y en el tiempo.

En el análisis de riesgos realizado y atendiendo a las fuentes de peligro identificadas, se han considerado tres tipos principales de sucesos iniciadores:

- Vertido o derrame de una sustancia química
- Incendio producido en el interior de la instalación
- Vertido desde EDAR

Si bien, el primero de los mismos se desagrega a efectos del análisis en tantos subtipos como agentes de tipo químico se han diferenciado. A este respecto, el tratamiento que se ha dado a los agentes causantes de daños de tipo químico se explica de forma detallada en el anejo I del presente documento.

Teniendo en cuenta que cualquier hecho producido con anterioridad a un suceso iniciador y que influya de manera directa en su ocurrencia puede ser considerado una causa de dicho suceso, se han identificado una serie de causas para cada suceso iniciador por actividad con peligro asociado.

❖ Causas desencadenantes de un vertido o derrame

Con el fin de definir las posibles causas de que se produzca un hipotético vertido tóxico, se ha atendido a lo dispuesto en el apartado 5.2.2.2 de la norma UNE 150008, escogiéndose las siguientes posibles causas:

- *Errores humanos*: se consideran los distintos errores que los operarios que trabajan en la instalación pudieran cometer.
- *Impactos por caída*: se definen como los impactos producidos por la caída de recipientes desde diferentes alturas, provocando la rotura de los mismos y la consecuente fuga de las sustancias que contienen.
- *Impactos por choque*: se definen como los impactos producidos por el choque de dos elementos, al menos uno de los cuales estaba siendo manejado en el ámbito de la instalación.
- *Corrosión y desgaste de los materiales*: a efectos del presente modelo, la corrosión y el desgaste de los materiales —recipientes, depósitos, tuberías, etc.—, se entiende como la erosión paulatina de los mismos debido a su uso y contacto con determinados agentes.

- *Sobrellenado de depósitos*: rebose de los recipientes por encima de su capacidad máxima.
- *Fallo en el funcionamiento de los equipos*: fallo en el correcto funcionamiento de los equipos provocando la fuga de las sustancias manejadas en los mismos.
- *Fallo en las válvulas*: fallo en el correcto funcionamiento de las válvulas de depósitos y tuberías.

En la Tabla 3 vienen reflejadas las causas que han sido identificadas para el suceso iniciador “vertido o derrame”.

Actividad con peligro de vertido	Causas de vertido
Carga y descarga camión cisterna	Error humano
Carga y descarga con toro mecánico o carretilla	Impactos por caída Impactos por choque Error humano
Almacenamiento de recipientes	Corrosión/desgaste Impactos por caída Impactos por choque Error humano
Almacenamiento en depósitos aéreos	Corrosión/desgaste Sobrellenado Error humano
Almacenamiento en depósitos subterráneos	Corrosión/desgaste Sobrellenado Error humano
Fabricación. Actividades con equipos con uso de recipientes móviles asociados	Corrosión/desgaste Sobrellenado Error humano
Fabricación. Actividades con equipos con depósito propio	Corrosión/desgaste Sobrellenado Fallo de funcionamiento Error humano
Sistema de válvulas y tuberías aéreas	Corrosión/desgaste Fallo de válvulas Error humano
Sistema de válvulas y tuberías subterráneas	Corrosión/desgaste Fallo de válvulas Error humano

Tabla 3. Causas de vertido de sustancias por actividad con peligro de vertido asociado identificadas en el análisis de riesgos. Fuente: elaboración propia.

Cabe aclarar que en la actividad *Carga y descarga con camión cisterna* únicamente se ha tenido en cuenta el error humano como causa de vertido, puesto que el operador titular de la instalación tiene un control parcial de los riesgos asociados al ser ésta una actividad que normalmente es subcontratada. Por tanto, hay una serie de medidas preventivas que el operador no puede tomar porque los camiones cisterna no pertenecen a su instalación. A su vez, los restantes elementos implicados en dicha actividad —depósitos, válvulas, tuberías, etc.— vienen recogidos en otras actividades con peligro asociado.

❖ **Causas desencadenantes de un incendio**

En lo que respecta a las causas desencadenantes de un incendio —con o sin explosión—, se ha atendido a los componentes necesarios para el inicio de un fuego según la bibliografía (SGS TECNOS, 2008), siendo los siguientes:

- Comburente. Habitualmente el aire, a través del oxígeno que contiene.
- Combustible. Sustancia capaz de reaccionar químicamente con el comburente.
- Foco de ignición. El foco de ignición necesario para el inicio de la combustión es aportado por chispas eléctricas, chispas mecánicas o electricidad estática.

Existen dos directivas europeas de obligado cumplimiento para la prevención de los riesgos generados por atmósferas explosivas (ATEX). Estas directivas han sido transpuestas al ordenamiento jurídico nacional a través de dos Reales Decretos:

- Real Decreto 400/1996, de 1 de marzo, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la directiva del parlamento europeo y del consejo 94/9/CE de 1994, relativa a los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas, dirigida a fabricantes de equipos destinados a ser instalados en zonas con riesgo de formación de ATEX.
- 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, el cual transpone la Directiva 1992/92/CE y se dirige a los proyectistas de las instalaciones creadoras de atmósferas explosivas. Dicha directiva exige una clasificación zonal y una evaluación de riesgos por parte del operador, en cuanto a la ocurrencia de explosiones e incendios se refiere, que queda plasmada en el denominado Documento de Protección contra Explosiones, en adelante DPCE.

Tal y como indica el artículo 8 del RD 681/2003 el DPCE debe configurar un estudio en el que queden reflejados los siguientes puntos, los cuales se muestran en la Figura 3:

- a) Que se han determinado y evaluado los riesgos de explosión
- b) Que se tomarán las medidas adecuadas para establecer las disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores y trabajadoras

- c) Las áreas que han sido clasificadas en zonas en las que pueden formarse atmósferas explosivas
- d) Las áreas en que se aplicarán los requisitos mínimos destinados a mejorar la seguridad y salud de los trabajadores y las trabajadoras potencialmente expuestos a atmósferas explosivas
- e) Que el lugar y los equipos de trabajo, incluidos los sistemas de alerta, están diseñados y se utilizan y mantienen teniendo debidamente en cuenta la seguridad
- f) Que se han adoptado las medidas necesarias, de conformidad con el Real Decreto 1215/1997, para que los equipos de trabajo se utilicen en condiciones seguras



Figura 3. Obligaciones del operador en materia de prevención y protección contra explosiones. Fuente: RD 681/2003, citado en ASEFAPI, 2009.

Este documento se considera válido como herramienta para el análisis de riesgos ya que, según se establece en el artículo 4 del RD 681/2003, el mismo debe considerar los riesgos específicos derivados de las atmósferas explosivas, teniendo en cuenta al menos:

- La probabilidad de formación y la duración de atmósferas explosivas

- La probabilidad de la presencia y activación de focos de ignición, incluidas las descargas electrostáticas
- Las instalaciones, las sustancias empleadas, los procesos industriales y sus posibles interacciones
- Las proporciones de los efectos previsibles

Tomando como base los DPCE de las instalaciones objeto de estudio, se definieron las causas desencadenantes de incendio, que además son condiciones necesarias para que éste se produzca, y se identificaron las actividades en las que se encuentran presentes, según se refleja en la Tabla 4.

Actividad con peligro de incendio	Causas de incendio
Carga y descarga camión cisterna	Existencia de combustible
Almacenamiento de recipientes	
Almacenamiento en depósitos aéreos	
Almacenamiento en depósitos subterráneos	
Fabricación (incluye agitadores, diluidores, molinos, manejo de calderas, filtrado y envasado, básculas y grifos)	Existencia de comburente
Limpieza de calderas	Foco de ignición
Polvorín de Nitrocelulosa	
Laboratorios (incluye cabinas de pintura y salas de mezclas)	

Tabla 4. Causas de incendio por actividad con peligro de incendio asociado identificadas en el análisis de riesgos. Fuente: elaboración propia.

❖ **Causas desencadenantes de un vertido desde EDAR**

De la misma forma que se identificaron las causas desencadenantes de un vertido o derrame de sustancias se procedió a la identificación de las posibles causas que pudieran producir un vertido desde una estación propia de depuración de aguas residuales de proceso propia.

De este modo se identificaron las siguientes causas:

- *Errores humanos*: se consideran los distintos errores que pudieran cometer los operarios que trabajan en la instalación.
- *Impactos por choque*: se definen como los impactos producidos por el choque de dos elementos, los cuales estaban siendo manejados en el ámbito de la instalación.
- *Corrosión y desgaste de los materiales*: a efectos del presente modelo, la corrosión y el desgaste de los materiales —depósitos, tuberías, etc.—, se entiende como la erosión paulatina de los mismos debido a su uso y contacto con determinados agentes.
- *Sobrellenado de depósitos*: rebose de los depósitos por encima de su capacidad máxima.
- *Fallo en el funcionamiento de los equipos*: fallo en el correcto funcionamiento de los equipos provocando la fuga de aguas residuales.
- *Fallo en las válvulas*: fallo en el correcto funcionamiento de las válvulas de depósitos y tuberías de la EDAR.

En la Tabla 5 vienen reflejadas las causas que han sido identificadas para el suceso iniciador “vertido o derrame desde EDAR”.

Actividad con peligro de vertido desde EDAR	Causas de vertido desde EDAR
Equipos de proceso con depósito propio	Corrosión/Desgaste Sobrellenado Error humano Fallo de funcionamiento
Almacenamiento en depósitos	Corrosión/Desgaste Sobrellenado Error humano
Sistema de válvulas y tuberías	Corrosión/Desgaste Error humano Fallo en válvulas y tuberías

Tabla 5. Causas de vertido de sustancias por actividad con peligro de vertido desde EDAR asociado identificadas en el análisis de riesgos. Fuente: elaboración propia.

VII.2.3. FACTORES CONDICIONANTES (INTERNOS Y EXTERNOS). CONSIDERACIÓN DE MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y EVITACIÓN

Esta fase del estudio tiene por objeto establecer, a partir de los sucesos iniciadores identificados y mediante un análisis de árbol de sucesos, la secuencia de eventos o alternativas posibles que, con una probabilidad determinada, pueden dar lugar a los distintos escenarios de

accidente sobre los cuales se estiman las potenciales consecuencias de un determinado suceso en el medio receptor.

Con el fin de determinar estas posibles consecuencias se han tenido en cuenta tanto factores condicionantes propios de la instalación, como externos a la misma —entorno ambiental—, teniendo en especial consideración las medidas de prevención y evitación de los daños de las que se pudiera disponer, así como la efectividad de las mismas.

Los factores condicionantes tenidos en cuenta en el desarrollo del árbol de sucesos asociados tanto a vertido o derrame de sustancias como a incendio son los enumerados en las Tablas 6, 7, 8 y 9.

Factores condicionantes asociados a vertido o derrame
Posibilidad de que el vertido sea detectado y contenido
Posibilidad de que el vertido alcance una red de drenaje con salida al exterior
Posibilidad de que el vertido alcance el exterior del emplazamiento
Posibilidad de que el vertido quede retenido a la salida de la red de drenaje
Posibilidad de que el vertido afecte al suelo
Posibilidad de que el vertido afecte a una masa de agua superficial
Posibilidad de que el vertido afecte a especies silvestres
Posibilidad de que el vertido afecte a un hábitat

Tabla 6. Factores condicionantes asociados a vertido tenidos en cuenta en el análisis de riesgos.

Fuente: elaboración propia.

Factores condicionantes asociados a incendio
Posibilidad de que haya una detección y control tempranos del incendio
Posibilidad de que el incendio alcance el exterior del emplazamiento
Posibilidad de que las aguas de extinción alcancen una red de drenaje con salida al exterior
Posibilidad de que las aguas de extinción sean contenidas dentro de la instalación
Posibilidad de que las aguas de extinción afecten a una masa de agua superficial
Posibilidad de que el incendio afecte a especies silvestres
Posibilidad de que el daño afecte a hábitat

Tabla 7. Factores condicionantes asociados a vertido tenidos en cuenta en el análisis de riesgos.

Fuente: elaboración propia.

Factores condicionantes asociados a vertido desde EDAR por sobrellenado
Posibilidad de que el vertido sea detectado y contenido
Posibilidad de que el vertido alcance una red de drenaje con salida al exterior
Posibilidad de que el vertido alcance el exterior del emplazamiento
Posibilidad de que el vertido afecte al suelo
Posibilidad de que el vertido afecte a una masa de agua superficial
Posibilidad de que el vertido afecte a especies silvestres
Posibilidad de que el vertido afecte a un hábitat

Tabla 8. Factores condicionantes asociados a vertido desde EDAR por sobrellenado tenidos en cuenta en el análisis de riesgos. Fuente: elaboración propia.

Factores condicionantes asociados a vertido desde EDAR por mal funcionamiento
Posibilidad de que el vertido sea detectado y contenido
Posibilidad de que el vertido afecte a una masa de agua superficial
Posibilidad de que el vertido afecte a especies silvestres

Tabla 9. Factores condicionantes asociados a vertido desde EDAR por mal funcionamiento tenidos en cuenta en el análisis de riesgos. Fuente: elaboración propia.

VII.2.4. IDENTIFICACIÓN DE ESCENARIOS DE ACCIDENTE

Los escenarios accidentales vienen definidos por las características de los posibles accidentes que podrían producirse, en función del suceso iniciador de partida y de los factores condicionantes del entorno y de la instalación. En la metodología vienen representados por cada una de las ramas finales a las que se llega aplicando un análisis en árbol de sucesos para cada suceso iniciador.

El producto final de esta fase consiste en un árbol de consecuencias, el cual enlaza cada uno de los sucesos iniciadores con las posibles consecuencias que éstos pueden ocasionar en función de una serie de eventos —representados en el modelo mediante los factores condicionantes—.

La Tabla 10 ilustra de forma esquemática cada uno de los componentes de la metodología seguida para el análisis de consecuencias.

En la parte izquierda del gráfico se enumeran las actividades con peligro asociado que dan lugar al suceso iniciador.

A partir del suceso iniciador —vertido, incendio o vertido desde EDAR—, se consideran los diferentes eventos que pueden ocurrir en función de los factores condicionantes.

Según la ocurrencia de los eventos se determinan los diferentes escenarios accidentales. Dichos escenarios vienen definidos por el agente causante del daño y los recursos potencialmente afectados por el daño.

Con el fin de cuantificar el riesgo, a cada escenario accidental se le debe asignar una probabilidad de ocurrencia, calculada mediante la combinación de la probabilidad de ocurrencia del suceso iniciador —definida por la probabilidad de sus causas—, y las probabilidades de ocurrencia de cada factor condicionante.

Por último, en la parte derecha del gráfico, se muestra de forma visual las afecciones a los diferentes recursos naturales cubiertos por la Ley 26/2007.

En el anejo III se recopilan los árboles de sucesos elaborados en el ámbito del presente análisis de riesgos, recogiendo asimismo los escenarios accidentales identificados para cada suceso iniciador: vertido de sustancias químicas, incendio y vertido desde EDAR.

En total se han elaborado 4 árboles de sucesos: 2 corresponden al vertido de sustancias químicas —disolventes y resinas, siendo ambos idénticos en cuanto a su formato—, 1 específico para evaluar los daños ocasionados por incendios, y 2 relativos a los daños ocasionados por fallos en la EDAR —uno desencadenado por el sobrellenado de la EDAR, y otro debido a un mal funcionamiento en el proceso de depuración—.

El número total de escenarios accidentales identificados en el presente análisis de riesgos asciende a 77, de los cuales 67 se considera que causarían efectos negativos sobre alguno de los recursos naturales cubiertos por la Ley 26/2007.

Actividad con peligro asociado	Prob	Suceso iniciador	Prob	Factor condicionante 1	Prob	Factor condicionante 2	Prob	Factor condicionante 3	Prob	Factor condicionante 4	Prob	Factor condicionante n	Prob	Escenarios de accidente	Prob Esc.	Afección	Recurso 1	Recurso 2	Recurso 3	Recurso 4	Recurso 5
Actividad 1		Suceso Iniciador A		Sí								Escenario 1		Nula							
Actividad 2				No		Sí		Sí					Escenario 2		Recursos 1 y 4						
...					No		Sí		Sí				Escenario 3		Nula						
Actividad n									No				Escenario 4		Recurso 1, 2, 3, 4 y 5						
									No				Escenario 5		Recurso 1, 2 y 3						
					No							Escenario 6		Recurso 1 y 3							

Tabla 10. Esquema teórico del análisis de consecuencias realizado mediante la metodología de árbol de sucesos. Fuente: elaboración propia a partir de la Norma UNE 15008.

VII.2.5. IDENTIFICACIÓN DE LOS AGENTES CAUSANTES DE DAÑO

A tenor del análisis de riesgos realizado, se han identificado como posibles agentes causantes de daños a los recursos cubiertos por la Ley 26/2007, el vertido de sustancias químicas —agente químico— y el incendio —agente físico-químico—.

En el proceso de fabricación del sector se manejan numerosas sustancias químicas, las cuales son mezcladas con el fin de obtener los productos finales del proceso. Según algunas publicaciones consultadas (ASEFAPI, 2009), en la formulación de la pintura pueden intervenir hasta 20 sustancias diferentes. Adicionalmente, para cada función, la formulación de cada producto cambia, estimándose en 5.000 las fórmulas base empleadas actualmente.

Esta amplia variedad de productos químicos obliga a realizar una agrupación de los mismos con el fin de hacer factible su manejo y tratamiento en el análisis de riesgos. En concreto, con la asistencia de ASEFAPI, se han definido 6 familias relativamente homogéneas de sustancias empleadas por el sector. Dentro de cada familia se han identificado una serie de sustancias representativas atendiendo al grado de utilización que el sector hace de las mismas, en base a la información transmitida por ASEFAPI. Las sustancias químicas escogidas se muestran en la Tabla 11.

Familia	Subfamilia		Sustancias de referencia
Pigmentos y cargas			Dióxido de titanio
			Negro de carbono
Resinas	Epoxídicas		
	Alquídicas		
Aceites			Linaza
			Soja
			Minerales
Disolventes	Hidrocarburos	Alifáticos	White spirit /Aguarrás
		Aromáticos	Tolueno
			Xileno
	Ésteres		Acetato de etilo
	Alcoholes		Etanol
Aditivos			
Combustibles líquidos			Gasóleo

Tabla 11. Sustancias químicas tomadas como referencia en el análisis de riesgos ambiental. Fuente: elaboración propia.

En el anejo I se realiza una descripción de las características de los diferentes grupos de sustancias identificados, además de las propiedades físico-químicas y toxicológicas que se han tenido en cuenta para su consideración en el análisis de riesgos.

En base a las consideraciones descritas en el citado anejo y tomando un criterio conservador, se ha seleccionado un tipo de sustancia concreta para cada una de las familias anteriormente definidas, tomando como sustancia representativa la que tiene el umbral de toxicidad LC50 más bajo, es decir, la que tiene una mayor toxicidad de entre las identificadas dentro de cada familia. Dichas sustancias, así como sus umbrales de toxicidad, se recogen en la Tabla 12.

Familia		Sustancia considerada	LD 50	EC 50	PNEC
Pigmentos y cargas		No considerado	-	-	-
Resinas		Epoxídicas	2.000 mg/Kg	1,5 mg/l	-
Aceites		No considerado	-	-	-
Disolventes		Acetato de etilo	500 mg/Kg	-	0,26 mg/l
Aditivos		No considerado	-	-	-
Combustible líquido		No considerado	-	-	-
MEZCLAS	Pinturas, tintas y barnices al disolvente	Resina epoxídica	2.000 mg/Kg	1,5 mg/l	-
	Pinturas, tintas y barnices al agua	Resina epoxídica	2.000 mg/Kg	1,5 mg/l	-
	Aguas de extinción de incendio	Acetato de etilo	500 mg/Kg	-	0,26 mg/l
	Aguas de proceso tratadas en EDAR	Resina epoxídica	2.000 mg/Kg	1,5 mg/l	-

Tabla 12. Sustancias químicas tomadas como referencia para la cuantificación del daño. Fuente: elaboración propia.

Con el fin de cuantificar los daños ocasionados se han seleccionado como sustancias de referencia la resina epoxídica y el acetato de etilo, ya que ambas son las más tóxicas y las que se encuentran en volúmenes más elevados en la mayoría de las instalaciones. De esta forma han quedado excluidos los pigmentos, cargas y aditivos por su bajo volumen y, en general, baja movilidad puesto que son sólidos, los aceites por su baja toxicidad y los combustibles líquidos por su presencia en volúmenes muy bajos, conforme se expone de manera detallada en el anejo I.

VII.2.6. IDENTIFICACIÓN DE RECURSOS NATURALES AFECTADOS

Conocidas las características de cada uno de los escenarios accidentales, es posible identificar cuáles de los recursos naturales cubiertos por la Ley 26/2007 —suelo, agua, hábitats y especies—, podrían verse afectados por el daño. En cada caso, pueden verse afectados uno, varios o ninguno de dichos recursos, circunstancia que debe ser tomada en cuenta de cara a la fase de cuantificación de los daños.

VII.2.7. ASIGNACIÓN DE PROBABILIDADES

Se han aplicado dos procedimientos diferenciados para la asignación de probabilidades de ocurrencia en función de que se esté trabajando en la parte del árbol correspondiente a los escenarios causales —en la Tabla 10, a la izquierda del suceso iniciador— o en la parte correspondiente a los escenarios de consecuencias —a la derecha del suceso iniciador—. En ambos casos, la probabilidad se ha calculado en términos semicuantitativos, por lo tanto debe interpretarse como un indicador relativo de la frecuencia con la que podrían producirse los diferentes escenarios accidentales.

VII.2.7.1. Estimación de probabilidades de los sucesos iniciadores (escenarios causales)

El objetivo de esta fase consiste en definir la probabilidad de ocurrencia de cada uno de los sucesos iniciadores. Para ello ante la ausencia de un registro histórico de accidentes, la metodología empleada ha sido la selección y categorización de una serie de variables indicadoras, denominadas estimadores, relativas a las causas del suceso iniciador, a partir de las cuales se pueda estimar la probabilidad de ocurrencia del mismo.

La Figura 4 muestra la secuencia metodológica que se ha seguido para la asignación de probabilidades a los sucesos iniciadores.

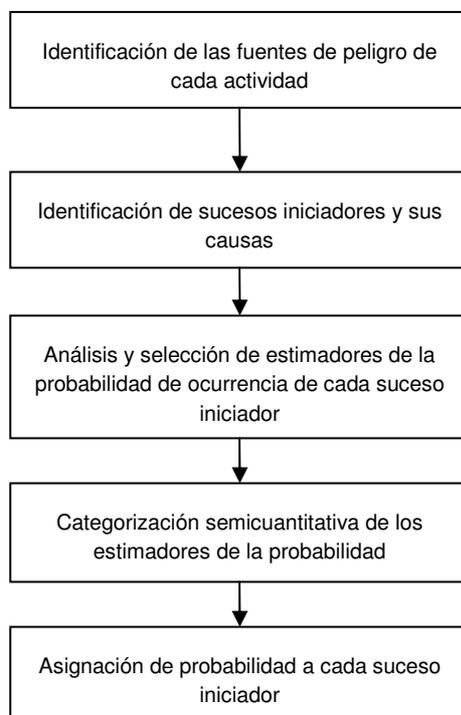


Figura 4. Secuencia metodológica para la asignación de probabilidades de ocurrencia a los sucesos iniciadores. Fuente: elaboración propia.

La identificación de las fuentes de peligro y el análisis exhaustivo de las causas de los sucesos iniciadores han permitido definir los estimadores de la frecuencia con la que ocurre cada una de las causas de los sucesos iniciadores, según se recoge en el anejo II.

VII.2.7.2. Estimación de probabilidades en el árbol de sucesos (escenarios consecuenciales)

Para la estimación de las probabilidades asociadas a los factores condicionantes tanto internos como externos a la instalación, se ha utilizado una metodología similar al procedimiento realizado en el apartado anterior. Para ello se han identificado una serie de variables determinantes asociadas a cada factor condicionante identificado en cada árbol de sucesos. Dichas variables determinan de forma semicuantitativa la probabilidad de ocurrencia de cada factor condicionante mediante una serie de tablas de categorización. En dichas tablas, dependiendo del valor que adopten las distintas variables, se calcula la probabilidad de ocurrencia de cada factor, expresada numéricamente con valores comprendidos entre 0 —menos probable— y 1 —más probable—.

Las fuentes empleadas para esta estimación proceden de bibliografía especializada, y del criterio establecido por el equipo técnico.

En el apartado VIII del presente informe se explica, de forma concreta y detallada, la metodología utilizada para la estimación de la probabilidad de ocurrencia de los escenarios accidentales identificados en el análisis de riesgos.

VII.2.8. ESTIMACIÓN DE CONSECUENCIAS Y CUANTIFICACIÓN DEL DAÑO

Una vez identificados los escenarios accidentales y evaluada su probabilidad de ocurrencia se procede a estimar las consecuencias de los posibles daños medioambientales en el medio.

De acuerdo con lo establecido en el Reglamento, la cuantificación del daño ocasionado a los recursos naturales engloba el cálculo de los siguientes parámetros para cada uno de los escenarios accidentales:

❖ Extensión

La extensión del daño se determina mediante la medición de la cantidad de recurso afectado. En el presente estudio se utilizan una serie de modelos de difusión mediante los cuales es posible cuantificar la afección producida tanto por vertidos de sustancias químicas como por incendios. Los modelos de difusión utilizados se describen en el anejo IV de este informe.

❖ Intensidad

Se entiende por intensidad a la severidad de los efectos ocasionados por el agente causante del daño sobre los recursos naturales. En el presente estudio, la intensidad de los daños se evalúa a través de los datos de extensión y concentración retornados por los modelos de difusión descritos en el anejo IV de este informe.

❖ **Escala temporal del daño**

Se trata de la caracterización de la reversibilidad y de la duración de los efectos adversos que experimentan los receptores hasta que éstos recuperan su estado básico. Con el fin de definir el tiempo necesario para reparar cada uno de los escenarios accidentales, se recomiendan una o varias técnicas de reparación primaria. Para ello se ha utilizado como base la información facilitada por el Modelo de Oferta de Responsabilidad Ambiental (MORA), elaborado por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, y la Comisión Técnica de Prevención y Reparación de Daños Medioambientales.

VII.2.9. CONSIDERACIÓN DE MEDIDAS DE REPARACIÓN PRIMARIA. EVALUACIÓN DEL COSTE DE REPOSICIÓN

Una vez cuantificados los potenciales daños medioambientales asociados a los escenarios accidentales se evalúa el coste de reparación primaria de los mismos. Para ello se consideran las medidas de reparación primaria asignadas a cada uno de los escenarios accidentales, en base a la información facilitada por la herramienta MORA. Esto es, conocida la extensión del daño medida en unidades de recurso afectado, el lugar donde éste se produce y el agente causante de daño, se procede a monetizar el escenario accidental mediante el empleo de MORA.

El coste correspondiente a las medidas de prevención y evitación, se incorpora en el modelo como un 10 por ciento del importe total de la garantía financiera, conforme con lo indicado en el artículo 33 del Reglamento.

VII.2.10. ESTIMACIÓN DEL RIESGO

El riesgo asociado a cada escenario accidental se calcula multiplicando su probabilidad de ocurrencia por el coste económico de reparación primaria de los potenciales daños medioambientales asociados a dicho escenario, tal y como se indica en el Reglamento.

VII.2.11. CÁLCULO DE LA GARANTÍA FINANCIERA

La aplicación del modelo de análisis de riesgos a una instalación concreta facilita el cálculo de su garantía financiera según lo establecido en el Reglamento, de tal forma que la cuantía de la garantía financiera propuesta será el valor del daño medioambiental más alto entre los escenarios de menor coste asociado que agrupan el 95 por ciento del riesgo total.

Para el desarrollo de la TB el modelo de análisis ha sido empleado sobre una muestra representativa de instalaciones del sector, obteniéndose la información necesaria para su aplicación mediante un cuestionario enviado a los socios de ASEFAPI —adjunto en el anejo V—. Los valores de garantía financiera obtenidos para la muestra de instalaciones —mostrados en el anejo VII—, han sido utilizados para establecer una correlación estadística entre las variables determinantes del riesgo de las instalaciones, y el valor de la garantía financiera, objetivo último del instrumento de análisis sectorial según se expone en el apartado IX de este informe.

VIII. DESCRIPCIÓN Y UTILIZACIÓN DE LA TABLA DE BAREMOS

Tal como se describe en el documento de la Comisión Técnica de Prevención y Reparación de Daños Medioambientales “Estructura y contenidos generales de las herramientas sectoriales para el análisis del riesgo medioambiental”, para el desarrollo de una TB es necesaria la identificación de una relación entre el riesgo y el coste de reparación primaria que permita estimar la cobertura del daño que habrá de ser considerada para el establecimiento de la cuantía de la garantía financiera por responsabilidad medioambiental.

Para la evaluación del riesgo en el sector de las pinturas y tintas de imprimir se ha utilizado la metodología expuesta en la Norma UNE 150008. La metodología parte de la diferenciación de dos fases, por un lado la identificación de las fuentes de peligro y las causas que pueden desencadenar la ocurrencia de un suceso iniciador —escenarios causales— y, por otro, la identificación, a partir de los sucesos iniciadores, de la secuencia de eventos que lleva a la postulación de una serie de escenarios accidentales. Estos escenarios se caracterizarán por la afección sobre los diferentes receptores cubiertos por la Ley 26/2007, que son suelo, agua, hábitats, especies silvestres, y ribera del mar y de las rías.

Como ha quedado expuesto anteriormente, los sucesos iniciadores identificados para el sector objeto de este informe, son el vertido de sustancias químicas, el incendio y el vertido desde EDAR.

El esquema de desarrollo del trabajo coincide con el que se muestra a continuación.

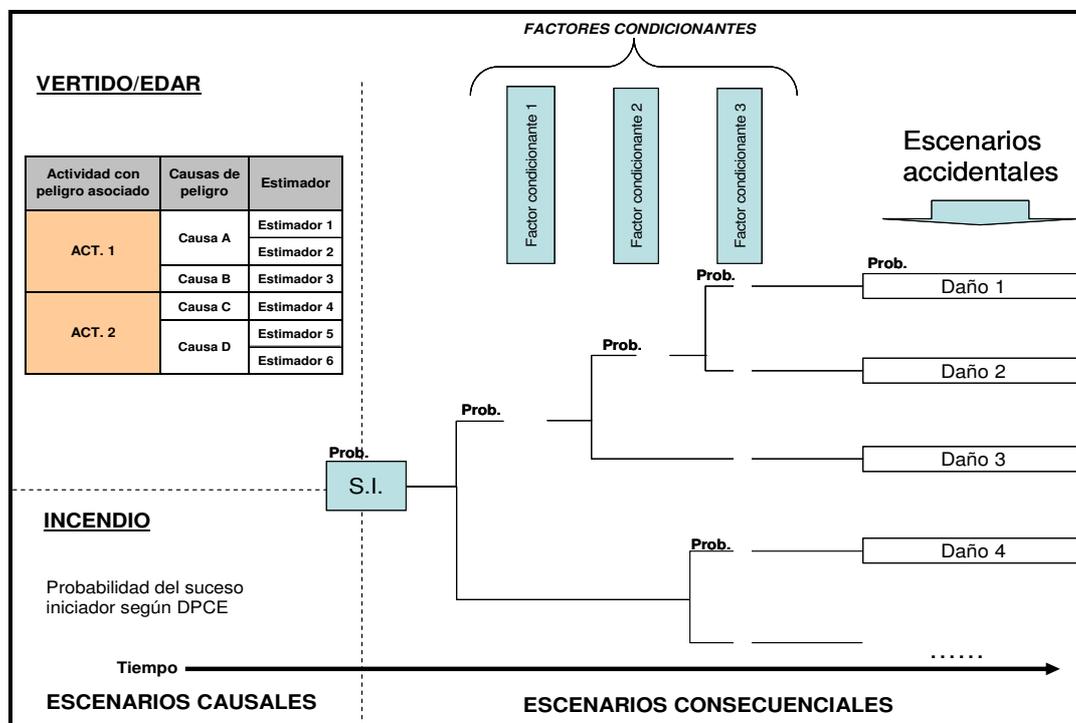


Figura 5. Esquema de trabajo. Fuente: elaboración propia a partir de la Norma UNE 150008.

Cada una de las dos fases —causal y consecencial— lleva asociada una probabilidad de ocurrencia. En función del tipo de suceso iniciador —vertido, incendio o vertido desde EDAR—, la probabilidad de los escenarios causales se ha valorado de diferente forma.

- La probabilidad asociada a vertido de sustancias químicas se ha definido mediante una serie de estimadores semicuantitativos de las causas del suceso, determinados para cada actividad con peligro asociado en la instalación. Puesto que no existe un documento de referencia previo, en el que se recojan los escenarios causales más relevantes de cara al daño ambiental, acogiéndose a un criterio de prudencia en la valoración, se ha optado por otorgar al suceso iniciador una probabilidad ponderada en función del peso que tomen los estimadores para cada actividad con peligro asociado. De esta forma se considera la totalidad de las posibles causas de peligro, sin realizar por tanto juicios de valor previos sobre las probabilidades de ocurrencia de cada una de las mismas, o sobre la relevancia de los escenarios accidentales.
- En el caso del incendio la probabilidad del suceso iniciador se ha tomado del documento de protección contra explosiones (DPCE), que según el 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*, es de obligada elaboración y mantenimiento en las instalaciones susceptibles de formar atmósferas explosivas (ATEX). A diferencia de los vertidos, el hecho de contar con un documento de referencia donde se plasman los riesgos específicos derivados de las atmósferas explosivas y se valora la probabilidad de explosión por zonas y equipos (DPCE), permite identificar la actividad en la que es más probable que comience el incendio. La utilización de este documento proporciona la seguridad de saber que se parte de un análisis de riesgos, *a priori* riguroso y actualizado, en el que se detallan los puntos del proceso con mayor probabilidad de incendio, que a la postre serán los escenarios más frecuentes. Por ello, asumiendo un criterio conservador en la valoración, en el modelo se ha asumido que la probabilidad del suceso iniciador *incendio* corresponde a la máxima probabilidad definida en el DPCE que se pueda conferir a alguna de las actividades con peligro asociado.
- La probabilidad de vertido desde EDAR se halla de forma muy similar a la probabilidad de vertido de sustancias químicas. Se parte de una serie de estimadores de las causas para cada actividad con peligro identificada en la estación depuradora y, una vez asignados los valores, se otorga al suceso iniciador una probabilidad ponderada en función del peso de dichos estimadores por actividad.

Una vez asignada la probabilidad del suceso iniciador se ha desarrollado la parte del árbol consecencial, que muestra a partir de la definición de unos factores condicionantes tanto internos como externos, una secuencia de eventos o alternativas con una probabilidad conocida, los cuales dan lugar a los distintos escenarios de accidente. La probabilidad de cada escenario de accidente es la combinación entre la probabilidad del suceso iniciador y las probabilidades asignadas a cada factor condicionante dentro del árbol de sucesos.

El siguiente paso es la cuantificación del daño causado en cada escenario accidental; que se realiza mediante distintos modelos de difusión según la afección sea por vertido o por incendio.

Posteriormente se procede a la estimación de los costes de reposición asociados a la reparación primaria de cada escenario, que son aquéllos estimados a partir de la herramienta MORA.

Una vez estimados los costes de reposición primaria correspondientes a cada escenario, se estima el valor del riesgo de cada uno de ellos como el producto entre la probabilidad de ocurrencia y su coste de reposición.

Finalmente, la cuantía de la garantía financiera para cada operador se obtiene seleccionando los escenarios de menor coste asociado que agrupen el 95 por ciento del riesgo total, estableciendo como propuesta de importe el valor del daño medioambiental más alto entre los escenarios accidentales seleccionados.

VIII.1. DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA DEL ANÁLISIS DE RIESGOS ASOCIADOS A VERTIDO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS

Para el desarrollo del análisis de los riesgos asociados a vertido se partió de la información recopilada a través de visitas técnicas a instalaciones del sector. Como se explica en el apartado de metodología, en primer lugar se identificaron las fuentes de peligro asociadas a las actividades del proceso productivo, y a partir de éstas, con ayuda del criterio de expertos, se obtuvo un listado de operaciones representativas del sector. De esta forma, las actividades estimadas con peligro de vertido fueron:

- Carga y descarga mediante camión cisterna
- Carga y descarga con carretilla o toro mecánico
- Almacenamiento en recipientes sobre *palets* y estanterías
- Almacenamiento en depósitos subterráneos
- Almacenamiento en depósitos aéreos
- Equipos con uso de recipientes móviles asociados: entre estos equipos se encuentran los equipos que utilicen en su funcionamiento recipientes móviles como los agitadores, tricilíndricos, etc.
- Equipos con depósito propio: entre estos equipos se encuentran las envasadoras, molinos, equipos de limpieza de recipientes móviles, etc.
- Sistema de válvulas y tuberías aéreas
- Sistema de válvulas y tuberías subterráneas

A continuación se dividió el trabajo en dos fases, por un lado la parte de identificación de posibles causas que desencadenan el suceso iniciador en estas actividades y, por otro, las posibles consecuencias del suceso iniciador, cuya evolución depende de una serie de factores condicionantes que en función de su ocurrencia desembocan en distintos escenarios accidentales. Cada una de

estas dos partes lleva asociado un valor de probabilidad de ocurrencia, que a la postre es el que define los riesgos ambientales en las instalaciones.

Se han diseñado dos procedimientos diferenciados para la asignación de las probabilidades, en función de que se trabaje en la parte del árbol correspondiente a los escenarios causales o en la parte correspondiente a los escenarios de consecuencias. En ambos casos, la probabilidad se ha calculado en términos semicuantitativos; por lo tanto debe interpretarse como un indicador relativo de la frecuencia con la que podrían producirse los diferentes escenarios accidentales.

La metodología aplicada en cada fase para la asignación de probabilidades se presenta a continuación.

VIII.1.1. ESTIMACIÓN DE PROBABILIDADES EN LA IDENTIFICACIÓN DE LOS ESCENARIOS CAUSALES DE VERTIDO

El objetivo de esta fase consiste en definir la probabilidad de ocurrencia del suceso iniciador, definido en este caso como el vertido de la sustancia tomada de referencia.

Para ello ante la ausencia de un registro histórico de accidentes, la metodología plantea seleccionar una serie de variables explicativas, a partir de las cuales se puede estimar la probabilidad de los diferentes tipos de accidente.

La secuencia metodológica que se ha seguido para la asignación de probabilidades a los sucesos iniciadores queda reflejada en el esquema que se muestra en la Figura 4.

El estudio y análisis tanto de las fuentes de peligro por actividad con peligro asociado como de las causas de vertido definidas en los apartados VII.2.1 y VII.2.2. de este documento, permitió definir unos estimadores de la frecuencia con la que ocurre cada una de las causas de accidente.

Cada estimador de frecuencia presenta una serie de categorías, que son las que, a la postre, definen el valor de probabilidad de ocurrencia del incidente para esa actividad. Dichas categorías se mueven en una escala semicuantitativa del 1 al 4 según su aporte a la probabilidad sea menor o mayor: el valor que se les otorgue viene dado por las características particulares de cada instalación. Por regla general, la probabilidad de accidente de una determinada actividad con peligro asociado no se calcula en base a un único estimador. En la Tabla 13 se muestran de forma esquemática las variables tenidas en cuenta para cada actividad y cómo se llega al valor de probabilidad del suceso iniciador.

Actividad con peligro asociado	Estimador	Descripción	Categorización (Probabilidad)				Puntos	Prob_Causas_Act	Prob. S.I.
			1	2	3	4			
ACT. 1	Estimador 1	Descripción	E1.Categoría 1	E1.Categoría 2	E1.Categoría 3	E1.Categoría 4	valorE1	$\frac{\sum_{s_i} \text{Puntuación}_{\text{estimador } s_i}}{\text{Número}_{\text{estimador } s_i}}$	$\sum_{s_i} (\text{Prob}_{\text{Causas_Act } s_i})$ $\sum_{s_i} (\text{Prob}_{\text{Max_Causas_Act } s_i})$
	Estimador 2	Descripción	E2.Categoría 1	E2.Categoría 2	E2.Categoría 3	E2.Categoría 4	valorE2		
ACT. 2	Estimador 3	Descripción	E3.Categoría 1	E3.Categoría 2	E3.Categoría 3	E3.Categoría 4	valorE3	$\frac{\sum_{s_i} \text{Puntuación}_{\text{estimador } s_i}}{\text{Número}_{\text{estimador } s_i}}$	
	Estimador 4	Descripción	E4.Categoría 1	E4.Categoría 2	E4.Categoría 3	E4.Categoría 4	valorE4		

Tabla 13. Esquema de estimación de la probabilidad del suceso iniciador. Fuente: elaboración propia.

➤ **Probabilidad de las causas en la actividad con peligro asociado**

La probabilidad de las causas por actividad se obtiene a partir del cálculo de la media aritmética de los valores reales que adquieran los estimadores. De esta forma la probabilidad de ocurrencia del vertido en esa actividad se expresa en un rango de 1 a 4, que es el que se maneja en la categorización de los estimadores, donde 1 representa la menor probabilidad de ocurrencia y 4 la mayor probabilidad. La expresión matemática de esta operación sería la siguiente:

$$Prob_Causas_Act_i = \frac{\sum_{i=1}^n Puntuación_estimadores_i}{Número_estimadores_i} \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

- $Prob_Causas_Act_i$, representa la probabilidad de ocurrencia de las causas de vertido definidas para la actividad "i". Esta probabilidad se expresa en términos semicuantitativos con valores comprendidos entre 1 y 4
- $Puntuación_estimadores_i$, representa la suma de los valores reales que alcanzan los estimadores de probabilidad del accidente debido a la actividad "i"
- $Número_estimadores_i$, indica el número de estimadores de probabilidad de accidente valorados para la actividad "i"

➤ **Probabilidad del suceso iniciador vertido**

Calculada la probabilidad de las causas para cada una de las actividades con peligro de vertido, se asigna la probabilidad de ocurrencia al suceso iniciador, que se calcula mediante la relación entre la suma de las probabilidades de las causas de cada actividad y el valor máximo que dicho valor puede alcanzar para el cómputo global de la instalación. De esta forma la probabilidad del accidente se expresa en un rango de 0 al 1, donde 0 representa la menor probabilidad de ocurrencia y 1 la mayor probabilidad. La expresión matemática de esta operación sería la siguiente:

$$ProbS.I_v = \frac{\sum_{i=1}^n (Prob_Causas_Act_i)}{\sum_{i=1}^n (ProbMax_Causas_Act_i)} \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:

- $ProbS.I_v$, representa la probabilidad de ocurrencia del suceso iniciador vertido. Esta probabilidad se expresa en un rango entre 0 y 1. Donde 0 indica la probabilidad de vertido menor y 1 indica la probabilidad mayor
- $\sum_{i=1}^n Prob_Causas_Act_i$, representa el sumatorio de los valores de probabilidad de daño alcanzados por todas y cada una de las actividades con peligro asociado de la instalación, una vez se les ha dado el valor real

- $\sum_{i=1}^n (\text{ProbMax}_{-} \text{Causas}_{-} \text{Act}_i)$, representa el sumatorio del valor máximo que puede alcanzar la probabilidad de daño por actividad, si todos los estimadores tuvieran la puntuación mayor

CÁLCULO DE LA PROBABILIDAD DE LAS CAUSAS POR ACTIVIDAD CON PELIGRO ASOCIADO

1. Probabilidad de vertido en la operación de carga y descarga mediante camión cisterna

Esta operación implica la carga y descarga mediante camión cisterna de sustancias líquidas. El procedimiento consiste en el trasvase de la mercancía desde o hacia camiones cisterna gestionados por operadores ajenos a la instalación. Para esta actividad se definió el error humano como única causa de peligro imputable al operador de la instalación. Como variables explicativas y mensurables de dicha causa se definieron los siguientes estimadores:

❖ **Formación de los empleados**

A la hora de categorizar esta variable se ha supuesto que la presencia de empleados con formación actualizada sobre los riesgos ambientales que conlleva la operación disminuye la probabilidad de que se produzca un vertido. Así, se asigna puntuación 1 cuando los empleados reciben formación, y puntuación 4 cuando no reciben formación.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Formación de los empleados	Los empleados han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación, la cual es actualizada cuando cambian las condiciones.			Los empleados no reciben formación

Tabla 14. Categorías de la formación de los empleados. Fuente: elaboración propia.

❖ **Experiencia de los empleados a cargo de la actividad**

Se han definido distintas categorías según los años de experiencia. Asumiendo que una mayor experiencia en las funciones que conlleve la operación disminuye la probabilidad de que se produzca un vertido. Las puntuaciones por rangos son las siguientes:

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Experiencia de los empleados a cargo de la actividad	Los empleados tienen más de 5 años de experiencia en la operación de carga y descarga con cisterna.	Los empleados tienen de 3 a 5 años de experiencia en la operación de carga y descarga con cisterna.	Los empleados tienen de 1 a 3 años de experiencia en la operación de carga y descarga con cisterna.	Los empleados tienen menos de 1 año de experiencia en la operación de carga y descarga con camión cisterna.

Tabla 15. Categorización de la experiencia de los empleados a cargo de la actividad. Fuente: elaboración propia.

❖ **Antigüedad del sistema de trasvase**

Se ha considerado que la probabilidad de vertido es mayor cuanto mayor es la antigüedad del sistema y, por tanto, más se aproxime a su vida útil. La forma de determinar este valor se indica en la siguiente tabla.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Antigüedad del sistema de trasvase	Sistema de manguera y válvulas de conexión con cisterna con una antigüedad media inferior al 33% de su vida útil.	Sistema de manguera y válvulas de conexión con cisterna con una antigüedad media comprendida entre el 33% y el 66% de su vida útil.	Sistema de manguera y válvulas de conexión con cisterna con una antigüedad media superior al 66% de su vida útil.	Sistema de manguera y válvulas de conexión con cisterna con una antigüedad media superior a su vida útil.

Tabla 16. Categorías de la antigüedad del sistema de trasvase. Fuente: elaboración propia.

Como vida útil aplicable a los sistemas de válvulas y tuberías se ha tomado 25 años, dato obtenido a partir de las tablas de coeficientes de amortización del Real Decreto 1777/2004, de 30 de julio, por el que se aprueba el reglamento del impuesto sobre sociedades.

❖ **Señalización de la zona**

La probabilidad de vertido disminuye cuando la zona está debidamente señalizada. Una buena señalización implica que el camión cisterna se coloque en el punto adecuado, que no haya tensiones innecesarias en el sistema de trasvase o que no haya posibilidad de colisión con obstáculos. Así, la puntuación para este estimador es 1 ó 4 según haya o no una correcta señalización.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Señalización de la zona	La zona está debidamente señalizada			La zona no está debidamente señalizada.

Tabla 17. Categorías de la señalización de la zona. Fuente: elaboración propia.

❖ **Procedimiento de operación con supervisión y registro**

Para la valoración de esta variable se han tenido en cuenta tres factores:

- La existencia de un procedimiento documentado para la operación
- La presencia de personal propio de la instalación que se encargue de supervisar la operación
- La existencia de registros de cumplimiento

Se han combinado y se le han otorgado categorías según se muestra en la siguiente tabla. Como se comprueba, se ha dado mayor peso a la existencia del procedimiento y al registro de su cumplimiento. De cara a la probabilidad se da una puntuación de 1 a las instalaciones que cuentan con los tres factores y un valor de 4 a la que no tiene un procedimiento para la operación.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Procedimiento de operación con supervisión y registro	Existe un procedimiento para la operación de carga y descarga con cisterna con supervisión por personal propio de la instalación y registros periódicos de su cumplimiento.	Existe un procedimiento para la operación de carga y descarga con cisterna sin supervisión por personal propio de la instalación pero con registros periódicos de su cumplimiento	Existe un procedimiento para la operación de carga y descarga con cisterna sin supervisión por personal propio de la instalación y sin registros periódicos de su cumplimiento	No hay un procedimiento para la operación de carga y descarga con cisterna.

Tabla 18. Categorías del procedimiento de operación con supervisión y registro. Fuente: elaboración propia.

❖ **Sistemas de control (presión, caudal...)**

Esta variable pretende valorar la presencia de sistemas de control que, ante una posible fuga, actúen como alarma para que las consecuencias sean mínimas. Por ello este estimador se ha valorado con un 1 para la presencia de sistemas de control y con un 4 cuando éstos no existan.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Sistemas de control (presión, caudal, etc.)	Hay sistemas de control de la operación			No hay sistemas de control de la operación

Tabla 19. Categorías de los sistemas de control. Fuente: elaboración propia.

❖ **Planes de inspección y mantenimiento**

Este estimador valora la existencia de planes de mantenimiento preventivos y correctivos adicionales a los requisitos básicos de mantenimiento que vienen recomendados por el fabricante. Se ha considerado que merecen una puntuación menor y, por tanto, una probabilidad de vertido asociada menor, aquellas instalaciones que tienen dichos planes y cuya aplicación periódica queda registrada, mientras que se ha estimado que las instalaciones que únicamente aplican mantenimientos correctivos tienen una probabilidad asociada de vertido mayor.

El mantenimiento correctivo se define como el efectuado a una máquina o instalación cuando la avería ya se ha producido, para restablecerla a su estado operativo habitual de servicio. Por otro lado el mantenimiento preventivo consiste en programar las intervenciones o cambios de algunos componentes o piezas según intervalos predeterminados de tiempo o espacios regulares —horas de servicio, kilómetros recorridos, toneladas producidas—.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Planes de inspección y mantenimiento	Se aplica un plan de mantenimiento correctivo y preventivo propio basado en la experiencia propia y en los requisitos del fabricante; se realizan revisiones periódicas con registro de todo ello	Se aplica un plan de mantenimiento correctivo y preventivo propio basado en la experiencia propia y en los requisitos del fabricante pero no hay registro de todo ello	Se hace un mantenimiento de acuerdo a mínimos del fabricante pero no se hacen revisiones periódicas	Sólo se aplica mantenimiento correctivo en caso de avería. No se hacen revisiones periódicas

Tabla 20. Categorías de los planes de inspección y mantenimiento. Fuente: elaboración propia.

❖ **Incidentes históricos**

La existencia de incidentes relacionados con fugas y vertidos se considera un dato muy valioso para evaluar la probabilidad. Cuanto mayor sea la frecuencia de éstos, se asume que mayor es la probabilidad de que ocurran en un futuro. De esta forma se otorga la puntuación máxima cuando el número de incidentes a lo largo de la historia de la instalación es superior a 5 anuales, y la mínima cuando es inferior a 1.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Incidentes Históricos	Menos de 1 incidente al año	Entre 1 y 3 incidentes al año	Entre 3 y 5 incidentes al año	> 5 incidentes al año

Tabla 21. Categorías de incidentes históricos. Fuente: elaboración propia.

2. Probabilidad de vertido en la operación de carga y descarga con carretilla o toro mecánico

Esta actividad engloba el conjunto de operaciones de transporte interno de sustancias en recipientes mediante el uso de carretillas elevadoras automotoras. Como causas de peligro en esta actividad se identificaron el impacto por choque, el impacto por caída y el error humano. Los estimadores que se han considerado explicativos de estas causas son los siguientes:

❖ **Formación de los empleados**

A la hora de categorizar esta variable se ha supuesto que la presencia de empleados con formación actualizada sobre los riesgos ambientales que conlleva la operación disminuye la probabilidad de que se produzca un vertido. Así, se asigna puntuación 1 cuando los empleados reciben formación, y puntuación 4 en caso contrario.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Formación de los empleados en manejo de carretillas	Los empleados han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación, la cual es actualizada cuando cambian las condiciones.			Los empleados no reciben formación

Tabla 22. Categorías de formación de los empleados. Fuente: elaboración propia.

❖ **Experiencia de los empleados a cargo de la actividad**

Se han definido distintas categorías según los años de experiencia, asumiendo que una mayor experiencia en las funciones que conlleve la operación disminuye la probabilidad de que se produzca un vertido. Las puntuaciones por rangos son las siguientes:

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Experiencia de los empleados en manejo de carretillas	Los empleados tienen más de 5 años de experiencia en el manejo de carretillas	Los empleados tienen de 3 a 5 años de experiencia en el manejo de carretillas	Los empleados tienen de 1 a 3 años de experiencia en el manejo de carretillas	Los empleados tienen menos de 1 año de experiencia en el manejo de carretillas

Tabla 23. Categorías de experiencia de los empleados a cargo de la actividad. Fuente: elaboración propia.

❖ **Antigüedad media de los toros/carretillas respecto a su vida útil**

Este estimador representa la asunción de que, cuanto más se acerca una carretilla a su vida útil, mayor es su tasa de fallos, y mayor es la probabilidad de que se produzca una caída del recipiente por vuelco, rotura o impacto. Así, se han determinado los siguientes rangos de cara a su valoración:

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Antigüedad de los toros/carretillas	Carretillas con una antigüedad media inferior al 33% de su vida útil	Carretillas con una antigüedad media comprendida entre el 33% y el 66% de su vida útil	Carretillas con una antigüedad media superior al 66% de su vida útil	Carretillas con una antigüedad media superior a su vida útil

Tabla 24. Categorías de antigüedad de toros. Fuente: elaboración propia.

Como valor de vida útil de las carretillas neumáticas se ha tomado 12 años, dato obtenido a partir del período de amortización que se indica en el Real Decreto 1777/2004, de 30 de julio, por el que se aprueba el Reglamento del Impuesto sobre Sociedades.

❖ **Antigüedad media de los *palets* respecto a su vida útil**

Se considera que la probabilidad de que se produzca un derrame por caída del recipiente, es mayor cuanto más se acerquen los *palets* que los sostienen a su vida útil. Esta variable se valora de la siguiente forma:

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Antigüedad de palets	Palets con una antigüedad media inferior al 33% de su vida útil	Palets con una antigüedad media comprendida entre el 33% y el 66% de su vida útil	Palets con una antigüedad media superior al 66% de su vida útil	Palets con una antigüedad media superior a su vida útil

Tabla 25. Categorías de antigüedad de *palets*. Fuente: elaboración propia.

Como valor de vida útil de los *palets* se ha tomado 3 años ².

² Dato obtenido de www.infomadera.net

❖ **Revisión periódica de las carretillas**

Se ha estimado que las probabilidades de fallo de las carretillas disminuyen cuanto mayor sea la frecuencia de revisión de las mismas. De esta forma, se han considerado los siguientes rangos, atendiendo a las indicaciones que realiza la “NTP-715: Carretillas elevadoras automotoras (III): mantenimiento y utilización”.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Revisión periódica de carretillas	Cada día	Cada 2 semanas	> Mensual	> Semestral

Tabla 26. Categorías de la revisión periódica de las carretillas. Fuente: elaboración propia.

❖ **Señalización de las zonas de paso y carga y descarga**

De cara a evitar caídas de los recipientes por impacto, se ha considerado que una señalización adecuada de las zonas de tránsito, y carga y descarga de las carretillas implica una menor probabilidad de vertido, mientras que la ausencia de una buena señalización aumenta la probabilidad considerablemente. En la Tabla 27 se muestran las categorías definidas para esta variable:

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Señalización de las zonas de paso y carga y descarga	La señalización de las zonas de tránsito de carretillas y carga y descarga es adecuada.			No hay una señalización adecuada de las zonas de tránsito de carretillas y carga y descarga.

Tabla 27. Categorías de señalización de las zonas de paso de carga y descarga. Fuente: elaboración propia.

❖ **Iluminación**

La existencia de una iluminación adecuada en las zonas de tránsito de las carretillas disminuye la probabilidad de vertido asociada a caídas por impactos. Los rangos elegidos para categorizar este estimador se han obtenido a partir de la NTP-714 sobre “Carretillas elevadoras automotoras (II): principales peligros y medidas preventivas”, que indica en su Tabla 1, en el apartado de choques y atrapamientos, que la iluminación de pasillos y zonas interiores tiene que ser como mínimo de 100 lux. A partir de este valor se ha considerado que toda iluminación igual o superior implica una probabilidad de vertido mínima, y que una iluminación por debajo va aumentando la probabilidad en los rangos que se muestran en la Tabla 28. El límite inferior de 50 lux se ha obtenido de las indicaciones del *Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo*, que advierte que ésta será la iluminación cuando la exigencia visual requerida sea mínima.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Iluminación	La iluminación de la zona es ≥ 100 lux	La iluminación de la zona está comprendida entre 75 y 100 lux.	La iluminación de la zona está comprendida entre 50 y 75 lux.	La iluminación de la zona es inferior a 50 lux.

Tabla 28. Categorías de iluminación en la zona. Fuente: elaboración propia.

❖ Incidentes históricos

La existencia de incidentes relacionados con fugas y vertidos se considera un dato muy valioso para evaluar la probabilidad. Cuanto mayor sea la frecuencia, se asume que mayor es la probabilidad de que ocurra en un futuro. De esta forma se otorga la puntuación máxima cuando el número de incidentes a lo largo de la historia de la instalación es superior a 5 anuales, y la mínima cuando es inferior a 1.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Incidentes Históricos	Menos de 1 incidente al año	Entre 1 y 3 incidentes al año	Entre 3 y 5 incidentes al año	> 5 incidentes al año

Tabla 29. Categorías de incidentes históricos. Fuente: elaboración propia.

3. Probabilidad de vertido en el almacén

Esta actividad incluye todas las áreas de almacenamiento de sustancias líquidas, tanto de materia prima como de producto intermedio o terminado, en recipientes pequeños, identificados como Grandes Recipientes a Granel (GRGs), cuya capacidad máxima se estima en 1.000 litros. Por norma general, estos recipientes se encuentran almacenados en altura gracias a la presencia de estanterías metálicas y *palets* de madera. Las principales causas de fuentes de peligro en los vertidos en almacén son la corrosión y el desgaste de los recipientes, el impacto por caída, el impacto por choque y el error humano en el manejo de los recipientes y las sustancias.

❖ Formación de los empleados

A la hora de categorizar esta variable se ha supuesto que la presencia de empleados con formación actualizada sobre los riesgos ambientales que conlleva el manejo de sustancias en el almacén condiciona la probabilidad de que se produzca un vertido. Así, se asigna puntuación 1 cuando los empleados reciben formación, y puntuación 4 cuando no la reciben.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Formación de los empleados en tareas de almacenamiento	Los empleados han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación, la cual es actualizada cuando cambian las condiciones.			Los empleados no reciben formación

Tabla 30. Categorías de formación de los empleados. Fuente: elaboración propia.

❖ **Experiencia de los empleados en tareas de almacenamiento**

Se han definido distintas categorías según los años de experiencia. Se ha estimado que cuanto mayor experiencia tienen los operarios en tareas de almacenamiento, menor es la probabilidad de que se produzca un vertido. Así, se han definido los siguientes rangos:

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Experiencia de los empleados en tareas de almacenamiento	Los empleados tienen más de 5 años de experiencia en tareas de almacenamiento de productos químicos	Los empleados tienen de 3 a 5 años de experiencia en tareas de almacenamiento de productos químicos	Los empleados tienen de 1 a 3 años de experiencia en tareas de almacenamiento de productos químicos	Los empleados tienen menos de 1 año de experiencia en tareas de almacenamiento de productos químicos

Tabla 31. Categorías de experiencia de los empleados en tareas de almacenamiento. Fuente: elaboración propia.

❖ **Antigüedad media de las estanterías de almacenamiento respecto a su vida útil**

La antigüedad de las estanterías metálicas condiciona la probabilidad de caída de los recipientes. Se le ha otorgado la mayor probabilidad de vertido a las estanterías que se encuentran por encima de su vida útil, mientras que se ha valorado como mínima la probabilidad cuando la estantería se encuentra en el primer tercio de la misma. Los rangos globales son los siguientes:

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Antigüedad de las estanterías	Estanterías con una antigüedad media inferior al 33% de su vida útil	Estanterías con una antigüedad media comprendida entre el 33% y el 66% de su vida útil	Estanterías con una antigüedad media superior al 66% de su vida útil	Estanterías con una antigüedad media superior a su vida útil

Tabla 32. Categorías de antigüedad de las estanterías de almacenamiento. Fuente: elaboración propia.

