



**MODELO DE INFORME DE RIESGOS  
AMBIENTALES TIPO (MIRAT)  
PARA EL SECTOR DEL ACEITE DE OLIVA Y DE  
OLEAGINOSAS**

**EJEMPLO PRÁCTICO 1: Extractora y refinería de  
oleaginosas**

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



## Índice

<b>I. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD Y CARACTERIZACIÓN DE SU ENTORNO.....</b>	<b>5</b>
I.1. Normativa aplicable .....	5
I.2. Sistema de certificación ambiental .....	6
I.3. Proceso productivo .....	6
I.3.1. Descarga y almacén de semilla y aceite de girasol.....	7
I.3.2. Preparación de la semilla.....	7
I.3.3. Extracción .....	7
I.3.4. Refinación .....	8
I.3.5. Carga de producto terminado .....	9
I.3.6. Procesos auxiliares.....	9
I.4. Agentes potencialmente causantes de daños medioambientales .....	10
I.5. Medidas de prevención y evitación .....	11
I.6. Caracterización del entorno.....	15
<b>II. IDENTIFICACIÓN DE ESCENARIOS ACCIDENTALES RELEVANTES .....</b>	<b>16</b>
II.1. Zonificación de la instalación e identificación de fuentes de peligro.....	16
II.2. Identificación de los sucesos iniciadores y sus causas.....	17
II.2.1. Preparación de la semilla.....	18
II.2.2. Extracción .....	18
II.2.3. Refinería.....	19
II.2.4. Infraestructuras auxiliares.....	20
II.2.5. Sucesos iniciadores singulares.....	23
II.3. Factores condicionantes.....	24
II.3.1. Preparación de la semilla.....	25
II.3.2. Extracción .....	25
II.3.3. Refinería.....	25
II.3.4. Infraestructuras auxiliares.....	26
II.4. Escenarios accidentales .....	27
<b>III. ESTIMACIÓN DE LA PROBABILIDAD ASOCIADA A CADA ESCENARIO .....</b>	<b>29</b>

III.1. Parámetros de probabilidad de los sucesos iniciadores .....	33
III.1.1. Antigüedad .....	33
III.1.2. Mantenimiento .....	33
III.1.3. Medidas de control.....	34
III.1.4. Personal .....	35
III.1.5. Detección de fugas .....	36
III.1.6. Valor DPCE.....	36
III.2. Factores condicionantes.....	37
III.2.1. Detección y contención de fugas en depósitos .....	