Como valor de vida útil de las estanterías metálicas se ha tomado 20 años, dato estimado a partir de la experiencia aportada por la asesoría técnica de ASEFAPI.

❖ **Antigüedad media de los Grandes Recipientes a Granel (GRGs) respecto a su vida útil**

A la hora de estimar la probabilidad de vertido dentro de las áreas de almacenamiento de sustancias fuera de los depósitos aéreos o subterráneos, se ha partido de que la unidad de almacenamiento más común en las fábricas de pintura y tintas de imprimir, cuya caída o impacto lleva mayor peligro asociado, son los llamados GRGs, que mayoritariamente pueden albergar hasta 1.000 l de sustancia líquida. A esta conclusión se llegó cotejando las visitas realizadas a las distintas instalaciones con consultas a expertos técnicos de ASEFAPI. De esta forma, la antigüedad de los GRGs se valoró como una importante variable explicativa de un posible vertido. Las categorías de este estimador quedan reflejadas en la siguiente tabla:

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Antigüedad de los GRGs	GRGs con una antigüedad media inferior al 33% de su vida útil	GRGs con una antigüedad media comprendida entre el 33% y el 66% de su vida útil	GRGs con una antigüedad media superior al 66% de su vida útil	GRGs con una antigüedad media superior a su vida útil

Tabla 33. Categorías de antigüedad de los GRGs. Fuente: elaboración propia.

Como valor de vida útil de los GRGs se ha tomado 5 años, dato estimado a partir de la experiencia de la asesoría técnica de ASEFAPI.

❖ Incidentes históricos

La existencia de incidentes relacionados con fugas y vertidos en el área de almacenamiento se considera un dato muy valioso para evaluar la probabilidad. Cuanto mayor sea la frecuencia de éstos, se asume que mayor es la probabilidad de que ocurran en un futuro. De esta forma se otorga la puntuación máxima cuando el número de incidentes a lo largo de la historia de la instalación es superior a 5 anuales, y la mínima cuando es inferior a 1.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Incidentes Históricos	Menos de 1 incidente al año	Entre 1 y 3 incidentes al año	Entre 3 y 5 incidentes al año	> 5 incidentes al año

Tabla 34. Categorías de los incidentes históricos. Fuente: elaboración propia.

4. Probabilidad de vertido desde los depósitos aéreos

❖ Formación de los empleados en el control de los depósitos aéreos

La formación de los empleados que manejan y controlan los depósitos aéreos de sustancias se considera esencial de cara a la evitación de una fuga o vertido. Se ha concluido que la probabilidad de vertido es mayor cuando los empleados no reciben formación específica y actualizada sobre los riesgos ambientales que conlleva su actividad. La puntuación que se le asigna a este estimador se muestra a continuación:

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Formación de los empleados en control de depósitos aéreos	Los empleados han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación, la cual es actualizada cuando cambian las condiciones.			Los empleados no reciben formación

Tabla 35. Categorías de la formación en el control de los depósitos aéreos. Fuente: elaboración propia.

❖ **Experiencia de los empleados en la operación con depósitos aéreos**

Se han definido distintas categorías según los años de experiencia. Se ha estimado que cuanto mayor experiencia tienen los operarios en operaciones con depósitos aéreos, menor es la probabilidad de que se produzca un vertido. Así, se han definido los siguientes rangos:

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Experiencia de los empleados en la operación con depósitos aéreos	Los empleados tienen más de 5 años de experiencia en la operación con depósitos aéreos.	Los empleados tienen de 3 a 5 años de experiencia en la operación con depósitos aéreos.	Los empleados tienen de 1 a 3 años de experiencia en la operación con depósitos aéreos.	Los empleados tienen menos de 1 año de experiencia en la operación con depósitos aéreos.

Tabla 36. Categorías de los empleados en la operación con depósitos aéreos. Fuente: elaboración propia.

❖ **Antigüedad media de los depósitos aéreos**

La antigüedad media de los depósitos aéreos condiciona la probabilidad de corrosión por fallo del material. Se le ha otorgado la mayor probabilidad de vertido a los depósitos que se encuentran por encima de su vida útil, mientras que se ha valorado como mínima la probabilidad cuando los depósitos están por debajo de un tercio en su vida útil. Los rangos globales son los siguientes:

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Antigüedad de los depósitos	Depósitos aéreos con una antigüedad media inferior al 33% de su vida útil	Depósitos aéreos con una antigüedad media comprendida entre el 33% y el 66% de su vida útil	Depósitos aéreos con una antigüedad media superior al 66% de su vida útil	Depósitos aéreos con una antigüedad media superior a su vida útil

Tabla 37. Categorías de la antigüedad media de los depósitos aéreos. Fuente: elaboración propia.

Como valor de vida útil de los depósitos aéreos se ha tomado 30 años, dato obtenido a partir del período de amortización que se indica en el Real Decreto 1777/2004 de 30 de julio, por el que se aprueba el Reglamento del Impuesto sobre Sociedades.

❖ **Revisiones periódicas de los depósitos aéreos**

La frecuencia de las revisiones se ha estimado como condicionante a la hora de valorar la probabilidad de fuga o vertido. Los rangos utilizados se han tomado del Reglamento sobre almacenamiento de productos químicos —Real Decreto 379/2001, de 6 de abril—, más concretamente de la instrucción técnica complementaria MIE-APQ 001 sobre almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles. Dicha instrucción técnica sugiere, en su artículo 56, un procedimiento anual de revisión de las instalaciones. Se ha otorgado la puntuación mínima a las instalaciones que cumplen este requisito, y a partir de ahí se ha ido aumentando el peso de la variable hasta la probabilidad máxima que va asociada a la ausencia de revisiones periódicas.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Revisiones periódicas	≥ 1 vez al año	1 vez cada 2 años	1 vez cada 5 años	No se hacen

Tabla 38. Categorías de las revisiones periódicas de los depósitos aéreos. Fuente: elaboración propia.

❖ **Sistemas de control**

La presencia de sistemas de control, tipo caudalímetros, medidores de nivel o manómetros disminuye significativamente la probabilidad de que haya una fuga puesto que actúa como sistema de alarma; o en caso de haberla, minimiza la probabilidad de que ésta evolucione a un vertido de importantes consecuencias. De esta forma, se ha valorado con un 1 la presencia de sistemas de control y con un 4 la ausencia de los mismos.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Sistemas de control (presión, caudal, etc.)	Hay sistemas de control			No hay sistemas de control

Tabla 39. Categorías de los sistemas de control en depósitos aéreos. Fuente: elaboración propia.

❖ **Tipo de depósito**

Para esta variable se han propuesto 4 categorías dependiendo de si los depósitos tienen pared simple o pared doble y de si poseen cubeto de contención o no. Se ha considerado que un depósito con doble pared y cubeto de contención tiene una posibilidad mínima de causar un vertido, mientras que, en el extremo, un depósito de pared simple sin cubeto, aparte de ofrecer menos barreras a una posible fuga, en caso de que ésta se produzca no dispone de ningún sistema de control eficaz que evite la difusión del vertido.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Tipo de depósito	Doble pared con cubeto de contención	Doble pared sin cubeto de contención	Pared simple con cubeto de contención	Pared simple sin cubeto de contención

Tabla 40. Categorías de los tipos de depósito. Fuente: elaboración propia.

❖ **Incidentes históricos**

La existencia de incidentes relacionados con fugas y vertidos en los depósitos de almacenamiento aéreos se considera un dato muy valioso para evaluar la probabilidad. Cuanto mayor sea la frecuencia de éstos, se asume que mayor es la probabilidad de que ocurran en un futuro. De esta

forma se otorga la puntuación máxima cuando el número de incidentes a lo largo de la historia de la instalación es superior a 5 anuales, y la mínima cuando es inferior a 1. El resto de categorías se valoran como se presenta a continuación:

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Incidentes Históricos	Menos de 1 incidente al año	Entre 1 y 3 incidentes al año	Entre 3 y 5 incidentes al año	> 5 incidentes al año

Tabla 41. Categorías de los incidentes históricos con depósitos aéreos. Fuente: elaboración propia.

5. Probabilidad de vertido desde los depósitos subterráneos

❖ Formación de los empleados en el control de los depósitos aéreos

La formación de los empleados que manejan y controlan los depósitos subterráneos de sustancias se considera esencial de cara a la prevención y evitación de una fuga o vertido. Se ha concluido que la probabilidad de vertido es mayor cuando los empleados no reciben formación específica y actualizada sobre los riesgos ambientales que conlleva su actividad. La puntuación que se le asigna a este estimador se muestra a continuación:

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Formación de los empleados en control de depósitos subterráneos	Los empleados han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación, la cual es actualizada cuando cambian las condiciones.			Los empleados no reciben formación

Tabla 42. Categorías de formación de los empleados en el control de los depósitos aéreos. Fuente: elaboración propia.

❖ Experiencia de los empleados en la operación con depósitos subterráneos

Se han definido distintas categorías según los años de experiencia. Se ha estimado que cuanto mayor experiencia tienen los operarios menor es la probabilidad de que se produzca un vertido. Así, se han definido los siguientes rangos:

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Experiencia de los empleados en control de depósitos subterráneos	Los empleados tienen más de 5 años de experiencia en la operación con depósitos subterráneos.	Los empleados tienen de 3 a 5 años de experiencia en la operación con depósitos subterráneos.	Los empleados tienen de 1 a 3 años de experiencia en la operación con depósitos subterráneos.	Los empleados tienen menos de 1 año de experiencia en la operación con depósitos subterráneos.

Tabla 43. Experiencia de los empleados en la operación con depósitos subterráneos. Fuente: elaboración propia.

❖ **Antigüedad media de los depósitos subterráneos respecto a su vida útil**

La antigüedad media de los depósitos condiciona la probabilidad de corrosión por fallo del material. Se le ha otorgado la mayor probabilidad de vertido a los depósitos que se encuentran por encima de su vida útil, mientras que se ha valorado como mínima la probabilidad cuando los depósitos están por debajo de un tercio de la misma. Los rangos globales son los siguientes:

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Antigüedad de los depósitos	Depósitos subterráneos con una antigüedad media inferior al 33% de su vida útil	Depósitos subterráneos con una antigüedad media comprendida entre el 33% y el 66% de su vida útil	Depósitos subterráneos con una antigüedad media superior al 66% de su vida útil	Depósitos subterráneos con una antigüedad media superior a su vida útil

Tabla 44. Categorías de la antigüedad media de los depósitos subterráneos. Fuente: elaboración propia.

Como valor de vida útil de los depósitos subterráneos se ha tomado 30 años, en base al período de amortización que se indica en el Real Decreto 1777/2004, de 30 de julio, por el que se aprueba el Reglamento del Impuesto sobre Sociedades.

❖ **Revisiones periódicas de los depósitos subterráneos**

La frecuencia de las revisiones se ha estimado como condicionante a la hora de valorar la probabilidad de fuga o vertido. Los rangos utilizados se han tomado del Reglamento sobre almacenamiento de productos químicos —Real Decreto 379/2001, de 6 de abril—, más concretamente de la instrucción técnica complementaria MIE-APQ 001 sobre almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles. Dicha instrucción técnica sugiere, en su artículo 56, un procedimiento anual de revisión de las instalaciones. Se ha otorgado la puntuación mínima a las instalaciones que cumplen este requisito, y a partir de ahí se ha ido aumentando el peso de la variable hasta la probabilidad máxima que va asociada a la ausencia de revisiones periódicas.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Revisiones periódicas	≥ 1 vez al año	1 vez cada 2 años	1 vez cada 5 años	No se hacen

Tabla 45. Categorías de revisiones periódicas de los depósitos subterráneos. Fuente: elaboración propia.

❖ **Sistemas de control**

La presencia de sistemas de control, tipo caudalímetros, medidores de nivel o manómetros disminuye significativamente la probabilidad de que haya una fuga puesto que actúa como sistema de alarma; o en caso de haberla, minimiza la probabilidad de que ésta evolucione a un vertido importante. De esta forma, se ha valorado con un 1 la presencia de sistemas de control y con un 4 la ausencia.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Sistemas de control (presión, caudal, etc.)	Hay sistemas de control			No hay sistemas de control

Tabla 46. Categorías de los sistemas de control. Fuente: elaboración propia.

❖ Tipo de depósito

Para esta variable se han propuesto 4 categorías dependiendo de si los depósitos tienen pared simple o pared doble y de si poseen cubeto de contención o no. Se ha considerado que un depósito con doble pared y cubeto de contención tiene una posibilidad mínima de causar un vertido, mientras que, en el extremo, un depósito de pared simple sin cubeto, aparte de ofrecer menos barreras a una posible fuga, en caso de que ésta se produzca no dispone de ningún sistema de control eficaz que evite la difusión del vertido.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Tipo de depósito	Doble pared con cubeto de contención	Doble pared sin cubeto de contención	Pared simple con cubeto de contención	Pared simple sin cubeto de contención

Tabla 47. Categorías de los tipos de depósito. Fuente: elaboración propia.

❖ Incidentes históricos

La existencia de incidentes relacionados con fugas y vertidos en los depósitos de almacenamiento subterráneos se considera un dato muy valioso para evaluar la probabilidad. Cuanto mayor sea la frecuencia, se asume que mayor es la probabilidad de que ocurra en un futuro. De esta forma se otorga la puntuación máxima cuando el número de incidentes a lo largo de la historia de la instalación es superior a 5 anuales, y la mínima cuando es inferior a 1.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Incidentes Históricos	Menos de 1 incidente al año	Entre 1 y 3 incidentes al año	Entre 3 y 5 incidentes al año	> 5 incidentes al año

Tabla 48. Categorías de incidentes históricos. Fuente: elaboración propia.

6. Probabilidad de vertido desde los equipos con recipientes móviles asociados —calderas—

Dentro de los equipos con recipientes móviles asociados se encuentran aquellos que requieren de un recipiente o caldera para realizar su función. Se han identificado, entre otros, las mezcladoras, los

molinos y las envasadoras. Las principales causas que pueden llevar a estos equipos a provocar un daño por vertido son la corrosión o desgaste, la colisión o el error humano. Se han identificado una serie de estimadores explicativos de las causas, cuya puntuación sirve como indicador de la probabilidad de vertido.

❖ **Formación de los empleados en el manejo de los equipos con recipientes móviles asociados**

La formación de los empleados que manejan y controlan estos equipos se considera esencial de cara a la prevención y evitación de una fuga o vertido. Se ha concluido que la probabilidad de vertido es mayor cuando los empleados no reciben formación específica y actualizada sobre los riesgos ambientales que conlleva su actividad. La puntuación que se le asigna a este estimador se muestra a continuación:

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Formación de los empleados en el manejo de calderas	Los empleados han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación, la cual es actualizada cuando cambian las condiciones.			Los empleados no reciben formación

Tabla 49. Categorías de formación de los empleados en manejo de equipos con recipientes móviles asociados. Fuente: elaboración propia.

❖ **Experiencia de los empleados en el manejo de equipos con recipientes móviles asociados**

Se han definido distintas categorías según los años de experiencia. Se ha estimado que cuanto mayor experiencia tienen los operarios en el manejo de las calderas, menor es la probabilidad de que se produzca un vertido. Así, se han definido los siguientes rangos:

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Experiencia de los empleados en el manejo de calderas	Los empleados tienen más de 5 años de experiencia en el manejo de calderas	Los empleados tienen de 3 a 5 años de experiencia en el manejo de calderas	Los empleados tienen de 1 a 3 años de experiencia en el manejo de calderas.	Los empleados tienen menos de 1 año de experiencia en el manejo de calderas

Tabla 50. Categorías de experiencia de los empleados. Fuente: elaboración propia.

❖ **Antigüedad media de los recipientes móviles —calderas— con respecto a su vida útil**

La antigüedad media de los recipientes condiciona la probabilidad de corrosión o la tasa de fallos del equipo. Se le ha otorgado la mayor probabilidad de vertido a los depósitos que se encuentran por

encima de su vida útil, mientras que se ha valorado como mínima la probabilidad cuando los depósitos están por debajo de un tercio de la misma. Los rangos globales son los siguientes:

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Antigüedad de las calderas	Calderas con una antigüedad media inferior al 33% de su vida útil	Calderas con una antigüedad media comprendida entre el 33% y el 66% de su vida útil	Calderas con una antigüedad media superior al 66% de su vida útil	Calderas con una antigüedad media superior a su vida útil

Tabla 51. Categorías de antigüedad media de las calderas. Fuente: elaboración propia.

Como valor de vida útil de las calderas se ha tomado 18 años, en base al RD 1777/2004, de 30 de julio, por el que se aprueba el Reglamento del Impuesto sobre Sociedades.

❖ Procedimiento de operación con supervisión y registro

Para la valoración de esta variable se han tenido en cuenta cuatro factores:

- La existencia de un procedimiento documentado para la operación
- La presencia de personal propio de la instalación que se encargue de supervisar
- La existencia de registros de cumplimiento
- Señalización de la zona

Se han combinado y se les ha otorgado categorías según se muestra en la siguiente tabla. Como se comprueba, se ha dado mayor peso a la existencia del procedimiento y al registro de su cumplimiento en una zona debidamente señalizada. De cara a la probabilidad se da una puntuación de 1 a las instalaciones que cuentan con los cuatro factores y un valor de 4 a la que directamente no tiene procedimiento para la operación.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Procedimiento de operación con supervisión y registro	Hay sistemas de control y un procedimiento para la operación con supervisión por personal propio de la instalación y registros periódicos de su cumplimiento. La zona está debidamente señalizada	Hay sistemas de control y un procedimiento para la operación con supervisión por personal propio de la instalación pero sin registros periódicos de su cumplimiento. La zona está debidamente señalizada	Hay un procedimiento para la operación sin supervisión por personal propio de la instalación y sin registros periódicos de su cumplimiento. No hay sistemas de control. La zona no está debidamente señalizada	No hay un procedimiento para la operación. No hay sistemas de control. La zona no está debidamente señalizada.

Tabla 52. Categorías de procedimientos de operación con supervisión y registro. Fuente: elaboración propia.

❖ Número de recipientes móviles en uso al día

Esta variable se estima relevante puesto que se considera que cuanto mayor sea el número de recipientes o calderas que se usen en un día, mayor es la probabilidad de que se produzca un vertido. Este estimador presenta los siguientes rangos:

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Número de calderas en uso/día	<7	7-10	10-15	>15

Tabla 53. Categorías de número de calderas en uso al día. Fuente: elaboración propia.

❖ Planes de inspección y mantenimiento

Este estimador valora la existencia de planes de mantenimiento preventivos y correctivos adicionales a los requisitos básicos de mantenimiento que vienen recomendados por el fabricante. Se ha considerado que merecen una puntuación menor y, por tanto, una probabilidad de vertido asociada menor, aquellas instalaciones que tienen dichos planes y cuya aplicación periódica queda registrada, mientras que se ha estimado que las instalaciones que únicamente aplican mantenimientos correctivos, tienen una probabilidad asociada de vertido mayor.

El mantenimiento correctivo se define como el efectuado a una máquina o instalación cuando la avería ya se ha producido, para restablecerla a su estado operativo habitual de servicio. Por otro lado el mantenimiento preventivo consiste en programar las intervenciones o cambios de algunos componentes o piezas según intervalos predeterminados de tiempo o espacios regulares —horas de servicio, kilómetros recorridos, toneladas producidas—.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Planes de inspección y mantenimiento	Se aplica un plan de mantenimiento correctivo y preventivo propio basado en la experiencia propia y en los requisitos del fabricante; se realizan revisiones periódicas con registro de todo ello	Se aplica un plan de mantenimiento correctivo y preventivo propio basado en la experiencia propia y en los requisitos del fabricante pero no hay registro de todo ello	Se hace un mantenimiento de acuerdo a mínimos del fabricante pero no se hacen revisiones periódicas	Sólo se aplica mantenimiento correctivo en caso de avería. No se hacen revisiones periódicas

Tabla 54. Categorías de planes de inspección en mantenimiento. Fuente: elaboración propia.

❖ Incidentes históricos

La existencia de incidentes relacionados con fugas y vertidos en los equipos con recipientes móviles asociados se considera un dato muy valioso para evaluar la probabilidad de vertido. Cuanto mayor sea la frecuencia, se asume que mayor es la probabilidad de que ocurra en un futuro. De esta forma se otorga la puntuación máxima cuando el número de incidentes a lo largo de la historia de la instalación es superior a 5 anuales, y la mínima cuando es inferior a 1.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Incidentes Históricos	Menos de 1 incidente al año	Entre 1 y 3 incidentes al año	Entre 3 y 5 incidentes al año	> 5 incidentes al año

Tabla 55. Categorías de incidentes históricos. Fuente: elaboración propia.

7. Probabilidad de vertido desde los equipos con depósito propio

Se ha definido como equipos con depósito propio a aquéllos que para su funcionamiento poseen un depósito intermedio en el que se almacenan, de forma temporal, las sustancias, mezclas o producto terminado. Dentro de estos equipos se incluyen determinados tipos de molinos y los sistemas de limpieza de calderas.

❖ Formación de los empleados en el manejo de los equipos con depósito propio

La formación de los empleados que manejan este tipo de equipos se ha considerado esencial de cara a la valoración de la probabilidad de que suceda un vertido. Por regla general se asume que la probabilidad es menor cuando los empleados reciben formación específica y actualizada sobre el riesgo ambiental que conlleva la operación que llevan a cabo, y se ha dado la máxima puntuación cuando los empleados no la reciben.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Formación de los empleados en el manejo de los equipos	Los empleados han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación, la cual es actualizada cuando cambian las condiciones.			Los empleados no han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación.

Tabla 56. Categorías de formación de los empleados en el manejo de los equipos con depósito propio. Fuente: elaboración propia.

❖ Experiencia de los empleados en el manejo de equipos

Se han definido distintas categorías según los años de experiencia. Se ha estimado que cuanto mayor experiencia tienen los operarios en el manejo de los equipos, menor es la probabilidad de que se produzca un vertido. Así, se han definido los siguientes rangos:

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Experiencia de los empleados en el manejo de los equipos	Los empleados tienen más de 5 años de experiencia en el manejo de los equipos.	Los empleados tienen de 3 a 5 años de experiencia en el manejo de los equipos	Los empleados tienen de 1 a 3 años de experiencia en el manejo de los equipos	Los empleados tienen menos de 1 año de experiencia en el manejo de los equipos.

Tabla 57. Categorías de experiencia de los empleados en el manejo de equipos. Fuente: elaboración propia.

❖ Antigüedad media de los equipos con respecto a su vida útil

La antigüedad media de los equipos condiciona la probabilidad de corrosión o la tasa de fallos del equipo. Se le ha otorgado la mayor probabilidad de vertido a los depósitos que se encuentran por encima de su vida útil, mientras que se ha valorado como mínima la probabilidad cuando los depósitos están por debajo de un tercio de la misma. Los rangos globales son los siguientes:

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Antigüedad de los equipos	Equipos con una antigüedad media inferior al 33% de su vida útil	Equipos con una antigüedad media comprendida entre el 33% y el 66% de su vida útil	Equipos con una antigüedad media superior al 66% de su vida útil	Equipos con una antigüedad media superior a su vida útil

Tabla 58. Categorías de antigüedad media de los equipos. Fuente: elaboración propia.

Como valor de vida útil de los equipos con depósito propio se ha tomado 30 años, información facilitada por ASEFAPI.

❖ **Procedimiento de operación con supervisión y registro**

Para la valoración de esta variable se han tenido en cuenta tres factores:

- La existencia de un procedimiento documentado para la operación
- La presencia de personal propio de la instalación que se encargue de supervisar
- La existencia de registros de cumplimiento

Se han combinado y se le ha otorgado categorías según se muestra en la siguiente tabla. Como se comprueba, se ha dado mayor peso a la existencia del procedimiento y al registro de su cumplimiento. De cara a la probabilidad se da una puntuación de 1 a las instalaciones que cuentan con los tres factores y un valor de 4 a la que directamente no tiene procedimiento para la operación.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Procedimiento de operación con supervisión y registro	Existe un procedimiento para el manejo de los equipos con supervisión por personal propio de la instalación y registros periódicos de su cumplimiento.	Existe un procedimiento para el manejo de los equipos sin supervisión por personal propio de la instalación pero con registros periódicos de su cumplimiento	Existe un procedimiento para el manejo de los equipos sin supervisión por personal propio de la instalación y sin registros periódicos de su cumplimiento	No hay un procedimiento para la operación

Tabla 59. Categorías del procedimiento de operación con supervisión y registro. Fuente: elaboración propia.

❖ **Sistemas de control (presión, caudal...)**

Esta variable pretende valorar la presencia de sistemas de control que, ante una posible fuga, actúen como alarma minimizando las consecuencias. Por ello este estimador se ha valorado con un 1 para la presencia de sistemas de control y con un 4 cuando éstos no existen.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Sistemas de control (presión, caudal, etc.)	Hay sistemas de control de la operación			No hay sistemas de control de la operación

Tabla 60. Categorías de sistemas de control. Fuente: elaboración propia.

❖ Planes de inspección y mantenimiento

Este estimador valora la existencia de planes de mantenimiento preventivos y correctivos adicionales a los requisitos básicos de mantenimiento que vienen recomendados por el fabricante. Se ha considerado que merecen una puntuación menor y, por tanto, una probabilidad de vertido asociada menor, aquellas instalaciones que tienen dichos planes y cuya aplicación periódica queda registrada, mientras que se ha estimado que las instalaciones que únicamente aplican mantenimientos correctivos, esto es una vez se ha producido el incidente, tienen una probabilidad asociada de vertido mayor.

El mantenimiento correctivo se define como el efectuado a una máquina o instalación cuando la avería ya se ha producido, para restablecerla a su estado operativo habitual de servicio. Por otro lado el mantenimiento preventivo consiste en programar las intervenciones o cambios de algunos componentes o piezas según intervalos predeterminados de tiempo o espacios regulares —horas de servicio, kilómetros recorridos, toneladas producidas—.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Planes de inspección y mantenimiento	Se aplica un plan de mantenimiento correctivo y preventivo propio basado en la experiencia propia y en los requisitos del fabricante; se realizan revisiones periódicas con registro de todo ello	Se aplica un plan de mantenimiento correctivo y preventivo propio basado en la experiencia propia y en los requisitos del fabricante pero no hay registro de todo ello	Se hace un mantenimiento de acuerdo a mínimos del fabricante pero no se hacen revisiones periódicas	Sólo se aplica mantenimiento correctivo en caso de avería. No se hacen revisiones periódicas

Tabla 61. Categorías de los planes de inspección y mantenimiento. Fuente: elaboración propia.

❖ Incidentes históricos

La existencia de incidentes relacionados con fugas y vertidos en los equipos con depósito propio se considera un dato muy valioso para evaluar la probabilidad de vertido. Cuanto mayor es la frecuencia, se asume que mayor es la probabilidad de que ocurra en un futuro. De esta forma se otorga la puntuación máxima cuando el número de incidentes a lo largo de la historia de la instalación es superior a 5 anuales, y la mínima cuando es inferior a 1.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Incidentes Históricos	Menos de 1 incidente al año	Entre 1 y 3 incidentes al año	Entre 3 y 5 incidentes al año	> 5 incidentes al año

Tabla 62. Categorías de incidentes históricos. Fuente: elaboración propia.

8. Probabilidad de vertido desde el sistema de válvulas y tuberías aéreas

El sistema de válvulas y tuberías aéreas engloba todas las canalizaciones aéreas de la instalación por las que circula materia prima, producto intermedio o producto acabado en forma líquida. Esta zonificación también incluye las válvulas y bombas que permiten el buen funcionamiento del sistema.

❖ **Formación de los empleados en el manejo de las válvulas y tuberías aéreas**

La formación de los empleados que controlan los sistemas de válvulas y tuberías aéreas se ha considerado esencial de cara a la valoración de la probabilidad de que suceda un vertido. Por regla general se asume que la probabilidad es menor cuando los empleados reciben formación específica y actualizada sobre el riesgo ambiental que conlleva la operación, y se ha dado la máxima puntuación cuando los empleados no la reciben.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Formación de los empleados en el manejo de válvulas y tuberías	Los empleados han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación, la cual es actualizada cuando cambian las condiciones.			Los empleados no reciben formación sobre los riesgos que conlleva la operación.

Tabla 63. Categorías de formación de los empleados en el manejo de las válvulas y tuberías aéreas.
Fuente: elaboración propia.

❖ **Experiencia de los empleados en el manejo de las válvulas y tuberías aéreas**

Se han definido distintas categorías según los años de experiencia. Se ha estimado que cuanto mayor experiencia tienen los operarios en el manejo de las válvulas y tuberías, menor es la probabilidad de que se produzca una fuga que pueda ocasionar un vertido. Así, se han definido los siguientes rangos:

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Experiencia de los empleados en el manejo de válvulas y tuberías	Los empleados tienen más de 5 años de experiencia	Los empleados tienen de 3 a 5 años de experiencia	Los empleados tienen de 1 a 3 años de experiencia	Los empleados tienen menos de 1 año de experiencia

Tabla 64. Categorías de experiencia de los empleados en el manejo de las válvulas y tuberías aéreas.
Fuente: elaboración propia.

❖ **Antigüedad media respecto a su vida útil del sistema de válvulas y tuberías aéreas**

La antigüedad media de los equipos condiciona la probabilidad de corrosión o la tasa de fallos del equipo. Se le ha otorgado la mayor probabilidad de vertido a los sistemas de válvulas y tuberías que se encuentran por encima de su vida útil, mientras que se ha valorado como mínima la probabilidad cuando las válvulas y tuberías están por debajo de un tercio de la misma. Los rangos globales son los siguientes:

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Antigüedad de las válvulas y tuberías aéreas	Sistema de válvulas y tuberías aéreas con una antigüedad media inferior al 33% de su vida útil	Sistema de válvulas y tuberías aéreas con una antigüedad media comprendida entre el 33% y el 66% de su vida útil	Sistema de válvulas y tuberías aéreas con una antigüedad media superior al 66% de su vida útil	Sistema de válvulas y tuberías aéreas con una antigüedad media superior a su vida útil

Tabla 65. Categorías de antigüedad media del sistema de válvulas y tuberías aéreas. Fuente: elaboración propia.

Como valor de vida útil del sistema de válvulas y tuberías aéreas se ha tomado 25 años, en base al RD 1777/2004, de 30 de julio, por el que se aprueba el Reglamento del Impuesto sobre Sociedades.

❖ **Revisiones periódicas de funcionamiento**

La frecuencia de las revisiones se ha estimado como condicionante a la hora de valorar la probabilidad de fuga o vertido. Los rangos utilizados se han tomado del Reglamento sobre almacenamiento de productos químicos —Real Decreto 379/2001, de 6 de abril—, más concretamente de la instrucción técnica complementaria MIE-APQ 001 sobre almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles. Dicha instrucción técnica sugiere, en su artículo 56, un procedimiento anual de revisión de las instalaciones. En base a esta información se ha otorgado la puntuación mínima a las instalaciones que cumplen este requisito, y a partir de ahí se ha ido aumentando el peso de la variable en un posible caso de vertido hasta un valor de 4 que implica la ausencia de revisiones periódicas.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Revisiones periódicas de funcionamiento	≥ 1 vez al año	1 vez / 2 años	1 vez / 5 años	No se hacen

Tabla 66. Categorías de las revisiones periódicas de funcionamiento. Fuente: elaboración propia.

❖ **Recubrimientos y zonas de protección de las válvulas y tuberías aéreas**

Se han identificado dos tipos de recubrimiento que se consideran relevantes de cara a la evitación de una posible fuga, por un lado un recubrimiento anticorrosión y por otro un recubrimiento contra daños físicos. Se valora con la puntuación mínima, un 1, si el sistema de válvulas tiene ambos tipos de recubrimiento, y con la puntuación máxima, un 4, cuando no posee ninguno. Los rangos intermedios se puntúan de la siguiente forma:

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Recubrimientos y zona de protección	El sistema de válvulas y tuberías aéreas dispone de un recubrimiento de protección contra la corrosión y el daño físico	El sistema de válvulas y tuberías aéreas dispone de un recubrimiento de protección contra la corrosión pero no contra el daño físico	El sistema de válvulas y tuberías aéreas no dispone de un recubrimiento de protección contra la corrosión pero sí contra el daño físico	El sistema de válvulas y tuberías aéreas no dispone de un recubrimiento de protección contra la corrosión y el daño físico

Tabla 67. Categorías de los recubrimientos y zonas de protección de las válvulas y tuberías aéreas. Fuente: elaboración propia.

❖ **Incidentes históricos en el sistema de válvulas y tuberías aéreas**

La existencia de incidentes relacionados con fugas y vertidos en los sistemas de válvulas y tuberías aéreas se considera un dato muy valioso para evaluar la probabilidad de vertido. Cuanto mayor es la frecuencia, se asume que mayor es la probabilidad de que ocurra en un futuro. De esta forma se otorga la puntuación máxima cuando el número de incidentes a lo largo de la historia de la instalación es superior a 5 anuales, y la mínima cuando es inferior a 1.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Incidentes Históricos	Menos de 1 incidente al año	Entre 1 y 3 incidentes al año	Entre 3 y 5 incidentes al año	> 5 incidentes al año

Tabla 68. Categorías de los incidentes históricos en el sistema de válvulas y tuberías aéreas. Fuente: elaboración propia.

9. Probabilidad de vertido desde el sistema de válvulas y tuberías subterráneas

❖ **Formación de los empleados en el manejo de las válvulas y tuberías subterráneas**

La formación de los empleados que controlan los sistemas de válvulas y tuberías subterráneas se ha considerado esencial de cara a la valoración de la probabilidad de que suceda un vertido. Se asume que, en general, la probabilidad es menor cuando los empleados reciben formación específica y actualizada sobre el riesgo ambiental que conlleva la operación, y se ha dado la máxima puntuación cuando los empleados no la reciben.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Formación de los empleados en manejo de válvulas y tuberías subterráneas	Los empleados han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación, la cual es actualizada cuando cambian las condiciones.			Los empleados no han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación.

Tabla 69. Categorías de formación de los empleados en el manejo de válvulas y tuberías subterráneas. Fuente: elaboración propia.

❖ **Experiencia de los empleados en el control de las válvulas y tuberías subterráneas**

Se han definido distintas categorías según los años de experiencia. Se ha estimado que cuanto mayor experiencia tienen los operarios en el manejo de las válvulas y tuberías, menor es la probabilidad de que se produzca una fuga que pueda ocasionar un vertido. Así, se han definido los siguientes rangos:

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Experiencia de los empleados en el manejo de válvulas y tuberías	Los empleados tienen más de 5 años de experiencia	Los empleados tienen de 3 a 5 años de experiencia	Los empleados tienen de 1 a 3 años de experiencia	Los empleados tienen menos de 1 año de experiencia

Tabla 70. Categorías de experiencia de los empleados en el control de las válvulas y tuberías subterráneas. Fuente: elaboración propia.

❖ **Antigüedad media respecto a su vida útil del sistema de válvulas y tuberías subterráneas**

La antigüedad media de los equipos condiciona la probabilidad de corrosión o la tasa de fallos del equipo. Se le ha otorgado la mayor probabilidad de vertido a los sistemas de válvulas y tuberías que se encuentran por encima de su vida útil, mientras que se ha valorado como mínima la probabilidad cuando las válvulas y tuberías están por debajo de un tercio de la misma. Los rangos globales son los siguientes:

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Antigüedad de las válvulas y tuberías subterráneas	Sistema de válvulas y tuberías subterráneas con una antigüedad media inferior al 33% de su vida útil	Sistema de válvulas y tuberías subterráneas con una antigüedad media comprendida entre el 33% y el 66% de su vida útil	Sistema de válvulas y tuberías subterráneas con una antigüedad media superior al 66% de su vida útil	Sistema de válvulas y tuberías subterráneas con una antigüedad media superior a su vida útil

Tabla 71. Categorías de antigüedad media del sistema de válvulas y tuberías subterráneas. Fuente: elaboración propia.

Como valor de vida útil del sistema de válvulas y tuberías subterráneas se ha tomado 25 años, en base al RD 1777/2004, de 30 de julio, por el que se aprueba el Reglamento del Impuesto sobre Sociedades.

❖ **Planes de inspección y mantenimiento del sistema de válvulas y tuberías subterráneas**

Este estimador valora la existencia de planes de mantenimiento preventivos y correctivos adicionales a los requisitos básicos de mantenimiento que vienen recomendados por el fabricante. Se ha considerado que merecen una puntuación menor y, por tanto, una probabilidad de vertido asociada menor, aquellas instalaciones que tienen dichos planes y cuya aplicación periódica queda registrada, mientras que se ha estimado que las instalaciones que únicamente aplican mantenimientos correctivos, tienen una probabilidad asociada de vertido mayor.

El mantenimiento correctivo se define como el efectuado a una máquina o instalación cuando la avería ya se ha producido, para restablecerla a su estado operativo habitual de servicio. Por otro lado el mantenimiento preventivo consiste en programar las intervenciones o cambios de algunos

componentes o piezas según intervalos predeterminados de tiempo o espacios regulares —horas de servicio, kilómetros recorridos, toneladas producidas—.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Planes de inspección y mantenimiento	Se aplica un plan de mantenimiento correctivo y preventivo propio basado en la experiencia propia y en los requisitos del fabricante; se realizan revisiones periódicas con registro de todo ello	Se aplica un plan de mantenimiento correctivo y preventivo propio basado en la experiencia propia y en los requisitos del fabricante pero no hay registro de todo ello	Se hace un mantenimiento de acuerdo a mínimos del fabricante pero no se hacen revisiones periódicas	Sólo se aplica mantenimiento correctivo en caso de avería. No se hacen revisiones periódicas

Tabla 72. Categorías de los planes de inspección y mantenimiento del sistema de válvulas y tuberías subterráneas. Fuente: elaboración propia.

❖ Recubrimientos de las válvulas y tuberías subterráneas

El recubrimiento de las tuberías subterráneas se estima básico a la hora de minimizar la probabilidad de vertido por corrosión. El estimador se valora con un 1 si posee algún tipo de recubrimiento, y con un 4 si no es así.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Recubrimientos	El sistema de válvulas y tuberías subterráneas dispone de un recubrimiento de protección			El sistema de válvulas y tuberías subterráneas no dispone de un recubrimiento de protección

Tabla 73. Categorías de recubrimiento de las válvulas y tuberías subterráneas. Fuente: elaboración propia.

❖ Incidentes históricos en el sistema de válvulas y tuberías subterráneas

La existencia de incidentes relacionados con fugas y vertidos en los sistemas de válvulas y tuberías subterráneas se considera un dato muy valioso para evaluar la probabilidad de vertido. Cuanto mayor es la frecuencia, se asume que mayor es la probabilidad de que ocurra en un futuro. De esta forma se otorga la puntuación máxima cuando el número de incidentes a lo largo de la historia de la instalación es superior a 5 anuales, y la mínima cuando es inferior a 1.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Incidentes Históricos	Menos de 1 incidente al año	Entre 1 y 3 incidentes al año	Entre 3 y 5 incidentes al año	> 5 incidentes al año

Tabla 74. Categorías de los incidentes históricos en el sistema de válvulas y tuberías subterráneas. Fuente: elaboración propia.

VIII.1.2. ESTIMACIÓN DE PROBABILIDADES EN LA IDENTIFICACIÓN DE LOS ESCENARIOS CONSECUCIALES DE VERTIDO

Una vez otorgada una probabilidad de ocurrencia al suceso iniciador *vertido*, se desarrolla un análisis de árbol de sucesos. Para ello, en primer lugar, se identifican y caracterizan los factores condicionantes del suceso iniciador, que son aquéllos que tienen un papel relevante por su potencial efecto multiplicador o dispersor del daño, y, a continuación, se diseña la secuencia de los eventos o alternativas posibles y se le asigna una probabilidad de ocurrencia a cada uno de ellos. De esta forma la cadena de eventos queda reflejada en un esquema consecucional que desemboca en todos los escenarios accidentales posibles. La probabilidad de ocurrencia de cada escenario de accidente se calcula como resultado de la composición de las probabilidades asignadas al suceso iniciador y a los sucesivos eventos secuenciales.

En el anejo III se muestra el árbol de consecuencias para el suceso iniciador *vertido*.

Los factores condicionantes determinados para el suceso iniciador *vertido*, son los siguientes:

- Detección y contención (con posterior recogida y limpieza)
- Alcance del vertido a una red de drenaje con salida al exterior
- Salida del vertido de la instalación
- Retención del vertido a la salida de la red de drenaje
- Afección del vertido al suelo
- Afección del vertido a masas de agua superficial
- Afección del vertido a las especies silvestres
- Afección del vertido a los hábitats

Cada uno de estos factores condicionantes se integra en el árbol de sucesos mediante una pregunta cuya respuesta es binaria (*Sí/No*). La probabilidad de ocurrencia de cada una de las alternativas de respuesta se presenta en un rango de entre 0 y 1 y se estima, según el factor, como se explica a continuación.

Cabe recalcar que los valores de probabilidad que se exponen coinciden con la respuesta positiva en el árbol de sucesos. Siendo la probabilidad asociada a la respuesta negativa el valor complementario, según la siguiente ecuación:

$$\text{ProbNo} = 1 - \text{ProbSí} \quad (\text{Ec. 3})$$

1. Detección y contención (con posterior recogida y limpieza)

La probabilidad de detección y control del vertido se estima a partir de un valor ponderado que parte de la evaluación de estas variables para cada una de las zonas que componen la instalación. El primer paso para hallar este dato es el cálculo de las probabilidades para cada actividad o área con peligro asociado en que se ha fraccionado la instalación.

A la hora de calcular la probabilidad de detección y control del vertido para cada zona se tienen en cuenta diversas variables.

- Presencia de personal
- Formación del personal sobre los riesgos de operación
- Sistemas de detección/alarma automáticos o manuales
- Sistemas de contención automáticos o manuales

Se considera que la detección y la contención tienen en común las variables de presencia de personal y de formación específica en riesgos del mismo; las cuales se valoran como se muestra a continuación, referidas a cada actividad con peligro asociado.

Descripción	PROBABILIDAD			
	Menor probabilidad	→		Mayor probabilidad
Presencia de personal	Presencia de personal los días laborables en horario de trabajo	Presencia de personal los días laborables día y noche	Presencia de personal los días laborables y fines de semana	Presencia permanente de personal (festivos incluidos)
Formación	Los empleados no han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación, la cual es actualizada cuando cambian las condiciones.			Los empleados han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación, la cual es actualizada cuando cambian las condiciones.

Tabla 75. Cuestionario sobre presencia de personal y formación. Fuente: elaboración propia.

El resto de variables se evalúan por separado según se refieran a detección o contención.

❖ Probabilidad de detección

La probabilidad de detección temprana se fundamenta en tres variables englobadas en dos grupos, por un lado, la existencia de sistemas de alarma automáticos o manuales y, por otro, la presencia de personal y su formación específica.

Tras combinar estas variables se asigna una probabilidad de detección temprana efectiva como se muestra en la siguiente tabla.

Detección	Probabilidad
Sistema automático de detección de fugas o derrames	0,99
Sin sistema automático de detección y con presencia permanente de personal con formación sobre los riesgos de operación	0,8
Sin sistema automático de detección y con presencia permanente de personal sin formación sobre los riesgos de operación	0,7
Sin sistema automático de detección y con presencia de personal, con formación sobre los riesgos de operación, los días laborables y fines de semana, excepto festivos	0,6
Sin sistema automático de detección y con presencia de personal, sin formación sobre los riesgos de operación, los días laborables y fines de semana, excepto festivos	0,5
Sin sistema automático de detección y con presencia de personal, con formación sobre los riesgos de operación, los días laborables día y noche	0,4
Sin sistema automático de detección y con presencia de personal, sin formación sobre los riesgos de operación, los días laborables día y noche	0,3
Sin sistema automático de detección y con presencia de personal, con formación sobre los riesgos de operación, los días laborables en horario de trabajo	0,2
Sin sistema automático de detección y con presencia de personal, sin formación sobre los riesgos de operación, los días laborables en horario de trabajo	0,1
Sin sistema automático de detección ni presencia de personal	0

Tabla 76. Probabilidad de detección temprana efectiva. Fuente: elaboración propia.

Acudiendo a la Tabla 76 se puede determinar la probabilidad de detección para cada una de las zonas con peligro de vertido.

Hay que resaltar que este factor condicionante sólo se tiene en cuenta cuando no existen sistemas de contención automáticos, puesto que en estos casos se supone que la contención actúa independientemente de que haya detección o no.

❖ **Probabilidad de contención**

Al igual que en el caso de la detección, la probabilidad de contención se valora en función de 3 variables. Por un lado la presencia de sistemas de contención automáticos y/o manuales, y por otro la presencia de personal y su formación específica en los riesgos de la operación.

Un sistema de contención automático es aquél que entra en funcionamiento sin necesidad de una actuación directa por parte del personal, mientras que el sistema manual requiere la presencia de personal para ser de utilidad.

▪ **Contención pasiva/automática**

A modo de ejemplo se citan las siguientes medidas de control automático por zonas:

- En almacenamiento en estanterías se podría disponer de cubetos de retención que actuaran como sistema de contención de posibles vertidos desde los GRGs
- En depósitos aéreos y subterráneos se atendería a la presencia de cubeto de retención en buen estado o doble pared en los depósitos
- En fabricación atendería a la presencia de cubetos de contención bajo los equipos de proceso

▪ **Contención activa/manual**

Requieren de la presencia de personal formado para poder ser aplicados convenientemente. En este grupo se pueden encontrar, entre otros, los siguientes dispositivos:

- Pala
- Carbonato cálcico
- Cepillo
- Cubiertas estancas para redes de drenaje
- Almohadillas/cordones absorbentes

Estos sistemas de protección vienen listados en el documento de *Análisis de Riesgo* incluido en el Informe de Seguridad que han de tener las instalaciones.

Para valorar la probabilidad de que se utilicen los sistemas de contención y que, por tanto, el vertido quede controlado, se evalúa la disposición de los medios de contención y recogida en cada zona con riesgo de vertido.

Descripción	Valoración	
Kits de emergencia en las zonas de vertido	Ausencia	Presencia

Tabla 77. Categorías de valoración de la contención manual. Fuente: elaboración propia.

La probabilidad de detección y contención para cada zona viene definida por las siguientes tablas:

Contención en fabricación (equipos móviles)/sistemas de válvulas y tuberías/CyD cisternas/CyD carretillas	Probabilidad
Sistema manual de contención (kit de emergencia contra vertidos) con presencia permanente de personal con formación sobre los riesgos de operación	0,8
Sistema manual de contención (kit de emergencia contra vertidos) con presencia permanente de personal sin formación sobre los riesgos de operación	0,7
Sistema manual de contención (kit de emergencia contra vertidos) con presencia de personal, con formación sobre los riesgos de operación, los días laborables y fines de semana, excepto festivos	0,6
Sistema manual de contención (kit de emergencia contra vertidos) con presencia de personal, sin formación sobre los riesgos de operación, los días laborables y fines de semana, excepto festivos	0,5
Sistema manual de contención (kit de emergencia contra vertidos) con presencia de personal, con formación sobre los riesgos de operación, los días laborables día y noche	0,4
Sistema manual de contención (kit de emergencia contra vertidos) con presencia de personal, sin formación sobre los riesgos de operación, los días laborables día y noche	0,3
Sistema manual de contención (kit de emergencia contra vertidos) con presencia de personal, con formación sobre los riesgos de operación, los días laborables en horario de trabajo	0,2
Sistema manual de contención (kit de emergencia contra vertidos) con presencia de personal, sin formación sobre los riesgos de operación, los días laborables en horario de trabajo	0,1
Sin kit de emergencia contra vertidos	0

Tabla 78. Probabilidad de contención de vertido para la zona de fabricación, los sistemas de válvulas y tuberías, las zonas de carga y descarga con cisterna y carga y descarga con carretillas. Fuente: elaboración propia.

Contención en almacenamiento sobre estanterías	Probabilidad
Sistemas automáticos de contención formados por cubetos de retención adicionales	0,99
Sistema manual de contención (kit de emergencia contra vertidos) con presencia permanente de personal con formación sobre los riesgos de operación	0,8
Sistema manual de contención (kit de emergencia contra vertidos) con presencia permanente de personal sin formación sobre los riesgos de operación	0,7
Sistema manual de contención (kit de emergencia contra vertidos) con presencia de personal, con formación sobre los riesgos de operación, los días laborables y fines de semana, excepto festivos	0,6
Sistema manual de contención (kit de emergencia contra vertidos) con presencia de personal, sin formación sobre los riesgos de operación, los días laborables y fines de semana, excepto festivos	0,5
Sistema manual de contención (kit de emergencia contra vertidos) con presencia de personal, con formación sobre los riesgos de operación, los días laborables día y noche	0,4
Sistema manual de contención (kit de emergencia contra vertidos) con presencia de personal, sin formación sobre los riesgos de operación, los días laborables día y noche	0,3
Sistema manual de contención (kit de emergencia contra vertidos) con presencia de personal, con formación sobre los riesgos de operación, los días laborables en horario de trabajo	0,2
Sistema manual de contención (kit de emergencia contra vertidos) con presencia de personal, sin formación sobre los riesgos de operación, los días laborables en horario de trabajo	0,1
Sin kit de emergencia contra vertidos	0

Tabla 79. Probabilidad de contención de vertido para la zona de almacenamiento sobre estanterías.

Fuente: elaboración propia.

Contención en depósitos aéreos y subterráneos	Probabilidad
Sistemas automáticos de contención formados por cubetos de retención de obra o depósitos de doble pared	0,99
Sistema manual de contención (kit de emergencia contra vertidos) con presencia permanente de personal con formación sobre los riesgos de operación	0,8
Sistema manual de contención (kit de emergencia contra vertidos) con presencia permanente de personal sin formación sobre los riesgos de operación	0,7
Sistema manual de contención (kit de emergencia contra vertidos) con presencia de personal, con formación sobre los riesgos de operación, los días laborables y fines de semana, excepto festivos	0,6
Sistema manual de contención (kit de emergencia contra vertidos) con presencia de personal, sin formación sobre los riesgos de operación, los días laborables y fines de semana, excepto festivos	0,5
Sistema manual de contención (kit de emergencia contra vertidos) con presencia de personal, con formación sobre los riesgos de operación, los días laborables día y noche	0,4
Sistema manual de contención (kit de emergencia contra vertidos) con presencia de personal, sin formación sobre los riesgos de operación, los días laborables día y noche	0,3
Sistema manual de contención (kit de emergencia contra vertidos) con presencia de personal, con formación sobre los riesgos de operación, los días laborables en horario de trabajo	0,2
Sistema manual de contención (kit de emergencia contra vertidos) con presencia de personal, sin formación sobre los riesgos de operación, los días laborables en horario de trabajo	0,1

Tabla 80. Probabilidad de contención de vertido para la zona de almacenamiento en depósitos aéreos y subterráneos. Fuente: elaboración propia

❖ **Probabilidad conjunta de detección y contención**

La probabilidad de que el vertido sea detectado y contenido se calcula combinando las probabilidades de detección y contención según la siguiente fórmula:

$$Pr obDyC = Pr obDet \times Pr obCont \quad (\text{Ec. 4})$$

En caso de que haya un sistema automático de contención se obvia el valor de probabilidad de detección, puesto que se asume que la retención es eficaz haya detección o no. De esta forma, la probabilidad se valora en base a la siguiente identidad:

$$Pr obDyC = Pr obCont \quad (\text{Ec. 5})$$

PROBABILIDAD PONDERADA DE DETECCIÓN Y CONTENCIÓN DEL VERTIDO EN LA INSTALACIÓN

Una vez que se ha obtenido la probabilidad de detección y contención para cada una de las actividades, se halla la probabilidad ponderada para la instalación en función de la variable *Prob_Causas_Act*, de cada una de las zonas, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$ProbPonDyC = \frac{\sum_{i=1}^n (Prob_Causas_Act_i \times ProbDyC_i)}{\sum_{i=1}^n (Prob_Causas_Act_i)} \quad (\text{Ec. 6})$$

Donde:

- *Prob_Causas_Act_i*, representa el valor de la probabilidad de ocurrencia de las causas de vertido definidas para la actividad “i”. Esta probabilidad se expresa en términos semicuantitativos con valores comprendidos entre 1 y 4
- *ProbDyC_i*, representa la probabilidad de detección y contención hallada para la actividad “i” en función de las tablas presentadas previamente
- $\sum_{i=1}^n (Prob_Causas_Act_i)$, indica el sumatorio de las probabilidades de ocurrencia de todas las actividades en las hay peligro de vertido
- *ProbPonDyC*, es la probabilidad de detección y control ponderada en función de la probabilidad de ocurrencia de vertido, hallada a partir de los estimadores, en cada zona. El valor que se obtiene se encuentra en el rango de 0 a 1

2. Probabilidad de alcance del vertido a la red de drenaje con salida al exterior

Con el fin de estimar la probabilidad de que un vertido alcance la red de drenaje al exterior de la instalación, y por tanto valorar su probabilidad de salida de la misma, se propone seguir un procedimiento basado en criterios geométricos.

La probabilidad de que un vertido alcance una red de drenaje exterior de la instalación se ve condicionada por el hecho de que la pluma de vertido entre en contacto con dicha red. Los parámetros que indican el grado de probabilidad son, por tanto, la longitud del vertido (*Lvert*) y la distancia a la red de drenaje (*Dinst*).

El primer paso para realizar la estimación consiste en determinar la distancia que alcanza la pluma de vertido, tomando como base los datos de volumen y de sustancia tipo definidos, y aplicando posteriormente los modelos de difusión desarrollados en el anejo IV.

Una vez se dispone del valor del parámetro *Lvert* —el cual es común para toda la instalación—, se procede a calcular la distancia ponderada a la red de drenaje a la cual se encuentran las actividades en las que se puede producir un vertido. Para que la medida sea lo más fiel posible a la realidad, se ha optado por ponderar las distancias en función del valor de probabilidad de ocurrencia de las causas de cada actividad con peligro asociado (*Prob_Causas_Act_i*), variable hallada en el apartado de causas del suceso iniciador y cuyos valores, por actividad, se comprenden entre 1 y 4.

De esta forma el valor de la distancia a la red (*Dinst_red*), tomada como referencia para los cálculos del modelo, se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$Dinst_red = \frac{\sum_{i=1}^n (Prob_Causas_Act_i \times Dact_i)}{\sum_{i=1}^n (Prob_Causas_Act_i)} \quad (\text{Ec. 7})$$

Donde:

- $Prob_Causas_Act_i$, representa la probabilidad de ocurrencia de las causas de vertido definidas para la actividad “i”. Esta probabilidad se expresa en términos semicuantitativos con valores comprendidos entre 1 y 4
- $Dact_i$, es la distancia más corta a la red de drenaje de la actividad “i”. Puede ser medida tanto sobre un plano de la instalación en planta como sobre el terreno
- $Dinst_red$, representa la distancia ponderada, de todas las actividades con peligro de vertido, a la red de drenaje con salida al exterior

La forma de calcular la probabilidad de alcance a la red se basa en la comparación de la longitud de la pluma del vertido ($Lvert$) y la distancia ponderada de la instalación a la misma, así, si la longitud del vertido es mayor o igual que la distancia ponderada, la probabilidad se considera 1, y en caso de ser menor, se considera igual a 0.

Probabilidad de alcance a una red de drenaje	Probabilidad
Si $Lvert \geq Dinst_red$	1
Si $Lvert < Dinst_red$	0

Tabla 81. Probabilidad de alcance de una red de drenaje con salida al exterior. Fuente: elaboración propia.

3. Probabilidad de salida del vertido de la instalación

Este valor indica la probabilidad de que el vertido salga de la instalación por el perímetro no estanco de la misma. En el modelo se estima, por un lado, la probabilidad de que el vertido alcance el perímetro o borde exterior de la instalación ($ProbAlcance$), y por otro, la probabilidad de que el perímetro no tenga muro estanco, dato que se calcula mediante la relación entre perímetro no estanco y el perímetro total.

El valor de la probabilidad de alcance de los límites parte del cálculo del radio de la pluma de vertido en la instalación ($Lvert$) a partir de los datos de volumen de vertido y sustancia derramada, aplicando los modelos de difusión expuestos en el anejo IV.

Conocido el valor del parámetro $Lvert$ —el cual es común para toda la instalación—, se procede a calcular la distancia ponderada al borde de la instalación de todas y cada una de las actividades con peligro de vertido.

$$Dinst_borde = \frac{\sum_{i=1}^n (Prob_Causas_Act_i \times Dact_borde_i)}{\sum_{i=1}^n (Prob_Causas_Act_i)} \quad (\text{Ec. 8})$$

Donde:

- $Prob_Causas_Act_i$, representa la probabilidad de ocurrencia de las causas de vertido definidas para la actividad “i”. Esta probabilidad se expresa en términos semicuantitativos con valores comprendidos entre 1 y 4

- *Dact_borde_i*, es la distancia más corta al borde de la instalación de la actividad “i”. Puede ser medida tanto sobre un plano de la instalación en planta como sobre el terreno
- *Dinst_borde*, representa la distancia ponderada, de todas las actividades con peligro de vertido, al borde de la instalación

La forma de calcular la probabilidad de alcance se basa en la comparación de la longitud de la pluma del vertido (*Lvert*) y la distancia ponderada desde las actividades con peligro asociado al borde de la instalación.

Probabilidad de alcance al perímetro	Probabilidad
Si $L_{vert} \geq D_{inst_borde}$	1
Si $L_{vert} < D_{inst_borde}$	0

Tabla 82. Probabilidad de alcance a los límites de la instalación. Fuente: elaboración propia.

La probabilidad de salida del vertido se calcula según la siguiente fórmula con un factor dependiente de los metros de perímetro sin muro estanco:

$$ProbSalida = ProbAlcance \times \frac{PerimNoEstanco}{PerimTotal} \quad (\text{Ec. 9})$$

Donde:

- *PerimNoEstanco*, representa el valor en metros del contorno de la instalación que carece de muro estanco
- *PerimTotal*, es el valor en metros del perímetro total de la instalación
- *ProbAlcance*, representa la probabilidad de que un hipotético vertido alcance el perímetro de la instalación. Se calcula según se indica en la Tabla 82
- *ProbSalida*, representa la probabilidad de que el vertido salga de la instalación por el perímetro de la misma. El resultado se mueve en un rango de 0 a 1

4. Probabilidad de retención del vertido a la salida de la red de drenaje

En el supuesto de que el vertido alcance una red de drenaje con salida al exterior, —según se muestra en el punto 2 de este apartado— la probabilidad de retención se ve condicionada por la presencia en el recorrido de la red de alguna estructura que actúe como unidad de contención o reserva, ya sea una balsa de emergencia, cubeto de contención o instalación de recogida de aguas pluviales, y la realización de un mantenimiento periódico que asegure que estas estructuras permanecen libres de residuos voluminosos o líquidos que puedan mermar su capacidad de contención, según se muestra en la Tabla 83.

Retención del vertido en la red de drenaje	Probabilidad
Sin sistema de contención asociado a red de drenaje	0,00
Sistema de acción manual de contención asociado a red de drenaje	0,50
Sistema automático de contención asociado a red de drenaje sin mantenimiento periódico	0,75
Sistema automático de contención asociado a red de drenaje con mantenimiento periódico	1,00

Tabla 83. Probabilidad de contención del vertido en la red de drenaje. Fuente: elaboración propia.

5. Probabilidad de afección al suelo y al agua subterránea

Estas afecciones no se han incluido en el árbol de sucesos puesto que se ha considerado que en cuanto el vertido entra en contacto con el medio, exceptuando si es a través de una red de drenaje, el recurso afectado es en todos los casos el suelo y, la afección al agua subterránea se estima en función de la difusión del contaminante en el mismo. Cuando la profundidad del vertido calculada por el modelo de difusión es mayor que la profundidad del acuífero, se concluye que hay afección al agua subterránea.

6. Probabilidad de afección al agua superficial

La afección sobre una masa de agua superficial se valora de forma diferenciada en función de la secuencia de eventos que ocurre tras el accidente. En caso de que se haya valorado que el vertido entra en contacto con una red de drenaje sin contención, se asume que, en todos los casos dicha red desemboca en una masa de agua y, por tanto, la probabilidad de afección del vertido tiene un valor de 1.

Para el resto de ramas del árbol de sucesos la afección se considera automática en el momento en que el modelo de difusión indica que la sustancia contacta con una masa de agua superficial. El valor de probabilidad que se le otorga a este factor es 1 cuando se determine que el vertido entra en contacto con una masa de agua y 0 en caso contrario.

7. Probabilidad de afección a las especies

En caso de vertido se considera que el daño a las especies es exclusivamente sobre fauna acuática, puesto que, teniendo en cuenta que los vertidos esperados no son de gran envergadura, se asume que las especies terrestres tienen movilidad suficiente como para evitar el contacto con el mismo, mientras que las especies vegetales se valoran dentro de la afección al hábitat.

La afección se estima en base a la probabilidad de que el vertido afecte a una masa de agua que albergue especies acuáticas, para lo cual se toma como información de base el Inventario Nacional de Biodiversidad (INB).

8. Probabilidad de afección del vertido a los hábitats

En caso de vertido la afección al hábitat se considera automática en el momento en que la sustancia contacta con el suelo, siempre y cuando el entorno de la instalación esté clasificado como Espacio Natural Sensible —considerando como tal a los hábitats prioritarios, espacios naturales protegidos y la Red Natura 2000—.

VIII.2. DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA DEL ANÁLISIS DE RIESGOS ASOCIADOS A INCENDIO

Para el desarrollo del árbol de incendios se han utilizado como base los documentos de protección contra explosiones de las distintas instalaciones visitadas, así como el documento *Guía de buenas prácticas para la implantación de la normativa ATEX en el sector de pinturas y tintas de imprimir* (ASEFAPI, 2009).

A partir de la información que se recopiló durante las visitas a las instalaciones, la bibliografía y la asesoría técnica de ASEFAPI, se realizó una zonificación de las áreas con peligro de incendio asociado consideradas representativas del sector, que, como queda explicado en el punto VII.2.2, son las siguientes:

- Carga y descarga con camión cisterna
- Almacenamiento en recipientes sobre *palets* y estanterías
- Almacenamiento en depósitos aéreos
- Almacenamiento en depósitos subterráneos
- Fabricación. Incluyendo agitadores, diluidores, molinos, manejo de calderas, filtrado y envasado, básculas y grifos
- Limpieza de calderas
- Polvorín de nitrocelulosa
- Laboratorios. Incluyendo de las cabinas de pintura y las salas de mezcla

A continuación se dividió el trabajo en dos fases, por un lado se definieron las posibles causas desencadenantes del suceso iniciador *incendio* en estas actividades y, por otro, las posibles consecuencias del mismo, cuya evolución depende de una serie de factores condicionantes que en función de su ocurrencia desembocan en distintos escenarios accidentales. Cada una de estas dos partes lleva asociado un valor de probabilidad de ocurrencia, que a la postre es el que define los riesgos ambientales en las instalaciones.

Al igual que en el caso de los escenarios asociados a vertido, en el análisis de los riesgos asociados a incendio también se aplicaron dos procedimientos diferenciados para la asignación de las probabilidades de ocurrencia, por un lado, a las causas del suceso iniciador y, por otro, a los escenarios de consecuencias. En ambos procedimientos la asignación de la probabilidad se realiza de forma semicuantitativa.

La metodología aplicada en cada fase para la asignación de probabilidades se presenta a continuación.

VIII.2.1. ESTIMACIÓN DE PROBABILIDADES EN LA IDENTIFICACIÓN DE LOS ESCENARIOS CAUSALES DE INCENDIO

Para la estimación de la probabilidad del suceso iniciador *incendio* se ha tenido en cuenta el análisis de riesgos realizado en el documento de protección contra explosiones (DPCE), que, según el 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, es de obligada elaboración y mantenimiento en las instalaciones susceptibles de formar atmósferas explosivas (ATEX), como es el caso de las instalaciones del sector objeto de estudio.

Según el citado Real Decreto, el DPCE debe considerar los riesgos específicos derivados de las atmósferas explosivas, teniendo en cuenta al menos:

- i) La probabilidad de formación y la duración de atmósferas explosivas.
- ii) La probabilidad de la presencia y activación de focos de ignición, incluidas las descargas electrostáticas.
- iii) Las instalaciones, las sustancias empleadas, los procesos industriales y sus posibles interacciones.
- iv) Las proporciones de los efectos previsibles.

De este modo, en el análisis de riesgos que se realiza en los DPCE, primero se identifican las actividades o zonas con peligro de formación de atmósfera explosiva y se les atribuye un valor definido en la Normativa ATEX —zonificación 0, 1 ó 2— y, a continuación, se determinan los focos de ignición que se pueden presentar. A cada uno de estos focos/fuentes se le atribuye una probabilidad en función de los datos de frecuencia que se tienen por registros de accidentes o datos bibliográficos. A partir del cruce de esta probabilidad y la probabilidad de formación de atmósfera explosiva, se obtiene la probabilidad de explosión que se expresa en un rango cualitativo como se muestra en la siguiente tabla:

Probabilidad de fuente de ignición	ALTA	Ocasional	A menudo	Frecuente
	MEDIA	Rara	Ocasional	A menudo
	BAJA	Improbable	Rara	Ocasional
	MUY BAJA	Prácticamente imposible	Improbable	Rara
		ZONA 2	ZONA 1	ZONA 0
Probabilidad de atmósfera explosiva				

Tabla 84. Probabilidad de explosión. Fuente: elaboración propia a partir del RD 681/2003.

Esta probabilidad de explosión reclasificada de forma semicuantitativa es la empleada como base a la hora de asignar la probabilidad de ocurrencia del suceso iniciador *incendio*.

Como ha quedado explicado anteriormente, a efectos del cálculo de la probabilidad de incendio para cada una de las actividades con peligro asociado definidas, se ha tomado como estimador la probabilidad de explosión más alta recogida en el DPCE que se pueda imputar al área en que se realiza cada una de las actividades.

En caso de que exista alguna zona de las definidas que se encuentre exenta de valoración dentro del DPCE, se asume que su probabilidad de explosión es la mínima que se presenta en la instalación. Se asume por lo tanto que si dicha zona no es valorada en el DPCE es porque su riesgo de incendio es relativamente bajo.

Actividad con peligro asociado	Variable	Descripción	Categorización (Probabilidad)			
			1	2	3	4
Carga y descarga de materia prima inflamable (disolventes, resinas, combustibles, etc.)	Probabilidad de explosión	Valor de la probabilidad de explosión más alta recogida en el documento de protección contra explosiones correspondiente al área en que se realiza la actividad	IMPROBABLE/ PRÁCTICAMENTE IMPOSIBLE	RARA	OCASIONAL	FRECUENTE/A MENUDO
Almacenamiento sobre estanterías	Probabilidad de explosión	Valor de la probabilidad de explosión más alta recogida en el documento de protección contra explosiones correspondiente al área en que se realiza la actividad	IMPROBABLE/ PRÁCTICAMENTE IMPOSIBLE	RARA	OCASIONAL	FRECUENTE/A MENUDO
Almacenamiento en depósitos aéreos	Probabilidad de explosión	Valor de la probabilidad de explosión más alta recogida en el documento de protección contra explosiones correspondiente al área en que se realiza la actividad	IMPROBABLE/ PRÁCTICAMENTE IMPOSIBLE	RARA	OCASIONAL	FRECUENTE/A MENUDO
Almacenamiento en depósitos subterráneos	Probabilidad de explosión	Valor de la probabilidad de explosión más alta recogida en el documento de protección contra explosiones correspondiente al área en que se realiza la actividad	IMPROBABLE/ PRÁCTICAMENTE IMPOSIBLE	RARA	OCASIONAL	FRECUENTE/A MENUDO
Fabricación (incluye agitadores, diluidores, molinos, manejo de calderas, filtrado y envasado, básculas y grifos)	Probabilidad de explosión	Valor de la probabilidad de explosión más alta recogida en el documento de protección contra explosiones correspondiente al área en que se realiza la actividad	IMPROBABLE/ PRÁCTICAMENTE IMPOSIBLE	RARA	OCASIONAL	FRECUENTE/A MENUDO
Limpieza de calderas	Probabilidad de explosión	Valor de la probabilidad de explosión más alta recogida en el documento de protección contra explosiones correspondiente al área en que se realiza la actividad	IMPROBABLE/ PRÁCTICAMENTE IMPOSIBLE	RARA	OCASIONAL	FRECUENTE/A MENUDO
Polvorín de Nitrocelulosa	Probabilidad de explosión	Valor de la probabilidad de explosión más alta recogida en el documento de protección contra explosiones del área correspondiente a la actividad.	IMPROBABLE/ PRÁCTICAMENTE IMPOSIBLE	RARA	OCASIONAL	FRECUENTE/A MENUDO
Laboratorios (incluye cabinas de pintura y salas de mezclas)	Probabilidad de explosión	Valor de la probabilidad de explosión más alta recogida en el documento de protección contra explosiones del área correspondiente a la actividad.	IMPROBABLE/ PRÁCTICAMENTE IMPOSIBLE	RARA	OCASIONAL	FRECUENTE/A MENUDO

Tabla 85. Categorización del estimador para el cálculo de la probabilidad de incendio para cada actividad con peligro de incendio asociado. Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 85 se muestra la categorización del mencionado estimador de probabilidad. Cada sector o actividad con peligro asociado tiene un estimador valorado del 1 al 4, que, una vez reclasificado, es el valor estimado de probabilidad del suceso iniciador comprendido entre 0 y 1.

En caso de que el estimador real más alto coincida en más de un sector o actividad con peligro asociado, de cara a la posterior cuantificación del daño se toma como sector de origen aquél en que se maneje o almacene el mayor volumen de la sustancia más tóxica. De esta forma se considera la peor situación posible, siguiendo un criterio conservador en el análisis.

➤ **Probabilidad del suceso iniciador incendio**

Una vez determinado el valor del estimador para cada sector o actividad con peligro asociado de la instalación, se asigna la probabilidad de ocurrencia al suceso iniciador, que se calcula mediante la relación entre el estimador real de mayor valor imputado a una de las actividades representadas en el DPCE (en el rango de 1 a 4) y el valor máximo que dicho estimador puede alcanzar, que según la categorización anteriormente expuesta sería 4. De esta forma la probabilidad del accidente se expresa en un rango de 0 al 1, donde 0 representa la menor probabilidad de ocurrencia y 1 la mayor probabilidad. La expresión matemática de esta operación sería la siguiente:

$$Pr obS.I. = \frac{Estimador\ RealMax_Act_i}{EstimadorMáx} \quad (Ec. 10)$$

Donde:

- *Pr obS.I.*, representa la probabilidad de ocurrencia del suceso iniciador. Esta probabilidad se expresa en un rango entre 0 y 1. Donde 0 indica la probabilidad de explosión menor y 1 indica la probabilidad mayor.
- *Estimador RealMax _ Act_i* representa el máximo valor real del estimador otorgado a una de las actividades con peligro asociado dentro del DPCE de la instalación.
- *EstimadorMáx*, representa el valor máximo que puede alcanzar el estimador según la categorización establecida, es decir 4.

VIII.2.2. ESTIMACIÓN DE PROBABILIDADES EN LA IDENTIFICACIÓN DE LOS ESCENARIOS CONSECUENCIALES DE INCENDIO

Una vez otorgada una probabilidad de ocurrencia al suceso iniciador *incendio*, se desarrolla el análisis de árbol de sucesos. Para ello, en primer lugar, se identifican y caracterizan los factores condicionantes del suceso iniciador, que son aquéllos que tienen un papel relevante por su potencial efecto multiplicador o dispersor del daño, y, a continuación, se diseña la secuencia de los eventos o alternativas posibles y se le asigna una probabilidad de ocurrencia a cada uno de ellos. De esta forma la cadena de eventos queda reflejada en un esquema consecuencial que desemboca en todos los posibles escenarios accidentales. La probabilidad de ocurrencia de cada escenario de accidente se calcula como resultado de la composición de las probabilidades asignadas al suceso iniciador y a los eventos secuenciales sucesivos.

En el anejo III se muestra el árbol de consecuencias para el suceso iniciador *incendio*.

Para el suceso iniciador *incendio* se estimaron dos tipos de daño, por un lado el daño provocado por el incendio en sí mismo y, por otro, el daño asociado a las aguas de extinción del incendio, que arrastran sustancias contaminantes y actúan como un vertido.

Los factores condicionantes determinados para el incendio, en orden secuencial, son los siguientes:

- Detección y contención del incendio

- Alcance de las aguas de extinción a una red de drenaje con salida al exterior
- Salida de las aguas de extinción de incendio de la instalación
- Afección de las aguas de extinción al agua superficial
- Afección de las aguas de extinción a las especies silvestres
- Salida del incendio del emplazamiento
- Afección del incendio a especies silvestres
- Afección del incendio y las aguas de extinción al hábitat

Cada uno de estos factores condicionantes se integra en el árbol de sucesos por medio de una pregunta cuya respuesta es binaria, *Sí/No*. La probabilidad de ocurrencia de cada una de las alternativas de respuesta se presenta en un rango de entre 0 y 1, y se estima según el factor, como se explica a continuación.

Cabe recalcar que los valores de probabilidad que se exponen en los apartados subsiguientes coinciden con la respuesta positiva en el árbol de sucesos. Esto es, la probabilidad asociada a la respuesta negativa es el valor complementario, según la siguiente fórmula:

$$\text{ProbNo} = 1 - \text{ProbSí} \quad (\text{Ec. 11})$$

1. Detección y extinción temprana

La probabilidad de detección y extinción temprana en la zona o actividad con peligro asociado con mayor probabilidad de explosión es el resultado de la estimación, de manera separada, de ambos parámetros y su posterior combinación.

❖ Probabilidad de detección

La probabilidad de detección temprana se valora en base a tres variables: la presencia de sistemas de alarma, la presencia de personal y la formación específica del personal en los riesgos específicos de incendio asociados a la operación o área.

La probabilidad de detección temprana efectiva se estima conforme a los criterios recogidos en la Tabla 86.

Este factor condicionante sólo se valora en caso de que no haya sistemas de extinción automáticos, puesto que en éstos se supone que la detección es irrelevante. Esto es, se considera que los sistemas automáticos funcionan sin requerir una detección específica.

Detección	Probabilidad
Sistema automático de detección de incendios además de sistemas manuales de alarma	0,99
Con sistema manual de alarma y con presencia permanente de personal con formación sobre los riesgos de operación	0,8
Con sistema manual de alarma y con presencia permanente de personal sin formación sobre los riesgos de operación	0,7
Con sistema manual de alarma y con presencia de personal, con formación sobre los riesgos de operación, los días laborables y fines de semana, excepto festivos	0,6
Con sistema manual de alarma y con presencia de personal, sin formación sobre los riesgos de operación, los días laborables y fines de semana, excepto festivos	0,5
Con sistema manual de alarma y con presencia de personal, con formación sobre los riesgos de operación, los días laborables día y noche	0,4
Con sistema manual de alarma y con presencia de personal, sin formación sobre los riesgos de operación, los días laborables día y noche	0,3
Con sistema manual de alarma y con presencia de personal, con formación sobre los riesgos de operación, los días laborables en horario de trabajo	0,2
Con sistema manual de alarma y con presencia de personal, sin formación sobre los riesgos de operación, los días laborables en horario de trabajo	0,1
Sin sistema manual de alarma ni presencia de personal	0

Tabla 86. Probabilidad de detección de incendio. Fuente: elaboración propia.

❖ **Probabilidad de extinción/control**

Al igual que en el caso anterior se evalúa mediante la combinación de distintas variables:

- La presencia/ausencia de sistemas automáticos de extinción, en forma de red de extinción de incendios con rociadores o sistemas específicos según la zona
- La presencia/ausencia de sistemas manuales de extinción
- La presencia de personal y su formación específica sobre los riesgos de operación
- En las zonas de almacenamiento, tanto en estanterías como en depósitos, la utilización de medidas de control adicionales a las obligadas por la normativa desarrollada en el 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. En este caso, dado que se trabaja con líquidos inflamables y combustibles, aplica la ITC APQ 001. La ITC APQ-001 indica en su capítulo

II, *Distancias entre instalaciones y entre recipientes*, una serie de medidas y sistemas adicionales de protección contra incendios, que tras ser aplicados permiten reducir la distancia de almacenamiento entre instalaciones y entre recipientes. Con este apartado se pretende primar a aquellas instalaciones que tienen alguno de estos sistemas de protección sin haber aplicado los beneficios en cuanto a reducción de distancias que éstos conllevan. Esto es, que los sistemas de control estén sobredimensionados e impliquen una mayor protección ante un incendio que las protecciones obligatorias.

Mediante la combinación de estas variables se ha asignado una probabilidad de extinción/control temprano para cada zona, que se evalúa según se indica en las siguientes tablas:

Extinción/Control en zonas de almacenamiento	Probabilidad
Sistemas automáticos de control/extinción de incendio adicionales a los obligados por la ITC MIE-APQ001 del Reglamento de almacenamiento de productos químicos	0,99
Existencia de sistemas automáticos de extinción de incendios formados por una red de extinción de incendios	0,9
Sistema manual de extinción (BIEs, extintores) con presencia permanente de personal con formación sobre los riesgos de operación	0,8
Sistema manual de extinción (BIEs, extintores) con presencia permanente de personal sin formación sobre los riesgos de operación	0,7
Sistema manual de extinción (BIEs, extintores) con presencia de personal, con formación sobre los riesgos de operación, los días laborables y fines de semana, excepto festivos	0,6
Sistema manual de extinción (BIEs, extintores) con presencia de personal, sin formación sobre los riesgos de operación, los días laborables y fines de semana, excepto festivos	0,5
Sistema manual de extinción (BIEs, extintores) con presencia de personal, con formación sobre los riesgos de operación, los días laborables día y noche	0,4
Sistema manual de extinción (BIEs, extintores) con presencia de personal, sin formación sobre los riesgos de operación, los días laborables día y noche	0,3
Sistema manual de extinción (BIEs, extintores) con presencia de personal, con formación sobre los riesgos de operación, los días laborables en horario de trabajo	0,2
Sistema manual de extinción (BIEs, extintores) con presencia de personal, sin formación sobre los riesgos de operación, los días laborables en horario de trabajo	0,1
Sin sistema manual de extinción (BIEs, extintores)	0

Tabla 87. Probabilidad de control temprano de incendio en las zonas de almacenamiento (estanterías y depósitos). Fuente: elaboración propia.

Extinción_Control en zona de C/D de materias primas // Fabricación // Limpieza de calderas // Laboratorios	Probabilidad
Existencia de sistemas automáticos de extinción de incendios formados por una red de extinción de incendios	0,99
Sistema manual de extinción (BIEs, extintores) con presencia permanente de personal con formación sobre los riesgos de operación	0,8
Sistema manual de extinción (BIEs, extintores) con presencia permanente de personal sin formación sobre los riesgos de operación	0,7
Sistema manual de extinción (BIEs, extintores) con presencia de personal, con formación sobre los riesgos de operación, los días laborables y fines de semana, excepto festivos	0,6
Sistema manual de extinción (BIEs, extintores) con presencia de personal, sin formación sobre los riesgos de operación, los días laborables y fines de semana, excepto festivos	0,5
Sistema manual de extinción (BIEs, extintores) con presencia de personal, con formación sobre los riesgos de operación, los días laborables día y noche	0,4
Sistema manual de extinción (BIEs, extintores) con presencia de personal, sin formación sobre los riesgos de operación, los días laborables día y noche	0,3
Sistema manual de extinción (BIEs, extintores) con presencia de personal, con formación sobre los riesgos de operación, los días laborables en horario de trabajo	0,2
Sistema manual de extinción (BIEs, extintores) con presencia de personal, sin formación sobre los riesgos de operación, los días laborables en horario de trabajo	0,1
Sin sistema manual de extinción (BIEs, extintores)	0

Tabla 88. Probabilidad de control temprano de incendio en las zonas de carga y descarga de materias primas, fabricación, limpieza de calderas y laboratorios. Fuente: elaboración propia.

Extinción/Control en el polvorín de nitrocelulosa	Probabilidad
Existencia de un sistema automático de extinción de incendios específico para el polvorín	0,99
Sistema manual de extinción (BIEs, extintores) con presencia permanente de personal con formación sobre los riesgos de operación	0,8
Sistema manual de extinción (BIEs, extintores) con presencia permanente de personal sin formación sobre los riesgos de operación	0,7
Sistema manual de extinción (BIEs, extintores) con presencia de personal, con formación sobre los riesgos de operación, los días laborables y fines de semana, excepto festivos	0,6
Sistema manual de extinción (BIEs, extintores) con presencia de personal, sin formación sobre los riesgos de operación, los días laborables y fines de semana, excepto festivos	0,5
Sistema manual de extinción (BIEs, extintores) con presencia de personal, con formación sobre los riesgos de operación, los días laborables día y noche	0,4
Sistema manual de extinción (BIEs, extintores) con presencia de personal, sin formación sobre los riesgos de operación, los días laborables día y noche	0,3
Sistema manual de extinción (BIEs, extintores) con presencia de personal, con formación sobre los riesgos de operación, los días laborables en horario de trabajo	0,2
Sistema manual de extinción (BIEs, extintores) con presencia de personal, sin formación sobre los riesgos de operación, los días laborables en horario de trabajo	0,1
Sin sistema manual de extinción (BIEs, extintores)	0

Tabla 89. Probabilidad de control temprano de incendio en el polvorín de nitrocelulosa. Fuente: elaboración propia.

❖ **Probabilidad conjunta de detección y extinción del incendio**

La probabilidad de que el incendio sea detectado y extinguido en la zona considerada de mayor probabilidad de incendio, se calcula a partir de la probabilidad combinada de detección y extinción según la siguiente ecuación:

$$Pr obDyE_i = Pr obDet_i \times Pr obExt_i \quad (\text{Ec. 12})$$

Donde:

- $Pr obExt_i$, representa la probabilidad de extinción en la zona “i”
- $Pr obDet_i$, representa la probabilidad de detección en la zona “i”
- $Pr obDyE_i$, es la probabilidad combinada de detección y extinción en la zona “i”, definida como la zona con mayor peligro de incendio

2. Probabilidad de que el fuego salga del emplazamiento

La probabilidad de propagación del fuego fuera de la instalación se calcula en base al modelo de *Gustav Purt*, desarrollado en la NTP 100, del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, sobre evaluación del riesgo de incendio. Este método de evaluación valora dicho peligro según la ecuación siguiente:

$$Riesgo_Inc = \frac{((Q_m) \times C + Q_i) \times B \times L}{W \times R_i} \quad (\text{Ec. 13})$$

Donde los parámetros se calculan como se explica a continuación.

1º. Q_m . Coeficiente de carga calorífica

Escala	Mcal/m ²	Q _m
1	0 – 60	1,0
2	61 – 120	1,2
3	121 – 240	1,4
4	241 – 480	1,6
5	481 – 960	2,0
6	961 – 1.920	2,4
7	1.921 – 3.840	2,8
8	3.841 – 7.680	3,4
9	7.681 – 15.360	3,9
10	> 15.361	4,0

Tabla 90. Valor numérico del coeficiente Q_m de la carga calorífica del contenido. Fuente: elaboración propia a partir de NTP-100.

Q_m indica el valor de densidad de carga de fuego ponderada para el sector que se esté evaluando. La web del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, INSHT, facilita una calculadora en la que se puede hallar de forma automática el nivel de riesgo intrínseco³, en adelante NRI, de cada zona o incluso de la instalación si fuera necesario. El parámetro que se calcula y sirve como base para su caracterización es, precisamente, el valor de carga calorífica. Por tanto, incorporando sus datos, el operador puede hallar de una forma sencilla este valor.

La calculadora posibilita la introducción de distintas actividades. A modo orientativo se indican las que se pueden elegir en relación a los sectores que se han identificado en el presente documento:

- Fabricación.
 - Pinturas y barnices en base agua
 - Pinturas y barnices en base disolvente
 - Tintas de impresión
- Limpieza de calderas

³ <http://calculadores.insht.es:86/Seguridadcontra incendios/Entradadedatos.aspx>

- Limpieza química
- Polvorín de nitrocelulosa
 - Almacén de nitrocelulosa
- Laboratorios
 - Laboratorios químicos
- Almacenamiento
 - Disolventes
 - Colores y barnices con diluyentes combustibles
 - Tintas de impresión

Si bien, cabe recalcar, que para la realización de la presente Tabla de Baremos, al disponer de la información concreta de cada operador, se ha podido trabajar con los datos específicos de cada instalación; con lo que los cálculos han sido particularizados haciendo posible valorar cada instalación de forma exhaustiva.

2º. **C. Coeficiente de combustibilidad del contenido.** El valor del coeficiente se obtiene de la Tabla 1.1 del RD 2267/2004 de 3 de diciembre, de seguridad contra incendios en establecimientos industriales, que se presenta a continuación.

VALORES DEL COEFICIENTE DE PELIGROSIDAD POR COMBUSTIBILIDAD		
ALTA	MEDIA	BAJA
- Líquidos clasificados como clase A en la ITC MIE-APQ001	-A31Líquidos clasificados como subclase B2 en la ITC MIE APQ001	- Líquidos clasificados como clase D en la ITC MIE-APQ001
- Líquidos clasificados como subclase B 1 E31 en la ITC MIE APQ001	- Líquidos clasificados como clase C en la ITC MIE-APQ001	- Sólidos que comienzan su ignición a una temperatura superior a 200 °C
- Sólidos capaces de iniciar su combustión a una temperatura inferior a 100 °C	- Sólidos que comienzan su ignición a una temperatura comprendida entre 100 °C y 200 °C	
- Productos que pueden formar mezclas explosivas con el aire a temperatura ambiente	- Sólidos que emiten gases inflamables	
- Productos que pueden iniciar combustión espontánea en el aire a temperatura ambiente		
Ci= 1,60	Ci = 1,30	Ci = 1,00

Tabla 91. Valores del coeficiente de peligrosidad por combustibilidad Ci. Fuente: elaboración propia a partir del RD 2267/2004.

Siendo las clasificaciones de líquidos de la ITC MIE-APQ001 presentes en la Tabla 91 las siguientes:

Clase A. Productos licuados cuya presión absoluta de vapor a 15 °C sea superior a 98 kPa (un kilogramo/centímetro cuadrado manométrico), tales como propileno, butadieno, cloruro de metilo, por ejemplo.

Según la temperatura a la que son almacenados pueden ser considerados como:

- Subclase A1. Productos de la clase A que se almacenan licuados a una temperatura inferior a 0 °C.
- Subclase A2. Productos de la clase A que se almacenan licuados en otras condiciones.

Clase B. Productos cuyo punto de inflamación es inferior a 55 °C y no están comprendidos en la clase A (acetona, alcohol amílico, por ejemplo).

Según su punto de inflamación pueden ser considerados como:

- Subclase B1. Productos de clase B cuyo punto de inflamación es inferior a 38 °C.
- Subclase B2. Productos de clase B cuyo punto de inflamación es igual o superior a 38 °C.

Clase C. Productos cuyo punto de inflamación está comprendido entre 55°C y 100°C (fenol, formaldehído, por ejemplo).

Clase D. Productos cuyo punto de inflamación es superior a 100°C.

A estos grados de peligro se les aplica un factor según el porcentaje de presencia del material de mayor combustibilidad:

% del material de mayor combustibilidad con respecto al peso total	Repercusión sobre la clase de peligro
≤ 10%	La clase de peligro del material de mayor representación es determinante
10 – 25%	Se aumenta 1 grado la clase de peligro del material de más fuerte representación
25 – 50%	Es determinante la clase de peligro del material de menor representación

Tabla 92. Factor de combustibilidad en base al material presente. Fuente: elaboración propia a partir de NTP-100.

3º. Qi. Valor suplementario para la carga calorífica del inmueble. El valor se toma según los datos desarrollados en la tabla siguiente.

Escala	Mcal/m ²	Qi
1	0 - 80	0
2	74 - 180	0,2
3	184 - 284	0,4
4	284 - 400	0,6

Tabla 93. Valor en función de la carga calorífica del inmueble. Fuente: elaboración propia a partir de NTP-100.

Se asume que la carga calorífica del inmueble es común a todas las instalaciones. Se ha tomado un valor de 400 Mcal/m² correspondiente al valor que, según las tablas de M. Gretener (NTP 37, *Método de valoración del riesgo de incendio de Max Gretener*), tienen los emplazamientos dedicados a la mezcla de colores y barnices. Por tanto este parámetro tiene un valor 0,6 al sustituirlo en la ecuación 13.

4º. **B.** Coeficiente correspondiente a la situación y superficie del sector cortafuego. Tiene en cuenta el incremento del riesgo resultante, por una parte, de la dificultad de acceso del equipo de intervención y, por otra, la posibilidad de propagación del incendio a todo el sector. Su valor se obtiene de la Tabla 94.

Escala	El objeto presenta las características siguientes:	B
1	<ul style="list-style-type: none"> • Superficie del sector cortafuego inferior a 1.500 m² • O como máximo tres plantas • O altura del techo de 10 metros como máximo 	1
2	<ul style="list-style-type: none"> • Superficie del sector cortafuego entre 1.500 m² y 3.000 m² • O de 4 a 8 plantas • O altura del techo entre 10 y 25 m 	1,3
3	<ul style="list-style-type: none"> • Superficie del sector cortafuego entre 3.000 y 10.000 m² • O más de 8 plantas • O altura del techo superior a 25 m • O situado en el segundo sótano o más abajo 	1,6
4	<ul style="list-style-type: none"> • Superficie del sector cortafuego superior a 10.000 m² 	2

Tabla 94. Valores del coeficiente B correspondientes al sector cortafuego. Fuente: elaboración propia a partir de NTP-100.

5º. **L.** Coeficiente correspondiente al tiempo necesario para iniciar la extinción. Puede obtenerse de la Tabla 95.

Escala de calificación	Tiempo de intervención. Distancia en línea recta	10' (1 Km)	10'-20' (1 - 6 Km)	20' - 30' (6-11 Km)	30' (11 km)
1	Bomberos profesionales. Bomberos de empresa	1.0	1.1	1.3	1.5
2	Puesto de policía. Bomberos de empresa dispuestos a intervenir siempre	1.1	1.2	1.4	1.6
3	Puesto de intervención de bomberos	1.2	1.3	1.6	1.8
4	Cuerpo local de bomberos sin retén	1.4	1.7	1.8	2.0

Tabla 95. Valores del coeficiente L correspondientes al tiempo necesario para comenzar la extinción. Fuente: elaboración propia a partir de NTP-100.

6º. **W.** Coeficiente de resistencia al fuego de la construcción. Tiene en cuenta la disminución del riesgo del edificio, cuando éste presenta una estabilidad adecuada en caso de incendio. La siguiente tabla muestra los diferentes valores que presenta W según los grados de resistencia al fuego de los límites de la instalación.

Escala	Clase de resistencia al fuego	W
1	RF 30 (para carga calorífica < 148 Mcal/m ²)	1,0
2	RF 30	1,3
3	RF 60	1,5
4	RF 90	1,6
5	RF 120	1,8
6	RF 180	1,9
7	RF 240	2,0

Tabla 96. Coeficiente de resistencia al fuego de la construcción. Fuente: elaboración propia a partir de NTP-100.

7º. **R_i.** Coeficiente de reducción del riesgo. Su valor se toma en base a la Tabla 97.

Escala	Apreciación	R _i	Datos
1	Mayor que normal	1,0	Inflamabilidad facilitada por almacenaje extremadamente abierto o poco compacto de las materias combustibles
			Combustión previsible generalmente rápida
			Número de focos de ignición peligrosos mayor que normal
2	Normal	1,3	Inflamabilidad normal debida a almacenaje medianamente abierto y poco compacto de las materias combustibles
			Combustión previsible normal
			Focos de ignición habituales
3	Menor que normal	1,6	Inflamación reducida por almacenaje de una parte (25 a 50%) de la materia combustible en recipientes incombustibles o muy difícilmente combustibles
			Almacenaje muy denso de los materiales combustibles
			Desarrollo muy rápido de un incendio poco probable
			En principio el edificio es de una sola planta, de superficie inferior a 3.000 m ²
			Condiciones muy favorables de evacuación del calor
4	Muy pequeño	2,0	Muy débil probabilidad
			En principio, probabilidad de combustión lenta (fuegos latentes)

Tabla 97. Coeficiente de reducción del riesgo. Fuente: elaboración propia a partir de NTP-100.

La probabilidad de que el incendio se propague al exterior de la instalación viene dada por la solución de la ecuación 13 y su posterior reclasificación dentro de los siguientes rangos de probabilidad:

Riesgo_Inc	Probabilidad
19,5 – 25,6	1
13,1 – 19,5	0.75
6,6 – 13,1	0,5
0,25 - 6,6	0,25

Tabla 98. Probabilidad de que el incendio salga de la instalación. Fuente: elaboración propia.

3. Probabilidad de alcance de las aguas de extinción de incendio a la red de drenaje con salida al exterior

La probabilidad de que las aguas de extinción de incendio alcancen una red de drenaje con salida al exterior depende únicamente de la existencia de una red de este tipo en la instalación, puesto que se asume que la cantidad de agua necesaria para sofocar un incendio es de una magnitud suficiente como para circular por toda la instalación.

4. Contención de aguas de extinción de incendio dentro de la instalación

La valoración de la contención del vertido de aguas de extinción de incendios en la instalación difiere en función de la presencia de una red de drenaje con salida al exterior. En caso de que las aguas de extinción entren en contacto con una red, la probabilidad se ve condicionada por la existencia en el recorrido de la misma de alguna estructura que actúe como unidad de retención o reserva, ya sea una balsa de emergencia, cubeto de contención o instalación de recogida de aguas pluviales.

La probabilidad de contención, en este supuesto, se mide según se explica en la Tabla 99, teniendo en cuenta si se realiza un mantenimiento periódico que asegure que estas estructuras permanecen libres de residuos voluminosos o líquidos que puedan mermar su capacidad de contención.

Contención de las aguas de incendio en la instalación	Probabilidad
Sin sistema de contención	0,00
Sistema de acción manual de contención	0,50
Sistema automático de contención sin mantenimiento periódico	0,75
Sistema automático de contención con mantenimiento periódico	1,00

Tabla 99. Probabilidad de contención de las aguas de extinción de incendio en la red de drenaje. Fuente: elaboración propia.

Para el resto de ramas que presenta el árbol de sucesos, en las que se parte de la ausencia de una red de drenaje en la instalación, es relevante conocer si la instalación tiene algún sistema de contención de aguas de extinción de incendio con mantenimiento periódico. En el caso de tenerlo, la probabilidad de que las aguas de extinción de incendio queden contenidas en el interior de la instalación se asume total, valor 1, cuando el elemento constructivo se mantiene de forma adecuada. Si, por el contrario, el mantenimiento no se realiza regularmente, la probabilidad de contención disminuye hasta un 0,75, en caso de ser un sistema de activación manual, la probabilidad es de 0,5 y, por último, si no hay sistema de contención de aguas de extinción de incendio, la probabilidad se considera nula.

Contención de las aguas de incendio en la instalación	Probabilidad
Sin sistema de contención	0,00
Sistema de acción manual de contención	0,50
Sistema automático de contención sin mantenimiento periódico	0,75
Sistema automático de contención con mantenimiento periódico	1,00

Tabla 100. Probabilidad de contención de las aguas de extinción de incendio dentro de la instalación.

Fuente: elaboración propia.

5. Probabilidad de afección al suelo y al agua subterránea

Estas afecciones no se han incluido en el árbol de sucesos dado que se ha supuesto que en cuanto el vertido entre en contacto con el medio, exceptuando si es a través de una red de drenaje, el recurso afectado es en todos los casos el suelo y, la afección al agua subterránea se estima en función de la difusión del contaminante en el mismo. Cuando la profundidad del vertido calculada por el modelo de difusión sea mayor a la profundidad del acuífero, se concluye que hay afección.

6. Probabilidad de afección de las aguas de extinción de incendio al agua superficial

La afección sobre una masa de agua superficial se valora de forma diferenciada en función de la secuencia de eventos que ocurre tras el accidente. En caso de que se haya valorado que las aguas de extinción entran en contacto con una red de drenaje con una unidad de retención poco eficiente o, directamente sin ella, se asume que, en todos los casos dicha red desemboca en una masa de agua y, por tanto, la probabilidad de afección del vertido tendrá un valor de 1.

Para el resto de ramas del árbol de sucesos, que indican que el vertido de aguas de extinción no queda retenido en un sistema de contención expresamente construido a tal efecto, la afección se considera automática en el momento en que el modelo de difusión indica que la sustancia contacta con una masa de agua superficial. El valor de probabilidad que se le otorga a este factor es 1 cuando se determina que el vertido entra en contacto con una masa de agua y 0 en caso contrario.

7. Probabilidad de afección de las aguas de extinción de incendio a las especies

En caso de vertido se considera que el daño a las especies es exclusivamente sobre fauna acuática, puesto que se asume que las especies terrestres tienen movilidad suficiente como para evitar el contacto con el mismo, mientras que las especies vegetales se valoran dentro de la afección al hábitat.

La afección se estima en base a la probabilidad de que el vertido afecte a una masa de agua que albergue especies acuáticas, para lo cual se toma como información de base el Inventario Nacional de Biodiversidad (INB).

8. Probabilidad de afección del incendio a las especies silvestres

En caso de incendio, la probabilidad de afección sobre especies se ciñe a las especies terrestres que haya presentes en el entorno afectado por el fuego. Para su definición se acude al Inventario Nacional de Biodiversidad (INB). En caso de que se estime que el incendio afecta de manera relevante a las especies terrestres la probabilidad será 1, si no es así se le otorga un valor 0.

9. Probabilidad de afección del incendio y/o las aguas de extinción de incendio a un hábitat

En el caso de las aguas de extinción de incendio, la afección se considera automática en el momento en que la sustancia contacte con el suelo, siempre y cuando el entorno de la instalación esté clasificado como Espacio Natural Sensible, entendiéndose como tal los hábitats prioritarios, los espacios naturales protegidos y la Red Natura 2000.

Por otra parte, el daño por incendio se considera automático cuando, una vez calculada el área de propagación del incendio mediante la aplicación del modelo de difusión correspondiente, se estime que el incendio contacta con un entorno natural clasificado como Espacio Natural Sensible, al igual que en el apartado anterior.

VIII.3. DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA DEL ANÁLISIS DE RIESGOS ASOCIADOS A VERTIDO DESDE EDAR

Parte de los operadores que componen el sector cuentan con una estación depuradora de aguas residuales —EDAR—. Una EDAR es una instalación donde el agua contaminada se somete a un proceso en el que, por combinación de diversos tratamientos físicos, químicos y/o biológicos, se consigue eliminar en primer lugar las materias en suspensión, las sustancias coloidales y, finalmente, las sustancias disueltas. Su presencia en las industrias del sector de pinturas y tintas de imprimir es relativamente habitual y se debe a las elevadas concentraciones de sustancias contaminantes que presentan las aguas residuales del proceso, resultado principalmente de la limpieza de equipos.

En base a las visitas y las consultas realizadas a expertos de ASEFAPI —contando con apoyo de bibliografía especializada—, se ha estimado que las EDAR en el sector objeto de estudio se utilizan exclusivamente para aguas de proceso procedentes de la fabricación de pinturas y tintas en base agua. Con lo cual se ha definido el vertido como único accidente con posible daño ambiental al no manejarse disolventes que generen una atmósfera explosiva que pueda derivar en un incendio.

Se ha estimado que las estaciones depuradoras constan de las siguientes actividades con peligro asociado que pueden originar un vertido:

- Equipos de proceso con depósito propio. Incluye los equipos en los que se realiza el proceso de depuración y que requieren en su operación el almacenamiento temporal de las aguas residuales
- Sistemas de válvulas y tuberías. Representa el sistema colector necesario para el transporte de las aguas contaminadas en el proceso de depuración

- Almacenamiento en depósitos. Esta zona abarca los depósitos o pozos de elevada capacidad que almacenan el agua residual de la instalación previo a su tratamiento

Durante la fase de decisión y definición de las actividades con peligro asociado y la posterior zonificación de las EDAR se llegó a la conclusión de que, aún habiendo concretado un único suceso iniciador, el vertido, había dos vías diferentes por las cuales se podía llegar a él, diferenciándose también sus consecuencias potenciales. De esta forma se definieron dos sucesos iniciadores asociados a vertido:

- Vertido por sobrellenado
- Vertido por mal funcionamiento de los equipos de proceso

El desarrollo metodológico explicado a continuación se aplicó de forma separada a cada uno de estos sucesos iniciadores.

Tras realizar la diferenciación el siguiente paso fue la división del trabajo en dos partes, por un lado la identificación de las posibles causas desencadenantes de vertido en estas zonas, y por otro, las posibles consecuencias de los sucesos iniciadores, determinadas por la ocurrencia de los distintos factores condicionantes. Al igual que para los sucesos iniciadores vertido e incendio, cada una de estas dos partes lleva asociado un valor de probabilidad de ocurrencia.

Se han diseñado dos procedimientos diferenciados para la asignación de las probabilidades, en función de que se trabaje en la parte del árbol correspondiente a los escenarios causales o en la parte correspondiente a los escenarios de consecuencias. En ambos casos, la probabilidad se ha calculado en términos semicuantitativos; por lo tanto debe interpretarse como un indicador relativo de la frecuencia con la que podrían producirse los diferentes escenarios accidentales.

VIII.3.1. ESTIMACIÓN DE PROBABILIDADES EN LA IDENTIFICACIÓN DE LOS ESCENARIOS CAUSALES DE VERTIDO DESDE EDAR

El objetivo de esta fase es definir la probabilidad de ocurrencia de los sucesos iniciadores en la EDAR, definidos como el vertido por sobrellenado por un lado y el vertido por mal funcionamiento por otro.

Al igual que para el vertido de sustancias químicas, la ausencia de un registro histórico de accidentes ha condicionado la metodología a aplicar. La secuencia metodológica que se ha seguido en la asignación de probabilidades a los sucesos iniciadores queda reflejada en el esquema que se muestra en la Figura 4.

El estudio y análisis de las fuentes de peligro por zona, así como la concreción de las causas de vertido desde EDAR expuestas en los apartados VII.2.1 y VII.2.2 de este documento, permitió definir unos estimadores de la frecuencia de esas mismas causas por actividad.

Cada estimador de frecuencia presenta una serie de categorías, que son las que, a la postre, definen el valor de probabilidad de ocurrencia del incidente para esa actividad. Dichas categorías se mueven en una escala semicuantitativa del 1 al 4 según su aporte a la probabilidad sea menor o mayor: el

valor que se les otorgue viene dado por las características particulares de cada instalación. Por regla general, la probabilidad de accidente de una determinada actividad con peligro asociado no se calcula en base a un único estimador.

Actividad con peligro asociado	Estimador	Descripción	Categorización (Probabilidad)				Puntos	Prob_Causas_Act	Prob. S.I.
			1	2	3	4			
ACT. 1	Estimador 1	Descripción	E1.Categoría 1	E1.Categoría 2	E1.Categoría 3	E1.Categoría 4	valorE1	$\frac{\sum Puntuación_estimadores_i}{Número_estimadores_i}$	$\frac{\sum_{i=1}^n (Pr ob_Causas_Act_i)}{\sum_{i=1}^n (Pr obMax_Causas_Act_i)}$
	Estimador 2	Descripción	E2.Categoría 1	E2.Categoría 2	E2.Categoría 3	E2.Categoría 4	valorE2		
ACT. 2	Estimador 3	Descripción	E3.Categoría 1	E3.Categoría 2	E3.Categoría 3	E3.Categoría 4	valorE3	$\frac{\sum Puntuación_estimadores_i}{Número_estimadores_i}$	
	Estimador 4	Descripción	E4.Categoría 1	E4.Categoría 2	E4.Categoría 3	E4.Categoría 4	valorE4		

Tabla 101. Esquema de estimación de la probabilidad del suceso iniciador. Fuente: elaboración propia.

➤ Probabilidad de las causas en la actividad con peligro asociado

La probabilidad de las causas por actividad se obtiene a partir del cálculo de la media aritmética de los valores reales que adquieran los estimadores. De esta forma la probabilidad de ocurrencia del vertido en esa actividad se expresa en un rango de 1 a 4, que es el que se maneja en la categorización de los estimadores, donde 1 representa la menor probabilidad de ocurrencia y 4 la mayor probabilidad. La expresión matemática de esta operación sería la siguiente:

$$Pr ob_Causas_Act_i = \frac{\sum_{i=1}^n Puntuación_estimadores_i}{Número_estimadores_i} \quad (\text{Ec. 14})$$

Donde:

- $Pr ob_Causas_Act_i$, representa la probabilidad de ocurrencia de las causas de vertido definidas para la actividad "i". Esta probabilidad se expresa en términos semicuantitativos con valores comprendidos entre 1 y 4
- $Puntuación_estimadores_i$, representa la suma de los valores reales que alcanzan los estimadores de probabilidad del accidente debido a la actividad "i"
- $Número_estimadores_i$, indica el número de estimadores de probabilidad de accidente valorados para la actividad "i"

➤ Probabilidad del suceso iniciador vertido por sobrellenado en EDAR

Calculada la probabilidad de las causas para cada una de las actividades con peligro de vertido, se asigna la probabilidad de ocurrencia al suceso iniciador, que se calcula mediante la relación entre la suma de las probabilidades de las causas de cada actividad y el valor máximo que dicho valor puede alcanzar para el cómputo global de la instalación. De esta forma la probabilidad del accidente se expresa en un rango de 0 a 1, donde 0 representa la menor probabilidad de ocurrencia y 1 la mayor probabilidad. La expresión matemática de esta operación es la siguiente:

$$Pr obS.I_{V.E.} = \frac{\sum_{i=1}^n (Pr ob_Causas_Act_i)}{\sum_{i=1}^n (Pr obMax_Causas_Act_i)} \quad (\text{Ec. 15})$$

Donde:

- $Pr obS.I_v$, representa la probabilidad de ocurrencia del suceso iniciador vertido desde EDAR. Esta probabilidad se expresa en un rango entre 0 y 1. Donde 0 indica la probabilidad de vertido menor y 1 indica la probabilidad mayor
- $\sum_{i=1}^n Pr ob_Causas_Act$, representa el sumatorio de los valores de probabilidad de daño alcanzados por todas y cada una de las actividades con peligro asociado de la instalación, una vez se les ha dado el valor real
- $\sum_{i=1}^n (Pr obMax_Causas_Act_i)$, representa el sumatorio del valor máximo que puede alcanzar la probabilidad de daño por actividad, si todos los estimadores tuvieran la puntuación mayor

CÁLCULO DE LA PROBABILIDAD DE LAS CAUSAS DE VERTIDO POR SOBRELLENADO POR ACTIVIDAD CON PELIGRO ASOCIADO

1. Probabilidad de vertido por sobrellenado en almacenamiento en depósitos de recepción de aguas residuales

Previo al proceso de depuración de aguas residuales se realiza un almacenamiento de las mismas sin tratar en depósitos de elevada capacidad, desde los cuales se pueden producir vertidos por sobrellenado en caso de recibir mayor caudal del que puedan abarcar. Como causas de peligro en esta zona se han identificado el error humano y los fallos en el funcionamiento. Los estimadores definidos para valorar estas causas se exponen a continuación.

❖ **Formación de los empleados**

A la hora de categorizar esta variable se ha supuesto que la presencia de empleados con formación actualizada sobre los riesgos ambientales que conlleva la operación disminuye la probabilidad de que se produzca un vertido. Así, se asigna puntuación 1 cuando los empleados reciben formación, y puntuación 4 en caso contrario.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Formación de los empleados	Los empleados han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación, la cual es actualizada cuando cambian las condiciones.			Los empleados no reciben formación

Tabla 102. Categorías de la formación de los empleados. Fuente: elaboración propia.

❖ **Experiencia de los empleados a cargo de la actividad**

Se han definido distintas categorías según los años de experiencia, asumiendo que una mayor experiencia en las funciones que conlleva la operación disminuye la probabilidad de que se produzca un vertido. Las puntuaciones por rangos son las siguientes:

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Experiencia de los empleados en la operación con depósitos de depuradora	Los empleados tienen más de 5 años de experiencia en la operación con depósitos de depuradora	Los empleados tienen de 3 a 5 años de experiencia en la operación con depósitos de depuradora	Los empleados tienen de 1 a 3 años de experiencia en la operación con depósitos de depuradora	Los empleados tienen menos de 1 año de experiencia en la operación con depósitos de depuradora

Tabla 103. Categorización de la experiencia de los empleados a cargo de la actividad. Fuente: elaboración propia.

❖ **Revisiones periódicas de funcionamiento**

La frecuencia de las revisiones se ha estimado como condicionante a la hora de valorar la probabilidad de vertido por sobrellenado, puesto que una mayor frecuencia de inspecciones de funcionamiento puede actuar como medida preventiva de cara a fallos por acumulación de sólidos, que disminuyen la capacidad efectiva del depósito

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Revisiones periódicas	≥ 1 vez al año	1 vez cada 2 años	1 vez cada 5 años	No se hacen

Tabla 104. Categorías de las revisiones periódicas de los depósitos aéreos. Fuente: elaboración propia.

❖ **Sistemas de control (presión, caudal...)**

Esta variable pretende valorar la presencia de sistemas de control que, ante un posible exceso de volumen/caudal, actúan como alarma para que las consecuencias sean mínimas. Por ello este estimador se ha valorado con un 1 para la presencia de sistemas de control y con un 4 cuando éstos no existen.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Sistemas de control (presión, caudal, etc.)	Hay sistemas de control de la operación			No hay sistemas de control de la operación

Tabla 105. Categorías de los sistemas de control. Fuente: elaboración propia.

❖ **Incidentes históricos**

La existencia de incidentes relacionados con sobrellenado en la EDAR se considera un dato muy valioso para evaluar la probabilidad. Cuanto mayor sea la frecuencia de éstos, se asume que mayor es la probabilidad de que ocurran en un futuro. De esta forma se otorga la puntuación máxima cuando el número de incidentes a lo largo de la historia de la instalación es superior a 5 anuales, y la mínima cuando es inferior a 1.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Incidentes Históricos	Menos de 1 incidente al año	Entre 1 y 3 incidentes al año	Entre 3 y 5 incidentes al año	> 5 incidentes al año

Tabla 106. Categorías de incidentes históricos. Fuente: elaboración propia.

2. Probabilidad de vertido por sobrellenado desde los sistemas de válvulas y tuberías

Los sistemas de válvulas y tuberías presentes en la EDAR son una fuente de peligro importante de cara a los posibles vertidos por sobrellenado. Un exceso de caudal tanto entrante como saliente puede derivar en un vertido. Como causas de peligro en esta zona se identificaron el error humano, el fallo de funcionamiento y los impactos. Los estimadores aplicados para cada causa son los siguientes:

❖ **Formación de los empleados**

A la hora de categorizar esta variable se ha supuesto que la presencia de empleados con formación actualizada sobre los riesgos ambientales que conlleva la operación disminuye la probabilidad de que se produzca un vertido. Así, se asigna puntuación 1 cuando los empleados reciben formación, y puntuación 4 en caso contrario.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Formación de los empleados	Los empleados han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación, la cual es actualizada cuando cambian las condiciones.			Los empleados no reciben formación

Tabla 107. Categorías de la formación de los empleados. Fuente: elaboración propia.

❖ **Experiencia de los empleados a cargo de la actividad**

Se han definido distintas categorías según los años de experiencia. Asumiendo que una mayor experiencia en las funciones que conlleva la operación disminuye la probabilidad de que se produzca un vertido. Las puntuaciones por rangos son las siguientes:

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Experiencia de los empleados en el manejo de válvulas y tuberías	Los empleados tienen más de 5 años de experiencia en el manejo y uso de las válvulas y tuberías	Los empleados tienen de 3 a 5 años de experiencia en el manejo y uso de las válvulas y tuberías	Los empleados tienen de 1 a 3 años de experiencia en el manejo y uso de las válvulas y tuberías	Los empleados tienen menos de 1 año de experiencia en el manejo y uso de las válvulas y tuberías

Tabla 108. Categorización de la experiencia de los empleados a cargo de la actividad. Fuente: elaboración propia.

❖ **Antigüedad del sistema de válvulas y tuberías**

Se ha considerado que la probabilidad de vertido es mayor cuanto mayor es la antigüedad del sistema y, por tanto, más se aproxime a su vida útil. La forma de determinar este valor se indica en la siguiente tabla.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Antigüedad de las válvulas y tuberías	Sistema de válvulas y tuberías con una antigüedad media inferior al 33% de su vida útil	Sistema de válvulas y tuberías con una antigüedad media comprendida entre el 33% y el 66% de su vida útil	Sistema de válvulas y tuberías con una antigüedad media superior al 66% de su vida útil	Sistema de válvulas y tuberías con una antigüedad media superior a su vida útil

Tabla 109. Categorías de la antigüedad del sistema de válvulas y tuberías en la EDAR. Fuente: elaboración propia.

❖ **Revisiones periódicas de funcionamiento**

La frecuencia de las revisiones se ha estimado como condicionante a la hora de valorar la probabilidad de vertido por sobrellenado, puesto que una mayor frecuencia de inspecciones de funcionamiento actúa como medida preventiva de cara a fallos en las válvulas que pueden provocar un exceso de caudal.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Revisiones periódicas	≥ 1 vez al año	1 vez cada 2 años	1 vez cada 5 años	No se hacen

Tabla 110. Categorías de las revisiones periódicas de los sistemas de válvulas y tuberías. Fuente: elaboración propia.

❖ **Sistemas de control (presión, caudal...)**

Esta variable pretende valorar la presencia de sistemas de control que, ante un posible exceso de caudal, actúan como alarma para que las consecuencias sean mínimas. Por ello este estimador se ha valorado con un 1 para la presencia de sistemas de control y con un 4 cuando éstos no existan.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Sistemas de control (presión, caudal, etc.)	Hay sistemas de control de la operación			No hay sistemas de control de la operación

Tabla 111. Categorías de los sistemas de control. Fuente: elaboración propia.

❖ Recubrimientos de protección

La presencia de recubrimientos de protección en los sistemas de válvulas y tuberías puede condicionar la existencia de vertidos asociados a sobrellenado porque en caso de un posible impacto con rotura una fuga produciría un vertido de las aguas residuales.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Recubrimientos de protección	El sistema de válvulas y tuberías dispone de un recubrimiento de protección			El sistema de válvulas y tuberías no dispone de un recubrimiento de protección

Tabla 112. Categorías de los recubrimientos de protección. Fuente: elaboración propia.

❖ Incidentes históricos

La existencia de incidentes relacionados con sobrellenado desde el sistema de tuberías en la EDAR se considera un dato muy valioso para evaluar la probabilidad. Cuanto mayor sea la frecuencia de éstos, se asume que mayor es la probabilidad de que ocurran en un futuro. De esta forma se otorga la puntuación máxima cuando el número de incidentes a lo largo de la historia de la instalación es superior a 5 anuales, y la mínima cuando es inferior a 1.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Incidentes Históricos	Menos de 1 incidente al año	Entre 1 y 3 incidentes al año	Entre 3 y 5 incidentes al año	> 5 incidentes al año

Tabla 113. Categorías de incidentes históricos. Fuente: elaboración propia.

3. Probabilidad de vertido por sobrellenado desde los equipos con depósito propio

Durante el proceso de depuración existe la posibilidad de que los equipos de proceso reciban o manejen un exceso de volumen y se produzcan vertidos por sobrellenado. Las causas de peligro identificadas para esta zona son el error humano y el fallo de funcionamiento. Los estimadores de estas causas se desarrollan a continuación.

❖ **Formación de los empleados**

A la hora de categorizar esta variable se ha supuesto que la presencia de empleados con formación actualizada sobre los riesgos ambientales que conlleva la operación disminuye la probabilidad de que se produzca un vertido. Así, se asigna puntuación 1 cuando los empleados reciben formación, y puntuación 4 en caso contrario.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Formación de los empleados	Los empleados han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación, la cual es actualizada cuando cambian las condiciones.			Los empleados no reciben formación

Tabla 114. Categorías de la formación de los empleados. Fuente: elaboración propia

❖ **Experiencia de los empleados a cargo de la actividad**

Se han definido distintas categorías según los años de experiencia. Asumiendo que una mayor experiencia en las funciones que conlleva la operación disminuye la probabilidad de que se produzca un vertido. Las puntuaciones por rangos son las siguientes:

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Experiencia de los empleados en el manejo de los equipos	Los empleados tienen más de 5 años de experiencia en el manejo de los equipos.	Los empleados tienen de 3 a 5 años de experiencia en el manejo de los equipos	Los empleados tienen de 1 a 3 años de experiencia en el manejo de los equipos	Los empleados tienen menos de 1 año de experiencia en el manejo de los equipos.

Tabla 115. Categorización de la experiencia de los empleados a cargo de la actividad. Fuente: elaboración propia.

❖ **Antigüedad del sistema de válvulas y tuberías**

Se ha considerado que la probabilidad de vertido es mayor cuanto mayor es la antigüedad de los equipos y, por tanto, más se aproxime a su vida útil. La forma de determinar este valor se indica en la siguiente tabla.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Antigüedad de los equipos	Equipos con una antigüedad media inferior al 33% de su vida útil	Equipos con una antigüedad media comprendida entre el 33% y el 66% de su vida útil	Equipos con una antigüedad media superior al 66% de su vida útil	Equipos con una antigüedad media superior a su vida útil

Tabla 116. Categorización de la antigüedad de los equipos con depósito propio. Fuente: elaboración propia.

❖ **Procedimiento de operación con supervisión y registro**

La probabilidad de que se produzca un vertido por sobrellenado desde los equipos de proceso es función, entre otros factores, de la existencia de un procedimiento que se cumpla al realizar la operación. Se han creado cuatro rangos según la existencia del procedimiento y si está supervisado y registrado.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Procedimiento de operación con supervisión y registro	Existe un procedimiento para el manejo de los equipos con supervisión por personal propio de la instalación y registros periódicos de su cumplimiento.	Existe un procedimiento para el manejo de los equipos sin supervisión por personal propio de la instalación pero con registros periódicos de su cumplimiento	Existe un procedimiento para el manejo de los equipos sin supervisión por personal propio de la instalación y sin registros periódicos de su cumplimiento	No hay un procedimiento para la operación

Tabla 117. Categorización del procedimiento de operación. Fuente: elaboración propia.

❖ **Sistemas de control (presión, caudal...)**

Esta variable pretende valorar la presencia de sistemas de control de los parámetros de proceso que, ante un exceso de volumen en los depósitos, actúan como alarma para que las consecuencias sean mínimas. Por ello este estimador se ha valorado con un 1 para la presencia de sistemas de control y con un 4 cuando éstos no existen.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Sistemas de control (presión, caudal, etc.)	Hay sistemas de control de la operación			No hay sistemas de control de la operación

Tabla 118. Categorización de los sistemas de control. Fuente: elaboración propia.

❖ **Planes de inspección y mantenimiento**

La existencia de planes preventivos y correctivos puede determinar la frecuencia con la que se producen los incidentes. Este estimador además valora positivamente la existencia de registros de dichos planes, de tal forma que la categorización queda como se muestra en la siguiente tabla.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Planes de inspección y mantenimiento	Se aplica un plan de mantenimiento correctivo y preventivo propio basado en la experiencia propia y en los requisitos del fabricante; se realizan revisiones periódicas con registro de todo ello	Se aplica un plan de mantenimiento correctivo y preventivo propio basado en la experiencia propia y en los requisitos del fabricante pero no hay registro de todo ello	Se hace un mantenimiento de acuerdo a mínimos del fabricante pero no se hacen revisiones periódicas	Sólo se aplica mantenimiento correctivo en caso de avería. No se hacen revisiones periódicas

Tabla 119. Categorización de los planes de inspección y mantenimiento. Fuente: elaboración propia.

❖ **Incidentes históricos**

La existencia de incidentes relacionados con sobrellenado desde los equipos de la EDAR se considera un dato muy valioso para evaluar la probabilidad. Cuanto mayor sea la frecuencia de éstos, se asume que mayor es la probabilidad de que ocurran en un futuro. De esta forma se otorga la puntuación máxima cuando el número de incidentes a lo largo de la historia de la instalación es superior a 5 anuales, y la mínima cuando es inferior a 1.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Incidentes Históricos	Menos de 1 incidente al año	Entre 1 y 3 incidentes al año	Entre 3 y 5 incidentes al año	> 5 incidentes al año

Tabla 120. Categorías de incidentes históricos. Fuente: elaboración propia.

➤ **Probabilidad del suceso iniciador vertido por mal funcionamiento de la EDAR**

A diferencia del resto de sucesos iniciadores, para la probabilidad de vertido por mal funcionamiento en EDAR sólo se ha tenido en cuenta una zona, la de proceso de la EDAR, formada por los denominados *equipos con depósito propio*. Por tanto, la probabilidad del suceso iniciador es directamente la probabilidad de las causas en esta zona, según se muestra en la fórmula:

$$ProbS.I_{V.M.F.} = \frac{(Prob_Causas_Act_i)}{(ProbMax_Causas_Act_i)} \quad (\text{Ec. 16})$$

- $ProbS.I_{V.M.F.}$, representa la probabilidad de ocurrencia del suceso iniciador vertido desde EDAR por mal funcionamiento. Esta probabilidad se expresa en un rango entre 0 y 1. Donde 0 indica la probabilidad de vertido menor y 1 indica la probabilidad mayor
- $Prob_Causas_Act_i$, representa el sumatorio de los valores de probabilidad de daño alcanzados por todas y cada una de las actividades con peligro asociado de la EDAR, una vez se les ha asignado el valor real
- $(ProbMax_Causas_Act_i)$, representa el sumatorio del valor máximo que puede alcanzar la probabilidad de daño en la actividad si todos los estimadores tuvieran la puntuación mayor, su valor es 4

CÁLCULO DE LA PROBABILIDAD DE LAS CAUSAS DE VERTIDO POR MAL FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS CON DEPÓSITO PROPIO

Los estimadores que condicionan la probabilidad de las causas de vertido por mal funcionamiento en la zona de equipos son los que se enumeran a continuación.

❖ **Formación de los empleados**

A la hora de categorizar esta variable se ha supuesto que la presencia de empleados con formación actualizada sobre los riesgos ambientales que conlleva la operación disminuye la probabilidad de que se produzca un vertido. Así, se asigna puntuación 1 cuando los empleados reciben formación, y puntuación 4 en caso contrario.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Formación de los empleados	Los empleados han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación, la cual es actualizada cuando cambian las condiciones.			Los empleados no reciben formación

Tabla 121. Categorías de la formación de los empleados. Fuente: elaboración propia.

❖ **Experiencia de los empleados a cargo de la actividad**

Se han definido distintas categorías según los años de experiencia, asumiendo que una mayor experiencia en las funciones que conlleva la operación disminuye la probabilidad de que se produzca un vertido. Las puntuaciones por rangos son las siguientes:

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Experiencia de los empleados en el manejo de los equipos	Los empleados tienen más de 5 años de experiencia en el manejo de los equipos.	Los empleados tienen de 3 a 5 años de experiencia en el manejo de los equipos	Los empleados tienen de 1 a 3 años de experiencia en el manejo de los equipos	Los empleados tienen menos de 1 año de experiencia en el manejo de los equipos.

Tabla 122. Categorización de la experiencia de los empleados a cargo de la actividad. Fuente: elaboración propia.

❖ **Antigüedad de los equipos**

Se ha considerado que la probabilidad de vertido es mayor cuanto mayor es la antigüedad de los equipos y, por tanto, más se aproxime a su vida útil, conforme se indica en la siguiente tabla.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Antigüedad de los equipos	Equipos con una antigüedad media inferior al 33% de su vida útil	Equipos con una antigüedad media comprendida entre el 33% y el 66% de su vida útil	Equipos con una antigüedad media superior al 66% de su vida útil	Equipos con una antigüedad media superior a su vida útil

Tabla 123. Categorización de la antigüedad de los equipos con depósito propio. Fuente: elaboración propia.

❖ **Procedimiento de operación con supervisión y registro**

La probabilidad de que se produzca un vertido por mal funcionamiento desde los equipos de proceso es función, entre otros factores, de la existencia de un procedimiento que se cumpla al realizar la operación. Se han creado cuatro rangos según la existencia del procedimiento y si está supervisado y registrado.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Procedimiento de operación con supervisión y registro	Existe un procedimiento para el manejo de los equipos con supervisión por personal propio de la instalación y registros periódicos de su cumplimiento.	Existe un procedimiento para el manejo de los equipos sin supervisión por personal propio de la instalación pero con registros periódicos de su cumplimiento	Existe un procedimiento para el manejo de los equipos sin supervisión por personal propio de la instalación y sin registros periódicos de su cumplimiento	No hay un procedimiento para la operación

Tabla 124. Categorización del procedimiento de operación. Fuente: elaboración propia.

❖ **Sistemas de control de los parámetros de proceso (presión, caudal...)**

Esta variable pretende valorar la presencia de sistemas de control de los parámetros de proceso que, ante un mal funcionamiento, actúan como alarma para que las consecuencias sean mínimas. Por ello este estimador se ha valorado con un 1 para la presencia de sistemas de control y con un 4 cuando éstos no existan.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Sistemas de control de los parámetros de proceso (presión, caudal, etc.)	Hay sistemas de control de la operación			No hay sistemas de control de la operación

Tabla 125. Categorización de los sistemas de control durante el proceso. Fuente: elaboración propia.

❖ **Sistemas de control de los parámetros de salida (pH, DQO, COT...)**

Esta variable pretende valorar la presencia de sistemas de control de los parámetros de salida de las aguas procesadas en la EDAR, de tal forma que en caso de que los controles indiquen unos parámetros anormales, los sistemas actúen como alarma para que las consecuencias sean mínimas. Por ello este estimador se ha valorado con un 1 para la presencia de sistemas de control y con un 4 cuando éstos no existan.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Sistemas de control de los parámetros de salida (pH, DQO, COT...)	Hay sistemas de control de los parámetros de salida			No hay sistemas de control de los parámetros de salida

Tabla 126. Categorización de los sistemas de control de los parámetros de salida. Fuente: elaboración propia.

❖ **Planes de inspección y mantenimiento**

La existencia de planes preventivos y correctivos puede determinar la frecuencia con la que se producen los incidentes. Este estimador además valora positivamente la existencia de registros de dichos planes. De tal forma que la categorización queda como se muestra en la siguiente tabla.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Planes de inspección y mantenimiento	Se aplica un plan de mantenimiento correctivo y preventivo propio basado en la experiencia propia y en los requisitos del fabricante; se realizan revisiones periódicas con registro de todo ello	Se aplica un plan de mantenimiento correctivo y preventivo propio basado en la experiencia propia y en los requisitos del fabricante pero no hay registro de todo ello	Se hace un mantenimiento de acuerdo a mínimos del fabricante pero no se hacen revisiones periódicas	Sólo se aplica mantenimiento correctivo en caso de avería. No se hacen revisiones periódicas

Tabla 127. Categorización de los planes de inspección y mantenimiento. Fuente: elaboración propia.

❖ **Incidentes históricos**

La existencia de incidentes relacionados con vertido por mal funcionamiento desde los equipos de la EDAR se considera un dato muy valioso para evaluar la probabilidad. Cuanto mayor sea la frecuencia de éstos, se asume que mayor es la probabilidad de que ocurran en un futuro. De esta forma se otorga la puntuación máxima cuando el número de incidentes a lo largo de la historia de la instalación es superior a 5 anuales, y la mínima cuando es inferior a 1.

Estimador	Categorización (Probabilidad)			
	1	2	3	4
Incidentes Históricos	Menos de 1 incidente al año	Entre 1 y 3 incidentes al año	Entre 3 y 5 incidentes al año	> 5 incidentes al año

Tabla 128. Categorías de incidentes históricos. Fuente: elaboración propia.

VIII.3.2. ESTIMACIÓN DE PROBABILIDADES EN LA IDENTIFICACIÓN DE LOS ESCENARIOS CONSECUENCIALES DE VERTIDO DESDE EDAR

Al igual que en el resto de sucesos iniciadores identificados para el sector, una vez otorgada una probabilidad de ocurrencia a los sucesos iniciadores de la EDAR: *vertido por sobrellenado* y *vertido por mal funcionamiento*, se desarrolla para cada uno un análisis de árbol de sucesos. Para ello, en primer lugar, se identifican y caracterizan los factores condicionantes de cada suceso iniciador, que son aquéllos con un papel relevante por su potencial efecto multiplicador o dispersor del daño, y, a continuación, se diseña la secuencia de los eventos o alternativas posibles y se le asigna una probabilidad de ocurrencia a cada uno de ellos. De esta forma la cadena de eventos queda reflejada en un esquema consecucional que desemboca en todos los escenarios accidentales posibles. La probabilidad de ocurrencia de cada escenario de accidente se calcula como resultado de la composición de las probabilidades asignadas al suceso iniciador y a los sucesivos eventos secuenciales.

En el anejo III se muestran los árboles de consecuencias para los sucesos iniciadores *vertido por sobrellenado* y *vertido por mal funcionamiento de la EDAR*.

Estimación de probabilidades en los escenarios consecuenciales de vertido por sobrellenado de la EDAR

Los factores condicionantes determinados para el suceso iniciador *vertido por sobrellenado*, son los siguientes:

- Detección y contención (con posterior recogida y limpieza)
- Alcance del vertido a una red de drenaje con salida al exterior
- Salida del vertido de la instalación
- Afección del vertido al suelo
- Afección del vertido a masas de agua superficial
- Afección del vertido a las especies silvestres
- Afección del vertido a los hábitats

Cada uno de estos factores condicionantes se integra en el árbol de sucesos mediante una pregunta cuya respuesta es binaria (*Sí/No*). La probabilidad de ocurrencia de cada una de las alternativas de respuesta se presenta en un rango de entre 0 y 1 y se estima, según el factor, como se explica a continuación.

1. Detección y contención

La probabilidad de detección y control del vertido por sobrellenado se estima a partir de un valor ponderado que parte de la evaluación de estas variables para cada una de las zonas con riesgo de sobrellenado que componen la EDAR, *depósitos de pretratamiento, sistemas de válvulas y tuberías y equipos con depósito propio*. El primer paso para hallar este dato es el cálculo de las probabilidades para cada actividad o área con peligro asociado en que se ha fraccionado la EDAR.

A la hora de calcular la probabilidad de detección y control del vertido para cada zona se tienen en cuenta diversas variables.

- Presencia de personal
- Formación del personal sobre los riesgos de operación
- Sistemas de detección/alarma automáticos o manuales
- Sistemas de contención automáticos o manuales

Se considera que la detección y la contención tienen en común las variables de presencia de personal y de formación específica en riesgos del mismo; las cuales se valoran como se muestra a continuación, referidas a cada actividad con peligro asociado.

Descripción	PROBABILIDAD			
	Menor probabilidad  Mayor probabilidad			
Presencia de personal	Presencia de personal los días laborables en horario de trabajo	Presencia de personal los días laborables día y noche	Presencia de personal los días laborables y fines de semana	Presencia permanente de personal (festivos incluidos)
Formación	Los empleados no han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación, la cual es actualizada cuando cambian las condiciones.			Los empleados han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación, la cual es actualizada cuando cambian las condiciones.

Tabla 129. Cuestionario sobre presencia de personal y formación. Fuente: elaboración propia.

El resto de variables se evalúan por separado según se refieren a detección o contención.

❖ Probabilidad de detección

La probabilidad de detección temprana se fundamenta en tres variables englobadas en dos grupos, por un lado, la presencia de sistemas de alarma automáticos o manuales y, por otro, la presencia de personal y su formación específica.

Tras combinar estas variables se asigna una probabilidad de detección temprana y efectiva por zona como se muestra en las siguientes tablas.

Detección de sobrellenado en los depósitos de la EDAR	Probabilidad
Sistema automático de detección de exceso de volumen en los depósitos de la EDAR	0,99
Sin sistema automático de detección y con presencia permanente de personal con formación sobre los riesgos de operación	0,8
Sin sistema automático de detección y con presencia permanente de personal sin formación sobre los riesgos de operación	0,7
Sin sistema automático de detección y con presencia de personal, con formación sobre los riesgos de operación, los días laborables y fines de semana, excepto festivos	0,6
Sin sistema automático de detección y con presencia de personal, sin formación sobre los riesgos de operación, los días laborables y fines de semana, excepto festivos	0,5
Sin sistema automático de detección y con presencia de personal, con formación sobre los riesgos de operación, los días laborables día y noche	0,4
Sin sistema automático de detección y con presencia de personal, sin formación sobre los riesgos de operación, los días laborables día y noche	0,3
Sin sistema automático de detección y con presencia de personal, con formación sobre los riesgos de operación, los días laborables en horario de trabajo	0,2
Sin sistema automático de detección y con presencia de personal, sin formación sobre los riesgos de operación, los días laborables en horario de trabajo	0,1
Sin sistema automático de detección ni presencia de personal	0

Tabla 130. Probabilidad de detección temprana efectiva en los depósitos de pretratamiento de la EDAR.

Fuente: elaboración propia.

Detección de sobrellenado en el sistema de válvulas y tuberías	Probabilidad
Sistema automático de detección de exceso de caudal en el sistema de tuberías	0,99
Sin sistema automático de detección y con presencia permanente de personal con formación sobre los riesgos de operación	0,8
Sin sistema automático de detección y con presencia permanente de personal sin formación sobre los riesgos de operación	0,7
Sin sistema automático de detección y con presencia de personal, con formación sobre los riesgos de operación, los días laborables y fines de semana, excepto festivos	0,6
Sin sistema automático de detección y con presencia de personal, sin formación sobre los riesgos de operación, los días laborables y fines de semana, excepto festivos	0,5
Sin sistema automático de detección y con presencia de personal, con formación sobre los riesgos de operación, los días laborables día y noche	0,4
Sin sistema automático de detección y con presencia de personal, sin formación sobre los riesgos de operación, los días laborables día y noche	0,3
Sin sistema automático de detección y con presencia de personal, con formación sobre los riesgos de operación, los días laborables en horario de trabajo	0,2
Sin sistema automático de detección y con presencia de personal, sin formación sobre los riesgos de operación, los días laborables en horario de trabajo	0,1
Sin sistema automático de detección ni presencia de personal	0

Tabla 131. Probabilidad de detección temprana efectiva en los sistemas de válvulas y tuberías de la EDAR. Fuente: elaboración propia.

Detección en los equipos con depósito propio	Probabilidad
Sistema automático de detección de exceso de volumen en los equipos con depósito	0,99
Sin sistema automático de detección y con presencia permanente de personal con formación sobre los riesgos de operación	0,8
Sin sistema automático de detección y con presencia permanente de personal sin formación sobre los riesgos de operación	0,7
Sin sistema automático de detección y con presencia de personal, con formación sobre los riesgos de operación, los días laborables y fines de semana, excepto festivos	0,6
Sin sistema automático de detección y con presencia de personal, sin formación sobre los riesgos de operación, los días laborables y fines de semana, excepto festivos	0,5
Sin sistema automático de detección y con presencia de personal, con formación sobre los riesgos de operación, los días laborables día y noche	0,4
Sin sistema automático de detección y con presencia de personal, sin formación sobre los riesgos de operación, los días laborables día y noche	0,3
Sin sistema automático de detección y con presencia de personal, con formación sobre los riesgos de operación, los días laborables en horario de trabajo	0,2
Sin sistema automático de detección y con presencia de personal, sin formación sobre los riesgos de operación, los días laborables en horario de trabajo	0,1
Sin sistema automático de detección ni presencia de personal	0

Tabla 132. Probabilidad de detección temprana efectiva en los equipos con depósito propio en la EDAR.
Fuente: elaboración propia.

❖ **Probabilidad de contención**

La contención del vertido por sobrellenado en EDAR se valora según existan o no sistemas automáticos. Se otorga la máxima probabilidad de contención si la EDAR consta de una red de drenaje cerrada o una balsa de contención asociada, en caso de no existir ninguno de estos sistemas se valora la existencia de sistemas de contención manuales, en forma de kits de emergencia contra vertidos, asociados a la presencia de personal y su formación, según se muestra en la siguiente tabla.

Contención en los depósitos de la EDAR // En el sistema de válvulas y tuberías // En los equipos con depósito propio	Probabilidad
Sistemas automáticos de contención formados por red de drenaje de vertido cerrada o balsa de contención asociada a la EDAR	0,99
Sistema manual de contención (kit de emergencia contra vertidos) con presencia permanente de personal con formación sobre los riesgos de operación	0,88
Sistema manual de contención (kit de emergencia contra vertidos) con presencia permanente de personal sin formación sobre los riesgos de operación	0,77
Sistema manual de contención (kit de emergencia contra vertidos) con presencia de personal, con formación sobre los riesgos de operación, los días laborables y fines de semana, excepto festivos	0,66
Sistema manual de contención (kit de emergencia contra vertidos) con presencia de personal, sin formación sobre los riesgos de operación, los días laborables y fines de semana, excepto festivos	0,55
Sistema manual de contención (kit de emergencia contra vertidos) con presencia de personal, con formación sobre los riesgos de operación, los días laborables día y noche	0,44
Sistema manual de contención (kit de emergencia contra vertidos) con presencia de personal, sin formación sobre los riesgos de operación, los días laborables día y noche	0,33
Sistema manual de contención (kit de emergencia contra vertidos) con presencia de personal, con formación sobre los riesgos de operación, los días laborables en horario de trabajo	0,22
Sistema manual de contención (kit de emergencia contra vertidos) con presencia de personal, sin formación sobre los riesgos de operación, los días laborables en horario de trabajo	0,11

Tabla 133. Probabilidad de contención de vertido por sobrellenado en la EDAR. Fuente: elaboración propia.

❖ **Probabilidad conjunta de detección y contención**

La probabilidad de que el vertido sea detectado y contenido se calcula combinando las probabilidades de detección y contención según la siguiente fórmula:

$$Pr obDyC = Pr ob det \times Pr obCont \quad (\text{Ec. 17})$$

En caso de que haya un sistema automático de contención se obvia el valor de probabilidad de detección, puesto que se asume que la retención es eficaz haya detección o no. De esta forma, la probabilidad se valora de la siguiente manera:

$$Pr obDyC = Pr obCont \quad (\text{Ec. 18})$$

PROBABILIDAD PONDERADA DE DETECCIÓN Y CONTENCIÓN DEL VERTIDO EN LA EDAR

Una vez que se ha obtenido la probabilidad de detección y contención para cada una de las actividades, se halla la probabilidad ponderada para la EDAR en función de la variable $Pr ob_Causas_Act_i$ de cada una de las zonas, como se muestra en la siguiente fórmula:

$$Pr obPonDyC = \frac{\sum_{i=1}^n (Pr ob_Causas_Act_i \times Pr obDyC_i)}{\sum_{i=1}^n (Pr ob_Causas_Act_i)} \quad (\text{Ec. 19})$$

Donde:

- $Prob_Causas_Act_i$, representa el valor de la probabilidad de ocurrencia de las causas de vertido definidas para la actividad "i". Esta probabilidad se expresa en términos semicuantitativos con valores comprendidos entre 1 y 4
- $ProbDyC_i$, representa la probabilidad de detección y contención hallada para la actividad "i" en función de las tablas presentadas previamente
- $\sum_{i=1}^n (Prob_Causas_Act_i)$, indica el sumatorio de las probabilidades de ocurrencia de todas las actividades en las hay peligro de vertido
- $ProbPonDyC$, es la probabilidad de detección y control ponderada en función de la probabilidad de ocurrencia de vertido por sobrellenado, hallada a partir de los estimadores, en cada zona. El valor que se obtiene se mueve en el rango de 0 a 1

2. Alcance a red de drenaje con salida al exterior desde la EDAR

La probabilidad de que un vertido desde EDAR alcance una red de drenaje con salida al exterior y, en consecuencia, la probabilidad de que el vertido salga de la instalación, se ve condicionada por el contacto entre la pluma de vertido y dicha red de drenaje. Los parámetros que indican el grado de probabilidad son, por tanto, la longitud del vertido ($Lvert$) y la distancia a la red de drenaje ($DEdar$).

El primer paso para realizar la estimación consiste en determinar la distancia que alcanza la pluma de vertido ($Lvert$) tomando como base los datos de volumen y sustancia tipo definidos y aplicando posteriormente los modelos de difusión expuestos en el anejo IV.

Una vez se dispone del valor del parámetro $Lvert$ se procede a calcular la distancia ponderada a la red de drenaje a la cual se encuentran las actividades en las que se puede producir un vertido. Para que la medida sea lo más fiel posible a la realidad, se ha optado por ponderar las distancias en función del valor de probabilidad de ocurrencia de las causas de cada zona definida en la EDAR ($Prob_Causas_Act_i$), variable hallada en el apartado de causas del suceso iniciador y cuyos valores, por actividad, se comprenden entre 1 y 4.

De esta forma el valor de la distancia a la red ($DEdar$), tomada como referencia para los cálculos del modelo, se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$DEdar = \frac{\sum_{i=1}^n (Prob_Causas_Act_i \times Dact_i)}{\sum_{i=1}^n (Prob_Causas_Act_i)} \quad (\text{Ec. 20})$$

Donde:

- $Prob_Causas_Act_i$, representa la probabilidad de ocurrencia de las causas de vertido por sobrellenado definidas para la actividad "i". Esta probabilidad se expresa en términos semicuantitativos con valores comprendidos entre 1 y 4

- $Dact_i$ es la distancia más corta a la red de drenaje de cada una de las actividades o zonas “i” que componen la EDAR. Puede ser medida tanto sobre un plano de la instalación en planta como sobre el terreno.
- $DEdar$, representa la distancia ponderada desde la EDAR a la red de drenaje con salida al exterior

La forma de calcular la probabilidad de alcance a la red se basa en la comparación de la longitud de la pluma del vertido ($Lvert$) y la distancia ponderada de la instalación a la misma, así, si la longitud del vertido es mayor o igual que la distancia ponderada, la probabilidad es 1, y en caso de ser menor, se considera 0.

Probabilidad de alcance a una red de drenaje	Probabilidad
Si $Lvert \geq Dedar$	1
Si $Lvert < Dedar$	0

Tabla 134. Probabilidad de alcance de una red de drenaje con salida al exterior desde la EDAR. Fuente: elaboración propia.

3. Alcance al exterior y salida del vertido al medio

Este valor indica la probabilidad de que el vertido salga de la instalación por el perímetro no estanco de la misma. En el modelo se estima, por un lado, la probabilidad de que el vertido alcance el perímetro o borde exterior de la instalación ($ProbAlcance$), y por otro, la probabilidad de que el perímetro no tenga muro estanco, dato que se calcula mediante la relación entre perímetro no estanco y perímetro total.

El valor de la probabilidad de alcance de los límites parte del cálculo del radio de la pluma de vertido en la EDAR ($Lvert$), mediante los modelos de difusión desarrollados en el anejo IV.

Conocido el valor del parámetro $Lvert$ se procede a calcular la distancia ponderada al borde de la instalación de todas y cada una de las actividades con peligro de vertido en la EDAR, ponderando en función de los valores de los estimadores de probabilidad de ocurrencia calculados.

$$DEdar_borde = \frac{\sum_{i=1}^n (Prob_Causas_Act_i \times Dact_borde_i)}{\sum_{i=1}^n (Prob_Causas_Act_i)} \quad (\text{Ec. 21})$$

Donde:

- $Prob_Causas_Act_i$, representa la probabilidad de ocurrencia de las causas de vertido definidas para cada una de las actividades “i” con peligro asociado en la EDAR. Esta probabilidad se expresa en términos semicuantitativos con valores comprendidos entre 1 y 4
- $Dact_borde_i$, es la distancia más corta al borde de la instalación de cada una de las actividades o zonas “i”. Puede ser medida tanto sobre un plano de la instalación en planta como sobre el terreno
- $DEdar_borde$, representa la distancia ponderada al borde de la instalación, de todas las actividades con peligro de vertido en la EDAR

La forma de calcular la probabilidad de alcance se basa en la comparación de la longitud de la pluma del vertido (*Lvert*) y la distancia ponderada desde las zonas de la EDAR al borde de la instalación.

Probabilidad de alcance a los límites	Probabilidad
Si $L_{vert} \geq D_{edar_borde}$	1
Si $L_{vert} < D_{edar_borde}$	0

Tabla 135. Probabilidad de alcance a los límites desde EDAR. Fuente: elaboración propia.

La probabilidad de salida del vertido se calcula según la siguiente fórmula con un factor dependiente de los metros de perímetro sin muro estanco:

$$ProbSalida_{EDAR} = ProbAlcance \times \frac{PerimNoEstanco}{PerimTotal} \quad (\text{Ec. 22})$$

Donde:

- *PerimNoEstanco*, representa el valor en metros del contorno de la instalación que carece de muro estanco
- *PerimTotal*, es el valor en metros del perímetro total de la instalación
- *ProbAlcance*, representa la probabilidad de que un hipotético vertido alcance el perímetro de la instalación. Se calcula según se indica en la Tabla 135
- *ProbSalida_{EDAR}*, representa la probabilidad de que el vertido desde EDAR salga de la instalación por el perímetro no estanco de la misma. El resultado se mueve en un rango de 0 a 1

4. Probabilidad de afección al suelo y al agua subterránea

La afección al suelo se valora en los casos en que el vertido no alcanza una red de drenaje con salida al exterior. Cuando el vertido no alcanza la red se estima que puede entrar en contacto con el suelo por la parte no pavimentada y, la afección al agua subterránea se estima en función de la difusión del contaminante. Cuando la profundidad del vertido calculada por el modelo de difusión sea mayor a la profundidad del acuífero, se declara que hay afección al agua subterránea.

5. Probabilidad de afección al agua superficial

La afección sobre una masa de agua superficial se valora de forma diferenciada en función de la secuencia de eventos que ocurre tras el accidente. En caso de que se haya estimado que el vertido entra en contacto con una red de drenaje con salida al exterior, se asume que, en todos los casos dicha red desemboca en una masa de agua y, por tanto, la probabilidad de afección asignada tiene un valor igual a 1.

Para el resto de ramas del árbol de sucesos la afección se considera automática en el momento en que el modelo de difusión indica que la sustancia contacta con una masa de agua superficial. El valor de probabilidad que se le otorga a este factor es 1 cuando se determina que el vertido entra en contacto con una masa de agua y 0 en caso contrario.

6. Probabilidad de afección a las especies

En caso de vertido se considera que el daño a las especies se produce exclusivamente sobre la fauna acuática, puesto que se asume que las especies terrestres tienen movilidad suficiente como para evitar el contacto con el mismo, mientras que las especies vegetales se valoran dentro de la afección al hábitat.

La afección se estima en base a la probabilidad de que el vertido afecte a una masa de agua que albergue especies acuáticas, para lo cual se toma como información de base el Inventario Nacional de Biodiversidad (INB).

7. Probabilidad de afección del vertido a los hábitats

En caso de vertido la afección al hábitat se considera automática en el momento en que la sustancia contacte con el suelo, siempre y cuando el entorno de la instalación esté clasificado como Espacio Natural Sensible —considerando como tal a los hábitats prioritarios, espacios naturales protegidos y la Red Natura 2000—.

Estimación de probabilidades en los escenarios consecuenciales de vertido por mal funcionamiento desde EDAR

Los factores condicionantes identificados para el vertido por mal funcionamiento son los siguientes:

- Detección y contención
- Afección a una masa de agua superficial
- Afección a especies silvestres

1. Detección y contención

La probabilidad de detección y control del vertido por mal funcionamiento se estima a partir de la evaluación de estos parámetros en el área de proceso, única actividad tenida en cuenta de cara a la valoración del mal funcionamiento.

A la hora de calcular la probabilidad de detección y control del vertido de la zona se tienen en cuenta diversas variables.

- Presencia de personal
- Formación del personal sobre los riesgos de operación
- Sistemas de detección/alarma automáticos o manuales
- Sistemas de contención automáticos o manuales

Se considera que la detección y la contención tienen en común las variables de presencia de personal y de formación específica en riesgos del mismo; las cuales se valoran como se muestra a continuación, referidas al proceso de depuración.

Descripción	PROBABILIDAD	
	Menor probabilidad	Mayor probabilidad
Presencia de personal	Presencia de personal de forma periódica durante el proceso de depuración	Presencia de personal permanente durante el proceso de depuración
Formación	Los empleados no han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación.	Los empleados han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación, la cual es actualizada cuando cambian las condiciones.

Tabla 136. Cuestionario sobre presencia de personal y formación en la EDAR. Fuente: elaboración propia.

El resto de variables se evalúan por separado según se refieran a detección o contención.

❖ Probabilidad de detección

La probabilidad de detección temprana se fundamenta en tres variables englobadas en dos grupos, por un lado, la presencia de sistemas de alarma automáticos o manuales y, por otro, la presencia de personal y su formación específica.

Tras combinar estas variables se asigna una probabilidad de detección temprana efectiva para la zona como se muestra en la siguiente tabla.

Detección	Probabilidad
Sistema automático de detección de efluentes anómalos asociado a controles continuos automáticos de los parámetros de proceso y de la propiedades del efluente de salida. Control permanente de los parámetros de proceso y de la propiedades del efluente de salida por parte de personal con formación sobre los riesgos de operación.	0,99
Sin sistema automático de detección de efluentes anómalos y con control permanente de los parámetros de proceso y de las propiedades del efluente de salida por parte de personal con formación sobre los riesgos de operación	0,90
Sin sistema automático de detección de efluentes anómalos y con control permanente de los parámetros de proceso y de la propiedades del efluente de salida por parte de personal sin formación sobre los riesgos de operación	0,80
Sin sistema automático de detección de efluentes anómalos y con control periódico de detección de vertidos anómalos por parte de personal con formación sobre los riesgos de operación	0,53
Sin sistema automático de detección de efluentes anómalos y con control periódico de detección de vertidos anómalos por parte de personal sin formación sobre los riesgos de operación	0,27
Sin sistema automático de detección de efluentes anómalos ni presencia de personal	0,00

Tabla 137. Probabilidad de detección temprana efectiva en los equipos de proceso de la EDAR. Fuente: elaboración propia.

❖ **Probabilidad de contención**

La contención del vertido por mal funcionamiento en EDAR se valora según haya o no sistemas automáticos. Se otorga la máxima probabilidad de contención si la EDAR consta de sistemas de contención de efluentes anómalos, en caso de no existir ninguno de estos sistemas se valora la existencia de sistemas de contención manuales, según se muestra en la siguiente tabla.

Contención	Probabilidad
Sistema automático de contención de efluentes anómalos	0,99
Sistema manual de contención de efluentes anómalos con presencia permanente de personal con formación sobre los riesgos de la operación durante el tiempo de funcionamiento	0,90
Sistema manual de contención de efluentes anómalos con presencia permanente de personal sin formación sobre los riesgos de la operación durante el tiempo de funcionamiento	0,80
Sistema manual de contención de efluentes anómalos con presencia de personal de forma periódica con formación sobre los riesgos de la operación durante el tiempo de funcionamiento	0,53
Sistema manual de contención de efluentes anómalos con presencia de personal de forma periódica sin formación sobre los riesgos de la operación durante el tiempo de funcionamiento	0,27
Sin sistema de contención de vertidos anómalos	0,00

Tabla 138. Probabilidad de contención en los equipos de proceso de la EDAR. Fuente: elaboración propia.

2. Probabilidad de afección al agua superficial

En el caso en que el suceso iniciador tenga su origen en un mal funcionamiento de los equipos de proceso, se considera que siempre que se valore que el vertido no se contiene, éste afecta a una masa de agua superficial, puesto que es el lugar natural al que vierten las aguas desde una estación depuradora con salida al exterior.

3. Probabilidad de afección a las especies

La probabilidad de afección a especies a partir de vertido por mal funcionamiento de EDAR se ciñe a la fauna acuática por ser éste el principal medio receptor de los potenciales vertidos.

La afección se estima en base a la probabilidad de que el vertido afecte a una masa de agua que albergue especies acuáticas, para lo cual se toma como información de base el Inventario Nacional de Biodiversidad (INB).

VIII.4. PROBABILIDAD DE LOS ESCENARIOS ACCIDENTALES

La probabilidad de los escenarios accidentales asociados tanto al vertido de sustancias como al incendio o al vertido desde EDAR, viene dada por la combinación de las probabilidades de ocurrencia del suceso iniciador y de cada uno de los factores condicionantes, de la siguiente forma:

$$Prob_EA_i = Prob_S.I. \times (PFC_1 \times PFC_2 \times \dots \times PFC_n) \quad (\text{Ec. 23})$$

Donde:

- $Prob_S.I.$, representa la probabilidad del suceso iniciador, valorada en un rango entre 0 y 1
- PFC_n , representa las probabilidades de los factores condicionantes para ese escenario accidental
- $Prob_EA_i$, representa la probabilidad del escenario accidental "i". Expresada en un rango entre 0 y 1

VIII.5. PROCEDIMIENTO PARA CUANTIFICAR Y EVALUAR LA SIGNIFICATIVIDAD DE LOS ESCENARIOS ACCIDENTALES

Una vez se dispone de todos los escenarios accidentales con su correspondiente probabilidad de ocurrencia, el siguiente paso en el análisis de riesgos es la cuantificación de los daños medioambientales que se puedan ocasionar en cada uno de ellos de cara a evaluar su significatividad.

Las variables que determinan la cuantificación de los daños asociados a los escenarios accidentales, así como los diferentes modelos de cuantificación propuestos se recogen en el anejo IV.

A continuación se explica cómo se realizan las estimaciones de los volúmenes de sustancia involucrada en los escenarios identificados, que es la principal información de base de cara a la cuantificación de los daños.

VIII.5.1. ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE VERTIDO PARA EL SUCESO INICIADOR VERTIDO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS

El volumen de sustancia involucrado en el vertido se estima a partir de un valor de volumen ponderado de la instalación. Para ello, previamente se identifican las sustancias tipo susceptibles de verterse, las cuales adoptando un enfoque de prudencia se ha decidido que sean los disolventes y las resinas, las cuales —según se expone en el anejo I— son las de mayor peligrosidad y representatividad en el sector. Con el fin de hallar el volumen de vertido se toman todas las actividades con presencia de dichas sustancias y se pondera el volumen en función de la variable $Prob_Causas_Act_i$, definida en el punto VIII.1.1 de tal forma que el volumen viene determinado por la siguiente fórmula:

$$V_{v,sust} = \frac{\sum_{i=1}^n ((Prob_Causas_Act_i)_{sust} \times Vrec_máxsust_i)}{\sum_{i=1}^n (Prob_Causas_Act_i)_{sust}} \quad (\text{Ec. 24})$$

Donde:

- $(Prob_Causas_Act_i)_{sust}$, representa el valor de la probabilidad de ocurrencia de las causas de vertido definidas para la actividad "i", que tiene la sustancia tipo. Esta probabilidad se expresa en términos semicuantitativos con valores comprendidos entre 1 y 4
- $Vrec_máxsust_i$, representa el volumen del recipiente más grande con la sustancia tipo en la actividad "i". Siguiendo un enfoque conservador se ha optado por considerar una pérdida del 100 por ciento del contenido de dicho recipiente para cada una de las zonas
- $\sum_{i=1}^n (Prob_Causas_Act_i)_{sust}$, indica el sumatorio de las probabilidades de ocurrencia de todas las actividades en las que se ve involucrada la sustancia tipo
- V_{sust} , es el volumen de sustancia, disolvente o resina, que se considera que se ha vertido y, por tanto, es utilizado como variable de entrada en la cuantificación del daño

VIII.5.2. ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE VERTIDO ASOCIADO A AGUAS DE EXTINCIÓN DE INCENDIO

Con la finalidad de medir el volumen de vertido asociado a aguas de extinción de incendio, se debe distinguir si el escenario accidental es consecuencia de un incendio que se propaga por toda la instalación, o si, por contra, se ha considerado que queda retenido en el sector de origen. En el primer caso el volumen de agua a tener en cuenta puede no requerir la realización de cálculos para su estimación, siempre y cuando la instalación conste de un aljibe, dimensionado debidamente, dedicado exclusivamente a las aguas de extinción. En cambio, cuando el emplazamiento carece de dicha reserva de agua, tanto en los casos de propagación fuera de la instalación, como de retención del incendio en el sector de origen, se acude a la metodología expuesta 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 (2001)*. La información descrita en este documento permite dimensionar el volumen de retención mínimo requerido para efluentes líquidos contaminados provenientes de un incendio, en función de una serie de características mensurables concretas.

De esta forma, para estimar el volumen de agua de incendio contaminada que se puede verter, se han de valorar las siguientes variables de la instalación:

- Necesidades de agua para lucha exterior. Definida como la cantidad de agua que requiere el servicio de bomberos para extinguir el incendio
- Necesidades de agua para lucha interior contra incendios. Esta variable depende del número de rociadores y bocas de incendio equipadas (BIEs) de los que conste la actividad con peligro asociado definida como la más probable en base al DPCE de la instalación
- Capacidad máxima de almacenamiento de la zona/sector con peligro asociado en el cual se origina el incendio

A continuación se exponen los pasos a aplicar para hallar cada una de estas variables:

❖ **Necesidades de agua para lucha exterior (V_{LE})**

El volumen de agua necesario para lucha externa viene determinado por una serie de criterios que, dependiendo de su valor, tienen unos coeficientes u otros asociados.

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 (áreas tipo). Con lo cual, siempre que previamente se haya estimado que el incendio se propaga por la instalación (capítulo VIII.2), la evaluación según los criterios listados a continuación se realiza utilizando valores asociados a la misma. En cambio, cuando se estime que el incendio se queda en el sector de origen, se tiene en cuenta únicamente el *área tipo* al que pertenezca.

➤ Altura del almacenamiento

El rango en el que se encuentra este criterio es el siguiente:

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

Tabla 139. Coeficientes según las categorías de altura de almacenamiento. 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”.

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

➤ Tipo de construcción

Este criterio trata de valorar la estabilidad ante el fuego del armazón de la construcción. En caso de valorarse la expansión del incendio a la instalación se toma el valor de resistencia del perímetro de la misma. Si se considera que el fuego se no se expande más allá del sector de origen, se toma el tipo de construcción de ese *área tipo*. Este coeficiente presenta las siguientes categorías:

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

Tabla 140. Coeficientes según las categorías de tipo de construcción. 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”.

Cabe señalar que este valor se estima sin tener en cuenta la presencia de rociadores.

➤ Tipos de intervención interna

Este criterio pretende ponderar la celeridad con la que se produce la intervención una vez se ha iniciado el incendio. El coeficiente es similar se valore la expansión del incendio al conjunto de la instalación o no. Las categorías que presenta son:

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

* Si se toma este coeficiente no debe considerarse el de la presencia permanente de personal en recepción.

Tabla 141. Coeficientes según las categorías de intervención interna. 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”.

➤ Cálculo del caudal intermedio (Qi)

El siguiente paso en la valoración pretende obtener el caudal intermedio. Para ello se parte del sumatorio de los 3 coeficientes, altura, tipo de construcción y tipo de intervención interna, y al valor hallado se le añade 1. Posteriormente, con este dato y el valor en m² de la superficie de referencia (S), que es, según el *área tipo* que se valore, la superficie total de la instalación dedicada a proceso o dedicada a almacenamiento, se halla el valor del caudal intermedio, según muestra la siguiente fórmula.

$$Q_i \text{ (m}^3\text{/h)} = 30 \times \frac{S \times (1 + \sum \text{coeficientes})}{500} \quad \text{(Ec. 25)}$$

➤ 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.

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

Tabla 142. 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”.

El NRI para cada actividad con peligro asociado viene definido por la densidad de carga de fuego del sector. Tal y como se expone en el desarrollo de la metodología de *Gustav Purl* (capítulo VIII.2), concretamente en el apartado de estimación del parámetro *Qm*, para calcular el NRI tanto del sector como de la instalación, el INSHT dispone de una calculadora en la que, introduciendo los datos del operador, se obtienen de vuelta los valores de densidad de carga de fuego, que, a la postre, son los

que marcan los valores de NRI, según los rangos expuestos en la Tabla 143. De todas formas, hay que recalcar que una de las funciones de dicha aplicación informática es, precisamente, devolver el NRI asociado a esos valores de densidad obtenidos.

NRI	DENSIDAD DE CARGA DE FUEGO PONDERADA Y CORREGIDA (Mcal/m ²)
RB	$Q_s \leq 200$
RM	$200 < Q_s \leq 800$
RA	$Q_s > 800$
RB:RIESGO BAJO / RM:RIESGO MEDIO / RA:RIESGO ALTO	

Tabla 143. Categorías de riesgo intrínseco en función de la densidad de carga de fuego calculada para la instalación. Fuente: elaboración propia a partir del RD 2267/2004.

Cuando el caudal a estimar sea aquél producido a raíz de un incendio de toda la instalación, si se desconoce el NRI global de la misma, atendiendo a criterios de prudencia en esta categoría se escoge el mayor NRI presente en el emplazamiento.

El riesgo, medido en unidades de caudal (m³/h), puede ser matizado mediante una división entre 2, cuando se cumplen las siguientes premisas:

- La fábrica posee protección autónoma, completa y dimensionada adecuadamente
- La instalación contra incendios se revisa y mantiene regularmente
- La fábrica 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 por *área tipo* y para la instalación. Cabe resaltar que estos valores de caudal (m³/h) han de multiplicarse por el número de horas estimado para cada tipo de incendio; así, se ha asumido una duración para el sector de 3 horas, y una duración para el total de la instalación de 8 horas.

❖ **Necesidades de agua para lucha interior (V_{LI})**

Las necesidades de agua para lucha interior vienen definidas por la presencia de rociadores, bocas de incendio equipadas (BIEs) y/o hidrantes. La obligatoriedad de la presencia de estas herramientas antiincendios viene definida en el Apéndice 3 del Real Decreto 786/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el *Reglamento de Seguridad contra incendios en los establecimientos industriales*.

El volumen de agua que se vierte desde estas fuentes se evalúa como se indica a continuación, según la instalación presente los siguientes sistemas de lucha contra incendio:

- Rociadores. Se cuenta con un caudal de 10l/min/m² con un tiempo de autonomía de 90 minutos ⁴

⁴ <http://es.scribd.com/doc/12960125/Nfpalos-Sistemas-de-Proteccion-Activa-Contra-Incendios>

- BIEs. Según queda definido en el apéndice 3 del RD 786/2001, las necesidades de agua para BIEs dependen del nivel de riesgo intrínseco de la instalación y, por tanto, el volumen de agua se calculará a partir de la siguiente tabla:
 - Para BIEs DN 25 mm la reserva será de 5,46 m³ por BIE en funcionamiento
 - Para BIEs DN 45 la reserva será función del tiempo de autonomía requerido, así para 60 minutos el volumen es de 11,8 m³ por BIE y para 90 minutos es de 17,82 m³ por BIE.

NRI	Tipo de BIE	Simultaneidad	Tiempo de autonomía (min)	Caudal (l/min)
RB	DN 25 mm	2	60	96
RM	DN 45 mm	2	60	198
RA	DN 45 mm	3	90	198
RB:RIESGO BAJO / RM:RIESGO MEDIO / RA:RIESGO ALTO				

Tabla 144. Caudales de agua según los tipos de BIEs. Fuente: elaboración propia a partir del RD 786/2001.

- Hidrantes. En caso de que éstos sean obligatorios, el volumen que se tiene en cuenta es el mínimo estipulado por la normativa (RD 786/2001) en base al tiempo de autonomía, según se muestra en la Tabla 145. Para el sector objeto de estudio se ha establecido que la configuración del establecimiento que más se ajusta a las instalaciones que lo conforman es la tipo C, y por tanto, los caudales de agua para hidrantes se toman según esta clasificación.

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

Tabla 145. Caudales de agua según los tipos de hidrantes. Fuente: elaboración propia a partir del RD 786/2001.

Como se indica en el RD 786/2001, en caso de que haya más de un sistema antiincendio el volumen de agua se cuantifica de la siguiente forma:

- Sistemas de BIEs 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 BIEs y para el sistema de hidrantes

- Sistemas de BIEs y de rociadores automáticos. Se toma como volumen la reserva de agua necesaria para rociadores automáticos
- Sistemas de BIEs, 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
- 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

Es preciso destacar que en las situaciones en que se concluya que el incendio se limita al sector de origen, se ha optado por cuantificar el volumen únicamente atendiendo a la presencia de las BIEs y los rociadores automáticos vinculados a la zona, excluyéndose los hidrantes puesto que se estima que son sistemas antiincendio dimensionados para toda la instalación y su inclusión puede sobredimensionar el volumen final.

❖ **Cálculo del volumen de sustancia contaminante presente en las aguas de extinción de incendio ($V_{MÁX}$)**

En base a un criterio conservador se ha asumido que la sustancia contaminante que se incluya en las aguas de extinción de incendio será aquella, de entre las definidas como sustancias tipo para el sector y que maneje la instalación, cuya movilidad, y por tanto, sus consecuencias en términos de extensión de daño sean mayores. De esta forma, se estima que en la mayoría de los casos la sustancia a valorar es el disolvente, optándose por las resinas cuando no hay presencia de disolventes en el sector de origen de incendio o en la instalación, según se considere la expansión del incendio.

Atendiendo al 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 (2001)*, para valorar el volumen de sustancia contaminante que se vierte en las aguas de extinción, se debe añadir al volumen de agua calculado el 20 por ciento del volumen máximo de sustancias contenido en el sector, de entre los sectores o zonas identificados en el análisis, que almacena o maneja el mayor volumen de sustancias, siempre que dicho sector almacene o maneje la sustancia tomada como referencia ($V_{máx}$). Como se ha indicado, atendiendo a un principio de precaución, se asume que la sustancia que se vierte será en todos los casos la sustancia con mayor movilidad de entre las sustancias tóxicas manejadas en el sector.

Para hallar dicho volumen se han establecido dos procedimientos según el grado de contención del incendio, los cuales se exponen a continuación:

➤ **Volumen en caso de que el incendio se controle en el sector**

Atendiendo a las características de las instalaciones visitadas, se opta por tomar como referencia para los cálculos el volumen del depósito más grande contenido en la zona con mayor probabilidad de explosión identificada en el DPCE. Esto es, en el presente estudio se simula el derrame causado por un conato de incendio que se iniciase en un depósito liberando parte de su contenido:

$$Vmáx. = Vmáx_dep_i \quad (\text{Ec. 26})$$

➤ Volumen en caso de que el incendio trascienda a la instalación

En este caso la cantidad a partir de la cual se calcula el volumen de sustancia que pasa a formar parte de las aguas de extinción de incendio, es el volumen máximo contenido en el sector que almacena o maneja el mayor volumen de sustancias tóxicas tomadas como referencia en el análisis. Dicho volumen se define en este documento como capacidad máxima. En este caso el valor es el que se presenta a continuación:

$$Vmáx. = CapMáx_sector_{inst} \quad (\text{Ec. 27})$$

❖ Cálculo del volumen total de las aguas de extinción de incendio (V_I)

Una vez que se tiene el valor de todas las variables, el volumen que se vierte por aguas de extinción de incendio (V_I) se halla mediante la siguiente fórmula:

$$V_I = ((V_{LE} + V_{LI}) \times F_m) + (0,2 \times V_{MÁX}) \quad (\text{Ec. 28})$$

Donde:

- 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 el factor de miscibilidad. Se ha asumido que el valor equivale al 100 por ciento cuando la sustancia vertida es miscible en agua, y al 25 por ciento cuando no sea así. De esta forma, en el caso objeto de estudio, el valor de F_m es del 25 por ciento puesto que, sea cual sea la sustancia valorada, resinas o disolventes, ambas se definen como no miscibles⁵
- $V_{MÁX}$, es el valor de volumen máximo de sustancias químicas arrastradas por el agua de incendio, tomado en función del área afectada por el incendio (sector o instalación), medido en m^3

VIII.5.3. ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE VERTIDO PARA EL SUCESO INICIADOR VERTIDO DESDE EDAR

❖ Volumen del vertido por sobrellenado en la EDAR

Para calcular el volumen de sustancia vertida en caso de sobrellenado de los depósitos o equipos de la EDAR es necesario conocer el caudal de entrada que se maneja en el proceso. De tal forma que conociendo el tiempo medio de cada proceso de depuración y el caudal se puede estimar el volumen que se vertería en caso de accidente.

⁵ http://www.chemical-check.de/clientversion/pdf1/665/A335-FR_0001_26-09-2007_ES.pdf
<http://www.cienytech.com/tablas/Tabla-miscibilidades-cruzada.pdf>

❖ **Volumen del vertido por mal funcionamiento en la EDAR**

Para calcular el volumen de sustancia vertida en caso de mal funcionamiento de los equipos de la EDAR es necesario conocer el caudal de salida del proceso. De tal forma que sabido el tiempo medio de cada proceso de depuración y el caudal se puede estimar el volumen que se vertería en caso de accidente.

VIII.5.4. ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE VERTIDO EN DAÑOS AL MAR

Cabe recalcar que, como se indica en el anejo IV, el volumen utilizado para los daños por vertidos al mar desde EDAR o de aguas de extinción difiere del expuesto anteriormente, ya que se ha tenido en cuenta únicamente el volumen vertido de sustancias tóxicas, dado que las técnicas reparadoras del agua y el lecho marino vienen referidas a la cantidad de sustancias tóxicas recogidas.

IX. RESULTADOS OBTENIDOS

IX.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El principal resultado del análisis de riesgos elaborado es una serie de ecuaciones matemáticas que permiten estimar la garantía financiera de cada operador —en adelante GF—, a partir de una selección de variables explicativas del riesgo medioambiental.

Los valores de GF explicados mediante este modelo consideran un 10 por ciento adicional sobre el coste de reparación primaria, en concepto de gastos de prevención y evitación —conforme con lo indicado en el artículo 33 del Reglamento—. De esta forma se pretende que la garantía financiera propuesta por el modelo prevea tanto el coste de la reparación primaria, como el coste de las medidas preventivas y de evitación que deban aplicarse.

Los modelos matemáticos propuestos se han obtenido mediante técnicas estadísticas de regresión, las cuales se han aplicado a una muestra de instalaciones representativas del sector.

En total la muestra se constituye de 22 instalaciones, de las cuales se recopilaron 177 variables que potencialmente podrían explicar el valor de su garantía financiera.

En una primera etapa se analizó la influencia de todas las variables de estudio sobre el resultado, con el fin de identificar cuáles explican en mayor medida la garantía financiera. Realizando una matriz de correlación, se concluyó que las variables explicativas que tienen una correlación significativa con los datos de GF para un nivel de confianza del 95 por ciento eran las siguientes:

- **Vic17.** Número de rociadores en la instalación [-]
- **Vic30.** Superficie de la instalación dedicada a proceso [m²]
- **Vic31.** Superficie de la instalación dedicada a almacenamiento [m²]
- **Vic32.** Volumen de cálculo de aguas de extinción para toda la instalación [m³]
- **Vic33.** Volumen de cálculo de aguas de extinción para un sector de la instalación [m³]
- **Vvc62.** Caudal de entrada en la EDAR [l/h]
- **Vvc63.** Caudal de salida en la EDAR [l/h].

Indicar que las variables Vic32 y Vic 33, referidas al volumen de aguas de extinción, son resultado de la combinación de otros aspectos directamente relacionados con el riesgo de incendio —nivel de riesgo intrínseco de incendio, tipo de construcción, tipo de intervención, sistemas de extinción, etc.—. Con lo cual, si bien el modelo se compone en un principio de las 7 variables presentadas anteriormente, realmente reflejan la información de un total aproximado de 25 variables.

Las variables de caudal de entrada y caudal de salida de EDAR, Vvc62 y Vvc63, no son aplicables a todos los operadores, puesto que no todos ellos poseen una estación depuradora. Se concluyó que un modelo único incluyendo estas variables no era correcto, puesto que aumentaba la variabilidad en la estimación de los operadores sin EDAR, convirtiendo el modelo en inadecuado. Por esta razón se optó por llevar a cabo dos análisis, separando por un lado las instalaciones con EDAR y por otro las instalaciones sin EDAR.

• **Análisis 1: instalaciones con EDAR**

Este primer análisis se dirige a los operadores, dentro del universo muestral, que tienen EDAR en sus instalaciones, siendo 10 de los 22 operadores muestreados.

Los resultados del proceso estadístico se recogen en la Tabla 146.

Análisis de regresión múltiple 1				
Variable dependiente: Garantía Financiera				
Parámetro	Estimación	Error estándar	T	P-Valor
Constante	128.183,00	37.333,70	3,43	0,08
Vic17	-96,15	382,85	-0,25	0,83
Vic30	36,70	16,52	2,22	0,16
Vic31	6,05	23,30	0,26	0,82
Vic32	110,36	199,19	0,55	0,64
Vic33	-2.944,16	602,63	-4,89	0,04
Vvc62	-133,23	143,91	-0,93	0,45
Vvc63	402,46	179,84	2,24	0,15

Tabla 146. Análisis de regresión múltiple del análisis 1. Fuente: elaboración propia.

Indicar que aunque existen variables cuyo p-valor es superior a 0,05, se ha decidido mantenerlas en el análisis ya que mejoran sustancialmente la capacidad explicativa del modelo estadístico.

El análisis de varianza, recogido en la Tabla 147, muestra cómo el modelo elegido es significativo al tener un p-valor menor que 0,05 por lo que el modelo se considera adecuado. Además el elevado valor del parámetro R², indica que estas variables explican en un 99 por ciento la variable GF.

Análisis de varianza					
Variable dependiente: Garantía Financiera					
Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	Cociente-F	P-Valor
Modelo	8,86E+11	7,00	1,27E+11	87,94	0,011
Residuo	2,88E+09	2,00	1,44E+09		
Total (Corr.)	8,89E+11	9,00			
R-cuadrado = 99,68%					

Tabla 147. Análisis de la varianza del análisis 1. Fuente: elaboración propia.

Finalmente, en base a los resultados, la ecuación que explica la relación entre el valor de la garantía financiera y las variables determinantes del riesgo medioambiental de las instalaciones que disponen de EDAR es la siguiente:

$$GF = 128183,0 - 96,1521 * Vic17 + 36,6971 * Vic30 + 6,04626 * Vic31 + 110,358 * Vic32 - 2944,16 * Vic33 - 133,23 * Vvc62 + 402,457 * Vvc63 \quad (\text{Ec. 29})$$

Siendo las variables que la forman:

- Número de rociadores en la instalación (*Vic17*) [-]
- Superficie de la instalación dedicada a proceso (*Vic30*) [m²]
- Superficie de la instalación dedicada a almacenamiento (*Vic31*) [m²]
- Volumen de cálculo de aguas de extinción para toda la instalación (*Vic32*) [m³]
- Volumen de cálculo de aguas de extinción para un sector de la instalación (*Vic33*) [m³]
- Caudal de entrada en la EDAR (*Vvc62*) [l/h]
- Caudal de salida en la EDAR (*Vvc63*) [l/h]

Una vez aplicado el modelo estadístico, y enfrentados los resultados al valor real calculado mediante la aplicación del modelo de análisis de riesgos, se comprueba que los valores estimados se aproximan a los valores calculados. Lo cual confirma que el modelo se ajusta adecuadamente a los datos de partida.

- **Análisis 2: instalaciones sin EDAR**

Este segundo análisis está dirigido a los operadores, de entre los que fueron encuestados, que no disponen de EDAR en sus instalaciones.

En un primer momento se realizó un estudio estadístico con todas las instalaciones de la muestra que no dispusieran de EDAR en sus instalaciones y se comprobó que no era posible ajustar los datos a un único modelo. Por ello, se decidió buscar alguna otra variable que resultase determinante de cara a determinar la GF. Tras aplicar varios cruces se observó que la variable *Vic32*, correspondiente al volumen de cálculo de aguas de extinción de incendio en m³, podía ser la referencia, de tal forma que se optó por hacer dos diseños econométricos independientes según los datos de dicha variable, tomando como valor medio 1.000 m³. Así, se generaron dos nuevos subgrupos muestrales, por un lado el subgrupo formado por las instalaciones sin EDAR con volúmenes de cálculo de vertido de aguas de extinción de incendio superiores o iguales a 1.000 m³, representado por 6 instalaciones, y por otro, el subgrupo de instalaciones sin EDAR con volúmenes de cálculo de vertido de aguas de extinción de incendio inferiores a 1.000 m³, compuesto por las 6 instalaciones restantes.

Para los dos diseños se ha tomado como adecuado el modelo regresivo inicial con todas las variables —excepto las asociadas a EDAR, *Vvc62* y *Vvc63*— sin realizar un “*stepwise*” o regresión por pasos, como en el caso del análisis 1, puesto que el modelo no varía utilizando esta metodología.

Las variables de partida, identificadas como explicativas con una correlación significativa con los datos de GF, excluyendo las variables asociadas a EDAR, son las siguientes:

- Número de rociadores en la instalación (*Vic17*) [-]
- Superficie de la instalación dedicada a proceso (*Vic30*) [m²]

- Superficie de la instalación dedicada a almacenamiento (Vic31) [m²]
- Volumen de cálculo de aguas de extinción para toda la instalación (Vic32) [m³]
- Volumen de cálculo de aguas de extinción para un sector de la instalación (Vic33) [m³]

El estudio estadístico realizado para ambos subgrupos se detalla a continuación.

○ **Análisis 2.1: vertido de aguas de extinción de incendio $\geq 1.000 \text{ m}^3$**

Este primer diseño está dirigido a operadores que, además de no disponer de EDAR en sus instalaciones, tengan un volumen de cálculo de vertido de aguas de extinción de incendio igual o superior a 1.000 m^3 . Como se ha indicado anteriormente, de las 22 instalaciones encuestadas y analizadas, 6 de ellas tienen estas características.

Los resultados del análisis aplicado se muestran en las Tablas 148 y 149.

Análisis de regresión múltiple 2.1				
Variable dependiente: Garantía Financiera				
Parámetro	Estimación	Error estandar	T	P-Valor
Constante	-3,07107E7			
Vic17	-123.153,00			
Vic30	-3.689,05			
Vic31	-777,86			
Vic32	49.732,10			
Vic33	-11.417,70			

Tabla 148. Análisis de regresión múltiple para el diseño 1 del análisis 2. Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la Tabla 148, los P-valores son tan pequeños que no aparecen en la salida de la aplicación informática, lo que indica que las variables y la constante son significativas en el modelo.

Análisis de varianza					
Variable dependiente: Garantía Financiera					
Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	Cociente-F	P-Valor
Modelo	3,39E+13	5,00	6,78E+12		
Residuo	0,00E+00	0,00	0,00E+00		
Total (Corr.)	3,39E+13	5,00			
R-cuadrado = 100,00 %					

Tabla 149. Análisis de la varianza para el diseño 1 del análisis 2. Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 149 se muestra que el análisis de la varianza —ANOVA— también es significativo, el p-valor es muy inferior a 0,05 por lo que el modelo ajustado es aceptable. En este caso se podría decir que el ajuste es adecuado ya que el coeficiente de determinación es del 100 por ciento, por lo tanto las variables utilizadas para estimar la GF son las más apropiadas.

En base a los resultados, la ecuación que explica la relación entre el valor de la garantía financiera y las variables que determinan el riesgo medioambiental de las instalaciones que, además de no disponer de EDAR, tienen un volumen de cálculo de vertido de aguas de extinción igual o superior a 1.000 m³ es la siguiente:

$$GF = -30710700 - 123153 * Vic17 - 3689,05 * Vic30 - 777,858 * Vic31 + 49732,1 * Vic32 - 11417,7 * Vic33 \quad (\text{Ec. 30})$$

Siendo las variables que la forman:

- Número de rociadores en la instalación (*Vic17*) [-]
- Superficie de la instalación dedicada a proceso (*Vic30*) [m²]
- Superficie de la instalación dedicada a almacenamiento (*Vic31*) [m²]
- Volumen de cálculo de aguas de extinción para toda la instalación (*Vic32*) [m³]
- Volumen de cálculo de aguas de extinción para un sector de la instalación (*Vic33*) [m³]

Una vez aplicado el modelo y enfrentados los resultados al valor real observado se comprueba que los valores estimados son prácticamente idénticos a los reales, lo cual confirma que el modelo se ajusta correctamente a los datos de partida.

○ **Análisis 2.2: vertido de aguas de extinción de incendio < 1.000 m³**

Este segundo diseño está dirigido a operadores que, además de no disponer de EDAR en sus instalaciones, tengan un volumen de cálculo de vertido de aguas de extinción de incendio inferior a 1.000 m³. Este subgrupo muestral se compone de 6 instalaciones.

Al igual que ocurre con el diseño anterior, las variables elegidas para este análisis proporcionan una estimación fiable de la variable GF. Aplicando el análisis de regresión múltiple se observa que las variables son significativas para el modelo, teniendo un p-valor tan pequeño que la aplicación informática no es capaz de devolverlo como se muestra en la Tabla 150.

Análisis de regresión múltiple 2.2				
Variable dependiente: Garantía Financiera				
Parámetro	Estimación	Error estandar	T	P-Valor
Constante	-101.920,00			
Vic17	34.030,00			
Vic30	668,73			
Vic31	-353,06			
Vic32	264,36			
Vic33	-9.195,08			

Tabla 150. Análisis de regresión múltiple para el diseño 2 del análisis 2. Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, el análisis de varianza —ANOVA— también es significativo, con un p-valor muy inferior a 0,05, por lo que el modelo ajustado es dado por válido; de hecho, ajusta perfectamente como muestra un coeficiente de determinación igual al 100 por ciento (Tabla 151).

Análisis de varianza					
Variable dependiente: Garantía Financiera					
Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	Cociente-F	P-Valor
Modelo	6,23E+11	5,00	1,25E+11		
Residuo	2,29E-04	0,00			
Total (Corr.)	6,25E+11	5,00			
R-cuadrado = 100,00 %					

Tabla 151. Análisis de la varianza para el diseño 2 del análisis 2. Fuente: elaboración propia.

Según los resultados obtenidos, la ecuación que explica la relación entre el valor de la garantía financiera y las variables que determinan el riesgo medioambiental de las instalaciones que, además de no disponer de EDAR, tienen un volumen de cálculo de vertido de aguas de extinción inferior a 1.000 m³ es la siguiente:

$$GF = -101920,0 + 34030,0 * Vic17 + 668,728 * Vic30 - 353,056 * Vic31 + 264,363 * Vic32 - 9195,08 * Vic33 \quad (\text{Ec. 31})$$

Siendo las variables que la forman:

- Número de rociadores en la instalación (*Vic17*) [-]
- Superficie de la instalación dedicada a proceso (*Vic30*) [m²]
- Superficie de la instalación dedicada a almacenamiento (*Vic31*) [m²]
- Volumen de cálculo de aguas de extinción para toda la instalación (*Vic32*) [m³]
- Volumen de cálculo de aguas de extinción para un sector de la instalación (*Vic33*) [m³]

IX.2.LIMITACIONES DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

A la hora de aplicar el modelo desarrollado se deben tener en cuenta una serie de cautelas, en base a las cuales los usuarios deberán decidir si el modelo puede ser empleado para la valoración de su garantía financiera. Adicionalmente, estas cautelas y limitaciones deben conocerse con el fin de interpretar correctamente los resultados retornados por el modelo. Es importante destacar que el modelo estadístico desarrollado explica adecuadamente los valores de garantía financiera para las características asignadas a las 22 instalaciones de la muestra —el modelo se considera explicativo—, no obstante la validez predictiva del mismo para otras instalaciones y otras características debe ser evaluada caso por caso.

a) Generalización del análisis de riesgos

Del análisis de riesgos realizado puede afirmarse que el sector de la fabricación de pinturas y tintas de imprimir es relativamente complejo. Como ya se ha expuesto en apartados precedentes de forma detallada, se trata de un sector en el que se maneja un gran número de sustancias químicas, con zonas de proceso que pueden variar de una a otra instalación, y en el cual el proceso de fabricación no es necesariamente homogéneo para todos sus miembros. Lo anterior implica que el análisis de riesgos ha debido abstraerse de los casos concretos y establecer un marco general para el conjunto del sector.

Los usuarios de la TB, conociendo las decisiones y criterios adoptados en el presente análisis y la modelización del sector que se ha realizado, deberían decidir si su instalación se ajusta adecuadamente al modelo planteado. En caso contrario sería conveniente que acudieran a otras opciones, como sería prescindir de la TB y partir del análisis de riesgos realizado a nivel sectorial —herramienta similar a un MIRAT—, para elaborar un análisis de riesgos específico para su instalación.

b) Presencia de escenarios singulares

Conforme establece el documento “Estructura y contenidos generales de los instrumentos sectoriales para el análisis del riesgo medioambiental” elaborado por la Comisión Técnica de Prevención y Reparación de Daños Medioambientales, se denominan “escenarios singulares” aquéllos que no son representativos a nivel sectorial por estar presentes en una minoría de actividades o instalaciones, encontrándose por lo tanto excluidos de los MIRAT.

Los operadores que identifiquen en su instalación escenarios que no hayan sido considerados en el presente análisis de riesgos, y que adicionalmente generen un daño significativo deberían ser tenidos en cuenta en un análisis de riesgos medioambientales particularizado a nivel de operador. Para ello, de nuevo, el operador podría apoyarse en la metodología propuesta en el análisis de riesgos elaborado a nivel sectorial.

c) Representatividad de la muestra: características

Los operadores que deseen aplicar la TB deben tener en cuenta las características de la muestra de 22 instalaciones, tomada como referencia para el proceso estadístico. En concreto, es recomendable

que los valores de sus variables explicativas se encuentren dentro de los mismos rangos que los encontrados en la muestra.

d) Tamaño de la muestra

A pesar de que el tamaño de la muestra se considera suficiente para la obtención de resultados —el número total de asociados a ASEFAPI es de 138 por lo que la muestra representa el 16 por ciento del total—, existe la posibilidad de que al aplicar el modelo a un número superior de instalaciones las ecuaciones de regresión varíen. Esta circunstancia puede ser objeto de seguimiento conforme se utilice el modelo para la evaluación de otras instalaciones, de tal forma que las mejoras y ajustes que se detecten puedan ser incorporadas en las sucesivas revisiones del análisis de riesgos.

e) Límites de la garantía financiera

Los valores de garantía financiera calculados para la muestra mediante el modelo diseñado oscilan entre el valor mínimo y el valor máximo obtenido de la aplicación del análisis de riesgos. Por lo que se recomienda que en caso de aplicar las ecuaciones propuestas y obtener valores fuera de este intervalo el resultado sea tomado con la debida cautela.

f) Contraste con la realidad

Los usuarios deben tener en cuenta que el análisis de riesgos proporciona un modelo teórico de evaluación de daños *a priori*, cuyos resultados deberían ser contrastados con la realidad con el fin de confirmar que éstos tienen sentido en su aplicación práctica. Se debe destacar el caso de las ecuaciones de regresión, en las cuales si bien los factores implicados tienen significado matemático en determinadas circunstancias pueden carecer de un significado real.

En caso de que se aprecien discrepancias significativas entre lo planteado por el modelo y la realidad observada, deberían estudiarse otras alternativas encaminadas a la realización de un análisis de riesgos individual, específicamente diseñado para la instalación evaluada.

X. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

La evaluación de los efectos que la variación de los parámetros de entrada tiene sobre el cálculo de la cuantía de la garantía financiera, se realiza de forma directa a partir de las ecuaciones obtenidas en el análisis estadístico recogido en el apartado IX. La forma genérica de estas ecuaciones se corresponde con las de una regresión lineal múltiple, siendo su expresión matemática:

$$Y = \beta_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_i X_i + \dots + \beta_k X_k \quad (\text{Ec. 32})$$

Donde:

- Y, es la variable explicada por el modelo. Se corresponde con la cuantía de la garantía financiera
- β_i , son los valores de los coeficientes de regresión
- X_i , son las variables independientes o explicativas de la GF

La sensibilidad de la garantía financiera estimada por el modelo, a los valores de las diferentes variables explicativas, viene dada por los coeficientes de regresión según se muestra en la Tabla 152.

Análisis 1		Análisis 2.1		Análisis 2.2	
Variable	Coeficientes β	Variable	Coeficientes β	Variable	Coeficientes β
Vic17	-96,152	Vic17	-123.153,000	Vic17	34.030,000
Vic30	36,697	Vic30	-3.689,050	Vic30	668,728
Vic31	6,046	Vic31	-777,858	Vic31	-353,056
Vic32	110,358	Vic32	49.732,100	Vic32	264,363
Vic33	-2944,16	Vic33	-11.417,700	Vic33	-9.195,080
Vvc62	-133,230				
Vvc63	402,457				

Tabla 152. Valores de los coeficientes de regresión para cada variable según el análisis aplicado.

De tal forma, que si se incrementara —o disminuyera— el valor de la variable X_i en una unidad, la garantía financiera —variable explicada por la regresión—, se vería modificada en la cuantía del coeficiente β_i , de forma positiva o negativa según el signo que lo acompañe.

Esta sensibilidad ante cambios producidos en las variables independientes se representa mediante la expresión:

$$\Delta Y = \beta_i \Delta X_i \quad (\text{Ec. 33})$$

Donde:

- ΔY , es la variación ocasionada en el valor de la garantía financiera a consecuencia de una variación en una de las variables independientes
- β_i , son los valores de los coeficientes de regresión
- ΔX_i , es la variación de la variable independiente X_i

XI. ORIENTACIONES PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO MEDIOAMBIENTAL

La Norma UNE 150008 establece que la gestión del riesgo tiene como objeto principal la toma de decisiones más adecuadas sobre los riesgos ambientales, fundamentadas en los criterios de seguridad y eficiencia económica. Esta política de gestión debe ser desarrollada y llevada a cabo por cada operador de forma concreta para la actividad que realiza. La citada norma establece diferentes métodos de gestión del riesgo medioambiental que los operadores pueden utilizar para gestionar sus riesgos de forma más eficiente.

A continuación se enumeran una serie de indicaciones a nivel general que pueden ayudar a gestionar los riesgos medioambientales de las instalaciones del sector objeto de estudio con el objetivo de minimizarlos:

- Establecer procedimientos de las operaciones realizadas en las instalaciones que incluyan supervisiones y registros de las mismas
- Establecimiento de mejoras en las instalaciones que minimicen riesgos:
 - Instalación de sistemas de control de las operaciones (caudal, presión, fugas, derrames, etc.)
 - Instalación de sistemas de alarma que permitan la detección temprana de los vertidos o incendios
 - Construcción de un depósito o balsa de emergencia que permita disponer de mayor capacidad de recogida ante derrames y acumulaciones de efluente o aguas de extinción de incendio
 - Instalación de una red de drenaje sin salida al exterior o, en presencia de una red abierta, instalación de sistemas de cerramiento que, en caso de contacto del vertido con la red actúen como medida de contención
 - Instalación en las áreas de almacenamiento de cubetos de contención adicionales a los obligados por la normativa para la contención de posibles derrames
 - Inertización de las atmósferas inflamables, en tanques de proceso o zonas de almacenamiento, que puedan dar lugar a un incendio
 - Pavimentación total del suelo de la instalación
 - Instalación de sistemas de limpieza automática de tanques y equipos, en circuito cerrado, con recuperación de disolventes
 - Reutilización de los disolventes utilizados en las operaciones de limpieza, para la formulación de la siguiente carga de pintura fabricada
 - Reutilización de las aguas de limpieza, previamente sometidas a un proceso de sedimentación

- Planificación de las secuencias del proceso de forma que se vea minimizada la realización de limpiezas
- Establecimiento de programas de formación para los empleados de las instalaciones en temas relacionados con la prevención y evitación de accidentes de tipo ambiental
- Establecimiento de planes de inspección y mantenimiento preventivo para asegurar el perfecto estado de las estructuras y equipos de las instalaciones

XII. PLAN DE REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN DEL INSTRUMENTO DE ANÁLISIS SECTORIAL

Este apartado tiene el cometido de identificar tanto los aspectos del presente análisis de riesgos que deben ser objeto de seguimiento, como el procedimiento a seguir para actualizar el modelo en caso de que se considere necesario.

El análisis de riesgos elaborado puede considerarse una herramienta técnicamente compleja y con un elevado volumen de información. Ambas características son consecuencia, principalmente, de la elaboración de una TB en ausencia de un registro histórico de accidentes, ya que esta carencia obliga a la realización de un estudio exhaustivo de los riesgos del sector.

No obstante, es posible que en el futuro se produzcan diferentes accidentes ambientales, los cuales podrían ser objeto de registro con el fin de poder disponer de una base suficientemente representativa a medio y largo plazo. La disponibilidad de dicha base conllevaría una modificación notable del planteamiento expuesto en el presente análisis; ya que, en principio, no sería necesario realizar simulaciones complejas como las diseñadas actualmente. En tal caso se trataría meramente de llevar a cabo los procesos técnicos y estadísticos necesarios, con el fin de correlacionar el riesgo de cada instalación —el cual debería ser función de las variables recogidas en el registro de accidentes—, con el coste que haya supuesto la reparación de los daños ocasionados.

Se dispondría en este supuesto de una herramienta que contaría con algunas ventajas apreciables frente a la desarrollada en la actualidad, principalmente desde el punto de vista de su robustez, sencillez de manejo y facilidad de actualización.

Por lo tanto, el aspecto de mayor importancia a considerar de cara a la actualización del presente análisis, es la existencia o no de un registro histórico de accidentes con datos suficientes y representativos para el sector. Siendo recomendable que en caso afirmativo, se elabore una herramienta estadística para la valoración del riesgo, la cual sustituiría de manera parcial o total el modelo de análisis actual.

Ante la previsión de que a corto plazo no se disponga del mencionado registro de accidentes, debe atenderse a los aspectos del modelo actual que deberán ser revisados con motivo de su posible actualización, asegurando de esta forma su funcionalidad.

De esta forma, debe realizarse un seguimiento de la aplicación del modelo a la realidad, y llevar un control sistemático de las variaciones que se produzcan entre los resultados obtenidos y los datos reales en todas y cada una de las fases que recoge el modelo. En caso de que, tras los correspondientes análisis estadísticos, las desviaciones se consideren significativas, deberá modificarse el modelo. El objetivo último consiste en lograr el mayor ajuste posible del análisis de riesgos a las situaciones reales de forma continua y progresiva.

Cabe recalcar que aparte de la disponibilidad de un registro de accidentes, existen otras circunstancias que pueden requerir la revisión y, en su caso, actualización del modelo. Por un lado, el

sistema productivo de las instalaciones que componen el sector puede experimentar modificaciones sustanciales, que provoquen que el análisis de riesgos realizado quede obsoleto o únicamente válido parcialmente y, por otro, es posible que se aprueben nuevos requisitos legales o se modifique la legislación aplicable tomada como referencia en la presente evaluación de riesgos ambientales, con lo cual, tanto la metodología aplicada como el análisis de riesgos desarrollado podrían quedar desactualizados.

Por último, la TB podría ser revisada a petición de alguna de las partes implicadas, ya sea el propio sector o la autoridad competente, que consideren que dicha revisión pueda resultar procedente.

XIII. CONCLUSIONES

Conforme indica el Reglamento aprobado por el Real Decreto 2090/2008, de 22 de diciembre, el objetivo final de las tablas de baremos es permitir a los operadores integrantes del sector empresarial objeto de estudio, el cálculo de la cobertura económica de la garantía financiera sin la necesidad de realizar un análisis de riesgos particularizado de su instalación. Por este motivo se hace necesario el manejo de un gran volumen de información, que permita evaluar en detalle todos los posibles escenarios accidentales que podrían darse en el sector analizado.

El hecho de que no exista un registro de accidentes con una cantidad de registros suficiente y con la información necesaria para la estandarización de los riesgos medioambientales del sector, ha hecho necesario la realización de un estudio exhaustivo del riesgo medioambiental. Para ello, ha sido crucial la búsqueda e identificación de una gran cantidad de datos necesarios para diseñar un modelo de análisis de riesgos que, además de facilitar el propio análisis particularizado, sirva de herramienta para identificar una relación entre el riesgo medioambiental de las instalaciones y el coste de la garantía financiera por responsabilidad medioambiental, objetivo último de una TB.

En el diseño del modelo de análisis ha sido fundamental recurrir a una serie de estandarizaciones, explicadas en los apartados anteriores de este informe, necesarias para el desarrollo de la TB. Para ello ha sido clave la colaboración de ASEFAPI, así como la consulta a expertos y la revisión de bibliografía especializada.

En el proceso de análisis, el primer paso fue profundizar en el estudio del funcionamiento del sector para así adquirir conocimiento sobre los distintos procesos productivos y las sustancias manejadas. Para ello, con la asistencia de ASEFAPI, se procedió a realizar una serie de visitas que cubrieran, en la medida de lo posible, las dos líneas de producción características del sector, la fabricación de pinturas por un lado y la fabricación de tintas por otro. De tal forma que se llevaron a cabo dos visitas a instalaciones tipo, a partir de las cuales se definieron las bases del análisis de riesgos desarrollado en este documento. Por otro lado, se realizó una tercera visita para la caracterización de las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) que posee el sector, las cuales dan lugar a procesos que, a pesar de no estar presentes en la totalidad de las instalaciones, se encuentran con relativa asiduidad.

Una vez caracterizado el sector, se identificaron sus escenarios de riesgo relevantes conforme a la norma UNE 150008. A continuación, se diseñó un modelo de análisis de riesgos que permitiera estimar la probabilidad de ocurrencia de los escenarios identificados así como la cantidad de receptor afectado asociada a cada uno de ellos. El número total de escenarios identificados asciende a 77 —39 corresponden a daños por incendio, 12 a daños por vertido de disolventes, 12 a daños por vertido de resinas; y 14 corresponden a los riesgos que conlleva la presencia de una EDAR en la instalación, de los cuales 3 serían debidos a un posible mal funcionamiento y 11 debidos al posible sobrellenado de la misma—.

Posteriormente, se confeccionó un cuestionario, formado por 290 preguntas, con las que se pretendía cubrir y obtener toda la información necesaria para aplicar el modelo de análisis de riesgos

desarrollado a una muestra representativa del sector. De tal manera que el cuestionario fue remitido a los operadores obteniendo respuesta de 22 instalaciones.

Seguidamente, se calculó la cuantía de la garantía financiera para estas 22 instalaciones aplicando el modelo de análisis de riesgos descrito en este informe, obteniendo una base de datos que a la postre ha actuado como un registro de accidentes para el sector.

Con los datos de garantía financiera y una selección de 177 variables características de las instalaciones —recopiladas en el anejo VI—, identificadas *a priori* como las más significativas de cara a explicar el riesgo, se realizó un estudio estadístico con el fin de encontrar una correlación entre una serie de variables explicativas del riesgo ambiental identificables en las instalaciones, y el valor de la garantía financiera.

El producto final de esta labor estadística se materializó en 3 modelos matemáticos que permiten estimar la cuantía de la garantía financiera de las instalaciones que puedan acogerse a la TB desarrollada, sin la necesidad de realizar un análisis particularizado.

Estos modelos —los cuales constituyen la TB para el sector de fabricantes de pinturas y tintas de imprimir—, ofrecen a los operadores una herramienta práctica y sencilla para el cálculo de su garantía, requiriendo un número relativamente pequeño de parámetros de entrada. Con el fin de facilitar la aplicación de la tabla se han elaborado una serie de hojas de cálculo en formato MS Excel, mediante las cuales se pretende automatizar en la medida de lo posible el procedimiento de cálculo.

No obstante, para la correcta aplicación de la TB deben tenerse en cuenta una serie de limitaciones y cautelas, las cuales se han recogido en un apartado específico del presente informe —apartado IX.2.—. Se recomienda que se preste especial atención a estas cautelas ya que, como se ha indicado, la aplicación de la TB exige al operador de realizar un análisis individualizado de sus riesgos; por lo que el operador debe tener la certidumbre suficiente de que su instalación se asimila a las evaluadas en el presente análisis de riesgos. Para ello puede tomarse como referencia tanto la descripción del análisis de riesgos realizado, como aspectos concretos del mismo como: escenarios accidentales identificados, valor de las variables explicativas, cuantía de la garantía financiera estimada, etc.

En caso de que existan dudas razonables sobre si la TB puede o no aplicarse a una instalación concreta, se recomienda estudiar la posibilidad de realizar un análisis de riesgos medioambientales específico de dicha instalación. Para ello puede servir como base la metodología seguida para la elaboración de la presente TB, la cual puede asimilarse a los conocidos Modelos de Informes de Riesgos Ambientales Tipo (MIRAT).

XIV.BIBLIOGRAFÍA

ACTON, J. M., H. E. HUPPERT, and M. G. WORSTER, 2001. Two-dimensional viscous gravity currents flowing over a deep porous medium, *Journal of Fluid Mechanics* 440, 359 – 380.

ANDERSON, Hal E., 1982. Aids to determining fuel models for estimating fire behavior. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. INT-122, 22p. Intermt. For. and Range Exp. Stn., Ogden, Utah 84401.

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., 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.

ASEFAPI, 2009. Estudio sobre obstáculos al desarrollo y a la competitividad en el sector de pinturas y tintas de imprimir y planteamiento de acciones. Asociación Española de Fabricantes de Pinturas y Tintas de Imprimir.

CHOW, V.T.; Maidment, D.R.; Mays, L.W., 1994. *Hidrología Aplicada*. McGraw-Hill, Bogotá.

COMISIÓN TÉCNICA DE PREVENCIÓN Y REPARACIÓN DE DAÑOS MEDIOAMBIENTALES, 2011a. Estructura y contenidos generales de los instrumentos sectoriales para el análisis del riesgo medioambiental.

COMISIÓN TÉCNICA DE PREVENCIÓN Y REPARACIÓN DE DAÑOS MEDIOAMBIENTALES, 2011b. Documento resumen de la funcionalidad del Modelo de Oferta de Responsabilidad Ambiental (MORA).

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO, 2009. Estudios censales de peces en los embalses de Albiña, Urrúnaga y Ullivarri de la cuenca del Ebro para la futura incorporación de este indicador biológico a la evaluación del potencial ecológico.

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.

EPA, 1996. Office of Emergency and Remedial Response, U.S. Environmental Protection Agency. Washington, DC 20460. Soil Screening Guidance: User's Guide. Second edition.

GRIMAZ S., ALLEN S., STEWART J., DOCETTI 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.

GRIMAZ S., ALLEN S., STEWART J., 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.

HUPPERT, H. E., 1982. The propagation of two-dimensional and axisymmetric viscous gravity currents over a rigid surface, Journal of Fluid Mechanics 121, 43 – 58. Cambridge University Press.

HUPPERT, H. E., 2006. Gravity currents: a personal perspective, Journal of Fluid Mechanics 554, 299 – 322. Cambridge University Press.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (INSHT). Ministerio de Trabajo e Inmigración, Gobierno de España. Notas técnicas de prevención:

- NTP 37. Riesgo intrínseco de incendio (II)
- NTP 100. Evaluación del riesgo de incendio. Método de *Gustav Purt*
- NTP 460. Mantenimiento preventivo de las instalaciones peligrosas
- NTP-714. Carretillas elevadoras automotoras (II): principales peligros y medidas preventivas
- NTP-715. Carretillas elevadoras automotoras (III): mantenimiento y utilización

INSTITUT NATIONAL D'ETUDES 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.

KELLER J. M., SIMMONS C. S., 2005. The influence of selected liquid and soil properties on the propagation of spills over flat permeable surface, Rep. PNNL – 15058, Pacific Northwest National Laboratory.

LISTER, J.R., 1992. Viscous flows down an inclined plane from point and line sources, Journal of Fluid Mechanics, Vol. 242, pp. 631 – 653.

MAPFRE. Guías medioambientales. Minimización del riesgo medioambiental en la industria de fabricación de pinturas.

RAWLS, W. J., BRAKENSIEK, D. L., MILLER, N., 1983. Green Ampt infiltration parameters from Hidraul. Div. Am. Soc. Civ. Eng., vol. 109 nº1, pp. 62-70.

SGS TECNOS, 2008. Guía de buenas prácticas para la implantación de la normativa ATEX en el sector de pinturas y tintas de imprimir. Área de Desarrollo de Proyectos e Innovación. División de Prevención y Medio Ambiente.

SPANNUTH M., NEUFELD J., WETT – LAUFER J.S., GRAE WOSTER M., 2006. Axisymmetric viscous gravity currents flowing over a deep porous medium, presented at the DFD06 Meeting of the American Physical Society, Tampa Bay, Florida, November 19 – 21.

VÉLEZ, R. (Coord.), 2009. *La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y Experiencias*. 2ª Edición. Edit. Mc Graw Hill.

YU *et al.* (1993). C. YU, C. LOUREIRO, J.-J. CHENG, L.G. JONES, Y.Y. WANG, Y.P. CHIA, E. FAILLACE. 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:

- **Cartografía digital**

Estaciones de aforo

<http://servicios2.marm.es/sia/consultas/servlet/consultas.GlobalFilter?>

<http://hercules.cedex.es/anuarioaforos/afo/estaf-codigo.asp>

Recursos subterráneos

<http://sig.marm.es/recursossub/visor.html?>

- **Asociaciones e información general del sector**

<http://www.asefapi.es/>

<http://www.scribd.com/doc/22213013/Elaboracion-de-pinturas>

<http://www.insht.es>

www.infomadera.net

- **Propiedades de las sustancias químicas**

www.cienytech.com/tablas/Tabla-miscibilidades-cruzada.pdf

<http://www.kievla.com.ar/generalmadera.doc>

<http://iuclid.eu/>

<http://www.chemfinder.com/chembiofinder/Forms/Home/ContentArea/Home.aspx>

<http://webnet.oecd.org/hpv/ui/Search.aspx>

www.monfel.com/

<http://www.proquimsaec.com/>

<http://www.europigments.es/>

<http://www.gc-colors.es/>

www.cabot-corp.com

<http://www.gspolymers.com/>

<http://www.reagens.it/>

<http://www.weber.es/>

<http://www.gustavheess.com/>

<http://www.winklerltda.com/>

www.bbcdelnorte.com.ar/Fichas/diesel.pdf

- **Fichas de seguridad de sustancias**

<http://ecb.jrc.ec.europa.eu/esis/>

- **Gasoil**

www.bbcdelnorte.com.ar/Fichas/diesel.pdf

- **Acetato de etilo**

monfel.com/HDS/Acetato%20de%20etilo.pdf

www.celanese.com/msds/pdf/560-26431274.pdf

- **Etanol**

www.monfel.com/HDS/ALCOHOL%20ETILICO.pdf

- **White spirit**

<http://www.dipistol.com/tecni/t05.html>

www.t3quimica.com/MSDS/w0100_white-spirit-dsh-300-prs_esp.pdf

- **Nitrocelulosa**

nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/1366sp.pdf

- **Aceite de linaza**

www.gustavheess.com/pdf/3125seg.pdf

- **Aceites minerales**

www.winklerltda.com/ficha_new.php?id=1845

http://www.herguth.com/capabilities/physical_chemical_properties.htm

- **Negro de carbono**

www.cabot-corp.com/wcm/download/es-es/RB/S105-EUR-ES3.pdf

- **Dióxido de titanio**

www.quimirod.com/.../Pigmentos%20-%20DIOXIDO%20DE%20TITANIO%20KRONOS.pdf

- **Resina epoxi**

www.lpi-intl.com/products/msds/reagens_cl-199_msds.pdf

www.gspolymers.com/MSDS%20pages/GSP%20EP200.pdf

www.weber.es/uploads/media/weber.color_epoxi_02.pdf

- **Aceite de soja**

www.gustavheess.com/pdf_cat/3015seg.pdf

- **Tolueno**

www.monfel.com/HDS/TOLUENO.pdf

- **Xileno**

www.monfel.com/HDS/XILENO.pdf

ANEJO I. CARACTERIZACIÓN DE SUSTANCIAS QUÍMICAS

I. INTRODUCCIÓN

Las características del proceso productivo de las pinturas y las tintas de imprimir conllevan que este sector maneje una amplia variedad de sustancias químicas; de hecho, su principal proveedor de materias primas es la industria química.

Según las fuentes consultadas (ASEFAPI, 2009), en la formulación de una pintura pueden intervenir hasta 20 sustancias diferentes. Si bien, con objeto de adaptar los productos a las necesidades de sus clientes, se estima que en la actualidad en el sector se manejan aproximadamente 5.000 fórmulas base.

Este gran número de compuestos —con desiguales propiedades físico-químicas y toxicológicas—, obliga a realizar una sistematización de los mismos de cara al análisis de sus potenciales riesgos ambientales.

II. FAMILIAS DE SUSTANCIAS QUÍMICAS

La sistematización de las sustancias manejadas por el sector se ha realizado con el apoyo del equipo técnico de ASEFAPI, cuyas aportaciones se han empleado conjuntamente con fuentes bibliográficas, con el fin de establecer una agrupación de compuestos similares.

Dado que la labor de los fabricantes de pintura consiste en esencia en mezclar determinadas sustancias químicas, obteniendo con ello su producto final, se ha realizado una agrupación atendiendo a los tipos de materias primas que intervienen en el proceso:

❖ Pigmentos

Los pigmentos son sólidos pulverizados por molienda presentándose en polvo. Sus principales funciones son suministrar color y proteger la pintura frente a la corrosión y condiciones adversas. Pueden ser tanto sustancias orgánicas como inorgánicas.

Los pigmentos orgánicos son polvos finos con alto poder de teñido que se agregan en pequeñas cantidades para obtener la tonalidad deseada. A modo orientativo, su presencia en la mezcla suele estar entre el 2 y el 6%.

Por otra parte, los pigmentos inorgánicos son de una densidad superior a los anteriores, y se emplean en mayores proporciones, de nuevo a modo orientativo se podría cifrar su presencia en torno al 8-21% de la mezcla.

Dentro de la formulación de las pinturas se encuentran también las llamadas "cargas", que cumplen el objetivo de extender el pigmento y contribuir con un efecto de relleno. Entre estos materiales se encuentran sustancias de origen mineral como baritas, tizas, caolines, sílice, micas, talcos, etc., y de origen sintético como creta, caolines tratados y sulfato de bario precipitado.

❖ **Resinas y aglutinantes**

Son las principales responsables de las propiedades de las pinturas. Pueden tener aspecto de aceites viscosos o ser sólidos en solución. El tipo de resina aplicada determina aspectos como la velocidad de secado, la resistencia, el brillo, la adherencia, la dureza y el tipo de diluyente a aplicar.

Los tipos más generales son los siguientes:

▪ **Alquídicas**

Se forman de anhídrido ftálico, aceites y glicerina. Las diferentes proporciones de estas mezclas dan lugar a las distintas variedades de este compuesto. Tomando en consideración el porcentaje de aceite empleado en la mezcla es posible distinguir los siguientes tipos:

a) Largas

Son las que tienen un mayor porcentaje de aceites, requiriendo tiempos de secado relativamente elevados. Los aceites empleados pueden ser de lino, soja, girasol, etc. Para su dilución es frecuente el empleo de aguarrás, disolventes aromáticos, disolventes insolubles en alcoholes, etc.

b) Medianas

Se trata del tipo más común en el mercado, sirviendo para la elaboración de esmaltes sintéticos, satinados y antióxidos. Al igual que en el caso anterior los principales aceites son de lino, soja y girasol, empleándose a su vez similares disolventes.

c) Cortas

Presentan el menor porcentaje de aceite, dando lugar a esmaltes de secado rápido, con películas rígidas y de buen comportamiento para exteriores. En este caso los aceites más frecuentes son de soja o de girasol; disolviéndose con mezclas específicas de aromáticos.

▪ **Acrílicas**

○ **Secado al aire**

En este grupo se encuentran pinturas de secado rápido por eliminación de los disolventes. Dan lugar a películas con brillo y buena resistencia a las condiciones externas.

○ **Secado por combinación**

Son miscibles en isocianatos originando pinturas de dos componentes, de elevada resistencia y alta adherencia sobre plásticos, aluminio y zinc.

○ **Horneables**

Se combinan con melamina para usos industriales específicos. Presentan una adherencia óptima sobre diferentes sustratos metálicos.

▪ **Nitrocelulosa**

La presentación de esta sustancia suele ser en forma de algodón o en forma de solución. Se utiliza en diferentes proporciones mezclada con resinas alquídicas, dando lugar a lacas de elevada resistencia para su aplicación sobre metales, maderas y plásticos. Su secado es muy rápido por eliminación del disolvente.

▪ **Isocianatos**

Dan lugar a sistemas de poliuretano de elevada resistencia y con ciertas propiedades elásticas. Pueden ser de dos tipos:

○ **Alifáticos**

Se emplean para usos exteriores dada su elevada resistencia.

○ **Aromáticos**

Los cuales son aplicados en interiores, especialmente sobre madera.

▪ **Epoxídicas**

Son resinas sólidas y líquidas muy viscosas o pastas. Las pinturas obtenidas con este tipo de resinas son de gran variedad, siendo una materia prima muy polivalente.

▪ **Poliésteres**

Este tipo de aglutinante se emplea en la fabricación de pinturas de secado al aire, y pinturas horneables.

❖ **Disolventes**

Los solventes o vehículos volátiles son sustancias líquidas que dan a las pinturas el estado de fluidez necesario para su aplicación, evaporándose una vez aplicada la pintura. La variedad de solventes que maneja este tipo de industria es muy amplia, siendo sustancias capaces de influir tanto en el aspecto y propiedades de la pintura, como en el comportamiento de la película una vez seca. Una posible clasificación de los disolventes en función de su composición química es la siguiente:

▪ **Hidrocarburos**

Son sustancias derivadas del petróleo, distinguiéndose a su vez en alifáticos y aromáticos.

○ **Alifáticos**

Este tipo de disolventes suelen emplearse en la disolución de resinas alquídicas, encontrándose entre ellos el aguarrás y el hexano.

○ **Aromáticos**

Los hidrocarburos aromáticos incluyen el benceno, el xileno, el tolueno, etc. Son sustancias capaces de disolver todo tipo de resinas alquídicas, algunas acrílicas y parcialmente los sistemas de poliuretano y resinas epoxídicas.

▪ **Ésteres**

En este grupo se incluyen sustancias como el acetato de etilo, acetato de etilglicol, acetato de isobutilo, etc., siendo disolventes muy apropiados para su empleo en el caso de las lacas de nitrocelulosa.

▪ **Cetonas**

Son disolventes relacionados con la acetona, incluyendo metil etil cetona, metil isobutil cetona, etc. Tratándose de nuevo de disolventes adecuados para las lacas de nitrocelulosa y acrílicas.

▪ **Alcoholes**

Los alcoholes pueden ser tanto de bajo peso molecular como de alto peso molecular. Como representantes de este grupo de sustancias citar el etanol, el butanol, el isopropanol y el butilglicol.

❖ **Aditivos**

Son sustancias añadidas en pequeñas dosis con el fin de desempeñar funciones específicas, que no cumplen los ingredientes principales, o no las cumplen con el grado requerido. A continuación se ofrece una posible agrupación de esta familia de sustancias:

▪ **Secantes**

Se trata de sales metálicas cuyo fin es acelerar el secado de la pintura. Los metales más utilizados son: plomo, cobalto, manganeso, zinc, calcio y zirconio.

▪ **Dispersantes**

Colaboran en la dispersión y molienda de pigmentos y cargas.

▪ **Espesantes**

Evitan que los componentes de la dispersión sedimenten en el fondo del recipiente.

▪ **Antipieles**

Evitan la formación de capas y geles superficiales una vez los envases son abiertos.

❖ **Combustibles**

Los combustibles son sustancias sólidas, líquidas o gaseosas empleadas para producir calor útil por medio de su combustión. No son materias primas como tal, puesto que no se aplican en el proceso de mezcla de las pinturas, pero en las instalaciones del sector es relativamente habitual la presencia de combustibles líquidos almacenados en depósitos, para su utilización como fuente de energía en el funcionamiento cotidiano de los distintos equipos.

III. SUSTANCIAS DE REFERENCIA

Ante la notable variedad de compuestos químicos empleados por la industria, se ha optado por identificar una serie de sustancias concretas representativas de las familias citadas en el punto anterior. Esta representatividad se ha establecido atendiendo al grado de utilización que el sector hace de las mismas, en base a las consultas formuladas a ASEFAPI.

Familia	Subfamilia		Sustancias de referencia
Pigmentos y cargas			Dióxido de titanio
			Negro de carbono
Resinas	Epoxídicas		
	Alquídicas		
Aceites			Linaza
			Soja
			Minerales
Disolventes	Hidrocarburos	Alifáticos	White spirit /Aguarrás
		Aromáticos	Tolueno
			Xileno
	Ésteres		Acetato de etilo
	Alcoholes		Etanol
Aditivos			
Combustibles líquidos			Gasóleo

Tabla 1. Sustancias químicas tomadas como referencia para cada familia de sustancias.

Fuente: elaboración propia.

Una vez definido el listado de sustancias de referencia, se ha procedido a recopilar información sobre las propiedades —físico-químicas y toxicológicas— de cada una de las mismas. En concreto, se dispone de los siguientes parámetros relevantes para el análisis de riesgos:

- **Temperatura de ebullición**

La temperatura o punto de ebullición es aquella temperatura a la cual la materia cambia de estado líquido a gaseoso.

▪ **Temperatura de fusión**

La temperatura o punto de fusión es la temperatura a la cual la materia pasa de estado sólido a estado líquido.

▪ **Temperatura de inflamación**

Se entiende por temperatura de inflamación, a aquella temperatura a la que un determinado combustible emite gases inflamables suficientes para alcanzar en su atmósfera el límite inferior de inflamabilidad, a partir del cual, con una fuente de calor externa puede producirse una combustión no automantenida.

▪ **Temperatura de autoignición**

Se denomina temperatura de autoignición a la temperatura mínima, a presión de una atmósfera, a la que un gas inflamable o mezcla de aire-vapor en contacto con el aire arde espontáneamente.

▪ **Densidad relativa**

La densidad relativa es una comparación de la densidad de una sustancia con la densidad del agua, la cual se toma como referencia. La densidad relativa es adimensional —sin unidades—, ya que queda definida como el cociente de dos densidades.

▪ **Densidad de vapor**

La densidad de vapor es el peso de un volumen de vapor o gas puro —sin aire presente—, comparado con el peso de un volumen igual de aire seco a la misma temperatura y presión. Por lo tanto, una densidad de vapor menor a 1 indica que el vapor es más ligero que el aire, y que tenderá a elevarse. Por el contrario, una densidad de vapor mayor a 1 indicaría que el vapor es más pesado que el aire y tenderá a descender hacia el suelo.

▪ **Peso molecular**

La masa molecular es un número que indica cuántas veces mayor es la masa de una molécula de una sustancia con respecto a la unidad de masa atómica. Su unidad es el Dalton o unidad de masa atómica. La masa molecular se determina sumando las masas atómicas relativas de los elementos cuyos átomos constituyen una molécula de dicha sustancia.

▪ **Estado físico**

Cada uno de los grados o modos de agregación de las moléculas de un cuerpo. Se distinguen tres estados: sólido, líquido o gaseoso.

▪ **Solubilidad en agua**

La solubilidad es una medida de la capacidad de una determinada sustancia para disolverse en agua. Puede expresarse en moles por litro, en gramos por litro, o en porcentaje de soluto; en algunas condiciones la solubilidad se puede sobrepasar, denominándose a estas soluciones sobresaturadas.

- **Presión de vapor**

La presión de vapor es la presión de la fase gaseosa de un sólido o un líquido, sobre la fase líquida, para una temperatura determinada, en la que la fase líquida y el vapor se encuentran en equilibrio.

- **Porcentaje de volatilidad**

Es la proporción de volumen de una sustancia química que se evapora a 21 °C.

- **Viscosidad**

La viscosidad es la oposición de un fluido a las deformaciones tangenciales.

- **Miscibilidad**

La miscibilidad es la propiedad de algunos líquidos para mezclarse en cualquier proporción con el agua, formando una solución homogénea.

- **LD50**

Es la cantidad de una sustancia que administrada por vía oral o dérmica, causaría efectos letales al 50% de un grupo de individuos de experimentación.

- **LC50**

Es la concentración de una sustancia como gas, vapor o polvo en el aire, a cuya exposición se espera la mortalidad del 50% de los animales de experimentación en un tiempo determinado.

- **EC50**

Mediante el parámetro EC50, se identifica la concentración de una determinada sustancia química, que conlleva la aparición de una respuesta negativa en el 50% de la población objeto de estudio.

- **PNEC**

Se define como la concentración de una sustancia en un medio receptor determinado por debajo de la cual es poco probable que se produzcan efectos adversos en el medioambiente.

IV. SUSTANCIAS CONSIDERADAS: TRATAMIENTO EN EL MODELO

Los datos anteriores, referidos a cada sustancia, permiten adoptar decisiones de cara a la modelización y el tratamiento de las mismas en el presente análisis de riesgos. En los siguientes apartados se describen en detalle las sustancias químicas consideradas.

IV.1. MATERIAS PRIMAS

IV.1.1. CONSIDERACIÓN DE LOS PIGMENTOS Y CARGAS

Los pigmentos y las cargas son considerados en el modelo como sustancias químicas sólidas, empleadas en pequeñas cantidades por parte de la industria. El que se trate de sólidos, permite asumir que en caso de vertido su movilidad será prácticamente nula, facilitando por lo tanto su

recogida, y no dando lugar a un escenario de daños relevante en el ámbito del presente estudio. Esta afirmación se respalda, a su vez, en el hecho de que los pigmentos se empleen en unas cantidades relativamente bajas. De esta forma, el tratamiento que reciben en el modelo es el de sustancias cuyos daños potenciales no son relevantes.

SUSTANCIA	PIGMENTOS			
	NEGRO DE CARBONO		DIÓX. DE TITANIO	
Propiedad	Dato	Unidades	Dato	Unidades
T ebullición			2.500-3.000	°C
T fusión			1.875	°C
T inflamación				
T autoignición				
Dens relativa	1,2	g/cm ³	4,1	g/cm ³
Dens de vapor				
PM				
Estado físico	Polvo		Polvo	
Solub en agua	Insoluble		Insoluble	
Presión vapor				
Volatilidad				
Viscosidad				
Miscibilidad				

Tabla 2. Propiedades físico-químicas de los pigmentos. Fuente: fichas de seguridad.

SUSTANCIA	PIGMENTOS			
	NEGRO DE CARBONO		DIÓX. DE TITANIO	
Propiedad	Dato	Unidades	Dato	Unidades
LD50	>8.000	mg/Kg oral en rata	>10.000	mg/Kg oral en rata
LC50			1.000	mg/l peces
EC50				
PNEC				

Tabla 3. Propiedades toxicológicas de los pigmentos. Fuente: fichas de seguridad.

IV.1.2. CONSIDERACIÓN DE LAS RESINAS

En el modelo se consideran únicamente las resinas epoxídicas, dado que las alquídicas se encuentran generalmente en estado sólido, pudiendo argumentarse su relativa escasa relevancia para el presente análisis de forma similar a la expuesta para los pigmentos. En cuanto a las resinas epoxídicas, éstas se tratarán como fluidos viscosos, tal como se recoge en las tablas de resumen de características físico-químicas.

SUSTANCIA	RESINAS	
	RESINA EPOXI	
Propiedad	Dato	Unidades
T ebullición	>200	°C
T fusión		
T inflamación	>150	°C
T autoignición		
Dens relativa	1,85-1,95	g/cm ³
Dens de vapor		
PM		
Estado físico	líquido viscoso	-
Solub en agua	insoluble	-
Presión vapor		
Volatilidad		
Viscosidad	Pasta	-
Miscibilidad	Inmiscible	-

Tabla 4. Propiedades físico-químicas de las resinas. Fuente: fichas de seguridad.

Las resinas presentan uno de los umbrales de toxicidad más bajos de entre los consultados para el conjunto de sustancias manejadas por el sector, pudiendo asumirse que en el ámbito del presente análisis se trata de una sustancia química que entraña un elevado peligro ambiental.

SUSTANCIA	RESINAS	
	RESINA EPOXI	
	Propiedad	Dato
LD50	>2.000- 5.000	mg/Kg oral en rata
	>6.000	mg/Kg dermico conejo
LC50	1,5	mg/l 96h trucha
	2,4	mg/l 96h pez cebra
EC50	3,6	mg/l 24h daphnia
PNEC		

Tabla 5. Propiedades toxicológicas de las resinas. Fuente: fichas de seguridad.

IV.1.3. CONSIDERACIÓN DE LOS ACEITES

Los aceites se caracterizan por ser líquidos a temperatura ambiente, por lo que su movilidad en caso de fuga puede considerarse elevada. Los datos bibliográficos muestran que en comparación con el agua son sustancias relativamente viscosas.

SUSTANCIA	ACEITES					
	AC. LINAZA		AC. SOJA		ACS. MINERALES	
	Dato	Unidades	Dato	Unidades	Dato	Unidades
T ebullición			>350	°C	360	°C
T fusión			<0	°C		
T inflamación	315	°C			193	°C
T autoignición						
Dens relativa	0,96	g/cm ³	0,925	g/cm ³	0,80-0,90	g/cm ³
Dens de vapor						
PM						
Estado físico					líquido aceitoso	-
Solub en agua			insoluble	-	insoluble	-
Presión vapor			<0,75	mmHg	0,5	mmHg
Volatilidad						
Viscosidad	50	cP	55-60	cP	4,63	cP
Miscibilidad						

Tabla 6. Propiedades físico-químicas de los aceites. Fuente: fichas de seguridad.

En cuanto a su toxicidad, indicar que se trata de sustancias poco tóxicas con umbrales de afección elevados, llegando a considerarse no tóxicos en el caso del aceite de soja. Esta circunstancia permite definir las como sustancias que en principio no causarían daños graves sobre el entorno.

SUSTANCIA	ACEITES					
	AC. LINAZA		AC. SOJA		ACS. MINERALES	
	Dato	Unidades	Dato	Unidades	Dato	Unidades
LD50	>4.500	mg/Kg oral en rata	No toxico			
LC50						
EC50						
PNEC						

Tabla 7. Propiedades toxicológicas de los aceites. Fuente: fichas de seguridad.

IV.1.4. CONSIDERACIÓN DE LOS DISOLVENTES

Los disolventes son el vehículo que permite la aplicación de la pintura, facilitando su extensión en capas lisas sobre diferentes superficies. Estas sustancias se caracterizan por ser compuestos químicos volátiles, característica que es aprovechada por la industria con el fin de asegurar que una vez se apliquen las pinturas éstas se sequen y queden fijadas.

La alta volatilidad representa una característica clave de cara al presente análisis de riesgos, ya que los disolventes generan frecuentemente atmósferas explosivas que deben ser consideradas. Esto es, en principio, incrementan el riesgo de explosiones e incendios al aportar el combustible necesario para que éstos se produzcan —circunstancia que es tenida en cuenta en los escenarios accidentales de incendio—.

La generación de atmósferas explosivas sería un argumento para declarar como relevante el daño causado al aire. Sin embargo, la Ley 26/2007 no cubre este recurso natural, por lo que no es objeto de análisis en el presente estudio.

Por otra parte, se encontrarían los daños al suelo, al agua, a las especies y a los hábitats, que sí deben considerarse. La contaminación de dichos receptores por disolventes se produce habitualmente por el vertido sobre el terreno o sobre un cauce, favoreciéndose su penetración y migración en los mismos debido a sus propiedades físicas y químicas. Entre ellas cabe señalar las siguientes: baja viscosidad y tensión superficial que favorecen la penetración vertical en el terreno; y

solubilidad relativa en agua que posibilita su disolución cuando el disolvente contacta con la zona saturada o con una masa de agua superficial.

SUSTANCIA	DISOLVENTES									
	TOLUENO		XILENO		ACETATO ETILO		ETANOL		WHITE SPIRIT	
Propiedad	Dato	Unidades	Dato	Unidades	Dato	Unidades	Dato	Unidades	Dato	Unidades
T ebullición	111	°C	137	°C	77	°C	78,5	°C		
T fusión	-95	°C	>-34	°C	-83	°C	-114,1			
T inflamación	4	°C	25	°C	13,1	°C	13	°C		
T autoignición	480	°C	465	°C	426,7	°C	363	°C		
Dens relativa	0,87	g/cm ³	0,86	g/cm ³	0,9	g/cm ³	0,81	g/cm ³	0,775	g/cm ³
Dens de vapor	3,1	aire=1	3,7	aire=1	3	aire=1	1,3	aire=1		
PM	92,1	-	106,2	-	88,11	-	46,07	-		
Estado físico	líquido	-	líquido	-	líquido	-	líquido	-	líquido	-
Solub en agua	>0,1	%	0,2	%	8,7	%	Miscible	-		
Presión vapor	21	mmHg			73	mmHg	43	mmHg		
Volatilidad	100	%	100	%	100	%	100	%	volatil	-
Viscosidad	0,58	cP	0,7	cP	0,46	cP	1,2	cP		
Miscibilidad					Inmiscible	-				

Tabla 8. Propiedades físico-químicas de los disolventes. Fuente: fichas de seguridad.

En cuanto a la toxicidad de los disolventes, se debe destacar que se trata de sustancias de notable toxicidad —basta 500 mg de acetato de etilo para causar efectos letales por cada kilo de la especie de referencia (ratas)—. Precisamente, la toxicidad ha sido el factor determinante en la elección del tipo de disolvente a considerar en el presente análisis, seleccionándose el acetato de etilo ya que, de los disolventes seleccionados, es el que presenta un umbral de toxicidad más bajo.

SUSTANCIA	DISOLVENTES									
	TOLUENO		XILENO		ACETATO ETILO		ETANOL		WHITE SPIRIT	
Propiedad	Dato	Unidades	Dato	Unidades	Dato	Unidades	Dato	Unidades	Dato	Unidades
LD50	663	mg/Kg oral en rata	2.840	mg/Kg oral en rata	500-5.000	mg/Kg en rata			>6.000	mg/Kg oral
									>3.000	mg/Kg dérmico
									>5.000	mg/Kg inhalación
LC50					230	mg/l 96 h Pimephales promelas	20.000	mg/Kg 10 h rata	750	mg/l 96h salmon
EC50									>100	mg/l 48h daphnia
									400	mg/l 96h selenastrum (planta)
PNEC					0,26	mg/l				

Tabla 9. Propiedades toxicológicas de los disolventes. Fuente: fichas de seguridad.

IV.1.5. CONSIDERACIÓN DE LOS ADITIVOS

Los aditivos son sustancias empleadas en pequeñas cantidades en el proceso de elaboración de las pinturas, motivo por el cual no se han considerado de manera específica en el presente análisis de riesgos. Esto es, se asume que las principales afecciones ambientales serán provocadas por otras sustancias diferentes de los aditivos —disolventes, resinas, etc.—.

IV.1.6. CONSIDERACIÓN DE LOS COMBUSTIBLES LÍQUIDOS

Los combustibles son sustancias que producen energía a partir de reacciones de combustión con el oxígeno. Dentro del sector se utilizan como fuentes de energía en algunas de las instalaciones, almacenándose en depósitos.

De cara a la valoración de los daños causados por esta sustancia se tienen en cuenta únicamente los combustibles líquidos, puesto que los sólidos no se incluyen por su escasa presencia en el sector, y los gases no se han considerado dado que la Ley 26/2007 únicamente es de aplicación a los daños a la atmósfera cuando ésta actúa como un vector de difusión de la contaminación que, a la postre, pudiera afectar a los recursos que protege —agua, suelo, especies, hábitats y ribera del mar y de las rías—. En el caso de los gases combustibles manejados por el sector se ha estimado que en situaciones de fuga la dispersión atmosférica sería tal que no se llegaría a formar nube tóxica.

COMBUSTIBLES LÍQUIDOS		
SUSTANCIA	GASOIL	
Propiedad	Dato	Unidades
T ebullición	151 - 371	°C
T fusión		
T inflamación	> 55	°C
T autoignición	250 - 270	°C
Dens relativa	0,82 - 0,86	g/cm ³
Dens de vapor	< aire	
PM		
Estado físico	Líquido	
Solub en agua		Insoluble
Presión vapor	< 0,3	KPa
Volatilidad		
Viscosidad	12,6	cP
Miscibilidad		

Tabla 10. Propiedades toxicológicas del gasoil. Fuente: fichas de seguridad.

Como sustancia tipo dentro de las diferentes variedades de combustibles se ha tomado el gasoil. Este compuesto es una mezcla de hidrocarburos parafínicos, cicloparafínicos, aromáticos y olefínicos, donde predominan el número de átomos de carbono en el intervalo C10 a C22. En cuanto a su viscosidad, los valores consultados permiten catalogarlos como fluidos viscosos comparados con el agua.

Respecto a los valores de toxicidad se comprueba que el gasoil es una sustancia notablemente tóxica, puesto que los umbrales de afección son relativamente bajos, como se muestra en la Tabla 11, en comparación con el resto de sustancias que se manejan en las instalaciones objeto de estudio. Concretamente las fuentes bibliográficas consultadas indican que con una concentración de 10 mg/l de gasoil, se produciría la muerte de la mitad de una población de organismos acuáticos.

Respecto a la presencia de combustibles líquidos en las instalaciones del sector, cabe destacar que no están presentes en todas las instalaciones y que se almacenan, por lo general, en cantidades relativamente pequeñas. Por ello, los combustibles líquidos no han sido considerados como una fuente de peligro relevante en el presente análisis.

SUSTANCIA	COMBUSTIBLES LÍQUIDOS	
	GASOIL	
	Propiedad	Dato
LD50	> 5.000 mg/kg	mg/Kg oral en rata
	> 2.000 mg/kg	mg/Kg dérmico conejo
LC50	10	mg/l organismos acuáticos
EC50	10	mg/l organismos acuáticos
PNEC		

Tabla 11. Propiedades toxicológicas del gasoil. Fuente: fichas de seguridad.

IV.2. MEZCLAS DE MATERIAS PRIMAS

Como se ha indicado anteriormente, un rasgo característico del sector objeto de estudio es la amplia variedad de mezclas de materias primas que realiza, existiendo un gran número de formulaciones o preparados diferentes. Con el fin de sistematizar el análisis de estos productos, se ha realizado una clasificación de los mismos atendiendo a sus principales componentes.

Adicionalmente, se han incluido en la clasificación las mezclas de sustancias que se pueden generar en caso de accidente con el fin de realizar una valoración integral de sus posibles efectos sobre el medio ambiente. De esta forma se han distinguido:

- Pinturas, tintas y barnices al agua. En este grupo se engloban tanto las pinturas como las tintas y los barnices cuya base es el agua —el agua es el disolvente mayoritario—. Aún así se consideran sustancias tóxicas para los recursos naturales, puesto que a pesar de la presencia mínima de disolventes, sí que contienen el resto de sustancias de referencia en el sector.
- Pinturas, tintas y barnices al disolvente. El grupo de las pinturas, tintas y barnices al disolvente incluye las pinturas, las tintas y los barnices que no se encuentran en el grupo anterior.
- Aguas de extinción de incendio. Las aguas generadas en la extinción de un incendio producido dentro de la instalación son consideradas como una mezcla de sustancias químicas y agua.
- Aguas residuales de proceso tratadas en EDAR. Las aguas de proceso que son tratadas en la EDAR son consideradas como una mezcla de pinturas al agua con agua.

IV.2.1. CONSIDERACIÓN DE LAS PINTURAS, TINTAS Y BARNICES AL AGUA

Esta categoría incluye pinturas a la cal, pinturas al silicato, y el resto de productos cuyo disolvente mayoritario es el agua. El grado de toxicidad de esta sustancia se asocia a la proporción de pigmentos, aditivos, aceites, resinas y cargas que lo conforman.

Una vez definidos los componentes de la mezcla, el porcentaje de participación de cada uno de los mismos respecto al total se ha establecido a nivel sectorial a partir de consultas realizadas por ASEFAPI a una muestra de sus asociados.

El resultado de este muestreo ha permitido definir una fórmula de la pintura que se utiliza como referencia en el modelo —mezcla de pigmentos, cargas, resinas, agua, disolventes y aceites—. Esta fórmula incluye el 84% de los componentes de las pinturas realmente fabricadas por el sector; siendo el restante 16% otras sustancias no consideradas en el modelo. Con el fin de expresar los componentes de la mezcla en tanto por cien, se ha realizado un ajuste proporcional al volumen original. La composición tipo de las pinturas al agua, definida a partir del muestreo llevado a cabo por ASEFAPI, así como el resultado del ajuste realizado se recogen en la Tabla 12.

Sustancia	% Volumen	%Volumen ajustado
Pigmentos y cargas	27	32
Resinas	28	34
Agua	19	22
Disolventes	5	6
Aceites	5	6
Total	84	100

Tabla 12. Composición de la mezcla tipo para pinturas al agua. Fuente: elaboración propia.

Determinadas tanto las sustancias, como el peso que cada una de las mismas representa frente a la mezcla total (pintura), resta definir cómo se trata dicha mezcla de cara a la cuantificación del daño —modelos de difusión, con el fin de calcular la extensión e intensidad de los daños—. Al respecto existen diversas opciones: tomar las propiedades de cada componente ponderada por su peso, tomar la totalidad de la mezcla con las propiedades de la sustancia más tóxica, tomar la totalidad de la mezcla con las propiedades de la sustancia de mayor presencia, centrar el estudio en la sustancia más tóxica del compuesto, etc.

En el presente análisis se ha decidido tomar como sustancia de referencia para realizar los cálculos aquella cuya presencia es mayoritaria en la mezcla, siendo en este caso la resina —con el 34% del total—. Adicionalmente esta sustancia presenta una elevada toxicidad, —con un LD50 igual a 2.000 mg/Kg—, y una baja volatilidad, lo que implica que puede ocasionar daños medioambientales relevantes. Con carácter conservador —dado que no se evalúa de forma específica cada una de las mezclas o productos al agua fabricados por el sector—, la cuantificación del daño se realiza considerando la totalidad de la pintura al agua con las propiedades de la resina, obviando el resto de sus componentes.

IV.2.2. CONSIDERACIÓN DE LAS PINTURAS, TINTAS Y BARNICES AL DISOLVENTE

Por definición, el presente grupo engloba el conjunto de productos fabricados por el sector, que contienen un porcentaje elevado de disolventes en su composición. La modelización de estos productos se realiza considerándolos como una mezcla de pigmentos, cargas, resinas, disolventes y aceites. Como sustancia de referencia de cada uno de estos componentes se ha seleccionado aquella que presenta unos valores de toxicidad más elevados —umbrales de afección más bajos—. De esta forma, se adopta un criterio conservador, realizándose por lo tanto la evaluación de las peores consecuencias posibles.

La fórmula de referencia, al igual que en el caso de las pinturas al agua, se ha deducido a partir de las consultas realizadas por ASEFAPI a sus asociados. Los datos de partida son similares a los de los productos al agua y, únicamente, se ha variado el porcentaje de contenido en agua, asumiéndose que en este tipo de sustancias la totalidad de los disolventes son de tipo orgánico y por tanto, tóxicos.

La fórmula de la pintura al disolvente tomada como referencia en el modelo —mezcla de pigmentos, cargas, resinas, disolventes y aceites—, incluye el 84% de los componentes de las pinturas realmente fabricadas por el sector, siendo el restante 16% otras sustancias no consideradas en el modelo. Con el fin de expresar los componentes de la mezcla en tanto por cien, se ha realizado un ajuste proporcional al volumen original. La composición tipo definida a partir del muestreo llevado a cabo por ASEFAPI, así como el resultado del ajuste realizado, se recogen en la Tabla 13.

Sustancia	% Volumen	%Volumen ajustado
Pigmentos y cargas	27	32
Resinas	28	34
Disolventes	24	28
Aceites	5	6
Total	84	100

Tabla 13. Composición de la mezcla tipo para productos al disolvente. Fuente: elaboración propia.

De la misma forma que para la cuantificación de las pinturas al agua, se ha optado por tomar la resina como sustancia de referencia de esta mezcla, dado que en este caso —al igual que en los productos al agua— es la sustancia que tiene una mayor presencia en la mezcla tipo (34%), y adicionalmente presenta una elevada toxicidad, y una baja volatilidad pudiendo ocasionar daños ambientales relevantes.

IV.2.3. CONSIDERACIÓN DE LAS AGUAS DE EXTINCIÓN DE INCENDIO

Como se ha mencionado anteriormente, las aguas generadas en la extinción de un incendio son consideradas como una mezcla de las sustancias que se encuentren en la instalación y agua. Ante la dificultad de establecer la composición de la mezcla debido a su carácter aleatorio y heterogéneo, a efectos del análisis desarrollado y adoptando un criterio conservador, se ha optado por la elección de la sustancia, de entre las tomadas como referencia para el sector, que tenga mayor movilidad en agua y que por lo tanto genere una mayor extensión de los daños. De este modo, a efectos de la cuantificación, en la mayoría de los casos se considera el disolvente como sustancia de referencia. En caso de que no existan disolventes en la zona de origen del incendio o en la instalación, se consideraría la resina (resina epoxídica).

Para estimar la cantidad de sustancia contaminante contenida en las aguas de extinción se ha tomado como referencia 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 (2001). En base a dicho documento, se ha establecido de forma estandarizada que el volumen de sustancia que debe añadirse al volumen de cálculo de aguas de extinción de incendio sea el 20% del volumen máximo de sustancias contenido en el sector, de entre los sectores o zonas identificados en el análisis, que almacene o maneje el mayor volumen de sustancias, siempre que dicho sector almacene o maneje la sustancia tomada como referencia.

IV.2.4. CONSIDERACIÓN DE LAS AGUAS DE PROCESO TRATADAS EN EDAR

De forma similar a las aguas de extinción de incendio, las aguas de proceso que son tratadas en la EDAR son consideradas como una mezcla de sustancias químicas y agua. En este caso un factor limitante para la elección de la sustancia tomada como referencia para la mezcla compuesta por las aguas de proceso es el hecho de que, con carácter general, las aguas tratadas en las estaciones depuradoras de las instalaciones son las producidas en la fabricación de pinturas al agua. Por ello, la sustancia considerada en este caso es una resina al igual que en el caso de las pinturas y tintas al agua.

La cantidad de resina presente en las aguas vertidas se calcula para cada instalación a partir de la información recogida en los cuestionarios facilitados por los socios de ASEFAPI.

V. SELECCIÓN DE SUSTANCIAS PARA LA CUANTIFICACIÓN DEL DAÑO

El catálogo de materias primas y productos expuesto en los puntos precedentes, recoge una serie de sustancias manejadas por el sector en su proceso productivo; si bien, los trabajos de cuantificación del daño —determinación de la extensión, la intensidad y la temporalidad—, requieren realizar los cálculos con sustancias concretas, ya que las mismas deben ser introducidas en modelos de evaluación específicos.

Como se ha indicado en los apartados anteriores, con el fin de seleccionar las sustancias en base a las cuales se cuantifica el daño, se ha tomado como premisa de partida el criterio de prudencia en la valoración. De esta forma, adoptando un criterio conservador, se ha seleccionado como sustancia de referencia dentro de cada familia aquella cuya toxicidad es más elevada. Esto es, la valoración de daños se realiza considerando los escenarios accidentales que en principio resultan más desfavorables para los recursos naturales.

A modo de resumen, la siguiente tabla muestra la sustancia química concreta, tomada como referencia dentro de cada familia.

Familia		Sustancia considerada	LD 50	EC 50	PNEC
Pigmentos y cargas		No considerado	-	-	-
Resinas		Epoxídicas	2.000 mg/Kg	1,5 mg/l	-
Aceites		No considerado	-	-	-
Disolventes		Acetato de etilo	500 mg/Kg	-	0,26 mg/l
Aditivos		No considerado	-	-	-
Combustible líquido		No considerado	-	-	-
MEZCLAS	Pinturas, tintas y barnices al disolvente	Resina epoxídica	2.000 mg/Kg	1,5 mg/l	-
	Pinturas, tintas y barnices al agua	Resina epoxídica	2.000 mg/Kg	1,5 mg/l	-
	Aguas de extinción de incendio	Acetato de etilo	500 mg/Kg	-	0,26 mg/l
	Aguas de proceso tratadas en EDAR	Resina epoxídica	2.000 mg/Kg	1,5 mg/l	-

Tabla 11. Selección de sustancias para la cuantificación del daño. Fuente: elaboración propia.

En base a lo expuesto en apartados anteriores, a efectos de la cuantificación, los pigmentos y cargas, los aceites, aditivos y combustibles líquidos no han sido considerados como sustancias de referencia, bien por su baja movilidad, en el caso de aditivos, pigmentos y cargas, bien por su baja toxicidad, en el caso de los aceites, o bien por su escaso volumen en las instalaciones, como es el caso de los combustibles líquidos.

En conclusión, de cara a cuantificar los daños potenciales causados bajo las hipótesis de cada escenario accidental, y abogando al criterio conservador indicado anteriormente, las sustancias que se han considerado como referencia son las resinas epoxídicas y el acetato de etilo, ya que se han identificado como las más tóxicas dentro de las familias seleccionadas y, adicionalmente, son las que se presentan en mayor volumen en las instalaciones del sector.

ANEJO II. PROBABILIDAD DE LOS SUCESOS INICIADORES Y SUS CAUSAS

ESTRUCTURA DE LAS TABLAS

En el presente anejo se recogen las tablas en las que figura la categorización de variables, realizada con el fin de estimar la probabilidad de ocurrencia de cada una de las causas de los sucesos iniciadores. Dichas tablas pretenden servir de herramienta para la estimación de la probabilidad con la que pueden darse los sucesos iniciadores —vertido de sustancias químicas, incendio y vertido desde EDAR—, tomando como origen de dichos sucesos las fuentes de peligro asociadas a cada actividad.

La información se ha organizado agrupando los estimadores de probabilidad, según las actividades con peligro asociado cuya probabilidad de ocurrencia de accidente se pretende estimar. Esto es, dentro de cada tabla se recoge el conjunto de variables que sirven como referencia para la estimación de la probabilidad de ocurrencia de un accidente, originado como consecuencia de una actividad concreta.

A modo de ejemplo gráfico, la Tabla 1 representa la categorización de los estimadores de probabilidad utilizada en el análisis. En la misma se aprecia como para cada uno de los estimadores de probabilidad, se ofrece una categorización de probabilidad comprendida entre el 1 —mínima probabilidad de ocurrencia—, y 4 —máxima probabilidad de ocurrencia—. De tal forma que en función de las características de cada instalación, y conforme con lo establecido en las tablas, se asigna la probabilidad de ocurrencia que corresponda a cada estimador.

Actividad con peligro asociado	Estimador	Categorización (Probabilidad)			
		1	2	3	4
Nombre de la actividad	Estimador 1				
	Estimador 2				
	Estimador 3				
	...				

Tabla 1. Esquema de las tablas. Fuente: elaboración propia.

Actividad con peligro asociado	Estimador	Categorización (Probabilidad)			
		1	2	3	4
Carga y Descarga con camión cisterna	Formación de los empleados	Los empleados han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación, la cual es actualizada cuando cambian las condiciones.			Los empleados no reciben formación
	Experiencia de los empleados a cargo de la actividad	Los empleados tienen más de 5 años de experiencia en la operación de carga y descarga con cisterna.	Los empleados tienen de 3 a 5 años de experiencia en la operación de carga y descarga con cisterna.	Los empleados tienen de 1 a 3 años de experiencia en la operación de carga y descarga con cisterna.	Los empleados tienen menos de 1 año de experiencia.
	Antigüedad del sistema de trasvase	Sistema de manguera y válvulas de conexión con cisterna con una antigüedad media inferior al 33% de su vida útil.	Sistema de manguera y válvulas de conexión con cisterna con una antigüedad media comprendida entre el 33% y el 66% de su vida útil.	Sistema de manguera y válvulas de conexión con cisterna con una antigüedad media superior al 66% de su vida útil.	Sistema de manguera y válvulas de conexión con cisterna con una antigüedad media superior a su vida útil.
	Señalización de la zona	La zona está debidamente señalizada			La zona no está debidamente señalizada.
	Procedimiento de operación con supervisión y registro	Existe un procedimiento para la operación de carga y descarga con cisterna con supervisión por personal propio de la instalación y registros periódicos de su cumplimiento.	Existe un procedimiento para la operación de carga y descarga con cisterna sin supervisión por personal propio de la instalación pero con registros periódicos de su cumplimiento	Existe un procedimiento para la operación de carga y descarga con cisterna sin supervisión por personal propio de la instalación y sin registros periódicos de su cumplimiento	No hay un procedimiento para la operación de carga y descarga con cisterna.
	Sistemas de control (presión, caudal, etc.)	Hay sistemas de control de la operación			No hay sistemas de control de la operación
	Planes de inspección y mantenimiento	Se aplica un plan de mantenimiento correctivo y preventivo propio basado en la experiencia propia y en los requisitos del fabricante; se realizan revisiones periódicas con registro de todo ello	Se aplica un plan de mantenimiento correctivo y preventivo propio basado en la experiencia propia y en los requisitos del fabricante pero no hay registro de todo ello	Se hace un mantenimiento de acuerdo a mínimos del fabricante pero no se hacen revisiones periódicas	Sólo se aplica mantenimiento correctivo en caso de avería. No se hacen revisiones periódicas
	Incidentes Históricos	Menos de 1 incidente al año	Entre 1 y 3 incidentes al año	Entre 3 y 5 incidentes al año	> 5 incidentes al año

Actividad con peligro asociado	Estimador	Categorización (Probabilidad)			
		1	2	3	4
Carga y Descarga con carretilla	Formación de los empleados en manejo de carretillas	Los empleados han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación, la cual es actualizada cuando cambian las condiciones.			Los empleados no reciben formación
	Experiencia de los empleados en manejo de carretillas	Los empleados tienen más de 5 años de experiencia en el manejo de carretillas	Los empleados tienen de 3 a 5 años de experiencia en el manejo de carretillas	Los empleados tienen de 1 a 3 años de experiencia en el manejo de carretillas	Los empleados tienen menos de 1 año de experiencia en el manejo de carretillas
	Antigüedad de los toros/carretillas	Carretillas con una antigüedad media inferior al 33% de su vida útil	Carretillas con una antigüedad media comprendida entre el 33% y el 66% de su vida útil	Carretillas con una antigüedad media superior al 66% de su vida útil	Carretillas con una antigüedad media superior a su vida útil
	Antigüedad de palets	Palets con una antigüedad media inferior al 33% de su vida útil	Palets con una antigüedad media comprendida entre el 33% y el 66% de su vida útil	Palets con una antigüedad media superior al 66% de su vida útil	Palets con una antigüedad media superior a su vida útil
	Revisión periódica de carretillas	Cada día	Cada 2 semanas	> Mensual	> Semestral
	Señalización de las zonas de paso y carga y descarga	La señalización de las zonas de tránsito de carretillas y carga y descarga es adecuada.			No hay una señalización adecuada de las zonas de tránsito de carretillas y carga y descarga.
	Iluminación	La iluminación de la zona es ≥ 100 lux	La iluminación de la zona está comprendida entre 75 y 100 lux.	La iluminación de la zona está comprendida entre 50 y 75 lux.	La iluminación de la zona es inferior a 50 lux.
	Incidentes Históricos	Menos de 1 incidente al año	Entre 1 y 3 incidentes al año	Entre 3 y 5 incidentes al año	> 5 incidentes al año

Actividad con peligro asociado	Estimador	Categorización (Probabilidad)			
		1	2	3	4
Almacenamiento	Formación de los empleados en tareas de almacenamiento	Los empleados han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación, la cual es actualizada cuando cambian las condiciones.			Los empleados no reciben formación
	Experiencia de los empleados en tareas de almacenamiento	Los empleados tienen más de 5 años de experiencia en tareas de almacenamiento de productos químicos	Los empleados tienen de 3 a 5 años de experiencia en tareas de almacenamiento de productos químicos	Los empleados tienen de 1 a 3 años de experiencia en tareas de almacenamiento de productos químicos	Los empleados tienen menos de 1 año de experiencia en tareas de almacenamiento de productos químicos
	Antigüedad de las estanterías	Estanterías con una antigüedad media inferior al 33% de su vida útil	Estanterías con una antigüedad media comprendida entre el 33% y el 66% de su vida útil	Estanterías con una antigüedad media superior al 66% de su vida útil	Estanterías con una antigüedad media superior a su vida útil
	Antigüedad de los GRGs	GRGs con una antigüedad media inferior al 33% de su vida útil	GRGs con una antigüedad media comprendida entre el 33% y el 66% de su vida útil	GRGs con una antigüedad media superior al 66% de su vida útil	GRGs con una antigüedad media superior a su vida útil
	Incidentes Históricos	Menos de 1 incidente al año	Entre 1 y 3 incidentes al año	Entre 3 y 5 incidentes al año	> 5 incidentes al año

Actividad con peligro asociado	Estimador	Categorización (Probabilidad)			
		1	2	3	4
Almacenamiento en depósitos aéreos	Formación de los empleados en control de depósitos aéreos	Los empleados han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación, la cual es actualizada cuando cambian las condiciones.			Los empleados no reciben formación
	Experiencia de los empleados en la operación con depósitos aéreos	Los empleados tienen más de 5 años de experiencia en la operación con depósitos aéreos.	Los empleados tienen de 3 a 5 años de experiencia en la operación con depósitos aéreos.	Los empleados tienen de 1 a 3 años de experiencia en la operación con depósitos aéreos.	Los empleados tienen menos de 1 año de experiencia en la operación con depósitos aéreos.
	Antigüedad de los depósitos	Depósitos aéreos con una antigüedad media inferior al 33% de su vida útil	Depósitos aéreos con una antigüedad media comprendida entre el 33% y el 66% de su vida útil	Depósitos aéreos con una antigüedad media superior al 66% de su vida útil	Depósitos aéreos con una antigüedad media superior a su vida útil
	Revisiones periódicas	≥ 1 vez al año	1 vez cada 2 años	1 vez cada 5 años	No se hacen
	Sistemas de control (presión, caudal, etc.)	Hay sistemas de control			No hay sistemas de control
	Tipo de depósito	Doble pared con cubeto de contención	Doble pared sin cubeto de contención	Pared simple con cubeto de contención	Pared simple sin cubeto de contención
	Incidentes Históricos	Menos de 1 incidente al año	Entre 1 y 3 incidentes al año	Entre 3 y 5 incidentes al año	> 5 incidentes al año

Actividad con peligro asociado	Estimador	Categorización (Probabilidad)			
		1	2	3	4
Almacenamiento en depósitos subterráneos	Formación de los empleados en control de depósitos subterráneos	Los empleados han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación, la cual es actualizada cuando cambian las condiciones.			Los empleados no reciben formación
	Experiencia de los empleados en la operación con depósitos subterráneos	Los empleados tienen más de 5 años de experiencia en la operación con depósitos subterráneos.	Los empleados tienen de 3 a 5 años de experiencia en la operación con depósitos subterráneos.	Los empleados tienen de 1 a 3 años de experiencia en la operación con depósitos subterráneos.	Los empleados tienen menos de 1 año de experiencia en la operación con depósitos subterráneos.
	Antigüedad de los depósitos	Depósitos subterráneos con una antigüedad media inferior al 33% de su vida útil	Depósitos subterráneos con una antigüedad media comprendida entre el 33% y el 66% de su vida útil	Depósitos subterráneos con una antigüedad media superior al 66% de su vida útil	Depósitos subterráneos con una antigüedad media superior a su vida útil
	Revisiones periódicas	≥ 1 vez al año	1 vez / 2 años	1 vez / 5 años	No se hacen
	Sistemas de control (presión, caudal, etc.)	Hay sistemas de control			No hay sistemas de control
	Tipo de depósito	Doble pared con cubeto de contención	Doble pared sin cubeto de contención	Pared simple con cubeto de contención	Pared simple sin cubeto de contención
	Incidentes Históricos	Menos de 1 incidente al año	Entre 1 y 3 incidentes al año	Entre 3 y 5 incidentes al año	> 5 incidentes al año

Actividad con peligro asociado	Estimador	Categorización (Probabilidad)			
		1	2	3	4
Equipos con uso de recipientes móviles asociados	Formación de los empleados en el manejo de calderas	Los empleados han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación, la cual es actualizada cuando cambian las condiciones.			Los empleados no reciben formación
	Experiencia de los empleados en el manejo de calderas	Los empleados tienen más de 5 años de experiencia en el manejo de calderas	Los empleados tienen de 3 a 5 años de experiencia en el manejo de calderas	Los empleados tienen de 1 a 3 años de experiencia en el manejo de calderas.	Los empleados tienen menos de 1 año de experiencia en el manejo de calderas
	Antigüedad de las calderas	Calderas con una antigüedad media inferior al 33% de su vida útil	Calderas con una antigüedad media comprendida entre el 33% y el 66% de su vida útil	Calderas con una antigüedad media superior al 66% de su vida útil	Calderas con una antigüedad media superior a su vida útil
	Procedimiento de operación con supervisión y registro	Hay sistemas de control y un procedimiento para la operación con supervisión por personal propio de la instalación y registros periódicos de su cumplimiento. La zona está debidamente señalizada	Hay sistemas de control y un procedimiento para la operación con supervisión por personal propio de la instalación pero sin registros periódicos de su cumplimiento. La zona está debidamente señalizada	Hay un procedimiento para la operación sin supervisión por personal propio de la instalación y sin registros periódicos de su cumplimiento. No hay sistemas de control. La zona no está debidamente señalizada	No hay un procedimiento para la operación. No hay sistemas de control. La zona no está debidamente señalizada.
	Número de calderas en uso/día	<7	7-10	10-15	>15
	Planes de inspección y mantenimiento	Se aplica un plan de mantenimiento correctivo y preventivo propio basado en la experiencia propia y en los requisitos del fabricante; se realizan revisiones periódicas con registro de todo ello	Se aplica un plan de mantenimiento correctivo y preventivo propio basado en la experiencia propia y en los requisitos del fabricante pero no hay registro de todo ello	Se hace un mantenimiento de acuerdo a mínimos del fabricante pero no se hacen revisiones periódicas	Sólo se aplica mantenimiento correctivo en caso de avería. No se hacen revisiones periódicas
	Incidentes Históricos	Menos de 1 incidente al año	Entre 1 y 3 incidentes al año	Entre 3 y 5 incidentes al año	> 5 incidentes al año

Actividad con peligro asociado	Estimador	Categorización (Probabilidad)			
		1	2	3	4
Equipos con depósito propio	Formación de los empleados en el manejo de los molinos	Los empleados han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación, la cual es actualizada cuando cambian las condiciones.			Los empleados no han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación.
	Experiencia de los empleados en el manejo de los equipos	Los empleados tienen más de 5 años de experiencia	Los empleados tienen de 3 a 5 años de experiencia	Los empleados tienen de 1 a 3 años de experiencia	Los empleados tienen menos de 1 año de experiencia
	Antigüedad de los equipos	Equipos con una antigüedad media inferior al 33% de su vida útil	Equipos con una antigüedad media comprendida entre el 33% y el 66% de su vida útil	Equipos con una antigüedad media superior al 66% de su vida útil	Equipos con una antigüedad media superior a su vida útil
	Procedimiento de operación con supervisión y registro	Existe un procedimiento para el manejo de los equipos con supervisión por personal propio de la instalación y registros periódicos de su cumplimiento.	Existe un procedimiento para el manejo de los equipos sin supervisión por personal propio de la instalación pero con registros periódicos de su cumplimiento	Existe un procedimiento para el manejo de los equipos sin supervisión por personal propio de la instalación y sin registros periódicos de su cumplimiento	No hay un procedimiento para el manejo de los equipos
	Sistemas de control (presión, caudal, etc.)	Hay sistemas de control de la operación			No hay sistemas de control de la operación
	Planes de inspección y mantenimiento	Se aplica un plan de mantenimiento correctivo y preventivo propio basado en la experiencia propia y en los requisitos del fabricante; se realizan revisiones periódicas con registro de todo ello	Se aplica un plan de mantenimiento correctivo y preventivo propio basado en la experiencia propia y en los requisitos del fabricante pero no hay registro de todo ello	Se hace un mantenimiento de acuerdo a mínimos del fabricante pero no se hacen revisiones periódicas	Sólo se aplica mantenimiento correctivo en caso de avería. No se hacen revisiones periódicas
	Incidentes Históricos	≤1 incidente al año	Entre 1 y 3 incidentes al año	Entre 3 y 5 incidentes al año	> 5 incidentes al año

Actividad con peligro asociado	Estimador	Categorización (Probabilidad)			
		1	2	3	4
Sistema de válvulas y tuberías aéreas	Formación de los empleados en el manejo de válvulas y tuberías	Los empleados han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación, la cual es actualizada cuando cambian las condiciones.			Los empleados no han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación.
	Experiencia de los empleados en el manejo de válvulas y tuberías	Los empleados tienen más de 5 años de experiencia	Los empleados tienen de 3 a 5 años de experiencia	Los empleados tienen de 1 a 3 años de experiencia	Los empleados tienen menos de 1 año de experiencia
	Antigüedad de las válvulas y tuberías aéreas	Sistema de válvulas y tuberías aéreas con una antigüedad media inferior al 33% de su vida útil	Sistema de válvulas y tuberías aéreas con una antigüedad media comprendida entre el 33% y el 66% de su vida útil	Sistema de válvulas y tuberías aéreas con una antigüedad media superior al 66% de su vida útil	Sistema de válvulas y tuberías aéreas con una antigüedad media superior a su vida útil
	Revisiones periódicas de funcionamiento	≥ 1 vez al año	1 vez / 2 años	1 vez / 5 años	No se hacen
	Sistemas de control (presión, caudal...)	Hay sistemas de control de la operación			No hay sistemas de control de la operación
	Recubrimientos y zona de protección	El sistema de válvulas y tuberías aéreas dispone de un recubrimiento de protección contra la corrosión y el daño físico	El sistema de válvulas y tuberías aéreas dispone de un recubrimiento de protección contra la corrosión pero no contra el daño físico	El sistema de válvulas y tuberías aéreas no dispone de un recubrimiento de protección contra la corrosión pero sí contra el daño físico	El sistema de válvulas y tuberías aéreas no dispone de un recubrimiento de protección contra la corrosión y el daño físico
	Incidentes Históricos	≤1 incidente al año	Entre 1 y 3 incidentes al año	Entre 3 y 5 incidentes al año	> 5 incidentes al año

Actividad con peligro asociado	Estimador	Categorización (Probabilidad)			
		1	2	3	4
Sistema de válvulas y tuberías subterráneas	Formación de los empleados en manejo de válvulas y tuberías	Los empleados han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación, la cual es actualizada cuando cambian las condiciones.			Los empleados no han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación.
	Experiencia de los empleados de válvulas y tuberías	Los empleados tienen más de 5 años de experiencia	Los empleados tienen de 3 a 5 años de experiencia	Los empleados tienen de 1 a 3 años de experiencia	Los empleados tienen menos de 1 año de experiencia
	Antigüedad de las válvulas y tuberías subterráneas	Sistema de válvulas y tuberías subterráneas con una antigüedad media inferior al 33% de su vida útil	Sistema de válvulas y tuberías subterráneas con una antigüedad media comprendida entre el 33% y el 66% de su vida útil	Sistema de válvulas y tuberías subterráneas con una antigüedad media superior al 66% de su vida útil	Sistema de válvulas y tuberías subterráneas con una antigüedad media superior a su vida útil
	Planes de inspección y mantenimiento	Se aplica un plan de mantenimiento correctivo y preventivo propio basado en la experiencia propia y en los requisitos del fabricante; se realizan revisiones periódicas con registro de todo ello	Se aplica un plan de mantenimiento correctivo y preventivo propio basado en la experiencia propia y en los requisitos del fabricante pero no hay registro de todo ello	Se hace un mantenimiento de acuerdo a mínimos del fabricante pero no se hacen revisiones periódicas	Sólo se aplica mantenimiento correctivo en caso de avería. No se hacen revisiones periódicas
	Sistemas de control (presión, caudal, etc.)	Hay sistemas de control de la operación			No hay sistemas de control de la operación
	Recubrimientos	El sistema de válvulas y tuberías dispone de un recubrimiento de protección			El sistema de válvulas y tuberías subterráneas no dispone de un recubrimiento de protección
	Incidentes Históricos	≤1 incidente al año	Entre 1 y 3 incidentes al año	Entre 3 y 5 incidentes al año	> 5 incidentes al año

Actividad con peligro asociado	Estimador	Categorización (Probabilidad)			
		1	2	3	4
Almacenamiento en depósitos de recepción de aguas residuales en EDAR	Formación de los empleados en control de depósitos de depuradora	Los empleados han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación, la cual es actualizada cuando cambian las condiciones.			Los empleados no reciben formación
	Experiencia de los empleados en la operación con depósitos de depuradora	Los empleados tienen más de 5 años de experiencia en la operación con depósitos de depuradora	Los empleados tienen de 3 a 5 años de experiencia en la operación con depósitos de depuradora	Los empleados tienen de 1 a 3 años de experiencia en la operación con depósitos de depuradora	Los empleados tienen menos de 1 año de experiencia en la operación con depósitos de depuradora
	Revisiones periódicas de funcionamiento	≥ 1 vez al año	1 vez / 2 años	1 vez / 5 años	No se hacen
	Sistemas de control (presión, caudal, etc.)	Hay sistemas de control			No hay sistemas de control
	Incidentes Históricos	Menos de un incidente al año	Entre 1 y 3 incidentes al año	Entre 3 y 5 incidentes al año	> 5 incidentes al año

Actividad con peligro asociado	Estimador	Categorización (Probabilidad)			
		1	2	3	4
Sistema de válvulas y tuberías en EDAR	Formación de los empleados en el manejo de válvulas y tuberías	Los empleados han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación, la cual es actualizada cuando cambian las condiciones.			Los empleados no han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación.
	Experiencia de los empleados en el manejo de válvulas y tuberías	Los empleados tienen más de 5 años de experiencia en el manejo y uso de las válvulas y tuberías	Los empleados tienen de 3 a 5 años de experiencia en el manejo y uso de las válvulas y tuberías	Los empleados tienen de 1 a 3 años de experiencia en el manejo y uso de las válvulas y tuberías	Los empleados tienen menos de 1 año de experiencia en el manejo y uso de las válvulas y tuberías
	Antigüedad de las válvulas y tuberías	Sistema de válvulas y tuberías con una antigüedad media inferior al 33% de su vida útil	Sistema de válvulas y tuberías con una antigüedad media comprendida entre el 33% y el 66% de su vida útil	Sistema de válvulas y tuberías con una antigüedad media superior al 66% de su vida útil	Sistema de válvulas y tuberías con una antigüedad media superior a su vida útil
	Revisiones periódicas de funcionamiento	≥ 1 vez al año	1 vez / 2 años	1 vez / 5 años	No se hacen
	Sistemas de control (presión, caudal...)	Hay sistemas de control de la operación			No hay sistemas de control de la operación
	Recubrimientos de protección	El sistema de válvulas y tuberías dispone de un recubrimiento de protección			El sistema de válvulas y tuberías no dispone de un recubrimiento de protección
	Incidentes Históricos	≤1 incidente al año	Entre 1 y 3 incidentes al año	Entre 3 y 5 incidentes al año	> 5 incidentes al año

Actividad con peligro asociado	Estimador	Categorización (Probabilidad)			
		1	2	3	4
Equipos con depósito propio en EDAR	Formación de los empleados en el manejo de los equipos	Los empleados han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación, la cual es actualizada cuando cambian las condiciones.			Los empleados no han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación.
	Experiencia de los empleados en el manejo de los equipos	Los empleados tienen más de 5 años de experiencia en el manejo de los equipos.	Los empleados tienen de 3 a 5 años de experiencia en el manejo de los equipos	Los empleados tienen de 1 a 3 años de experiencia en el manejo de los equipos	Los empleados tienen menos de 1 año de experiencia en el manejo de los equipos.
	Antigüedad de los equipos	Equipos con una antigüedad media inferior al 33% de su vida útil	Equipos con una antigüedad media comprendida entre el 33% y el 66% de su vida útil	Equipos con una antigüedad media superior al 66% de su vida útil	Equipos con una antigüedad media superior a su vida útil
	Procedimiento de operación con supervisión y registro	Existe un procedimiento para el manejo de los equipos con supervisión por personal propio de la instalación y registros periódicos de su cumplimiento.	Existe un procedimiento para el manejo de los equipos sin supervisión por personal propio de la instalación pero con registros periódicos de su cumplimiento	Existe un procedimiento para el manejo de los equipos sin supervisión por personal propio de la instalación y sin registros periódicos de su cumplimiento	No hay un procedimiento para el manejo de los equipos
	Sistemas de control de los parámetros de proceso (presión, caudal, etc.)	Hay sistemas de control de la operación			No hay sistemas de control de la operación
	Planes de inspección y mantenimiento	Se aplica un plan de mantenimiento correctivo y preventivo propio basado en la experiencia propia y en los requisitos del fabricante; se realizan revisiones periódicas con registro de todo ello	Se aplica un plan de mantenimiento correctivo y preventivo propio basado en la experiencia propia y en los requisitos del fabricante pero no hay registro de todo ello	Se hace un mantenimiento de acuerdo a mínimos del fabricante pero no se hacen revisiones periódicas	Sólo se aplica mantenimiento correctivo en caso de avería. No se hacen revisiones periódicas
	Incidentes Históricos	≤1 incidente al año	Entre 1 y 3 incidentes al año	Entre 3 y 5 incidentes al año	> 5 incidentes al año

Actividad con peligro asociado	Estimador	Categorización (Probabilidad)			
		1	2	3	4
Equipos con depósito propio en EDAR	Formación de los empleados en el manejo de los equipos	Los empleados han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación, la cual es actualizada cuando cambian las condiciones.			Los empleados no han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación.
	Experiencia de los empleados en el manejo de los equipos	Los empleados tienen más de 5 años de experiencia en el manejo de los equipos.	Los empleados tienen de 3 a 5 años de experiencia en el manejo de los equipos	Los empleados tienen de 1 a 3 años de experiencia en el manejo de los equipos	Los empleados tienen menos de 1 año de experiencia en el manejo de los equipos.
	Antigüedad de los equipos	Equipos con una antigüedad media inferior al 33% de su vida útil	Equipos con una antigüedad media comprendida entre el 33% y el 66% de su vida útil	Equipos con una antigüedad media superior al 66% de su vida útil	Equipos con una antigüedad media superior a su vida útil
	Procedimiento de operación con supervisión y registro	Existe un procedimiento para el manejo de los equipos con supervisión por personal propio de la instalación y registros periódicos de su cumplimiento.	Existe un procedimiento para el manejo de los equipos sin supervisión por personal propio de la instalación pero con registros periódicos de su cumplimiento	Existe un procedimiento para el manejo de los equipos sin supervisión por personal propio de la instalación y sin registros periódicos de su cumplimiento	No hay un procedimiento para el manejo de los equipos
	Sistemas de control de los parámetros de proceso (presión, caudal, etc.)	Hay sistemas de control de la operación			No hay sistemas de control de la operación
	Planes de inspección y mantenimiento	Se aplica un plan de mantenimiento correctivo y preventivo propio basado en la experiencia propia y en los requisitos del fabricante; se realizan revisiones periódicas con registro de todo ello	Se aplica un plan de mantenimiento correctivo y preventivo propio basado en la experiencia propia y en los requisitos del fabricante pero no hay registro de todo ello	Se hace un mantenimiento de acuerdo a mínimos del fabricante pero no se hacen revisiones periódicas	Sólo se aplica mantenimiento correctivo en caso de avería. No se hacen revisiones periódicas
	Incidentes Históricos	≤1 incidente al año	Entre 1 y 3 incidentes al año	Entre 3 y 5 incidentes al año	> 5 incidentes al año

Actividad con peligro de vertido asociado (Mal funcionamiento)	Estimador	Categorización (Probabilidad)			
		1	2	3	4
Equipos con depósito propio en EDAR	Formación de los empleados en el manejo de los equipos	Los empleados han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación, la cual es actualizada cuando cambian las condiciones.			Los empleados no han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación.
	Experiencia de los empleados en el manejo de los equipos	Los empleados tienen más de 5 años de experiencia en el manejo de los equipos.	Los empleados tienen de 3 a 5 años de experiencia en el manejo de los equipos	Los empleados tienen de 1 a 3 años de experiencia en el manejo de los equipos	Los empleados tienen menos de 1 año de experiencia en el manejo de los equipos.
	Antigüedad de los equipos	Equipos con una antigüedad media inferior al 33% de su vida útil	Equipos con una antigüedad media comprendida entre el 33% y el 66% de su vida útil	Equipos con una antigüedad media superior al 66% de su vida útil	Equipos con una antigüedad media superior a su vida útil
	Procedimiento de operación con supervisión y registro	Existe un procedimiento para el manejo de los equipos con supervisión por personal propio de la instalación y registros periódicos de su cumplimiento.	Existe un procedimiento para el manejo de los equipos sin supervisión por personal propio de la instalación pero con registros periódicos de su cumplimiento	Existe un procedimiento para el manejo de los equipos sin supervisión por personal propio de la instalación y sin registros periódicos de su cumplimiento	No hay un procedimiento para el manejo de los equipos
	Sistemas de control de los parámetros de proceso (presión, caudal, etc.)	Hay sistemas de control de la operación			No hay sistemas de control de la operación
	Sistemas de control de los parámetros de salida (pH, DQO, COT...)	Hay sistemas de control de los parámetros de salida			No hay sistemas de control de los parámetros de salida
	Planes de inspección y mantenimiento	Se aplica un plan de mantenimiento correctivo y preventivo propio basado en la experiencia propia y en los requisitos del fabricante; se realizan revisiones periódicas con registro de todo ello	Se aplica un plan de mantenimiento correctivo y preventivo propio basado en la experiencia propia y en los requisitos del fabricante pero no hay registro de todo ello	Se hace un mantenimiento de acuerdo a mínimos del fabricante pero no se hacen revisiones periódicas	Sólo se aplica mantenimiento correctivo en caso de avería. No se hacen revisiones periódicas
	Incidentes Históricos	≤1 incidente al año	Entre 1 y 3 incidentes al año	Entre 3 y 5 incidentes al año	> 5 incidentes al año

ANEJO III. ÁRBOLES DE CONSECUENCIAS

DESCRIPCIÓN DE LOS ÁRBOLES DE CONSECUENCIAS

En el presente anejo se recogen los árboles consecuenciales, diseñados a partir de los sucesos iniciadores considerados en el estudio: vertido de sustancias químicas, incendio y vertido desde EDAR. Se ha elaborado un árbol específico para cada uno de dichos sucesos iniciadores, con el fin de facilitar la comprensión y el manejo del modelo.

Los árboles plantean una serie de alternativas en el comportamiento del suceso iniciador, en función de los valores que adopten los factores condicionantes. Como resultado se llega a la determinación de los distintos escenarios accidentales, para cada uno de los cuales se identifican los recursos naturales que se verían afectados mediante la siguiente codificación:

- Sue. Afección al suelo
- Asup. Afección a las aguas superficiales
- Asub. Afección a las aguas subterráneas
- Sp. Afección a las especies
- Hb. Afección a los hábitats

Los escenarios accidentales se han codificado mediante una numeración secuencial con el fin de facilitar el manejo de los mismos. En total, se han planteado 77 escenarios accidentales, de los cuales 67 causan afecciones al menos a uno de los recursos naturales cubiertos por la Ley 26/2007. Indicar que el elevado número de escenarios resultante puede verse sensiblemente reducido de cara a la cuantificación de los daños, ya que algunos de ellos hacen referencia a las mismas afecciones al medio con el mismo agente causante de daño, —a modo de ejemplo los escenarios Ei18 y Ei19 hacen referencia a un vertido de aguas de extinción de incendio sobre suelo y aguas superficiales—; facilitando de esta forma notablemente el trabajo de valoración.

Suceso iniciador	Prob	¿El vertido se detecta y es contenido?	Prob	¿El vertido alcanza una red de drenaje con salida al exterior?	Prob	¿El vertido alcanza el exterior del emplazamiento?	Prob	¿El vertido es retenido a la salida de la red de drenaje?	Prob	¿El vertido afecta al suelo?	Prob	¿El vertido afecta a una masa de agua superficial?	Prob	¿El vertido afecta a especies silvestres?	Prob	¿El vertido afecta a un hábitat?	Prob	Escenario	Prob Esc.	Código escenarios	Sue	Asup	Asub	Sp	Hb
Vertido		Sí																Vertido contenido de manera temprana y sin afección		Evd1/Evr1					
		No		Sí				Sí										Vertido contenido en la red de drenaje y sin afección		Evd2/Evr2					
								No					Sí					Vertido con afección a las aguas superficiales y a las especies		Evd3/Evr3					
													No					Vertido con afección a aguas superficiales		Evd4/Evr4					
				No		Sí				Sí		Sí			Sí			Vertido con afección al suelo, aguas superficiales, especies y hábitat		Evd5/Evr5					
															No			Vertido con afección al suelo, aguas superficiales y especies		Evd6/Evr6					
														No	Sí			Vertido con afección al suelo, aguas superficiales y hábitat		Evd7/Evr7					
																No		Vertido con afección al suelo y aguas superficiales		Evd8/Evr8					
											No					Sí		Vertido con afección al suelo y a los hábitat		Evd9/Evr9					
																No		Vertido con afección al suelo		Evd10/Evr10					
								No										Vertido sin afección		Evd11/Evr11					
					No													Vertido contenido con posible afección al suelo		Evd12/Evr12					

	Afección por vertido
--	----------------------

Suceso iniciador	Prob	Detección y control temprano	Prob	¿El incendio alcanza el exterior del emplazamiento?	Prob	¿Aguas de incendio alcanzan una red de drenaje con salida al exterior?	Prob	¿Aguas de incendio son contenidas dentro de la instalación?	Prob	¿Las aguas de incendio alcanzan a una masa de agua superficial?	Prob	¿Las aguas de incendio afectan a especies silvestres?	Prob	¿El incendio afecta a especies silvestres?	Prob	¿El daño afecta a un hábitat?	Prob	Escenario	Prob Esc	Cód.	Sue	Asup	Asub	Sp	Hb	
Incendio		Si																El incendio es controlado de manera temprana dentro de la instalación		Ei1						
		No		Si		Si		No		Si		Si		No		No		Vertido con afección a las aguas superficiales y a las especies silvestres (Incendio sin afección)		Ei2						
																Si		Vertido con afección a las aguas superficiales y a las especies + Incendio con afección al hábitat		Ei3						
																No		Vertido con afección a las aguas superficiales y a las especies + Incendio con afección a las especies silvestres		Ei4						
																Si		Vertido con afección a las aguas superficiales y a las especies + Incendio con afección a las especies silvestres y al hábitat		Ei5						
												No		No		No		Vertido con afección a las aguas superficiales (Incendio sin afección)		Ei6						
																	Si	Vertido con afección a las aguas superficiales + Incendio con afección al hábitat		Ei7						
																	Si	Vertido con afección a las aguas superficiales + Incendio con afección a las especies		Ei8						
																	Si	Vertido con afección a las aguas superficiales + Incendio con afección a las especies y al hábitat		Ei9						
																	Si	Vertido contenido dentro de la instalación con posible afección al suelo. Incendio sin afección		Ei10						
																		Si	Vertido contenido con posible afección al suelo + Incendio con afección al hábitat		Ei11					
																	Si	Vertido contenido con posible afección al suelo + Incendio con afección a especies		Ei12						
																		Si	Vertido contenido con posible afección al suelo + Incendio con afección a especies y a hábitat		Ei13					
				No		No		Si			Si		No		No			Vertido con afección al suelo, aguas superficiales y especies (Incendio sin afección)		Ei14						
																		Si	Vertido con afección al suelo, a aguas superficiales, especies y hábitat + Incendio con afección a hábitat		Ei15					
																	Si	Vertido con afección al suelo, a las aguas superficiales y especies + Incendio con afección a especies		Ei16						
																	Si	Vertido con afección al suelo, aguas superficiales, especies y hábitat + Incendio con afección a especies y a hábitat		Ei17						
												No		No		No		Vertido con afección al suelo y aguas superficiales (Incendio sin afección)		Ei18						
																		Si	Vertido con afección al suelo, aguas superficiales y hábitat + Incendio con afección a hábitat		Ei19					
																	Si	Vertido con afección al suelo y aguas superficiales + Incendio con afección a especies		Ei20						
																		Si	Vertido con afección al suelo, aguas superficiales y hábitat + Incendio con afección a especies y a hábitat		Ei21					
											No							Vertido con afección al suelo (Incendio sin afección)		Ei22						
																		Si	Vertido con afección al suelo y a hábitat + Incendio con afección a hábitat		Ei23					
																	Si	Vertido con afección al suelo + Incendio con afección a las especies		Ei24						
																		Si	Vertido con afección al suelo y al hábitat + Incendio con afección a especies y a hábitat		Ei25					
																	Si	Vertido contenido dentro de la instalación con posible afección al suelo. Incendio sin afección		Ei26						
																		Si	Incendio con afección al hábitat (Vertido contenido con posible afección al suelo)		Ei27					
																		Si	Incendio con afección a especies (Vertido contenido con posible afección al suelo)		Ei28					
																		Si	Incendio con afección a especies y a hábitat (Vertido contenido con posible afección al suelo)		Ei29					
				No		Si		No		Si									Vertido con afección a las aguas superficiales y a las especies		Ei30					
																			Vertido con afección a las aguas superficiales		Ei31					
																			Vertido contenido dentro de la instalación con posible afección al suelo.		Ei32					
				No		No		Si		Si						No			Vertido con afección al suelo, aguas superficiales y especies		Ei33					
																			Vertido con afección al suelo, aguas superficiales, especies y hábitat		Ei34					
												No							Vertido con afección al suelo y aguas superficiales		Ei35					
																			Vertido con afección al suelo, aguas superficiales y hábitat		Ei36					
											No								Vertido con afección al suelo.		Ei37					
																			Vertido con afección al suelo y al hábitat.		Ei38					
																			Vertido contenido dentro de la instalación con posible afección al suelo.		Ei39					

	Afección por vertido
	Afección por incendio
	Afección por ambas

Suceso iniciador	Prob	¿El vertido se detecta y es contenido?	Prob	¿El vertido alcanza la red de drenaje?	Prob	¿El vertido alcanza el exterior del emplazamiento?	Prob	¿El vertido afecta al suelo?	Prob	¿El vertido afecta a una masa de agua superficial?	Prob	¿El vertido afecta a especies silvestres?	Prob	¿El vertido afecta a un hábitat?	Prob	Escenario	Prob Esc.	Cód. Esc.	Sue	Asup	Asub	Sp	Hb
Vertido por sobrellenado en EDAR	Sí															Vertido contenido de manera temprana y sin afección		Ees1					
	No		Sí									Sí				Vertido con afección a las aguas superficiales y a las especies		Ees2					
												No				Vertido con afección a aguas superficiales		Ees3					
			No		Sí		Sí		Sí		Sí		Sí		Sí	Vertido con afección al suelo, aguas superficiales, especies y hábitat		Ees4					
													No			Vertido con afección al suelo, aguas superficiales y especies		Ees5					
													No		Sí	Vertido con afección al suelo, aguas superficiales y hábitat		Ees6					
														No		Vertido con afección al suelo y aguas superficiales		Ees7					
								No						Sí		Vertido con afección al suelo y a los hábitat		Ees8					
														No		Vertido con afección al suelo		Ees9					
							No									Vertido sin afección		Ees10					
				No												Vertido contenido dentro de la instalación con posible afección al suelo		Ees11					

	Afección por vertido por sobrellenado en EDAR
--	---

Suceso iniciador	Prob	¿El vertido se detecta y es contenido?	Prob	¿El vertido afecta a una masa de agua superficial?	Prob	¿El vertido afecta a especies silvestres? (fauna acuática)	Prob	Escenario	Prob Esc.	Codigo Esc.	Sue	Asup	Asub	Sp	Hb
Vertido por mal funcionamiento de la EDAR		Sí						Vertido contenido de manera temprana y sin afección		Eem1					
		No		Sí		Sí		Vertido con afección al agua superficial y a las especies		Eem2					
						No		Vertido con afección al agua superficial		Eem3					

	Afección por vertido por mal funcionamiento en EDAR
--	---

ANEJO IV. DETERMINACIÓN DEL DAÑO MEDIOAMBIENTAL

I. INTRODUCCIÓN

Conforme con lo dispuesto en el artículo 7 del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007 —aprobado por el Real Decreto 2090/2008, de 22 de diciembre—, los operadores deben realizar las siguientes actuaciones con el fin de determinar el carácter significativo de los daños medioambientales que pudieran ocasionar:

- a) Identificar el agente causante del daño, y los recursos naturales y servicios afectados
- b) Cuantificar el daño, y
- c) Evaluar la significatividad del daño

En el presente análisis de riesgos la identificación del agente causante del daño y de los recursos naturales afectados por el mismo, se realiza dentro del anejo I —dedicado a la caracterización de las sustancias químicas manejadas por el sector—, y dentro del anejo III —en el cual se indican los recursos naturales que se verían afectados bajo cada hipótesis de accidente—. Dedicándose el presente anejo específicamente a exponer el procedimiento seguido tanto para la cuantificación de los daños como para la evaluación de su significatividad.

Indicar en este punto que en el análisis realizado se han considerado significativos por regla general la totalidad de los daños evaluados; declarándose como no significativos únicamente aquéllos cuyo cociente de riesgo se encuentra por debajo de los límites establecidos en el presente anejo.

II. CUANTIFICACIÓN

Según establece la normativa, con el fin de cuantificar el daño los operadores deben identificar, describir y evaluar la extensión, la intensidad y la escala temporal del daño.

En el presente análisis de riesgos la extensión —cantidad de receptor afectado por el daño— y la intensidad —grado de severidad de los efectos ocasionados—, se determinan empleando modelos de difusión de contaminantes, los cuales son objeto de exposición detallada en este apartado. En los casos donde no se dispone de suficiente información para calcular la intensidad —principalmente debido a carencias en los datos sobre toxicidad de las sustancias químicas—, se ha optado por asumir un criterio conservador, y estimar que el daño ocasionado supondría una intensidad letal para las poblaciones naturales, declarándose en estos casos el daño como significativo.

Por otra parte, en cuanto a los aspectos relativos a la escala temporal de los daños, la duración se estima para cada escenario accidental a partir de los datos facilitados por el Modelo de Oferta de Responsabilidad Ambiental (MORA), siendo éste un dato asociado a cada una de las técnicas de reparación propuestas en dicho modelo. La evaluación de la frecuencia con la que ocurre cada daño, es objeto de un análisis detallado tanto en la memoria explicativa del presente análisis de riesgos

como en su anejo II, habiéndose empleado para su determinación una escala de valores semicuantitativa. Por último, indicar que tras el análisis realizado, los daños evaluados se consideran en principio reversibles atendiendo a los criterios establecidos en el artículo 22 del Reglamento; con esta premisa se asume que sería posible devolver los recursos naturales a su estado básico mediante una reparación primaria razonable atendiendo tanto a su coste como a su duración.

II.1. CÁLCULO DE LA EXTENSIÓN Y LA INTENSIDAD DE LOS DAÑOS

En el presente apartado se recoge la descripción técnica de los modelos de difusión de contaminantes que se han empleado en la fase de cuantificación de daños.

Estos modelos aportan las herramientas necesarias para definir —en cada uno de los escenarios accidentales—, tanto la extensión del daño como la intensidad del mismo. Siendo estos parámetros clave en la determinación de la significatividad, y la posterior valoración monetaria de los daños.

Efectivamente, mediante los modelos propuestos se obtiene la cantidad de receptor dañado a partir de las variables de entrada descritas en el presente anejo. De tal forma que cada escenario accidental queda caracterizado —a efectos de extensión—, por los siguientes parámetros:

- Cantidad de suelo dañado medida en toneladas
- Cantidad de agua subterránea dañada medida en metros cúbicos
- Cantidad de agua superficial dañada medida en metros cúbicos
- Cantidad de hábitat dañado medida en hectáreas
- Cantidad de especies dañadas medida en número de individuos de cada especie

La cantidad de recurso afectado bajo las hipótesis de cada escenario accidental es el dato de salida básico obtenido de los modelos de difusión empleados, definiéndose de esta forma la extensión del daño producido. Por otra parte, la intensidad de los daños se evalúa atendiendo a la relación existente entre la concentración que alcanza el contaminante en el recurso receptor —calculada a partir de los modelos de difusión propuestos—, y la concentración de la sustancia que resulta tóxica para los seres vivos —la cual se facilita en las fichas de seguridad de cada sustancia—.

II.1.1. DAÑO PRODUCIDO AL SUELO Y A LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

En el presente apartado se expone la metodología aplicada con el fin de estimar la cantidad de recurso —extensión— que se vería afectada por un eventual daño químico sobre el suelo y las aguas subterráneas. Es conveniente indicar que para ocasionar un daño al acuífero es necesario que previamente los agentes químicos afecten también al suelo —zona no saturada que se encuentra sobre el acuífero—.

II.1.1.1. Cálculo de la superficie afectada por el vertido

El cálculo de la superficie que ocuparía un posible vertido se realiza empleando la metodología desarrollada por Grimaz *et al.* (2007). En dicho trabajo, los autores se basan en los trabajos

publicados por Huppert (1982), Lister (1992), Acton *et al.* (2001), Spannuth *et al.* (2006) y Keller *et al.* (2005), para diseñar una herramienta que permita estimar la extensión del daño —medida en superficie de suelo afectada—.

En el marco del convenio establecido entre la universidad italiana de Udine y la universidad británica de Belfast, los autores de dicho estudio tratan de responder a la necesidad de contar con una herramienta sencilla de predicción de la extensión de los daños al suelo causados por un eventual vertido. Dicho modelo parte de la teoría gravitacional y es aplicable tanto a medios permeables como impermeables y tanto en terrenos llanos como con una cierta pendiente —tal como indican sus autores—.

La expansión superficial del vertido viene condicionada por la capacidad de absorción del suelo y por la dinámica del flujo superficial; motivo por el cual las principales variables que determinan el área son la cantidad derramada y la infiltración en el suelo.

Como principales ventajas de este modelo indicar que se trata de un algoritmo elaborado por entidades de prestigio pertenecientes al ámbito académico, su empleo es gratuito, y su aplicación por parte de los usuarios es relativamente sencilla.

Sin embargo se trata de un modelo teórico, el cual para su correcta aplicación debe ser ajustado a las condiciones de cada caso concreto.

Por último, destacar que aunque el modelo se ha desarrollado en base a las características específicas de los vertidos de fuel, en principio es válido para cualquier tipo de sustancia, según se ha constatado mediante consultas directas a los autores del modelo.

Suponiendo un vertido puntual, y una superficie receptora asimilable a un plano horizontal —premisas asumibles a tenor del análisis de riesgos realizado—, el modelo se simplifica sensiblemente dado que el área de la mancha se puede estimar como la superficie del círculo que tiene como centro el foco de vertido y como radio la distancia de difusión de Huppert. Así, el área ocupada se calcula conforme a la siguiente ecuación:

$$A_{pool} = \pi \cdot s(t)^2 \quad \text{[Ec.1]}$$

Donde:

- A_{pool} = superficie de la mancha de vertido [m^2].
- $s(t)$ = distancia de difusión [m].

La ecuación propuesta por Huppert (Huppert, 2006) para dimensionar la distancia de difusión viene dada por la siguiente expresión:

$$s(t) = \zeta_N(\alpha, n)(Rq^3)^{1/(5+3n)} t^{(3\alpha+1)/(5+3n)} \quad \text{[Ec.2]}$$

Donde:

- $s(t)$ = coordenada espacial que define la extensión del área. Para $n=1$ ¹, correspondiente a una fuente de vertido puntual; s =radio [m].
- $\zeta_N(\alpha, n)$ = coeficiente adimensional definido por Huppert, que varía en función del valor que tomen los parámetros α^2 y n según se muestra en la Tabla 1. En el presente análisis se asume un valor $\alpha=1$ —correspondiente a vertidos de flujo constante—.

Tipo de vertido	n = 0	n = 1
$\alpha=0$	1,411	0,894
$\alpha=1$	1,010	0,715
$\alpha=2$	0,850	0,623

**Tabla 1. Valores del coeficiente $\zeta_N(\alpha, n)$ en la ecuación de Huppert, en función de los parámetros α y n .
Fuente: Grimaz *et al.*, 2007 (AIDIC).**

- R = difusión efectiva, se calcula a partir de la aceleración de la gravedad (g) [m/s^2], la densidad (ρ) [kg/m^3] y la viscosidad dinámica (μ)³ [$kg\cdot m/s$] mediante la siguiente ecuación:

$$R = \frac{\rho g}{3 \mu} = \frac{g}{3 \nu} \quad [\text{Ec.3}]$$

- q = caudal de vertido [m^3/s].
- t = tiempo [s].

Con el fin de calcular el volumen de suelo afectado por el derrame se tienen en cuenta dos coeficientes que condicionan el valor de referencia de la superficie afectada (A_{pool}):

a) El porcentaje de suelo pavimentado

Se valora de dos formas según se considere que el vertido es contenido en el interior de la instalación o que éste sale al exterior de la misma:

- **Vertido contenido en la instalación.** Se aplica un porcentaje reductor al valor de A_{pool} en función del grado de pavimentación que tenga la instalación —el grado de pavimentación viene definido a través de una serie de intervalos, los cuales se encuentran recogidos en el cuestionario facilitado a los operadores—.

¹ Los valores que puede tomar n indican el tipo de fuente que origina el daño; así, se utiliza: $n=0$ para fuentes lineales, y $n=1$ para fuentes puntuales.

² Los valores de α indican el comportamiento del vertido a lo largo del tiempo; así: $\alpha=0$ indica que el vertido es instantáneo, $\alpha=1$ que se trata de un vertido de flujo constante, y $\alpha=2$ que el flujo de vertido sigue una tendencia lineal.

³ La viscosidad cinemática (ν) [m^2/s] es el resultado de dividir la viscosidad dinámica (μ) [$kg\cdot m/s$] entre la densidad (ρ) [kg/m^3].

Grado de pavimentación	% pavimentado	% suelo
70-100%	85%	15%
40-70%	55%	45%
10-40%	25%	75%
<10%	5%	95%

Tabla 2. Porcentaje de suelo natural en función del suelo pavimentado en la instalación. Fuente: elaboración propia.

El valor de A_{pool} utilizado para la cuantificación del daño ocasionado en el interior de la instalación es el que se muestra a continuación ($A_{pool_{verINT}}$):

$$A_{pool_{verINT}} = A_{pool} \times \%suelo \quad \text{[Ec.4]}$$

En este caso, dado que el vertido no se expande más allá de las fronteras de la instalación, el área de cálculo para la cuantificación ($A_{pool_{calculo}}$) coincide con el área estimada mediante la expresión anterior:

$$A_{pool_{calculo}} = A_{pool_{verINT}} \quad \text{[Ec.5]}$$

- **Vertido no contenido en la instalación.** La superficie afectada por el vertido en el exterior de la instalación ($A_{pool_{exterior}}$) se obtiene mediante la diferencia entre la extensión total del vertido (A_{pool}) y la superficie de la instalación (Sup_{inst}) —siendo representadas ambas superficies sobre ortofotos, con el fin de contrastar esta estimación con la realidad—.

$$A_{pool_{exterior}} = A_{pool} - Sup_{inst} \quad \text{[Ec.6]}$$

Una vez obtenido este nuevo valor de extensión, se multiplica por el porcentaje de suelo no pavimentado existente en el exterior de la instalación, estimado a partir de la visualización de ortofotos, dando lugar al valor de la superficie de suelo que se ve afectada por el vertido fuera de la instalación ($A_{pool_{verEXT}}$):

$$A_{pool_{verEXT}} = A_{pool_{exterior}} \times \%suelo_{exterior} \quad \text{[Ec.7]}$$

De esta forma el área de cálculo para la cuantificación de este tipo de escenarios ($A_{pool_{calculo}}$), teniendo en cuenta la superficie afectada tanto en el interior de la instalación como en su exterior, es la siguiente:

$$A_{pool_{calculo}} = A_{pool_{verINT}} + A_{pool_{verEXT}} \quad \text{[Ec.8]}$$

Donde, el área de suelo afectada por el vertido en el interior de la instalación ($A_{pool_{verINT}}$) viene dada por la expresión:

$$A_{pool_{verINT}} = Sup_{inst} \times \%suelo \quad \text{[Ec.9]}$$

b) La presencia de grietas en el pavimento de la instalación

Este parámetro se valora únicamente en los vertidos de disolvente, puesto que dada la elevada viscosidad de la resina se ha considerado que en ningún caso las grietas actuarían como elemento potenciador de los daños —las grietas serían taponadas por la propia resina—. En cambio, para el caso de los disolventes, se estima que la presencia de grietas aumenta el riesgo de contacto del vertido con el suelo y por ende con el agua subterránea.

Se han distinguido tres categorías a partir de la información ofrecida por las instalaciones analizadas. Cada una de estas categorías añade un porcentaje de suelo natural al valor inicial de superficie afectada en el interior de la instalación ($A_{pool_{vertINT}}$).

Presencia de grietas	%suelo añadido
Inexistencia	0,0%
Existen y el espesor del pavimento supera los 10 cm	2,5%
Existen y el espesor del pavimento no supera los 10 cm	5,0%

Tabla 3. Porcentaje de adición de suelo natural en función de las grietas en el pavimento. Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, considerando la posibilidad de que en el interior de la instalación el pavimento no se encuentre en buen estado y por lo tanto éste no sea totalmente estanco, se obtiene la siguiente expresión empleada para calcular la superficie total que se vería afectada por un hipotético vertido de disolventes ($A_{pool_{disolventes}}$).

$$A_{pool_{disolventes}} = A_{pool_{vertINT}} \times (1 + \%suelo\ añadido) + A_{pool_{vertEXT}} \quad [\text{Ec.10}]$$

Donde, como se ha expuesto en el punto anterior, la variable $A_{pool_{vertEXT}}$ recibe valor nulo en caso de que el vertido sea contenido dentro de la instalación.

II.1.1.2. Cálculo de la profundidad afectada por un vertido de sustancias químicas

El vertido no tenderá sólo a expandirse en superficie, también se infiltrará en el terreno —salvo que la superficie sea completamente impermeable—, dando lugar a una afección al suelo que puede cuantificarse en unidades de volumen —metros cúbicos—, y posteriormente asumiendo un valor de densidad⁴, en unidades de masa —toneladas de suelo afectadas por el daño—.

Los autores del modelo empleado en el análisis, proponen la siguiente expresión para la estimación de la profundidad que alcanza el vertido en el suelo:

$$D_{MP} = \frac{V_{spill} - V_E}{A_{pool} R \xi} \quad [\text{Ec.11}]$$

⁴ En el presente análisis se asume un valor de densidad del suelo de 1,35 g/cm³, estimado a partir de EPA (1996) y YU *et al.*, (1993).

Donde:

- D_{MP} = profundidad máxima que alcanza el vertido en el suelo [m].
- A_{pool} = superficie ocupada por el derrame, considerando los coeficientes expuestos en el apartado anterior [m²]. Se corresponde con $A_{pool_{calculo}}$ en el caso de vertido de resinas, y con $A_{pool_{disolventes}}$ en el caso de vertido de disolventes.
- V_{spill} = volumen vertido [m³].
- V_E = volumen evaporado [m³].

Una posibilidad para la estimación del volumen evaporado sería en base al parámetro k_{volat} , que mide la tasa de evaporación diaria de una determinada sustancia, con el cual, aplicando un tiempo de evaporación t_e , se podría estimar el volumen evaporado para ese tiempo concreto. Sin embargo, una vez definidas las sustancias tipo manejadas por el sector, se procedió a la búsqueda de información para su caracterización y se concluyó que los datos asociados a volatilización son insuficientes para determinar el volumen evaporado (V_E) conforme requiere el modelo empleado. Por este motivo, atendiendo al principio de prudencia en la valoración, se optó por tomar un valor de volumen evaporado nulo, cuantificando por tanto las peores consecuencias posibles tanto sobre el suelo como sobre el agua.

- R = capacidad de retención [m³_{sust}/m³_{suelo}]. Su valor se estima conforme con lo indicado en la Tabla 4, a partir de los datos de permeabilidad facilitados por los socios de ASEFAPI en el cuestionario o, en su defecto, mediante los datos publicados por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA), en el Mapa Litoestratigráfico y de Permeabilidades 1:200.000.

Permeabilidad	Tipo de suelo	R [m ³ _{sust} /m ³ _{suelo}]
Alta	Grava-Arena gruesa	8×10^{-3}
Media	Arena gruesa-Arena media	15×10^{-3}
Baja	Arena fina-Limo	40×10^{-3}

Tabla 4. Coeficiente de capacidad de retención (R) para los diferentes tipos de suelo. Fuente: Grimaz et al., 2008.

- ξ = parámetro que depende de la viscosidad de la sustancia vertida y cuyo valor se estima conforme a la Tabla 5. De acuerdo a lo expuesto en la tabla el valor tomado para la resina ha sido el de viscosidad alta (2,0) y el valor tomado para el disolvente el de viscosidad baja (0,5).

Sustancia	ξ
Viscosidad baja	0,5
Viscosidad media	1,0
Viscosidad alta	2,0

Tabla 5. Valores de ξ en función de la viscosidad de la sustancia. Fuente: Grimaz et al., 2008.

II.1.1.3. Limitaciones del modelo de cálculo de afección a suelo

El modelo desarrollado por Grimaz presenta determinadas limitaciones en su aplicación práctica; motivo por el cual se realizaron una serie de correcciones sobre el mismo, con el fin de mejorar el ajuste de sus resultados a la realidad. Este ajuste se realizó en base al criterio establecido por un grupo de expertos a partir del análisis de riesgos elaborado, y asumiendo un enfoque conservador en la valoración —en caso de no disponerse de información suficiente para adoptar una decisión, se escoge la más desfavorable desde el punto de vista del daño ocasionado—.

En primer lugar, se decidió seleccionar rangos de permeabilidad moderados para realizar la simulación; puesto que, con valores extremos de capacidad de retención, el modelo retorna resultados anómalos en lo referente a la superficie y a la profundidad alcanzada por el vertido.

Por otro lado, la combinación de suelos permeables y vertidos poco viscosos, presenta la problemática de retornar resultados de profundidad muy elevados y sin embargo extensiones superficiales desmesuradamente pequeñas; por ello, se tomó la decisión de establecer un valor mínimo del radio de extensión, y un valor máximo de la profundidad que puede alcanzar el vertido.

El valor mínimo asignado al radio de extensión es de 5 metros, por lo que, siguiendo un criterio conservador, se asume que la totalidad de vertidos analizados, ocupan al menos la superficie representada por un círculo de 5 metros de radio, independientemente de que el modelo empleado retorne resultados inferiores a este valor.

En cuanto a la profundidad alcanzada por los vertidos, se ha atendido a la máxima profundidad a la cual se considera proporcionado realizar la reparación de los daños ocasionados a través de medidas primarias —el objetivo de la presente tabla de baremos es estimar la garantía financiera que deberían suscribir los operadores, dependiendo ésta únicamente del coste de las medidas primarias que deben aplicarse bajo las hipótesis de cada escenario accidental—. El límite vertical de la reparación se ha establecido en 100 m de profundidad a partir de consultas realizadas a expertos en recuperación de suelos y aguas subterráneas.

II.1.1.4. Cálculo de la afección a las aguas subterráneas

Cuando en una determinada zona existe una masa de agua subterránea y no hay constancia de la existencia de alguna capa impermeable que pudiera detener el vertido, se asume que existe riesgo de afección al acuífero siempre que la profundidad que alcance el vertido (D_{MP}) sea superior a la profundidad del suelo no saturado (D_{soil}) —profundidad a la que se encuentra el nivel freático—. En caso contrario, se considera que el vertido no afecta a las aguas subterráneas.

Si existe un acuífero a una profundidad inferior de la alcanzada por el vertido, la afección al mismo se cuantifica tomando como referencia el modelo propuesto en la *Technical Guidance Document* (TGD), (ECB, 2003).

El volumen de agua subterránea dañada por el vertido se estima mediante la multiplicación de la profundidad de acuífero afectada —hallada como la diferencia entre D_{MP} y D_{SOIL} —, por la superficie del vertido y la porosidad del suelo, según se muestra en la siguiente expresión:

$$VolAC = (D_{mp} - D_{soil}) \times A_{pool} \times \eta \quad \text{[Ec.12]}$$

Donde:

- $VolAC$ = volumen de agua subterránea afectada por el vertido [m^3].
- D_{MP} = profundidad máxima de alcance de vertido [m].
- D_{soil} = profundidad a la que se encuentra el nivel freático [m].
- A_{pool} = superficie de la pluma de vertido [m^2].
- η = porosidad del suelo [tanto por uno]. Se estima a partir de los valores de permeabilidad recogidos en los cuestionarios facilitados por los socios de ASEFAPI, o en su defecto, en base a los datos publicados en el Mapa Litoestratigráfico y de Permeabilidades 1:200.000, MAGRAMA e IGME.

Permeabilidad	η (tanto por uno)
Alta	0,453
Media	0,398
Baja	0,471

Tabla 6. Valores de porosidad en función de la permeabilidad. Fuente: elaboración propia a partir de Rawls, Brakensiek y Miller, 1983, citado en Chow, Maidment y Mais, 1994.

II.1.2. DAÑO PRODUCIDO A LAS AGUAS SUPERFICIALES

Bajo la denominación aguas superficiales se estudian tanto las posibles afecciones a las aguas superficiales continentales —ríos, arroyos, etc.—, como los efectos potenciales sobre las aguas marinas —incluyendo las aguas costeras y de transición—.

II.1.2.1. Daño producido a las aguas superficiales continentales

Con el fin de abordar la cuantificación de los daños ocasionados a las aguas superficiales continentales se propone emplear el modelo desarrollado en la *Technical Guidance Document* (TGD) (ECB, 2003).

Como principales ventajas de dicho modelo, indicar su facilidad de aplicación y la razonable exigencia de parámetros de entrada —no requiere unos parámetros de entrada excesivos ni complejos—, por lo que permite estimar el nivel de exposición de una masa de agua superficial a la contaminación de forma relativamente sencilla.

La expresión matemática suministrada por el modelo para determinar la intensidad del daño a través de la concentración de contaminante esperada en el receptor, viene dada por la siguiente ecuación:

$$C_{local\ agua} = \frac{C_{local\ efluente}}{(1 + K_{p\ susp} \cdot SUSP_{agua} \cdot 10^{-6}) \cdot DILUCION} \quad [\text{Ec.13}]$$

Donde:

- $C_{local\ agua}$ = concentración de la sustancia que origina el daño en el medio acuático [mg/l].
- $C_{local\ efluente}$ = concentración de la sustancia que origina el daño en el efluente [mg/l].
- $K_{p\ susp}$ = coeficiente de partición sólido-líquido de la materia suspendida [l/kg].
- $SUSP_{agua}$ = concentración de materia suspendida en el medio acuático [mg/l]. El modelo de la TGD propone adoptar un valor por defecto de 15 mg/l.
- $DILUCION$ = factor de dilución [-]. Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$DILUCIÓN = \frac{EFLUENTE + CAUDAL \times F_m}{EFLUENTE} \quad [\text{Ec.14}]$$

En la que:

- $DILUCION$ = factor de dilución [-].
- $EFLUENTE$ = caudal de vertido [l/d].
- $CAUDAL$ = caudal de la masa de agua [l/d]. Calculado a partir del valor medio de caudal de la estación de aforo más cercana al punto de vertido más próximo. Para acceder a este dato se ha acudido a la cartografía disponible en el MAGRAMA⁵.
- F_m = factor de miscibilidad. Con el fin de incorporar la posibilidad de que no se vea afectada la totalidad del caudal por el vertido realizado, en el presente análisis se multiplica este parámetro por un coeficiente en función de la miscibilidad del contaminante. Este coeficiente se ha establecido en un 100% para sustancias miscibles —asumiéndose por lo tanto una mezcla homogénea con el agua—, y en un 25% para sustancias inmiscibles —asumiéndose una afección parcial del agua debido a que no se generaría una mezcla homogénea—.

La extensión del daño ocasionado —medida en metros cúbicos—, viene definida a través del caudal que se ve afectado por el vertido, una vez aplicado el factor de miscibilidad. En el presente análisis se asume una analogía entre la extensión del daño a las aguas superficiales continentales, y el caudal de la masa de agua afectada —considerando en todo caso los coeficientes de ajuste en función de la miscibilidad del contaminante, conforme se ha indicado anteriormente—. La transformación de caudal a volumen es inmediata considerando el tiempo durante el que se produce el vertido:

$$VolA\ sup = CAUDAL \times t \quad [\text{Ec.15}]$$

⁵ <http://servicios2.marm.es/sia/consultas/servlet/consultas.GlobalFilter?>

Donde:

- $VolAsup$ = es el volumen de agua superficial afectada por el vertido [m^3].
- $CAUDAL$ = es el caudal de la masa de agua [m^3/h].
- t = tiempo que dura el vertido [h]. Siguiendo un criterio conservador, en el presente análisis se ha tomado con carácter general una duración de los vertidos igual a 8 horas; tiempo en el que se considera que se reincorporaría el personal a la fábrica después de la noche, o en el que se produciría un cambio de turno en la instalación.

II.1.2.2. Daño producido al mar

Se considera que se produce un daño a las aguas marinas cuando el vertido alcanza la superficie ocupada por el mar, bien sea a través de la red de drenaje o bien a través de la superficie terrestre.

Los daños al agua marina se diferencian en la estimación del daño en función de si la sustancia vertida es más o menos densa que el agua, puesto que, se ha concluido que en caso de ser menos densa la afección se produce al agua, mientras que, cuando la sustancia es más densa el medio receptor es el lecho marino. De esta forma la monetización de la reparación primaria no resulta la misma al diferir las técnicas de reparación a aplicar.

El volumen de vertido que se utiliza para la cuantificación del daño al mar coincide con la cantidad de sustancia tóxica vertida. Esto es, en el caso de vertidos en los que hay mezcla con agua, como son los que se producen desde EDAR y las aguas de extinción de incendio, se toma únicamente el volumen de sustancia tóxica presente en la mezcla.

Con objeto de determinar la extensión del daño se considera que cada unidad de sustancia vertida afecta a una unidad del recurso receptor.

II.1.3. DAÑO PRODUCIDO A LOS HÁBITATS

En caso de vertido la afección al hábitat se considera automática en el momento en que la sustancia contacta con el suelo, siempre y cuando el entorno de la instalación esté clasificado como Espacio Natural Sensible y la extensión del daño sea de una magnitud tal que permita afirmar que las consecuencias para las especies vegetales del entorno serían funestas —las especies animales se valoran en el daño a especies—. Dado que se ha estimado que los volúmenes que maneja el sector no son suficientes como para producir vertidos de tales dimensiones, para los hábitats sólo se ha valorado el daño por incendio.

Los modelos predictivos del comportamiento del fuego ofrecen una información valiosa de cara a cuantificar los daños que se ocasionarían si se produjera un incendio en un hábitat, entendiendo hábitat como la fracción vegetal de los ecosistemas.

En concreto, se emplea con este fin el programa de simulación *Behave*, ya que se trata de un *software* libre, de sencillo empleo por parte de los usuarios, y que ofrece la información necesaria para la cuantificación de los daños, tanto respecto a su extensión como a su intensidad. *Behave* es,

en la actualidad, el modelo más extendido a nivel mundial (Vélez, 2009), y cuenta con el respaldo de una entidad de prestigio internacional como es el 'United States Department of Agriculture' (USDA).

La aplicación informática *Behave* funciona en entorno *MS Windows* y puede ser descargada gratuitamente desde la página *web* del *Rocky Mountain Research Station*⁶.

En la actualidad existe abundante bibliografía en la que se describen las características y el funcionamiento del programa. A modo indicativo, se recomienda la revisión de algunos trabajos de Andrews, como el artículo en el que se analiza la evolución del modelo a lo largo de su historia (Andrews, 2007), el manual de usuario elaborado por el mismo autor (Andrews, *et al.* 2008) y la pormenorizada descripción de las variables de entrada y salida (Andrews, 2009).

El programa informático se estructura en una serie de módulos, cada uno de los cuales permite calcular una serie de datos sobre la extensión e intensidad del daño. En concreto, los módulos empleados para cuantificar el daño son SURFACE, SIZE y MORTALITY; los dos primeros permiten conocer la extensión estimada del incendio medida en hectáreas, mientras el tercero ofrece una estimación de la probabilidad de que los árboles afectados mueran a causa del incendio, suponiendo por lo tanto una asistencia para determinar la intensidad de los daños.

Los módulos de cálculo se deben seleccionar con el botón *Module selection*. Dentro de la pantalla de cada módulo —SURFACE, SIZE y MORTALITY—, el usuario debe escoger tanto la forma de introducir los datos de partida como los *outputs* o resultados que desea obtener.

II.1.3.1. Variables de entrada en el modelo

A continuación se describen cada uno de los parámetros requeridos por el modelo para la realización de los cálculos, así como las fuentes de información a las cuales se acude con el fin de disponer de estos datos.

a) Modelo de combustible (*Fuel model*)

En *Behave* se diferencian 13 modelos básicos de combustible. Si bien puede consultarse la descripción pormenorizada en Anderson (1982), en la Tabla 7 se ofrece una descripción resumida de cada uno de los tipos de combustible.

⁶ <http://firemodels.fire.org/>

Modelo	Descripción
Pastizales	
Modelo 1	Pastizales puros, bajos y secos
Modelo 2	Pastizales con matorral disperso
Modelo 3	Pastizales puros, altos y secos
Matorrales	
Modelo 4	Matorrales altos y repoblaciones jóvenes
Modelo 5	Matorrales bajos
Modelo 6	Matorrales medios y secos con cubierta arbórea o no
Modelo 7	Formaciones de palmáceas bajo bosques de frondosas
Bosques	
Modelo 8	Hojarasca de bosques adultos cerrados
Modelo 9	Hojarasca de bosques de frondosas
Modelo 10	Matorrales y hojarasca bajo bosques adultos
Restos	
Modelo 11	Desechos ligeros de explotación o tratamientos silvícolas
Modelo 12	Desechos medios de explotación o tratamientos silvícolas
Modelo 13	Desechos pesados de explotación o tratamientos silvícolas

Tabla 7. Modelos de combustible (Anderson, 1982). Fuente: Vélez (2009).

Adicionalmente a los modelos anteriormente citados, la versión 5.0.1 del programa ofrece al usuario la posibilidad de introducir un nivel de detalle superior en la definición de los combustibles, ya que esta versión incorpora los 40 modelos definidos en Scott *et al.*, 2005. En total, el usuario podría seleccionar entre 53 posibles modelos de combustible —13 definidos por Anderson, 1982 y 40 identificados en Scott, 2005—, el que mejor se ajuste a su entorno.

En el presente análisis se han empleado como referencia los 13 modelos descritos en Anderson (1982), al considerarse que suministran un nivel de detalle suficiente para cuantificar el daño ocasionado.

b) Fracción de cabida cubierta

Se define como el porcentaje de suelo cubierto por la proyección horizontal de las copas de la vegetación. Este dato se obtiene del Mapa Forestal de España 1:50.000 publicado por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA)⁷.

⁷ <http://sig.mapa.es/geoportal/>

c) Altura de las copas

Este parámetro hace referencia a la altura media de la masa arbolada, medida desde el suelo hasta el ápice. Como referencia para su estimación se emplean los datos publicados en el Inventario Forestal Nacional por el MAGRAMA⁸, y observaciones sobre el terreno.

d) Ratio copa-árbol

Es la proporción que representa la longitud de la copa sobre la longitud total del árbol. Su valor se estima visualmente a través de la representación gráfica recogida en la Figura 1.

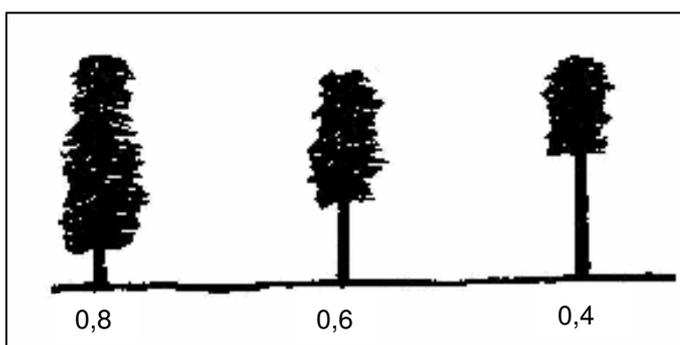


Figura 1. Estimación del ratio de copa. Fuente: Documentación de ayuda incluida en *Behave Plus* 5.0.1.

e) Tipo de especie según mortalidad

La probabilidad de mortalidad es función del tipo de especie que se ve afectada por el incendio. A este respecto, el programa ofrece un listado predefinido de especies a las cuales les aplica un modelo específico. Dado que el listado se centra en especies estadounidenses, se deben seleccionar especies similares a las especies afectadas por el incendio, para ello se atiende a un punto de vista taxonómico.

f) Diámetro normal del arbolado

Es el diámetro medio de los árboles, medido a la altura normal —1,4 m desde el suelo—. Este dato es ofrecido por el Inventario Forestal Nacional, pudiendo ser también medido sobre el terreno.

g) Escenario de humedad

El modelo requiere información sobre el contenido de humedad de los distintos tipos de combustible existentes en el terreno. En concreto, es necesario introducir el porcentaje que representa el agua respecto del peso total de los combustibles muertos, tanto finos como medios y gruesos; y de los combustibles vivos tanto herbáceos como leñosos. Con el fin de facilitar esta labor, el programa ofrece al usuario la posibilidad de seleccionar uno de los 19

⁸http://www.marm.es/es/biodiversidad/servicios/banco-de-datos-biodiversidad/informacion-disponible/ifn3_base_datos_26_50.aspx#para2

escenarios de humedad predefinidos —botón *Configure, Moisture scenario set selection*—. La clasificación de escenarios más sencilla dispone únicamente de 3 categorías: humedad baja, media y alta; siendo ésta la empleada para el presente análisis al considerarse suficiente para los objetivos del mismo.

h) Velocidad y dirección del viento (*Midflame wind speed*)

La velocidad del viento empleada como referencia en el modelo, es aquella medida a 10 m de altura. Tanto esta información, como la dirección seguida por el viento se encuentra publicada en la página web del Centro Nacional de Energías Renovables (CENER)⁹, disponiendo a su vez de cartografía y de datos estadísticos.

i) Temperatura del aire

Como dato de referencia para determinar la temperatura del aire en la zona objeto de estudio, se emplean los valores publicados por la Agencia Estatal de Meteorología¹⁰ para las estaciones meteorológicas más próximas.

j) Pendiente y orientación del terreno

La pendiente media del terreno y su orientación se obtiene de un modelo digital del terreno, en el cual se ofrece la altitud y pendiente en cada punto del territorio¹¹.

k) Tiempo de simulación

Es el periodo de tiempo durante el cual el fuego continúa avanzando. El modelo permite introducir valores comprendidos entre 0,1 y 8 h. La proximidad de los medios de extinción y la accesibilidad del territorio, pueden emplearse como criterios básicos con el fin de establecer este parámetro; si bien en el presente análisis se ha optado por seguir un criterio conservador y asumir que el incendio continuará avanzando hasta encontrarse con alguna barrera que le impida expandirse —camino, barrancos, ríos, etc.—.

II.1.3.2. Información de salida del modelo

Behave ofrece salidas de tipo alfanumérico y gráfico. En cuanto a las salidas alfanuméricas (Tabla 8), el programa muestra la dirección de máximo avance del incendio, el área dañada, el perímetro del incendio y la probabilidad de mortalidad de los árboles, esta última se emplea como indicador para definir la intensidad de los daños ocasionados. Los datos alfanuméricos son representados gráficamente por el programa a través del diagrama recogido en la Figura 2. Ambos tipos de salidas —gráficas y alfanuméricas— sirven como fundamento para la caracterización y evaluación de la vegetación dañada.

⁹ <http://www.globalwindmap.com/VisorCENER/mapviewer.jsf>

¹⁰ http://www.aemet.es/documentos/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/atlas_climatico/Atlas.pdf

¹¹ <http://www.ign.es/ign/layoutIn/modeloDigitalTerreno.do>

Dirección de máxima propagación (desde el norte)	181 deg
Área	2,0 Ha
Perímetro	505 m
Probabilidad de mortalidad	78 %

Tabla 8. Salida alfanumérica de *Behave*. Fuente: *Behave Plus 5.0.1*.

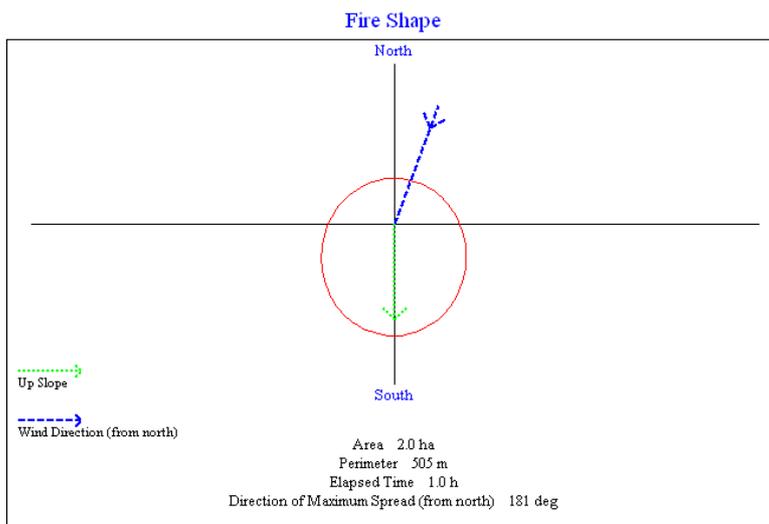


Figura 2. Salida gráfica de *Behave*. Fuente: *Behave Plus 5.0.1*.

En el presente análisis, la simulación realizada con el programa *Behave* se ajusta a la realidad empleando ortofotos de cada zona concreta; sobre las cuales partiendo de la dirección que seguiría el incendio —proporcionada por *Behave*—, se determina la extensión real de la zona afectada. Esta zona no se asume como elíptica necesariamente, sino que se considera limitada por barreras preexistentes que impedirían la expansión del incendio, sería el caso de caminos, barrancos, cursos de agua, y otras zonas sin combustible que pueden suponer la contención y extinción del incendio dentro del recinto que delimitan. La superficie de ese recinto medida en hectáreas se corresponde con la extensión del daño por incendio considerada en el presente análisis.

II.1.4. DAÑO PRODUCIDO A LAS ESPECIES

Conforme con las simulaciones realizadas, los vertidos y los incendios considerados en el presente análisis no son de gran extensión; motivo por el cual se asume que las especies animales terrestres tienen movilidad suficiente como para evitar el contacto con los mismos, y por lo tanto no resultar afectadas de forma relevante. Mientras, las especies vegetales se valoran dentro de la afección a los hábitats cuantificándose sus daños de manera conjunta. Por lo tanto, en el presente análisis de riesgos se considera que el daño a las especies se centra exclusivamente en la fauna acuática que habita en los ríos y cursos de agua receptores de los potenciales vertidos.

Con el fin de cuantificar el daño ocasionado a las especies acuáticas se ha empleado la información suministrada por el Inventario Nacional de Biodiversidad (INB) publicado por el MAGRAMA, y datos cuantitativos de inventarios de especies acuáticas.

El cálculo del número de individuos afectados por el vertido se estima a partir del volumen de agua superficial dañada —o lo que es lo mismo, a partir de la extensión del daño causado al agua superficial expresada en metros cúbicos—. Conocido este dato, el daño se cuantifica empleando como referencia los valores de densidad piscícola facilitados por diversos inventarios realizados en la cuenca del río Ebro, —asumiendo una distribución homogénea de los peces en toda la masa de agua—. Señalar que se escoge esta fuente —Confederación Hidrográfica del Ebro— al no haberse encontrado fuentes similares para el resto de cuencas españolas.

La cantidad de individuos —peces— afectados por el vertido viene definida por la siguiente expresión:

$$\text{Individuos} = \text{VolAsup} \times \text{Densidad} \quad \text{[Ec.16]}$$

Donde:

- *Individuos* = número de individuos afectados por el vertido [peces].
- *VolAsup* = es el volumen de agua superficial afectada por el vertido [m³].
- *Densidad* = es la densidad de peces existente en la masa de agua afectada [peces/m³].

La densidad de peces por metro cúbico tomada como referencia para el presente análisis es de 10 individuos por cada 1.000 m³; calculada a partir de los datos facilitados por la Confederación Hidrográfica del Ebro en el documento “Estudios censales de peces en los embalses de Albiña, Urrúnaga y Ullivarri de la cuenca del Ebro para la futura incorporación de este indicador biológico a la evaluación del potencial ecológico” (Confederación Hidrográfica del Ebro, 2009).

La identificación concreta de las especies dañadas —dato necesario para la valoración de los daños empleando la metodología MORA—, se realiza consultando el Inventario Nacional de Biodiversidad (INB).

Asumiendo una distribución homogénea de los daños entre todas las especies de peces presentes en la masa de agua, se reparte el número de individuos dañados entre el número de especies presentes, llegando de esta forma a una estimación del número de individuos de cada especie que desaparecerá debido al vertido.

$$\text{individuos}_{sp} = \frac{\text{individuos}}{n^{\circ} \text{ especies}} \quad \text{[Ec.17]}$$

Donde:

- *Individuos_{sp}* = número de individuos de cada especie afectados por el vertido.
- *Individuos* = número de individuos totales afectados por el vertido.
- *n^oespecies* = número de especies de peces presentes en el curso de agua que recibe el vertido.

II.2. CÁLCULO DE LA DURACIÓN DE LOS DAÑOS

La duración de cada uno de los daños se encuentra definida por las técnicas que se utilizan en la reparación de los recursos. Las técnicas de reparación que se recomiendan aplicar a cada una de las hipótesis de accidente han sido proporcionadas por el Modelo de Oferta de Responsabilidad Ambiental (MORA).

A continuación se indica el tiempo que debe transcurrir para lograr la reparación de los daños para cada combinación agente causante de daño-recurso natural afectado por el mismo, recogándose asimismo la técnica recomendada por MORA:

- Daño reversible al suelo por resinas
Lavado de suelo: 3 meses.
- Daño reversible al suelo por disolventes
Lavado de suelo: 3 meses.
Soil Flushing: 2 años.
- Daño reversible al agua subterránea por resinas
Bombeo y separación: 1,5 años.
- Daño reversible al agua subterránea por disolventes
Bombeo y separación: 1,5 años.
- Daño reversible al agua superficial continental por resinas
Separación: 1,5 años.
- Daño reversible al agua superficial continental por disolventes
Separación: 1,5 años.
- Daño reversible al lecho marino por resinas
Dragado y tratamiento: 1 mes.
- Daño reversible al agua marina por disolventes
Retirada del vertido: 1 mes.
- Daño reversible a los hábitats por incendio
Siembra de herbáceas: 1 año
Repoblación de matorral: 5 años
Repoblación de arbolado: entre 2 y 65 años, en función de la rapidez de crecimiento y el estado original del arbolado

- Daño reversible a las especies por vertidos químicos
Cría y reintroducción de peces: 6 meses

III. EVALUACIÓN DE LA SIGNIFICATIVIDAD

En el presente análisis se han considerado por defecto significativos la totalidad de los riesgos evaluados. De esta forma se adopta un criterio conservador, bajo el cual en los casos en los que no se dispone de suficiente información, la balanza se decanta por asumir las peores consecuencias que podrían darse. La premisa anterior se traduce a efectos de intensidad, en plantear como hipótesis de partida, daños de tipo letal sobre los recursos naturales —causando la baja del 100% de las poblaciones preexistentes—. Este enfoque se ha aplicado en la mayoría de los escenarios analizados, siendo declarados por lo tanto como daños significativos.

No obstante, en el caso de los vertidos de sustancias químicas a las aguas superficiales continentales se ha optado por evaluar la significatividad del daño caso por caso. Esta decisión se fundamenta en dos razones:

- El modelo de difusión empleado —basado en la *Technical Guidance Document* (TGD)—, ofrece como dato de salida la concentración esperada del contaminante en el medio receptor.
- Existe suficiente información bibliográfica de los umbrales de toxicidad —expresados en unidades de concentración— de las sustancias químicas evaluadas en el presente análisis.

La disponibilidad de estos datos posibilita estimar la significatividad del daño conforme se expone 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. Esta estimación se realiza en base a los denominados cocientes de riesgo, los cuales relacionan la concentración esperada en el medio receptor con el umbral a partir del cual dicha concentración resulta tóxica. En dicha memoria justificativa se propone el siguiente listado de umbrales de toxicidad con el fin de definir la intensidad y la significatividad de los daños:

- *Median Lethal Concentration* (LC50) o *Median Effect Concentration* (EC50); empleados para declarar que se causan efectos agudos, los cuales suponen una afección sobre el 50 por ciento de la población.
- *No Observed Effect Concentration* (NOEC) o *No Observed Adverse Effects Level* (NOAEL); empleados para declarar que se causan efectos crónicos, los cuales suponen una afección sobre el 10 por ciento 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 por ciento de la población.

En el presente análisis se ha optado por tomar como referencia la PNEC —*Predicted No Effects Concentration*—, como umbral a partir del cual pueden producirse daños significativos; dado que éste

es el valor más conservador de entre los enumerados en la memoria justificativa del proyecto de Real Decreto.

El cociente de riesgo se calcula como el cociente entre la concentración que alcanza la sustancia en el receptor (PEC) y el umbral de toxicidad escogido como referencia (PNEC). Si el cociente PEC/PNEC es mayor que uno, el daño se considera significativo, lo que indica que la concentración de la sustancia en el medio receptor es superior al umbral de toxicidad. Así, el cociente de riesgo se corresponde con la siguiente expresión:

$$\text{Cociente_de_riesgo} = \frac{PEC}{PNEC} \quad [\text{Ec.18}]$$

Donde:

- *Cociente de riesgo* = es el valor del cociente de riesgo [-]. La significatividad se determina en función de los valores que adopta este cociente:
 - *Cociente de riesgo* ≥ 1 , el daño es considerado significativo
 - *Cociente de riesgo* < 1 , el daño es considerado no significativo
- *PEC* = es la concentración esperada de contaminante en el medio receptor [mg/l].
- *PNEC* = es la *Predicted No Effects Concentration*, la cual se asume como la máxima concentración que no causa efectos significativos sobre el medio acuático [mg/l].

Indicar por último, que en el caso de la resina tomada como referencia para el presente análisis de riesgos (resina epoxi), no se dispone de datos sobre su PNEC y sí sobre su LC50 —según se recoge en el anejo I, dedicado a la descripción de las sustancias químicas consideradas—. En este caso el cociente de riesgo se ha calculado en una primera aproximación con el dato de LC50, resultando significativos la totalidad de los daños evaluados. Por lo tanto, al resultar significativos adoptando el baremo establecido por el LC50, también lo serán adoptando el límite fijado por el PNEC —dado que el PNEC supone una concentración menor de la sustancia en el medio receptor que el LC50—; o dicho de otra forma, si un daño resulta significativo en base al LC50 éste también es significativo en base al PNEC.

ANEJO V. CUESTIONARIO

CUESTIONARIO DIRIGIDO A LOS OPERADORES DEL SECTOR DE PINTURAS Y TINTAS DE IMPRIMIR TABLA DE BAREMOS					
Categoría/Actividad con peligro asociado	Código	Variable		Respuesta ⁽¹⁾	
GENERAL	1	Nombre de la empresa			
	2	Número de trabajadores que desempeñan su función de forma regular en la instalación			
	3	Localización (Dirección)			
	4	Antigüedad de la instalación desde su puesta en funcionamiento (años)			
	5	Superficie total de la instalación (m ²)			
	6	Superficie de la instalación a la intemperie (m ²) ó % sobre la superficie total de la instalación			
	7		Porcentaje de suelo pavimentado	Entre un 70-100%	
				Entre un 40-70%	
				Entre 10-40%	
				<10%	
	8		¿Se realiza un programa de mantenimiento de los medios materiales de lucha contra incendios con una periodicidad inferior a la obligada por el RD 1942/1993 por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios?	Sí	
				No	
	9		¿La instalación dispone de un tanque de reserva de agua contra incendios?	Sí (volumen en m ³)	
				No	
	10		¿La instalación dispone de un sistema de contención de aguas de extinción de incendio?	Sí, con mantenimiento periódico	
				Sí, sin mantenimiento	
No					
11		Número de incidentes asociados a incendio			
12		Nº de incidentes asociados a incendio que hayan requerido la intervención de los bomberos			
13	Alcance del vertido a una red de drenaje con salida al exterior	¿Existe red de drenaje con salida al exterior?	Sí/No		
		Distancia a la que se encuentra el punto de la instalación más alejado de la red de drenaje (m)	valor		
14		¿La instalación dispone de una red de drenaje sin salida al exterior?	Sí		
			No		
15		¿La instalación dispone de una estación de depuración de aguas residuales propia?	Sí		
			No		
16	Alcance del vertido al medio	Distancia a los límites de la instalación del punto más alejado a los mismos (m)			
		Longitud del perímetro de la instalación que posee muro estanco (m)			
		Perímetro total de la instalación (m)			

(1) Marcar con una x la respuesta correcta o indicar el valor en cada caso.

Categoría/Actividad con peligro asociado	Código	Variable		Respuesta ⁽¹⁾
GENERAL	17	Tipos de intervención interna ante incendio	Presencia en recepción 24 h/24	
			Detectores automáticos de incendio permanentes con supervisión	
			Servicio propio de seguridad contra incendio 24 h/24 con medios apropiados y equipo de intervención permanente	
			Presencia de rociadores en la instalación ¿cuántos?	
			Presencia de BIEs en la instalación ¿cuántos?	
			Presencia de hidrantes en la instalación ¿cuántos?	
	18	Presencia de personal	Presencia de personal los días laborables en horario de trabajo	
			Presencia de personal los días laborables día y noche	
			Presencia de personal los días laborables y fines de semana	
			Presencia permanente de personal	
	19	Altura media de los edificios de la instalación		
20	Coficiente correspondiente al tiempo necesario para iniciar la extinción (L) de la instalación			
21	Resistencia al fuego del material mayoritario del perímetro de la instalación			
ENTORNO Y RECEPTORES	22	Emplazamiento de la instalación	En suelo urbanizado consolidado	
			En suelo rural, urbanizable o urbanizado no consolidado	
			Ambos (indicar porcentaje de frontera en cada catalogación)	
	23	Pendiente de la superficie del terreno	< 5%	
			% de pendiente	
	24	Permeabilidad del suelo bajo la instalación	Baja (arcillas, granito y rocas metamórficas)	
			Media (arenas arcillosas y arcillas arenosas, limos gruesos)	
			Alta (gravas, arenas gruesas, calizas, mantos de alteración)	
	25	Aguas subterráneas	No hay posible afección a acuífero ni a nivel freático en caso de vertido	
			Posible afección a nivel freático	
			Posible afección a acuífero libre profundo (> 6 m)	
			Posible afección a acuífero libre somero (< 5 m de profundidad)	
	26	Aguas superficiales (cauces)	Existe un cauce a más de 500m/no hay presencia	
			Existe un cauce entre 100-500m	
			Existe un cauce entre 50-100m	
Existe un cauce a menos de 50m				
27	Distancia a un espacio natural sensible (ENS)	La instalación se encuentra a más de 500m de un ENS		
		La instalación se encuentra a menos de 500m de un ENS		
		La instalación se encuentra dentro de un ENS		

(1) Marcar con una x la respuesta correcta o indicar el valor en cada caso.

CUESTIONARIO DIRIGIDO A LOS OPERADORES DEL SECTOR DE PINTURAS Y TINTAS DE IMPRIMIR TABLA DE BAREMOS				
Categoría/Actividad con peligro asociado	Código	Variable	Respuesta ⁽¹⁾	
CARGA Y DESCARGA CON CISTERNA	28	Valor de la probabilidad de explosión más alta recogida en el Documento de Protección Contra Explosiones correspondiente a esta zona	Frecuente	
			A menudo	
			Ocasional	
			Rara	
			Improbable	
			Prácticamente imposible	
	29	¿Existen sistemas automáticos de detección de incendio?	Sí	
			No	
	30	¿Existen sistemas manuales de alarma de incendio?	Sí	
			No	
	31	¿Existen sistemas automáticos de extinción de incendio mediante sustancias líquidas?	Sí	
			No	
	32	¿Existen sistemas manuales de extinción de incendio?	Sí	
			No	
	33	¿Se dispone de sistemas de detección y extinción de incendio automáticos adicionales a los obligados por la ITC MIE-APQ001 del Reglamento de almacenamiento de productos químicos, aprobado por Real Decreto 379/2001, de 6 abril?	Sí	
			No	
	34	Capacidad máxima de transporte (l)	valor	
	35	Sustancias manejadas en la actividad	Aceite	
			Resinas	
			Disolvente	
			Productos al disolvente	
			Productos al agua	
			Combustible líquido	
	36	Volumen del mayor depósito que contiene cada sustancia (l·m ³)	Aceite	
			Resinas	
			Disolvente	
			Productos al disolvente	
			Productos al agua	
			Combustible líquido	
	37	Volumen total de cada sustancia presente en la operación de carga y descarga con cisterna	Aceite	
			Resinas	
			Disolvente	
			Productos al disolvente	
			Productos al agua	
			Combustible líquido	
	38	Superficie total del área donde se realiza la actividad (m ²)		
	39	Tipo, según la ITC MIE-APQ001, de la sustancia más combustible en el área donde se realiza la actividad		
	40	Coefficiente de reducción del riesgo (Ri) de la actividad		
	41	Resistencia ante el fuego del edificio asociado a la actividad	Resistencia ante el fuego ≥ 1 h (RF-60)	
			Resistencia ante el fuego ≥ 30 min. (RF-30)	
			Resistencia ante el fuego < 30 min.	
			Actividad sin edificio asociado	
	42	¿Existen sistemas de lucha interior contra incendios en forma de rociadores y/o BIEs?	Sí	
No				
Número de rociadores en la zona			valor	
	Número de BIEs en la zona	valor		
43	¿Los empleados reciben formación sobre los riesgos que conlleva la operación y ésta es actualizada cuando cambian las condiciones?	Sí		
		No		

CUESTIONARIO DIRIGIDO A LOS OPERADORES DEL SECTOR DE PINTURAS Y TINTAS DE IMPRIMIR TABLA DE BAREMOS				
Categoría/Actividad con peligro asociado	Código	Variable		Respuesta ⁽¹⁾
CARGA Y DESCARGA CON CISTERNA	44	Experiencia media de los empleados en la operación		> 5 años
				3-5 años
				1-3 años
				< 1 año
	45	Edad media de los sistemas de trasvase pertenecientes a la instalación		
	46	Procedimiento de operación con supervisión y registro		Existe un procedimiento para la operación de carga y descarga con cisterna con supervisión por personal propio de la instalación y registros periódicos de su cumplimiento
				Existe un procedimiento para la operación de carga y descarga con cisterna sin supervisión por personal propio de la instalación pero con registros periódicos de su cumplimiento
				Existe un procedimiento para la operación de carga y descarga con cisterna sin supervisión por personal propio de la instalación y sin registros periódicos de su cumplimiento
				No hay un procedimiento para la operación de carga y descarga con cisterna.
	47	¿Se dispone de algún sistema de control (presión, caudal, etc.) de la operación?		Sí No
	48	¿Existen sistemas automáticos de detección de fugas o derrames?		Sí
				No
	49	Planes de inspección y mantenimiento en el proceso de carga y descarga con cisterna		Se aplica un plan de mantenimiento correctivo y preventivo propio basado en la experiencia propia y en los requisitos del fabricante; se realizan revisiones periódicas con registro de todo ello
				Se aplica un plan de mantenimiento correctivo y preventivo propio basado en la experiencia propia y en los requisitos del fabricante pero no hay registro de todo ello
				Se hace un mantenimiento de acuerdo a mínimos del fabricante pero no se hacen revisiones periódicas
				Sólo se aplica mantenimiento correctivo en caso de avería. No se hacen revisiones periódicas
	50	Número de operaciones de carga y descarga con cisterna al año		valor
	51	Nº de incidentes anuales asociados a vertido		Menos de un incidente al año
				Entre 1 y 3 incidentes al año
				Entre 3 y 5 incidentes al año
> 5 incidentes al año				
52	¿Existe un sistema manual de contención de vertidos en forma de kit de emergencia en el área de carga y descarga con cisterna?		Sí	
			No	
53	Estado del pavimento en la zona		Pavimento sin grietas	
			Pavimento agrietado con espesor ≥ 10 cm	
			Pavimento agrietado con espesor < 10 cm	
54	Alcance del vertido a una red de drenaje con salida al exterior en la zona de carga y descarga con cisterna	Distancia a la red de drenaje del sistema de trasvase más cercano a la misma.	valor	
55	Alcance del vertido al medio	Distancia a los límites de la instalación del sistema de trasvase más cercano a los mismos.	valor	

(1) Marcar con una x la respuesta correcta o indicar el valor en cada caso.

CUESTIONARIO DIRIGIDO A LOS OPERADORES DEL SECTOR DE PINTURAS Y TINTAS DE IMPRIMIR				
TABLA DE BAREMOS				
Categoría/Actividad con peligro asociado	Código	Variable		Respuesta ⁽¹⁾
CARGA Y DESCARGA CON CARRETILLA	56	¿Los empleados reciben formación sobre los riesgos que conlleva la operación de carga y descarga con carretilla que es actualizada cuando cambian las condiciones?		Sí
				No
	57	Experiencia media de los empleados en la operación de carga y descarga con carretilla		> 5 años
				3-5 años
				1-3 años
				< 1 año
	58	Edad media de las carretillas neumáticas		
	59	Edad media de los palets en uso		
	60	Frecuencia de revisiones a las carretillas de las que conste registro		Cada día
				Cada 2 semanas
				> Mensual
				> Semestral
	61	¿La zona está debidamente señalizada para la operación que se realiza?		Sí
				No
	62	Iluminación de la zona de tránsito		Iluminación ≥ 100 lux
				Iluminación comprendida entre 75 y 100 lux
				Iluminación comprendida entre 50 y 75 lux
				Iluminación < 50 lux
	63	Capacidad máxima de transporte (l)		valor
	64	Sustancias manejadas en la actividad		Aceite
				Resinas
				Disolvente
				Productos al disolvente
Productos al agua				
Combustible líquido				
65	Volumen del mayor recipiente que contiene cada sustancia (l)		Aceite	
			Resinas	
			Disolvente	
			Productos al disolvente	
			Productos al agua	
			Combustible líquido	
66	Nº de incidentes asociados a vertido anuales en carga y descarga con carretilla		Menos de un incidente al año	
			Entre 1 y 3 incidentes al año	
			Entre 3 y 5 incidentes al año	
			> 5 incidentes al año	
67	Alcance del vertido a una red de drenaje con salida al exterior	Distancia a la red de drenaje de la zona de tránsito de carretillas más cercana a la misma	valor	
68	Alcance del vertido al medio	Distancia a los límites de la instalación la zona de tránsito de carretillas más cercana a los mismos	valor	

(1) Marcar con una x la respuesta correcta o indicar el valor en cada caso.

CUESTIONARIO DIRIGIDO A LOS OPERADORES DEL SECTOR DE PINTURAS Y TINTAS DE IMPRIMIR TABLA DE BAREMOS				
Categoría/Actividad con peligro asociado	Código	Variable	Respuesta ⁽¹⁾	
ALMACENAMIENTO	69	Valor de la probabilidad de explosión más alta recogida en el Documento de Protección Contra Explosiones correspondiente a esta zona	Frecuente	
			A menudo	
			Ocasional	
			Rara	
			Improbable	
			Prácticamente imposible	
	70	¿Existen sistemas automáticos de detección de incendio?	Sí	
			No	
	71	¿Existen sistemas manuales de alarma de incendio?	Sí	
			No	
	72	¿Existen sistemas automáticos de extinción de incendio mediante sustancias líquidas?	Sí	
			No	
	73	¿Existen sistemas manuales de extinción de incendio?	Sí	
			No	
	74	¿Se dispone de sistemas de detección y extinción de incendio automáticos adicionales a los obligados por la ITC MIE-APQ001 del Reglamento de almacenamiento de productos químicos, aprobado por Real Decreto 379/2001, de 6 de abril?	Sí	
			No	
	75	Volumen total de cada sustancia presente en el área de almacenamiento (l)	Aceite	
			Resinas	
			Disolvente	
			Productos al disolvente	
			Productos al agua	
			Combustible líquido	
	76	Superficie total del área donde se realiza la actividad (m ²)		
	77	Tipo, según la ITC MIE-APQ001, de la sustancia más combustible en el área donde se realiza la actividad		
	78	Coefficiente de reducción del riesgo (Ri) de la actividad		
	79	Altura máxima de almacenamiento	Hasta 3 m	
			Hasta 8 m	
			Hasta 12 m	
			> 12 m	
	80	Resistencia ante el fuego del edificio asociado a la actividad	Resistencia ante el fuego ≥ 1 h (RF-60)	
			Resistencia ante el fuego ≥ 30 min. (RF-30)	
			Resistencia ante el fuego < 30 min.	
			Actividad sin edificio asociado	
81	¿Existen sistemas de lucha interior contra incendios en forma de rociadores y/o BIEs?	Sí		
		No		
		Número de rociadores en la zona	valor	
81	Número de BIEs en la zona	valor		
82	¿Los empleados reciben formación sobre los riesgos que conlleva la operación que es actualizada cuando cambian las condiciones?	Sí		
		No		
83	Experiencia media de los empleados en la operación	> 5 años		
		3-5 años		
		1-3 años		
		< 1 año		

CUESTIONARIO DIRIGIDO A LOS OPERADORES DEL SECTOR DE PINTURAS Y TINTAS DE IMPRIMIR					
TABLA DE BAREMOS					
Categoría/Actividad con peligro asociado	Código	Variable		Respuesta ⁽¹⁾	
ALMACENAMIENTO	84	Edad media de las estanterías dedicadas al almacenamiento de sustancias		valor	
	85	Edad media de los GRGs			
	86	Superficie total dedicada al almacenamiento		valor	
	87	Sustancias manejadas en la actividad		Aceite	
				Resinas	
				Disolvente	
				Productos al disolvente	
				Productos al agua	
				Combustible líquido	
	88	Volumen del mayor recipiente que contiene cada sustancia (l-m ³)		Aceite	
				Resinas	
				Disolvente	
				Productos al disolvente	
				Productos al agua	
				Combustible líquido	
	89	Nº de incidentes anuales asociados a vertido		Menos de un incidente al año	
				Entre 1 y 3 incidentes al año	
				Entre 3 y 5 incidentes al año	
				> 5 incidentes al año	
	90	¿Existen sistemas automáticos de detección de fugas o derrames?		Sí	
No					
91	¿Existen cubetos de contención adicionales a los obligados por Ley?		Sí		
			No		
92	¿Existen sistemas manuales de contención de vertidos en forma de kit de emergencia?		Sí		
			No		
93	Estado del pavimento en la zona		Pavimento sin grietas		
			Pavimento agrietado con espesor ≥ 10 cm		
			Pavimento agrietado con espesor < 10 cm		
94	Alcance del vertido a una red de drenaje con salida al exterior	Distancia a la red de drenaje del recipiente almacenado	valor		
95	Alcance del vertido al medio	Distancia a los límites de la instalación del recipiente almacenado más cercano a los mismos	valor		

(1) Marcar con una x la respuesta correcta o indicar el valor en cada caso.

CUESTIONARIO DIRIGIDO A LOS OPERADORES DEL SECTOR DE PINTURAS Y TINTAS DE IMPRIMIR				
TABLA DE BAREMOS				
Categoría/Actividad con peligro asociado	Código	Variable		Respuesta ⁽¹⁾
ALMACENAMIENTO DE DEPÓSITOS AÉREOS	96	Valor de la probabilidad de explosión más alta recogida en el Documento de Protección Contra Explosiones correspondiente a esta zona	Frecuente	
			A menudo	
			Ocasional	
			Rara	
			Improbable	
			Prácticamente imposible	
	97	¿Existen sistemas automáticos de detección de incendio?	Sí	
			No	
	98	¿Existen sistemas manuales de alarma de incendio?	Sí	
			No	
	99	¿Existen sistemas automáticos de extinción de incendio mediante sustancias líquidas?	Sí	
			No	
	100	¿Existen sistemas manuales de extinción de incendio?	Sí	
			No	
	101	¿Se dispone de sistemas de detección y extinción de incendio automáticos adicionales a los obligados por la ITC MIE-APQ001 del Reglamento de almacenamiento de productos químicos, aprobado por Real Decreto 379/2001, de 6 de abril?	Sí	
			No	
	102	Volumen total de cada sustancia presente en el área de depósitos aéreos (l)	Aceite	
			Resinas	
			Disolvente	
			Productos al disolvente	
			Productos al agua	
103	Superficie total del área donde se realiza la actividad (m ²)			
104	Tipo, según la ITC MIE-APQ001, de la sustancia más combustible en el área donde se realiza la actividad			
105	Coefficiente de reducción del riesgo (Ri) de la actividad			
106	Altura máxima de almacenamiento	Hasta 3 m		
		Hasta 8 m		
		Hasta 12 m		
		> 12 m		
107	Resistencia ante el fuego del edificio asociado a la actividad	Resistencia ante el fuego ≥ 1 h (RF-60)		
		Resistencia ante el fuego ≥ 30 min. (RF-30)		
		Resistencia ante el fuego < 30 min.		
		Actividad sin edificio asociado		
108	¿Existen sistema de lucha interior contra incendios en forma de rociadores y/o BIEs?	Sí		
		No		
		Número de rociadores en la zona	valor	
	Número de BIEs en la zona	valor		
109	Experiencia media de los empleados en la operación	> 5 años		
		3-5 años		
		1-3 años		
		< 1 año		
110	¿Los empleados reciben formación sobre los riesgos que conlleva la operación que es actualizada cuando cambian las condiciones?	Sí		
		No		
111	Edad media de los depósitos aéreos (años)			

CUESTIONARIO DIRIGIDO A LOS OPERADORES DEL SECTOR DE PINTURAS Y TINTAS DE IMPRIMIR				
TABLA DE BAREMOS				
Categoría/Actividad con peligro asociado	Código	Variable		Respuesta ⁽¹⁾
ALMACENAMIENTO DE DEPÓSITOS AÉREOS	112	Frecuencia de las revisiones a los depósitos subterráneos de las que conste registro		≥ 1 vez al año
				1 vez cada 2 años
				1 vez cada 5 años
				No se hacen
	113	Número de depósitos aéreos en la instalación		valor
	114	Tipo de depósito		Doble pared con cubeto de contención
				Doble pared sin cubeto de contención
				Pared simple con cubeto de contención
				Pared simple sin cubeto de contención
	115	Sustancias manejadas en la actividad		Aceite
				Resinas
				Disolvente
				Productos al disolvente
				Productos al agua
				Combustible líquido
	116	Capacidad máxima de almacenamiento (l-m ³)		valor
	117	Volumen del mayor depósito que contiene cada sustancia (l)		Aceite
				Resinas
				Disolvente
				Productos al disolvente
Productos al agua				
Combustible líquido				
118	Nº de incidentes anuales asociados a vertido		Menos de un incidente al año	
			Entre 1 y 3 incidentes al año	
			Entre 3 y 5 incidentes al año	
			> 5 incidentes al año	
119	¿Existen sistemas automáticos de detección de fugas o derrames?		Sí	
			No	
120	Estado del pavimento en la zona		Pavimento sin grietas	
			Pavimento agrietado con espesor ≥ 10 cm	
			Pavimento agrietado con espesor < 10 cm	
121	Alcance del vertido a una red de drenaje con salida al exterior	Distancia a la red de drenaje del depósito aéreo más cercano a la zona	valor	
122	Alcance del vertido al medio	Distancia a los límites de la instalación del depósito aéreo más cercano a los mismos	valor	

(1) Marcar con una x la respuesta correcta o indicar el valor en cada caso.

CUESTIONARIO DIRIGIDO A LOS OPERADORES DEL SECTOR DE PINTURAS Y TINTAS DE IMPRIMIR				
TABLA DE BAREMOS				
Categoría/Actividad con peligro asociado	Código	Variable		Respuesta (1)
ALMACENAMIENTO EN DEPÓSITOS SUBTERRÁNEOS	123	Valor de la probabilidad de explosión más alta recogida en el Documento de Protección Contra Explosiones correspondiente a esta zona	Frecuente	
			A menudo	
			Ocasional	
			Rara	
			Improbable	
			Prácticamente imposible	
	124	¿Existen sistemas automáticos de detección de incendio?	Sí	
			No	
	125	¿Existen sistemas manuales de alarma de incendio?	Sí	
			No	
	126	¿Existen sistemas automáticos de extinción de incendio mediante sustancias líquidas?	Sí	
			No	
	127	¿Existen sistemas manuales de extinción de incendio?	Sí	
			No	
	128	¿Se dispone de sistemas de detección y extinción de incendio automáticos adicionales a los obligados por la ITC MIE-APQ001 del Reglamento de almacenamiento de productos químicos, aprobado por Real Decreto 379/2001, de 6 de abril?	Sí	
			No	
	129	Volumen total de cada sustancia presente en el área de depósitos subterráneos (l)	Aceite	
			Resinas	
			Disolvente	
			Productos al disolvente	
			Productos al agua	
	130	Superficie total del área donde se realiza la actividad (m ²)	Productos al agua	
			Combustible líquido	
	131	Tipo, según la ITC MIE-APQ001, de la sustancia más combustible en el área donde se realiza la actividad		
	132	Coeficiente de reducción del riesgo (Ri) de la actividad		
	133	Resistencia ante el fuego del material que cubre los depósitos subterráneos	Resistencia ante el fuego ≥ 1 h (RF-60)	
			Resistencia ante el fuego ≥ 30 min. (RF-30)	
			Resistencia ante el fuego < 30 min.	
			Actividad sin edificio asociado	
	134	¿Existen sistema de lucha interior contra incendios en forma de rociadores y/o BIE's?	Sí	
			No	
			Número de rociadores en la zona	valor
135	Experiencia media de los empleados en la operación	Número de BIEs en la zona	valor	
		> 5 años		
		3-5 años		
		1-3 años		
136	¿Los empleados reciben formación sobre los riesgos que conlleva la operación que es actualizada cuando cambian las condiciones?	< 1 año		
		Sí		
137	Edad media de los depósitos subterráneos (años)	No		
		≥ 1 vez al año		
		1 vez cada 2 años		
		1 vez cada 5 años		
138	Frecuencia de las revisiones a los depósitos subterráneos de las que conste registro	No se hacen		
		valor		
139	Número de depósitos en la instalación	valor		
		Doble pared con cubeto de contención		
		Doble pared sin cubeto de contención		
		Pared simple con cubeto de contención		
140	Tipo de depósito	Pared simple sin cubeto de contención		
		valor		
141	Capacidad máxima de almacenamiento (l)	Aceite		
		Resinas		
		Disolvente		
		Productos al disolvente		
		Productos al agua		
		Combustible líquido		
142	Sustancias manejadas en la actividad	Aceite		
		Resinas		
		Disolvente		
		Productos al disolvente		
		Productos al agua		
143	Volumen del mayor depósito que contiene cada sustancia (l)	Combustible líquido		
		Aceite		
		Resinas		
		Disolvente		
		Productos al disolvente		
144	Nº de incidentes anuales asociados a vertido	Productos al agua		
		Combustible líquido		
		Menos de un incidente al año		
		Entre 1 y 3 incidentes al año		
145	¿Existen sistemas automáticos de detección de fugas o derrames?	Entre 3 y 5 incidentes al año		
		> 5 incidentes al año		
		Sí		
		No		

(1) Marcar con una x la respuesta correcta o indicar el valor en cada caso.

CUESTIONARIO DIRIGIDO A LOS OPERADORES DEL SECTOR DE PINTURAS Y TINTAS DE IMPRIMIR				
TABLA DE BAREMOS				
Categoría/Actividad con peligro asociado	Código	Variable		Respuesta ⁽¹⁾
FABRICACIÓN GENERAL FABRICACIÓN	146	Valor de la probabilidad de explosión más alta recogida en el Documento de Protección Contra Explosiones correspondiente a esta zona	Frecuente	
			A menudo	
			Ocasional	
			Rara	
			Improbable	
			Prácticamente imposible	
	147	¿Existen sistemas automáticos de detección de incendio?	Sí	
			No	
	148	¿Existen sistemas manuales de alarma de incendio?	Sí	
			No	
	149	¿Existen sistemas automáticos de extinción de incendio mediante sustancias líquidas?	Sí	
			No	
	150	¿Existen sistemas manuales de extinción de incendio?	Sí	
			No	
	151	¿Se dispone de sistemas de detección y extinción de incendio automáticos adicionales a los obligados por la ITC MIE-APQ001 del Reglamento de almacenamiento de productos químicos, aprobado por Real Decreto 379/2001, de 6 de abril?	Sí	
			No	
	152	Volumen total de cada sustancia presente en el área de fabricación (l)	Aceite	
			Resinas	
			Disolvente	
			Productos al disolvente	
			Productos al agua	
	153	Superficie total del área donde se realiza la actividad (m ²)		
	154	Tipo, según la ITC MIE-APQ001, de la sustancia más combustible en el área donde se realiza la actividad		
	155	Coefficiente de reducción del riesgo (Ri) de la actividad		
	156	Altura máxima de almacenamiento temporal de sustancias	Hasta 3 m	
			Hasta 8 m	
			Hasta 12 m	
			> 12 m	
	157	¿Existen sistemas manuales de contención de vertidos en forma de kit de emergencia?	No	
			Sí	
	158	Resistencia ante el fuego del edificio asociado a la actividad	Resistencia ante el fuego ≥ 1 h (RF-60)	
			Resistencia ante el fuego ≥ 30 min. (RF-30)	
Estabilidad ante el fuego < 30 min.				
Actividad sin edificio asociado				
159	¿Existen sistemas de lucha interior contra incendios en forma de rociadores y/o BIEs?	Sí		
		No		
		Número de rociadores en la zona	valor	
	Número de BIEs en la zona	valor		
160	Sustancias manejadas en la actividad	Aceite		
		Resinas		
		Disolvente		
		Productos al disolvente		
		Productos al agua		
		Combustible líquido		
161	Volumen máximo manejado por sustancia en el proceso de fabricación	Aceite		
		Resinas		
		Disolvente		
		Productos al disolvente		
		Productos al agua		
162	Volumen máximo de los depósitos móviles asociados a equipos	valor		
163	Alcance del vertido a una red de drenaje con salida al exterior	Distancia a la red de drenaje del equipo más cercano a la misma	valor	
164	Alcance del vertido al medio	Distancia a los límites de la instalación del equipo más cercano a los mismos	valor	

CUESTIONARIO DIRIGIDO A LOS OPERADORES DEL SECTOR DE PINTURAS Y TINTAS DE IMPRIMIR			
TABLA DE BAREMOS			
Categoría/Actividad con peligro asociado	Código	Variable	Respuesta ⁽¹⁾
FABRICACIÓN EQUIPOS CON USO DE RECIPIENTES MÓVILES ASOCIADO (Agitadores, tricilíndricos etc.)	165	¿Los empleados reciben formación sobre los riesgos que conlleva la operación, que es actualizada cuando cambian las condiciones?	Sí
			No
	166	Experiencia media de los empleados en el manejo de equipos que impliquen el uso de calderas	> 5 años
			3-5 años
			1-3 años
			< 1 año
	167	Edad media de los depósitos móviles	
	168	Procedimiento de operación con supervisión y registro	Existe un procedimiento para la operación con supervisión por personal propio de la instalación y registros periódicos de su cumplimiento
			Existe un procedimiento para la operación sin supervisión por personal propio de la instalación pero con registros periódicos de su cumplimiento
			Existe un procedimiento para la operación sin supervisión por personal propio de la instalación y sin registros periódicos de su cumplimiento
			No hay un procedimiento para la operación
	169	Nº de calderas uso /día	<7
			7 - 10
			10 - 15
			>15
	170	Planes de inspección y mantenimiento de los equipos	Se aplica un plan de mantenimiento correctivo y preventivo propio basado en la experiencia propia y en los requisitos del fabricante; se realizan revisiones periódicas con registro de todo ello
			Se aplica un plan de mantenimiento correctivo y preventivo propio basado en la experiencia propia y en los requisitos del fabricante pero no hay registro de todo ello
			Se hace un mantenimiento de acuerdo a mínimos del fabricante pero no se hacen revisiones periódicas
			Sólo se aplica mantenimiento correctivo en caso de avería. No se hacen revisiones periódicas
	171	Nº de incidentes anuales asociados a vertido	Menos de un incidente al año
			Entre 1 y 3 incidentes al año
			Entre 3 y 5 incidentes al año
			> 5 incidentes al año
	172	Estado del pavimento en la zona	Pavimento sin grietas
Pavimento agrietado con espesor ≥ 10 cm			
Pavimento agrietado con espesor < 10 cm			

(1) Marcar con una x la respuesta correcta o indicar el valor en cada caso.

CUESTIONARIO DIRIGIDO A LOS OPERADORES DEL SECTOR DE PINTURAS Y TINTAS DE IMPRIMIR TABLA DE BAREMOS				
Categoría/Actividad con peligro asociado	Código	Variable		Respuesta ⁽¹⁾
FABRICACIÓN EQUIPOS CON DEPÓSITO PROPIO (envasadoras, equipos de limpieza de calderas,...)	173	¿Los empleados reciben formación sobre los riesgos que conlleva la operación, que es actualizada cuando cambian las condiciones?	Sí	
			No	
	174	Experiencia de los empleados en el manejo de los equipos	> 5 años	
			3-5 años	
			1-3 años	
			< 1 año	
	175	Edad media de los equipos con depósito propio		
	176	Procedimiento de operación con supervisión y registro	Existe un procedimiento para la operación con supervisión por personal propio de la instalación y registros periódicos de su cumplimiento	
			Existe un procedimiento para la operación sin supervisión por personal propio de la instalación pero con registros periódicos de su cumplimiento	
			Existe un procedimiento para la operación sin supervisión por personal propio de la instalación y sin registros periódicos de su cumplimiento	
			No hay un procedimiento para el proceso de fabricación.	
	177	Nº de equipos en uso /día	<7	
			7 - 10	
			10 - 15	
			>15	
	178	Planes de inspección y mantenimiento de los equipos	Se aplica un plan de mantenimiento correctivo y preventivo propio basado en la experiencia propia y en los requisitos del fabricante; se realizan revisiones periódicas con registro de todo ello	
			Se aplica un plan de mantenimiento correctivo y preventivo propio basado en la experiencia propia y en los requisitos del fabricante pero no hay registro de todo ello	
			Se hace un mantenimiento de acuerdo a mínimos del fabricante pero no se hacen revisiones periódicas	
			Sólo se aplica mantenimiento correctivo en caso de avería. No se hacen revisiones periódicas	
	179	Nº de incidentes anuales asociados a vertido	Menos de un incidente al año	
Entre 1 y 3 incidentes al año				
Entre 3 y 5 incidentes al año				
> 5 incidentes al año				
180	¿Se dispone de algún sistema automático de control (presión, caudal, etc.) en los equipos?	Hay sistemas de control de la operación		
		No hay sistemas de control de la operación		
181	¿Existen sistemas automáticos de detección de fugas o derrames?	Sí		
		No		
182	¿Existen cubetos de contención adicionales a los obligados por Ley?	Sí		
		No		
183	¿Existen sistemas manuales de contención de vertidos en forma de kit de emergencia?	Sí		
		No		
184	Estado del pavimento en la zona	Pavimento sin grietas		
		Pavimento agrietado con espesor ≥ 10 cm		
		Pavimento agrietado con espesor < 10 cm		

(1) Marcar con una x la respuesta correcta o indicar el valor en cada caso.

CUESTIONARIO DIRIGIDO A LOS OPERADORES DEL SECTOR DE PINTURAS Y TINTAS DE IMPRIMIR						
TABLA DE BAREMOS						
Categoría/Actividad con peligro asociado	Código	Variable		Respuesta ⁽¹⁾		
SISTEMA DE VÁLVULAS Y TUBERÍAS	SISTEMA DE VÁLVULAS Y TUBERÍAS AÉREAS	185	Valor de la probabilidad de explosión más alta recogida en el Documento de Protección Contra Explosiones correspondiente a esta zona		Frecuente	
					A menudo	
					Ocasional	
					Rara	
					Improbable	
						Prácticamente imposible
			186	¿Los empleados reciben formación sobre los riesgos que conlleva la operación, que es actualizada cuando cambian las condiciones?		Sí
						No
			187	Experiencia media de los empleados en el manejo de los sistemas		> 5 años
						3-5 años
						1-3 años
						< 1 año
			188	Edad media de los sistemas de válvulas y tuberías aéreas		
			189	Frecuencia de las revisiones de las que conste registro		≥ 1 a vez al año
						1 vez/año - 1 vez / 2 años
						1 vez/ 2 años - 1 vez / 5 años
						No se hacen
			190	¿Se dispone de algún sistema de control (presión, caudal, etc.) en las tuberías?		Hay sistemas de control de la operación
						No hay sistemas de control de la operación
			191	¿El sistema dispone de algún recubrimiento contra la corrosión?		Sí
						No
			192	¿El sistema dispone por regla general de algún recubrimiento contra el daño físico?		Sí
				No		
	193	Longitud total de las tuberías de la instalación (m.)		valor		
	194	Caudal máximo transportado		valor		
	195	Sustancias transportadas en la actividad		Aceite		
				Resinas		
				Disolvente		
				Productos al disolvente		
				Productos al agua		
				Combustible líquido		
	196	Nº de incidentes anuales asociados a vertido		Menos de un incidente al año		
				Entre 1 y 3 incidentes al año		
				Entre 3 y 5 incidentes al año		
				> 5 incidentes al año		
	197	¿Existen sistemas automáticos de detección de fugas o derrames?		Sí		
				No		
	198	¿Existen cubetos de contención adicionales a los obligados por Ley?		Sí		
				No		
	199	¿Existen sistemas manuales de contención de vertidos en forma de kit de emergencia?		Sí		
				No		
	200	Estado del pavimento en la zona		Pavimento sin grietas		
				Pavimento agrietado con espesor ≥ 10 cm		
				Pavimento agrietado con espesor < 10 cm		
	201	Alcance del vertido a una red de drenaje con salida al exterior	Distancia más corta del sistema de válvulas y tuberías aéreas a la red de drenaje	valor		
	202	Alcance del vertido al medio	Distancia más corta del sistema de válvulas y tuberías aéreas a los límites de la instalación	valor		

(1) Marcar con una x la respuesta correcta o indicar el valor en cada caso.

CUESTIONARIO DIRIGIDO A LOS OPERADORES DEL SECTOR DE PINTURAS Y TINTAS DE IMPRIMIR				
TABLA DE BAREMOS				
Categoría/Actividad con peligro asociado	Código	Variable		Respuesta ⁽¹⁾
SISTEMAS DE VÁLVULAS Y TUBERÍAS SUBTERRÁNEAS	203	¿Los empleados reciben formación sobre los riesgos que conlleva la operación, que es actualizada cuando cambian las condiciones?	Sí	
			No	
	204	Experiencia de los empleados en el manejo de los sistemas	> 5 años	
			3-5 años	
			1-3 años	
			< 1 año	
	205	Antigüedad media de los sistemas de válvulas y tuberías subterráneas respecto a su vida útil (vida útil estimada en 25 años)	Inferior al 33% de su vida útil	
			Entre el 33% y el 66% de su vida útil	
			Entre el 66% y el 100% de su vida útil	
			Superior a su vida útil	
	206	Frecuencia de las revisiones de las que conste registro	≥ 1 a vez al año	
			1 vez / 2 años	
			1 vez / 5 años	
			No se hacen	
	207	¿Se dispone de algún sistema de control (presión, caudal, etc.) en las tuberías?	Hay sistemas de control de la operación	
			No hay sistemas de control de la operación	
	208	¿El sistema dispone de algún recubrimiento de protección?	Sí	
			No	
209	Longitud de las tuberías (m)	valor		
210	Nº de incidentes anuales asociados a vertido	Menos de un incidente al año		
		Entre 1 y 3 incidentes al año		
		Entre 3 y 5 incidentes al año		
		> 5 incidentes al año		
211	¿Existen sistemas automáticos de detección de fugas o derrames?	Sí		
		No		
212	¿Existen sistemas manuales de contención de vertidos en forma de kit de emergencia?	Sí		
		No		

(1) Marcar con una x la respuesta correcta o indicar el valor en cada caso.

CUESTIONARIO DIRIGIDO A LOS OPERADORES DEL SECTOR DE PINTURAS Y TINTAS DE IMPRIMIR				
TABLA DE BAREMOS				
Categoría/Actividad con peligro asociado	Código	Variable		Respuesta ⁽¹⁾
LIMPIEZA DE CALDERAS	213	Valor de la probabilidad de explosión más alta recogida en el Documento de Protección Contra Explosiones correspondiente a esta zona	Frecuente	
			A menudo	
			Ocasional	
			Rara	
			Improbable	
			Prácticamente imposible	
	214	¿Existen sistemas automáticos de detección de incendio?	Sí	
			No	
	215	¿Existen sistemas manuales de alarma de incendio?	Sí	
			No	
	216	¿Existen sistemas automáticos de extinción de incendio mediante sustancias líquidas?	Sí	
			No	
	217	¿Existen sistemas manuales de extinción de incendio?	Sí	
			No	
	218	¿Se dispone de sistemas de detección y extinción de incendio automáticos adicionales a los obligados por la ITC MIE-APQ001 del Reglamento de almacenamiento de productos químicos, aprobado por Real Decreto 379/2001, de 6 abril?	Sí	
			No	
	219	Volumen total de cada sustancia presente en el área de limpieza de calderas (l)	Aceite	
			Resinas	
			Disolvente	
			Productos al disolvente	
			Productos al agua	
			Combustible líquido	
	220	Superficie total del área donde se realiza la actividad (m ²)		
	221	Tipo, según la ITC MIE-APQ001, de la sustancia más combustible en el área donde se realiza la actividad		
	222	Coefficiente de reducción del riesgo (Ri) de la actividad		
	223	Resistencia ante el fuego del edificio asociado a la actividad	Resistencia ante el fuego ≥ 1 h (RF-60)	
Resistencia ante el fuego ≥ 30 min. (RF-30)				
Resistencia ante el fuego < 30 min.				
Actividad sin edificio asociado				
224	¿Existen sistema de lucha interior contra incendios en forma de rociadores y/o BIEs?	Sí		
		No		
	Número de rociadores en la zona	valor		
	Número de BIEs en la zona	valor		
225	Experiencia media de los empleados en la operación	> 5 años		
		3-5 años		
		1-3 años		
		< 1 año		
226	¿Los empleados reciben formación sobre los riesgos que conlleva la operación que es actualizada cuando cambian las condiciones?	Sí		
		No		

(1) Marcar con una x la respuesta correcta o indicar el valor en cada caso.

CUESTIONARIO DIRIGIDO A LOS OPERADORES DEL SECTOR DE PINTURAS Y TINTAS DE IMPRIMIR				
TABLA DE BAREMOS				
Categoría/Actividad con peligro asociado	Código	Variable		Respuesta ⁽¹⁾
LABORATORIOS	227	Valor de la probabilidad de explosión más alta recogida en el Documento de Protección Contra Explosiones correspondiente a esta zona	Frecuente	
			A menudo	
			Ocasional	
			Rara	
			Improbable	
			Prácticamente imposible	
	228	¿Existen sistemas automáticos de detección de incendio?	Sí	
			No	
	229	¿Existen sistemas manuales de alarma de incendio?	Sí	
			No	
	230	¿Existen sistemas automáticos de extinción de incendio mediante sustancias líquidas?	Sí	
			No	
	231	¿Existen sistemas manuales de extinción de incendio?	Sí	
			No	
	232	¿Se dispone de sistemas de detección y extinción de incendio automáticos adicionales a los obligados por la ITC MIE-APQ001 del Reglamento de almacenamiento de productos químicos, aprobado por Real Decreto 379/2001, de 6 de abril?	Sí	
			No	
	233	Volumen total de cada sustancia presente en el área de laboratorios (l)	Aceite	
			Resinas	
			Disolvente	
			Productos al disolvente	
			Productos al agua	
			Combustible líquido	
	234	Superficie total del área donde se realiza la actividad (m ²)		
	235	Tipo, según la ITC MIE-APQ001, de la sustancia más combustible en el área donde se realiza la actividad		
236	Coefficiente de reducción del riesgo (Ri) de la actividad			
237	Resistencia ante el fuego del edificio asociado a la actividad	Resistencia ante el fuego ≥ 1 h (RF-60)		
		Resistencia ante el fuego ≥ 30 min. (RF-30)		
		Resistencia ante el fuego < 30 min.		
		Actividad sin edificio asociado		
238	¿Existen sistema de lucha interior contra incendios en forma de rociadores y/o BIEs?	Sí		
		No		
	Número de rociadores en la zona	valor		
	Número de BIEs en la zona	valor		
239	Experiencia media de los empleados en la operación	> 5 años		
		3-5 años		
		1-3 años		
		< 1 año		
240	¿Los empleados reciben formación sobre los riesgos que conlleva la operación que es actualizada cuando cambian las condiciones?	Sí		
		No		

(1) Marcar con una x la respuesta correcta o indicar el valor en cada caso.

CUESTIONARIO DIRIGIDO A LOS OPERADORES DEL SECTOR DE PINTURAS Y TINTAS DE IMPRIMIR TABLA DE BAREMOS				
Categoría/Actividad con peligro asociado	Código	Variable		Respuesta ⁽¹⁾
POLVORÍN DE NITROCELULOSA	241	Valor de la probabilidad de explosión más alta recogida en el Documento de Protección Contra Explosiones correspondiente a esta zona	Frecuente	
			A menudo	
			Ocasional	
			Rara	
			Improbable	
			Prácticamente imposible	
	242	¿Existen sistemas automáticos de detección de incendio?	Sí	
			No	
	243	¿Existen sistemas manuales de alarma de incendio?	Sí	
			No	
	244	¿Existen sistemas automáticos de extinción de incendio mediante sustancias líquidas?	Sí	
			No	
	245	¿Existen sistemas manuales de extinción de incendio?	Sí	
			No	
	246	¿Se dispone de sistemas de detección y extinción de incendio automáticos adicionales a los obligados por la ITC MIE-APQ001 del Reglamento de almacenamiento de productos químicos, aprobado por Real Decreto 379/2001, de 6 de abril?	Sí	
			No	
	247	Cantidad total de nitrocelulosa en el polvorín		
	248	Superficie total del área donde se realiza la actividad (m ²)		
	249	Tipo, según la ITC MIE-APQ001, de la sustancia más combustible en el área donde se realiza la actividad		
	250	Coefficiente de reducción del riesgo (Ri) de la actividad		
	251	Altura máxima de almacenamiento	Hasta 3 m	
			Hasta 8 m	
			Hasta 12 m	
			> 12 m	
	252	Resistencia ante el fuego del edificio asociado a la actividad	Resistencia ante el fuego ≥ 1 h (RF-60)	
Resistencia ante el fuego ≥ 30 min. (RF-30)				
Resistencia ante el fuego < 30 min.				
Actividad sin edificio asociado				
253	¿Existen sistema de lucha interior contra incendios en forma de rociadores y/o BIEs?	Sí		
		No		
	Número de rociadores en la zona	valor		
	Número de BIEs en la zona	valor		
254	Experiencia media de los empleados en la operación	> 5 años		
		3-5 años		
		1-3 años		
		< 1 año		
255	¿Los empleados reciben formación sobre los riesgos que conlleva la operación que es actualizada cuando cambian las condiciones?	Sí		
		No		

(1) Marcar con una x la respuesta correcta o indicar el valor en cada caso.

CUESTIONARIO DIRIGIDO A LOS OPERADORES DEL SECTOR DE PINTURAS Y TINTAS DE IMPRIMIR QUE DISPONEN DE UNA ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES DE PROCESO (EDAR)						
TABLA DE BAREMOS						
Categoría/Actividad con peligro asociado	Código	Variable		Respuesta ⁽¹⁾		
ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES DE PROCESO	GENERAL	1	Sustancias que trata la EDAR	Productos al disolvente		
				Productos al agua		
				Ambos		
		2	Tiempo medio de funcionamiento de la EDAR en un día (horas/día)	valor		
		3	Caudal de entrada a la EDAR (litros/hora)	valor	...	
		4	Caudal de salida a la EDAR (litros/hora)	valor		
		5	Concentración/Caracterización de sustancias en las aguas residuales sin tratar (mg/l)	Aceite		
				Resinas		
				Disolvente		
		6	¿Los empleados que realizan operaciones de cualquier tipo relacionadas con la EDAR reciben formación sobre los riesgos que conlleva la operación y ésta es actualizada cuando cambian las condiciones?	Sí		
				No		
		7	Experiencia de los empleados en la operación	> 5 años		
				3-5 años		
				1-3 años		
				< 1 año		
		8	¿Existen sistemas manuales de contención de derrames por sobrelleñado en forma de kit de emergencia contra vertidos?	Sí		
				No		
		9	¿La EDAR dispone de una red de drenaje cerrada sin salida al exterior?	Sí		
				No		
		10	¿La EDAR dispone de una red de drenaje con salida al exterior?	Sí		
No						
11	En caso de disponer una red de drenaje con salida al exterior, ¿existe una balsa de contención asociada a dicha red de drenaje?	Sí				
		No				
12	En caso de disponer de una balsa de contención asociada a la red de drenaje, ¿está correctamente dimensionada y se hace un mantenimiento periódico?	Sí				
		No				
13	¿Se dispone un sistema de alarma automático de detección de efluentes anómalos asociado a controles continuos automáticos de los parámetros de proceso y de la propiedades del efluente de salida en caso de mal funcionamiento de la EDAR?	Sí				
		No				
14	¿Se realiza un control de los parámetros de proceso y de la propiedades del efluente de salida por parte de personal?	Sí				
		No				
15	Presencia de personal durante el proceso de depuración	Permanente				
		Periódica				
16	¿Se dispone de un sistema automático de contención de efluentes anómalos en caso de mal funcionamiento de la EDAR?	Sí				
		No				
17	¿Se dispone de un sistema manual de contención de efluentes anómalos en caso de mal funcionamiento de la EDAR?	Sí				
		No				
18	Nº de incidentes anuales asociados a vertido en la EDAR	Menos de un incidente al año				
		Entre 1 y 3 incidentes al año				
		Entre 3 y 5 incidentes al año				
		> 5 incidentes al año				
19	Estado del pavimento en la zona	Suelo pavimentado entre un 70-100%				
		Suelo pavimentado entre 40-70%				
		Suelo pavimentado entre 10-40%				
		Suelo pavimentado <10%				

(1) Marcar con una x la respuesta correcta o indicar el valor en cada caso.

Categoría/Actividad con peligro asociado	Código	Variable		Respuesta ⁽¹⁾	
ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES DE PROCESO	Equipos con depósito propio	20	Antigüedad media de los equipos de proceso de la estación depuradora	Inferior al 33% de su vida útil	
				Entre el 33% y el 66% de su vida útil	
				Entre el 66% y el 100% de su vida útil	
				Superior a su vida útil	
		21	Procedimiento de operación con supervisión y registro	Existe un procedimiento para la operación con supervisión por personal propio de la instalación y registros periódicos de su cumplimiento	
				Existe un procedimiento para la operación sin supervisión por personal propio de la instalación pero con registros periódicos de su cumplimiento	
				Existe un procedimiento para la operación sin supervisión por personal propio de la instalación y sin registros periódicos de su cumplimiento	
				No hay un procedimiento para la operación	
		22	¿Existen sistemas de control de los parámetros que controlan el riesgo de sobrellenado de los depósitos de los equipos?	Sí	
				No	
		23	Planes de inspección y mantenimiento de los equipos con depósito propio del proceso de depuración	Se aplica un plan de mantenimiento correctivo y preventivo propio basado en la experiencia propia y en los requisitos del fabricante; se realizan revisiones periódicas con registro de todo ello	
				Se aplica un plan de mantenimiento correctivo y preventivo propio basado en la experiencia propia y en los requisitos del fabricante pero no hay registro de todo ello	
				Se hace un mantenimiento de acuerdo a mínimos del fabricante pero no se hacen revisiones periódicas	
				Sólo se aplica mantenimiento correctivo en caso de avería. No se hacen revisiones periódicas	
		24	Nº de incidentes anuales asociados a vertido originados en los equipos con depósito propio de la EDAR	Menos de un incidente al año	
				Entre 1 y 3 incidentes al año	
				Entre 3 y 5 incidentes al año	
				> 5 incidentes al año	
		25	¿Existen sistemas automáticos de detección de derrames por sobrellenado? (por ejemplo: Sistemas de detección de exceso de volumen en los depósitos)	Sí	
				No	
26	Volumen máximo del mayor depósito de proceso presente en la EDAR	valor			

(1) Marcar con una x la respuesta correcta o indicar el valor en cada caso.

Categoría/Actividad con peligro asociado		Código	Variable		Respuesta ⁽¹⁾
ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES DE PROCESO	Almacenamiento en depósitos	27	Frecuencia de las revisiones a los depósitos de las que conste registro	≥ 1 vez al año	
				1 vez cada 2 años	
				1 vez cada 5 años	
				No se hacen	
		28	¿Existen sistemas de control del sobrellenado de los depósitos?	Sí	
				No	
	29	Nº de incidentes anuales asociados a vertido originados en los depósitos de almacenamiento de la EDAR	Menos de un incidente al año		
			Entre 1 y 3 incidentes al año		
			Entre 3 y 5 incidentes al año		
			> 5 incidentes al año		
	30	Volumen máximo del mayor depósito de almacenamiento presente en la EDAR	valor		
	31	¿Existen sistemas automáticos de detección de derrames por sobrellenado en los depósitos de almacenamiento presentes en la EDAR?	Sí		
			No		
	Sistema de válvulas y tuberías en la EDAR	32	Antigüedad media del sistema de válvulas y tuberías de la estación depuradora	Inferior al 33% de su vida útil	
Entre el 33% y el 66% de su vida útil					
Entre el 66% y el 100% de su vida útil					
Superior a su vida útil					
33		Frecuencia de las revisiones del sistema de las que conste registro	≥ 1 vez al año		
			1 vez cada 2 años		
			1 vez cada 5 años		
			No se hacen		
34		¿Existen sistemas de control de parámetros asociados a las tuberías y válvulas ?	Sí		
			No		
35	¿El sistema de válvulas y tuberías de la depuradora dispone de un recubrimiento de protección?	Sí			
		No			
36	Nº de incidentes anuales asociados a vertido originados en el sistema de válvulas y tuberías de la EDAR	Menos de un incidente al año			
		Entre 1 y 3 incidentes al año			
		Entre 3 y 5 incidentes al año			
		> 5 incidentes al año			
37	¿Existen sistemas automáticos de detección de derrames asociados a las válvulas y tuberías ?	Sí			
		No			

(1) Marcar con una x la respuesta correcta o indicar el valor en cada caso.

ANEJO VI. VARIABLES CONSIDERADAS EN EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

VARIABLES CAUSALES		
Suceso iniciador vertido de disolventes y resinas		
ID	Código	Descripción
1	Vvi1.1	Formación del personal en riesgos de carga y descarga con cisterna
2	Vvi1.2	Formación del personal en riesgos de almacenamiento en estanterías
3	Vvi1.3	Formación del personal en riesgos de operación con depósitos aéreos
4	Vvi1.4	Formación del personal en riesgos de operación con depósitos subterráneos
5	Vvi1.5	Formación del personal en riesgos del manejo de calderas
6	Vvi1.6	Formación del personal en riesgos del manejo de equipos de proceso con depósito propio
7	Vvi1.7	Formación del personal en riesgos del manejo de válvulas y tuberías aéreas
8	Vvi1.8	Formación del personal en riesgos del manejo de válvulas y tuberías subterráneas
9	Vvi2.1	Experiencia de los empleados en la operación de carga y descarga con cisterna.
10	Vvi2.2	Experiencia de los empleados en el manejo de carretillas
11	Vvi2.3	Experiencia de los empleados en tareas de almacenamiento de productos químicos
12	Vvi2.4	Experiencia de los empleados en la operación con depósitos aéreos
13	Vvi2.5	Experiencia de los empleados en la operación con depósitos subterráneos
14	Vvi2.6	Experiencia de los empleados en el manejo de calderas el manejo de los equipos
15	Vvi2.7	Experiencia de los empleados en manejo de válvulas y tuberías aéreas
16	Vvi2.8	Experiencia de los empleados en manejo de válvulas y tuberías subterráneas
17	Vvi3.1	Antigüedad del sistema de transvase a camión cisterna
18	Vvi3.2	Antigüedad de las carretillas de carga y descarga
19	Vvi3.3	Antigüedad de los palets
20	Vvi3.4	Antigüedad de las estanterías de almacenamiento
21	Vvi3.5	Antigüedad de los GRGs
22	Vvi3.6	Antigüedad de los depósitos aéreos
23	Vvi3.7	Antigüedad de los depósitos subterráneos
24	Vvi3.8	Antigüedad de los recipientes móviles (calderas)
25	Vvi3.9	Antigüedad de los equipos con depósito propio
26	Vvi3.10	Antigüedad de las válvulas y tuberías aéreas
27	Vvi3.11	Antigüedad de las válvulas y tuberías subterráneas
28	Vvi4.1	Existencia de procedimiento de operación con supervisión y registro en la operación de transvase con camión cisterna
29	Vvi4.2	Existencia de procedimiento de operación con supervisión y registro en la operación con equipos asociados a recipientes móviles
30	Vvi4.3	Existencia de procedimiento de operación con supervisión y registro en la operación con equipos con depósito propio
31	Vvi5.	Existencia de sistemas de control (presión, caudal) de la operación de transvase con camión cisterna
32	Vvi6.1	Planes de inspección y mantenimiento del sistema de transvase a camión cisterna
33	Vvi6.2	Planes de inspección y mantenimiento de los equipos de fabricación asociados a recipientes móviles
34	Vvi6.3	Planes de inspección y mantenimiento de los equipos de fabricación con depósito propio
35	Vvi7.1	Frecuencia de las revisiones periódicas a carretillas
36	Vvi7.2	Frecuencia de las revisiones periódicas a depósitos aéreos
37	Vvi7.3	Frecuencia de las revisiones periódicas a depósitos subterráneos
38	Vvi7.4	Frecuencia de las revisiones periódicas a válvulas y tuberías aéreas
39	Vvi8.1	Incidentes históricos asociados a vertido en la zona de carga y descarga con cisterna
40	Vvi8.2	Incidentes históricos asociados a vertido en la zona de carga y descarga con carretilla
41	Vvi8.3	Incidentes históricos asociados a vertido en la zona de almacenamiento en estanterías
42	Vvi8.4	Incidentes históricos asociados a vertido en la zona de depósitos aéreos
43	Vvi8.5	Incidentes históricos asociados a vertido en la zona de depósitos subterráneos
44	Vvi8.6	Incidentes históricos asociados a vertido en el uso de equipos con recipientes móviles asociados
45	Vvi8.7	Incidentes históricos asociados a vertido en el uso de equipos con depósito propio
46	Vvi8.8	Incidentes históricos asociados a vertido en válvulas y tuberías aéreas
47	Vvi8.9	Incidentes históricos asociados a vertido en válvulas y tuberías subterráneas
48	Vvi9	Número de depósitos aéreos en la instalación
49	Vvi10	Número de depósitos subterráneos en la instalación
50	Vvi11	Tipo de depósitos aéreos
51	Vvi12	Tipo de depósitos subterráneos
52	Vvi13	Señalización de la zona de tránsito de carretillas

VARIABLES CAUSALES		
Suceso iniciador incendio		
ID	Código	Descripción
53	Vii1	Valor de máxima probabilidad de explosión en el DPCE
Suceso iniciador vertido de aguas residuales		
ID	Código	Descripción
54	Vve1	Presencia de EDAR
55	Vve2	Formación del personal en riesgos de la EDAR
56	Vve3	Experiencia de los empleados en las actividades de la EDAR
57	Vve4.1	Frecuencia de revisiones periódicas de funcionamiento de los depósitos de la EDAR
58	Vve4.2	Frecuencia de revisiones periódicas de funcionamiento de las válvulas y tuberías de la EDAR
59	Vve5.1	Existencia de sistemas de control (presión, caudal, etc.) del sobrellenado de los depósitos de la EDAR
60	Vve5.2	Existencia de sistemas de control (presión, caudal, etc.) en las válvulas y tuberías de la EDAR
61	Vve5.3	Existencia de sistemas de control de los parámetros de proceso (presión, caudal, etc.) en los equipos de la EDAR
62	Vve6.1	Antigüedad de las válvulas y tuberías de la EDAR
63	Vve6.2	Antigüedad de los equipos de la EDAR
64	Vve7	Existencia de recubrimientos de protección de válvulas y tuberías de la EDAR
65	Vve8	Existencia de procedimiento de operación con supervisión y registro de los equipos de la EDAR
66	Vve9	Planes de inspección y mantenimiento de los equipos de la EDAR
67	Vve10	Existencia de sistemas de control de los parámetros del efluente de salida (pH, DQO, COT...) de la EDAR
68	Vve11.1	Incidentes históricos asociados a vertido en el uso de los equipos de la EDAR
69	Vve11.2	Incidentes históricos asociados a vertido desde válvulas y tuberías de la EDAR
70	Vve11.3	Incidentes históricos asociados a vertido desde depósitos de recepción de aguas residuales de la EDAR

VARIABLES CONSECUENCIALES		
Suceso iniciador vertido de disolventes y resinas		
ID	Código	Descripción
71	Vvc1	Presencia de EDAR
72	Vvc2	Volumen del mayor recipiente que contiene disolventes en la zona de C/D con cisterna
73	Vvc3	Volumen del mayor recipiente que contiene resinas en la zona de almacenamiento
74	Vvc4	Volumen del mayor recipiente que contiene disolventes en la zona de almacenamiento
75	Vvc5	Volumen del mayor recipiente que contiene resinas en la zona de depósitos aéreos
76	Vvc6	Volumen del mayor recipiente que contiene disolventes en la zona de depósitos aéreos
77	Vvc7	Volumen del mayor recipiente que contiene resinas en la zona de depósitos subterráneos
78	Vvc8	Volumen del mayor recipiente que contiene disolventes en la zona de depósitos subterráneos
79	Vvc9	Volumen del mayor recipiente que contiene resinas en la zona de fabricación
80	Vvc10	Volumen del mayor recipiente que contiene disolventes en la zona de fabricación
81	Vvc11	Detección automática en C/D con cisterna
82	Vvc12	Detección automática almacenamiento
83	Vvc13	Detección automática en depósitos aéreos
84	Vvc14	Detección automática en depósitos subterráneos
85	Vvc15	Detección automática en los equipos de fabricación
86	Vvc16	Detección automática en los sistemas de válvulas y tuberías
87	Vvc17	Presencia de personal los días laborables en horario de trabajo
88	Vvc18	Presencia de personal los días laborables día y noche
89	Vvc19	Presencia de personal los días laborables y fines de semana
90	Vvc20	Presencia permanente de personal
91	Vvc21	Contención manual en C/D con cisterna
92	Vvc22	Contención manual en almacenamiento
93	Vvc23	Contención manual en los equipos de fabricación
94	Vvc24	Contención manual en los sistemas de válvulas y tuberías
95	Vvc25	Contención automática en almacenamiento (cubetos adicionales a los obligados por ley)
96	Vvc26	Contención automática en depósitos aéreos (doble pared o cubeto de contención)
97	Vvc27	Contención automática en depósitos subterráneos
98	Vvc28	Contención automática en los equipos con depósito propio
99	Vvc29	Permeabilidad del suelo
100	Vvc30	Red de drenaje con salida
101	Vvc31	Distancia desde el punto más alejado a la red de drenaje
102	Vvc32	Red drenaje con salida <450 m en permeabilidad baja
103	Vvc33	Red de drenaje con salida <50 m en permeabilidad media
104	Vvc34	Red drenaje con salida <5 m en permeabilidad alta
105	Vvc35	Distancia desde el punto más alejado a los límites
106	Vvc36	Límites de la instalación <450 m en permeabilidad baja
107	Vvc37	Límites de la instalación <50 m en permeabilidad media
108	Vvc38	Límites de la instalación <5 m en permeabilidad alta
109	Vvc39	Sistema automático de contención asociado a red de drenaje
110	Vvc40	Sistema automático de contención asociado a red de drenaje sin mantenimiento periódico
111	Vvc41	Sistema automático de contención asociado a red de drenaje con mantenimiento periódico
112	Vvc42	Sistema de acción manual de contención asociado a red de drenaje
113	Vvc43	Porcentaje de suelo pavimentado en la instalación (85%, 55%, 25%, 5%)
114	Vvc44	Presencia de grietas en C/D con cisterna
115	Vvc45	Presencia de grietas en almacenamiento
116	Vvc46	Presencia de grietas en depósitos aéreos
117	Vvc47	Presencia de grietas en depósitos subterráneos
118	Vvc48	Presencia de grietas en los equipos de fabricación
119	Vvc49	Porcentaje de suelo pavimentado fuera de la instalación en 450 metros a la redonda
120	Vvc50	Presencia de aguas superficiales en 450 metros a la redonda en suelo de baja permeabilidad
121	Vvc51	Presencia de aguas superficiales en 50 metros a la redonda en suelo de media permeabilidad
122	Vvc52	Presencia de aguas superficiales en 5 metros a la redonda en suelo de alta permeabilidad
123	Vvc53	Presencia de un ENS en <450 m en suelo de baja permeabilidad
124	Vvc54	Presencia de un ENS en <50 m en suelo de alta permeabilidad
125	Vvc55	Presencia de un ENS en <5 m en suelo de alta permeabilidad
126	Vvc56	Caudal del río receptor
127	Vvc57	Presencia de especies acuáticas en el río receptor
128	Vvc58	Nivel piezométrico
129	Vvc59	Nivel piezométrico < 5 m en permeabilidad baja
130	Vvc60	Nivel piezométrico < 90 m en permeabilidad media-alta
131	Vvc61	Distancia al mar < 6,5 Km

VARIABLES CONSECUENCIALES		
Suceso iniciador vertido de aguas residuales		
ID	Código	Descripción
132	Vvc62	Caudal de entrada en la EDAR (l/h)
133	Vvc63	Caudal de salida en la EDAR (l/h)
134	Vvc64	Sistema de contención automático en la EDAR (red cerrada o balsa)
135	Vvc65	Red de drenaje con salida al exterior en la EDAR
136	Vvc66	Sistemas de detección automáticos de exceso de caudal en el sistema de tuberías en la EDAR
137	Vvc67	Sistemas de detección automáticos de exceso de volumen en los equipos de proceso en la EDAR
138	Vvc68	Sistemas de detección automáticos de exceso de volumen en los depósitos de pretratamiento en la EDAR
139	Vvc69	Contención manual en la EDAR
140	Vvc70	Sistema automático de detección de efluentes anómalos
141	Vvc71	Sistema automático de contención de efluentes anómalos
142	Vvc72	Presencia permanente de personal durante la operación
143	Vvc73	Presencia periódica de personal durante la operación
Suceso iniciador incendio		
ID	Código	Descripción
144	Vic1	Zona de mayor probabilidad de explosión
145	Vic2	Capacidad máxima de almacenamiento del área con mayor volumen de disolvente (m3)
146	Vic3	Volumen del mayor recipiente que contiene disolvente en la zona de mayor P.E.
147	Vic4	Detección automática en la zona de mayor probabilidad de explosión
148	Vic5	Extinción automática en la zona de mayor probabilidad de explosión
149	Vic6	Extinción manual en la zona de mayor probabilidad de explosión
150	Vic7	Presencia de vegetación natural alrededor de la instalación
151	Vic8	Qm de la zona de mayor probabilidad de explosión
152	Vic9	Valor de W de la instalación
153	Vic10	Valor de L (distancia de los bomberos)
154	Vic11	Valor de Ci en la zona de mayor probabilidad de explosión
155	Vic12	Valor de B en la instalación
156	Vic13	Valor de R en la zona de máxima explosión
157	Vic14	Presencia de BIEs en la instalación
158	Vic15	Presencia de hidrantes en la instalación
159	Vic16	Presencia de rociadores en la instalación
160	Vic17	Número de rociadores en la instalación
161	Vic18	Presencia de BIEs en la zona de mayor probabilidad de explosión
162	Vic19	Presencia de rociadores en la zona de mayor probabilidad de explosión
163	Vic20	Número de rociadores en la zona
164	Vic21	NRI de la instalación
165	Vic22	Coeficiente de altura de los edificios asociados a proceso de la instalación
166	Vic23	Coeficiente de altura de los edificios asociados a almacenamiento de la instalación
167	Vic24	Coeficiente de altura de los edificios asociados a la zona de mayor probabilidad de explosión
168	Vic25	Coeficiente asociado al RF del almacén de la zona de proceso
169	Vic26	Coeficiente asociado al RF del almacén de la zona de almacenamiento
170	Vic27	Coeficiente asociado al RF del almacén de la zona de mayor P.E.
171	Vic28	Coeficiente asociado al tipo de intervención interna
172	Vic29	Superficie de la zona de mayor P.E.
173	Vic30	Superficie de la instalación dedicada a proceso
174	Vic31	Superficie de la instalación dedicada a almacenamiento
175	Vic32	Volumen de cálculo de aguas de extinción para toda la instalación
176	Vic33	Volumen de cálculo de aguas de extinción para un sector de la instalación
177	Vic34	Nº de incidentes históricos asociados a incendio

ANEJO VII. RESULTADOS DEL MODELO DE ANÁLISIS DE RIESGOS

RESULTADOS DEL MODELO DE ANÁLISIS DE RIESGOS

En el presente anejo se recogen los resultados obtenidos tras la aplicación del modelo de análisis de riesgos, diseñado para el desarrollo de la TB objeto de este informe, a un total de 22 instalaciones representativas del sector.

Cada tabla muestra los escenarios de riesgo identificados en cada instalación de los que se indica una breve descripción, el agente causante del daño, el volumen de vertido, los recursos afectados, la cantidad de recursos afectados, así como el coste de reparación del daño asociado al escenario y el estimador de su probabilidad de ocurrencia.

Dado que el presente documento es un resumen ilustrativo del proyecto piloto de Tabla de Baremos, a continuación se muestra el formato de las tablas utilizadas para la presentación de resultados sin incluir los datos confidenciales.

Instalación	Escenario	Descripción	Agente	Volumen vertido (m3)	Recurso afectado	Cantidad de recurso dañado (u.f)*	Coste (€)	Estimador de probabilidad

* Unidades físicas

Suelo: toneladas

Agua continental (superficial y subterránea): m³

Agua marina y lecho marino: toneladas de vertido

Especies: número de individuos

ANEJO VIII. HERRAMIENTA INFORMÁTICA DE LA TABLA DE BAREMOS

HERRAMIENTA INFORMÁTICA DE LA TABLA DE BAREMOS

Con el fin de facilitar el empleo de las ecuaciones de regresión —obtenidas mediante los procedimientos estadísticos expuestos en el apartado IX de la Memoria Explicativa—, se ha diseñado una herramienta informática cuyo fin es estimar la garantía financiera a partir de sus variables explicativas.

El soporte informático seleccionado, considerando su sencillez de manejo y su empleo generalizado por parte de los usuarios, ha sido Microsoft Excel. En concreto, se ha creado un libro MS Excel con las hojas necesarias para realizar los cálculos establecidos en el modelo.

PROYECTO PILOTO DE TABLA DE BAREMOS	
Sector: fabricación de pinturas y tintas de imprimir	
Asociación sectorial: Asociación Española de Fabricantes de Pinturas y Tintas de Imprimir (ASEFAPI)	
El presente libro MS Excel forma parte del proyecto piloto de tabla de baremos elaborado para el sector de fabricación de pinturas y tintas de imprimir, conforme con lo dispuesto en la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental, y el 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.	
El principal objetivo de este libro es facilitar a los operadores la aplicación de los resultados obtenidos en el proyecto piloto de tabla de baremos. No obstante, con el fin de aplicarlo de forma correcta es necesario consultar la documentación elaborada en el marco del proyecto (memoria explicativa y anejos).	
El libro MS Excel dispone de 4 hojas de cálculo. La primera de ellas ("Guía modelo") indica al usuario qué modelo debe emplear. Una vez conocido el modelo adecuado, el usuario deberá seguir completando los datos requeridos en la hoja que corresponda ("Modelo 1", "Modelo 2.1" o "Modelo 2.2")	
Las celdas de las hojas de cálculo responden a un código de colores con el fin de facilitar su empleo por parte de los usuarios. De esta forma: las celdas destacadas en amarillo hacen referencia a variables que debe introducir el usuario, las celdas sombreadas en gris indican valores propuestos por el modelo pero que el usuario podría modificar de forma justificada en caso de disponer de datos más precisos sobre los mismos; por último, las celdas azules muestran los output o salidas del modelo. Indicar que los resultados de garantía financiera se han calculado de forma que incluyan tanto las medidas de reparación primaria como las medias de prevención y evitación de los daños.	
	

Ilustración 1. Pantalla de inicio de la herramienta informática de la Tabla de Baremos.

La primera hoja de cálculo permite a los usuarios seleccionar el tipo de modelo en base al cual deben realizar su estimación:

- Modelo 1. Dirigido a aquellos operadores que cuentan con una estación depuradora de aguas residuales (EDAR) propia.
- Modelo 2.1. Dirigido a aquellos operadores que además de no contar con una EDAR propia, estiman el volumen de agua necesario para extinguir un incendio de su instalación en una cantidad igual o superior a 1.000 m³.
- Modelo 2.2. Dirigido a aquellos operadores que además de no contar con una EDAR propia, estiman el volumen de agua necesario para extinguir un incendio de su instalación en una cantidad inferior a 1.000 m³.

<p>De entre las zonas donde existen disolventes considerar la de mayor capacidad; indicar el valor de dicha capacidad</p> <p style="text-align: right;">[] (m³)</p> <p>Valor propuesto: Volumen de contaminante arrastrado por las aguas de extinción de incendios</p> <p style="text-align: right;">[] (m³)</p>
<p>En caso de que se disponga de un tanque de reserva de agua contra incendios indicar su volumen</p> <p style="text-align: right;">[] (m³)</p> <p>Valor propuesto: Estimación del volumen vertido en caso de incendio total de la instalación</p> <p style="text-align: right;">[] (m³)</p>
<p>Output: Modelo a emplear para el cálculo de la garantía financiera</p> <p style="text-align: right;">[]</p>

Ilustración 2. Extracto de la hoja de cálculo diseñada para la selección del modelo a aplicar.

Una vez que se orienta al usuario sobre qué modelo debe aplicar a su instalación (1, 2.1 o 2.2), la herramienta diseñada recoge una hoja específica para realizar los cálculos correspondientes a cada una de las tres opciones.

Rellenando las celdas requeridas —distinguidas con un sombreado amarillo—, la aplicación propone al usuario una serie de valores intermedios —sombreados en gris—, obteniéndose como resultado el valor propuesto de garantía financiera en base a las ecuaciones de la Tabla de Baremos —celda con sombreado azul—.

<p>Caudal de entrada a la EDAR (variable Vvc62)</p> <p style="text-align: right;">[] (l/h)</p>
<p>Caudal de salida de la EDAR (variable Vvc63)</p> <p style="text-align: right;">[] (l/h)</p>
<p>Output: Garantía financiera propuesta</p> <p style="text-align: right;">[] (€)</p>

Ilustración 3. Extracto de una de las 3 hojas de cálculo diseñadas para la estimación de la garantía financiera.

Es interesante destacar que la herramienta de cálculo dispone de una serie de chequeos intermedios que informan al usuario sobre si los datos que introduce se encuentran dentro o fuera del rango de valores para el cual se ha validado el modelo. Estos rangos se han establecido a partir de la muestra de instalaciones empleada en el análisis estadístico de la Tabla de Baremos.

Los valores mínimos y máximos de las variables explicativas, con los que se comparan los datos reales, se presentan en el libro Excel en una tabla similar a la que se expone en la Ilustración 4.

INTRODUCIR LOS VALORES MÍNIMOS Y MÁXIMOS DE LA MUESTRA		
RANGO DE VALORES PARA LOS QUE SE HA VALIDADO EL MODELO		
Variable	Mínimo	Máximo
Vic17		
Vic30		
Vic31		
Vic32		
Vic33		
Vvc62		
Vvc63		
Garantía financiera estimada		

Ilustración 4. Introducción en la herramienta informática de los rangos de valores para los cuales se ha validado el modelo estadístico de la Tabla de Baremos.

La recomendación general es que aquellos usuarios que pretendan utilizar el modelo introduciendo valores no contenidos en el rango de validación, tomen los resultados con las cautelas necesarias, e incluso si lo consideran más adecuado desestimen el empleo de la Tabla de Baremos, pudiendo acudir al MIRAT en el que ésta se sustenta (anejo IX).

ANEJO IX. MANUAL PARA EL EMPLEO DEL MIRAT

I. INTRODUCCIÓN

La ausencia de un registro histórico de accidentes medioambientales ha condicionado la metodología seguida para la elaboración de la Tabla de Baremos (TB) dirigida al sector de la fabricación de pinturas y tintas de imprimir. En concreto, al no disponerse de dicho registro es necesario realizar un análisis de riesgos exhaustivo del sector; el cual debe aplicarse a una muestra representativa de instalaciones, con el fin de estudiar la relación existente entre el valor de los daños que se podrían ocasionar, y una serie de variables explicativas. Este análisis de riesgos se materializa en un Modelo de Análisis de Riesgos Ambientales Tipo (MIRAT).

Por lo tanto, el análisis de riesgos realizado para el sector de la fabricación de pinturas y tintas de imprimir ofrece dos productos principales: por un lado una TB en la que se establecen las funciones matemáticas que explican la garantía financiera (GF) de cada operador; y por otro, un MIRAT que permite adaptar la evaluación de riesgos a situaciones concretas en las cuales no sea posible o no se desee emplear la TB. De esta forma, el MIRAT supone un marco de referencia general para el sector, a partir del cual cada operador puede elaborar un análisis de riesgos específicamente adaptado a sus circunstancias: instalación, operación, entorno, etc.

Como complemento al proyecto piloto de TB, se facilitó al sector la totalidad de las hojas de cálculo MS Excel empleadas para la estimación de la GF correspondiente a cada instalación. Las hojas de cálculo se acompañaron de un manual cuyo objeto es asistir a los operadores que, aún perteneciendo al sector objeto de estudio, prefieran emplear el MIRAT en lugar de la TB.

En todo caso, se recomienda que tanto los operadores que apliquen la TB como los que prefieran la aplicación del MIRAT que la acompaña, estudien en conjunto la documentación generada —memoria explicativa y anejos (principalmente el anejo IV, de determinación del daño medioambiental)—, no siendo recomendable el empleo directo de las herramientas informáticas suministradas al sector —libro Excel de la TB, y tablas y libros Excel del MIRAT—, ya que deben ser utilizadas con las debidas cautelas, y conociendo la modelización realizada.

II. ELECCIÓN ENTRE MIRAT Y TB

Posiblemente una cuestión interesante para los usuarios del presente análisis de riesgos sea qué herramienta es la más adecuada para analizar sus riesgos medioambientales: MIRAT o TB. Para responder a esta pregunta lo primero es resaltar que tanto el MIRAT como la TB son de uso voluntario por parte de los operadores —conforme establece el 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—. Por lo tanto, es competencia de cada operador decidir si analizará sus riesgos en base al MIRAT, en base a la TB, o si empleará otra herramienta alternativa para su análisis.

Por lo que respecta al MIRAT y a la TB, existen dos supuestos que pueden dirigir la elección de uno u otro:

a) Posibilidad de emplear la TB

El modelo de TB, dada su metodología, únicamente puede ser empleado por los operadores que cumplan una serie de requisitos. La Figura 1 muestra el procedimiento a seguir para evaluar la posibilidad de utilizar la TB.

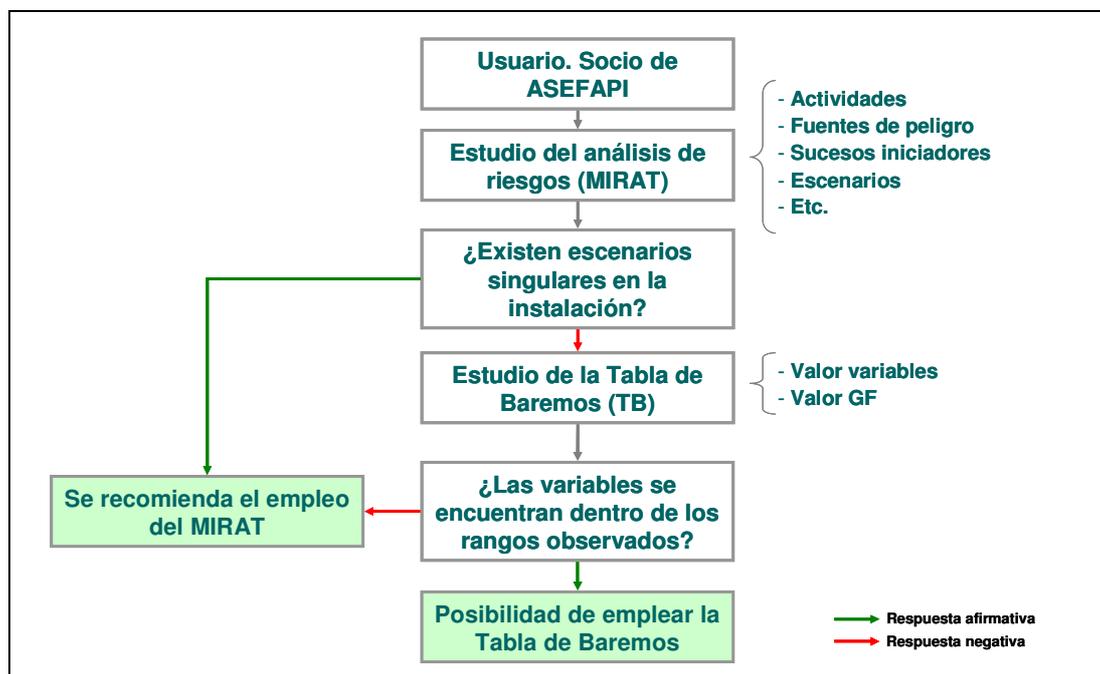


Figura 1. Posibilidad de empleo de la TB. Fuente: elaboración propia.

Conforme a este esquema, como primer paso los usuarios deben revisar el análisis de riesgos realizado (MIRAT), siendo de especial interés los capítulos dedicados al desarrollo de los árboles de sucesos que definen las actividades, sus fuentes de peligro, los sucesos iniciadores y los escenarios accidentales evaluados.

Atendiendo a esta revisión se deberá decidir si en la instalación del usuario podrían darse otros escenarios accidentales no considerados en el modelo sectorial. Dichos escenarios se denominan “escenarios singulares”.

Si existen escenarios singulares y se estima que pueden dar lugar a un daño medioambiental significativo, éstos deberán ser tenidos en cuenta en un análisis de riesgos particularizado para el operador, el cual no obstante podrá apoyarse en el MIRAT sectorial.

Por el contrario, la inexistencia de escenarios singulares es un primer indicador de homogeneidad, que posibilita plantear el empleo de la TB.

El estudio de la TB debe centrarse principalmente en los valores de las variables explicativas de la GF, y en los valores de la GF obtenidos en la muestra de instalaciones. De tal forma que el usuario analice si puede considerarse representado por la muestra o no. Con carácter general se considera que un usuario podrá emplear la TB si sus valores de las variables explicativas y de la GF —calculada con la TB—, se encuentran dentro de los rangos observados en la muestra.

b) Voluntariedad de emplear la TB

Como se ha indicado en el comienzo de este punto tanto el empleo del MIRAT como el empleo de la TB son voluntarios por parte de los operadores. Esto quiere decir que aunque se cumplan los requisitos anteriores para el empleo de la TB, algunos usuarios podrían preferir acudir al MIRAT en vez de a la TB.

Si bien la TB presenta una serie de ventajas prácticas frente al MIRAT —inmediatez en la estimación de la garantía financiera, sencillez de manejo, identificación de las variables más influyentes sobre el valor de la GF, etc. —, el MIRAT también ofrece varias ventajas que deberían ser evaluadas por los usuarios a la hora de seleccionar el modelo de análisis de riesgos que mejor se adapte a sus necesidades. Entre estas posibles utilidades del MIRAT destacar las siguientes:

- Posibilidad de particularizar el análisis realizado en la TB. Si bien la TB ofrece el resultado de aplicar el MIRAT sectorial de forma sistemática a las instalaciones de la muestra, es posible afinar este trabajo realizando un análisis de riesgos particularizado empleando el MIRAT como referencia.
- Gestión del riesgo a través de un mayor número de variables. La TB conduce a una simplificación en el número de variables que explican el valor de los daños medioambientales —ecuaciones matemáticas—. En caso de que se desee gestionar el riesgo ambiental empleando un abanico de variables superior al ofrecido por la TB, sería posible acudir al MIRAT con el fin de realizar un análisis de riesgos particularizado.

- Mayor flexibilidad. Al ser ecuaciones cerradas, la TB es relativamente más rígida que el MIRAT, ya que da al usuario un menor margen de modificación de los parámetros de entrada. De esta forma, el MIRAT posibilita la incorporación de modificaciones en el modelo que la TB, por construcción, no permite introducir —citar como ejemplo, la posibilidad de existencia de escenarios singulares—.

III. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DISEÑADO EN EL MIRAT

El manual para el empleo de las hojas de cálculo del MIRAT se encuentra dividido en las siguientes fases o etapas:

FASE 1: Empleo de los árboles causales

Los árboles causales son el vínculo teórico entre las fuentes de peligro —zonas y actividades con peligro asociado—, y los sucesos iniciadores. A través de estos árboles el modelo estima la probabilidad de ocurrencia de cada suceso iniciador: vertido de resina, vertido de disolvente, vertido desde EDAR e incendio; así como el volumen derramado empleado para los cálculos de cuantificación del daño.

FASE 2: Empleo de los árboles consecuenciales

Los árboles consecuenciales representan el enlace entre los sucesos iniciadores y los escenarios accidentales. Para su diseño se han tenido en cuenta una serie de factores —internos y externos a la instalación—, los cuales determinan la evolución y los efectos de los sucesos iniciadores.

FASE 3: Determinación del daño

La determinación del daño es el procedimiento mediante el cual, partiendo de la identificación del agente causante de daño, se cuantifican los efectos que éste causa sobre los recursos naturales. Esta fase incluye la estimación de la intensidad, la extensión y la escala temporal, así como la evaluación de la significatividad, del hipotético daño medioambiental.

FASE 4: Monetización del daño

La Comisión Técnica de Prevención y Reparación de Daños Medioambientales (CTPRDM), ha desarrollado una herramienta específica para la valoración económica de los daños medioambientales. Esta herramienta, denominada Modelo de Oferta de Responsabilidad Ambiental (MORA), se encuentra actualmente disponible a través de un buzón habilitado por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA).

Tanto la dirección de correo electrónico a la cual pueden enviarse los parámetros de entrada de MORA, como la descripción del proyecto pueden consultarse en la página web del MAGRAMA: www.magrama.es.

FASE 5: Cálculo de la garantía financiera

Aquellos usuarios que deseen calcular el importe de su garantía financiera conforme con el régimen de responsabilidad medioambiental, deberán realizar las operaciones previstas en el artículo 33 del 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. Según establece este artículo, los pasos a seguir son los siguientes:

1. Determinar el coste de la reparación primaria asociado a cada escenario accidental. Para ello, como se ha indicado, podrán emplearse los datos suministrados por la herramienta MORA.
2. Calcular el riesgo asociado a cada escenario accidental como el producto entre la probabilidad de ocurrencia del escenario y el valor del daño medioambiental.
3. Seleccionar los escenarios de menor coste asociado que agrupen el 95 por ciento del riesgo total.
4. Establecer como propuesta de cuantía de la garantía financiera el valor del daño medioambiental más alto entre los escenarios accidentales seleccionados.

Una vez determinada la cuantía de la garantía financiera obligatoria, los costes de prevención y evitación del daño pueden estimarse como mínimo, en el diez por ciento del importe total de la garantía determinada de acuerdo con los apartados precedentes.

IV. INFORMACIÓN DE APOYO

Análisis de riesgos medioambientales

COMISIÓN TÉCNICA DE PREVENCIÓN Y REPARACIÓN DE DAÑOS MEDIOAMBIENTALES, 2011. Estructura y contenidos generales de los instrumentos sectoriales para el análisis del riesgo medioambiental.

Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental. BOE núm. 255.

Empleo de los árboles consecuenciales

INSTITUT NATIONAL D'ETUDES 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.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (INSHT). Ministerio de Trabajo e Inmigración, Gobierno de España. Notas técnicas de prevención:

- NTP 37. Riesgo intrínseco de incendio (II)
- NTP 100. Evaluación del riesgo de incendio. Método de *Gustav Purt*

Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.

Determinación del daño

ANDERSON, Hal E., 1982. Aids to determining fuel models for estimating fire behavior. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. INT-122, 22p. Intermt. For. and Range Exp. Stn., Ogden, Utah 84401.

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., 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.

CHOW, V.T.; Maidment, D.R.; Mays, L.W., 1994. Hidrología Aplicada. McGraw-Hill, Bogotá.

COMISIÓN TÉCNICA DE PREVENCIÓN Y REPARACIÓN DE DAÑOS MEDIOAMBIENTALES (CTPRDM), 2011. Documento resumen de la funcionalidad del Modelo de Oferta de Responsabilidad Ambiental (MORA).

CONCAWE, 1979 - Protection of groundwater from oil pollution, Brussels.

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO (CHE), 2009. Estudios censales de peces en los embalses de Albiña, Urrúnaga y Ullivarri de la cuenca del Ebro para la futura incorporación de este indicador biológico a la evaluación del potencial ecológico.

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.

GRIMAZ S., ALLEN S., STEWART J., 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., DOCETTI 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.

Páginas web

http://www.asturias.es/Asturias/descargas/PDF_TEMAS/Agricultura/Politica%20Forestal/estrategia_incendios.pdf

<http://sig.marm.es/recursossub/visor.html?herramienta=Piezometros>

<http://www.igme.es/internet/ServiciosMapas/siasespana/sias-es.html>

<http://hercules.cedex.es/anuarioaforos/afo/estaf-codigo.asp>

<http://servicios2.marm.es/sia/consultas/servlet/consultas.GlobalFilter?>

<http://ecb.jrc.ec.europa.eu/esis/>

<http://www.cienytech.com/tablas/Tabla-miscibilidades-cruzada.pdf>

<http://calculadores.insht.es:86/Seguridadcontraincendios/Introducci%C3%B3n.aspx>

Monetización del daño

COMISIÓN TÉCNICA DE PREVENCIÓN Y REPARACIÓN DE DAÑOS MEDIOAMBIENTALES (CTPRDM), 2011. Documento resumen de la funcionalidad del Modelo de Oferta de Responsabilidad Ambiental (MORA).

Páginas web

www.marm.es

www.frtr.gov

Cálculo de la garantía financiera

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. BOE núm. 308.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, 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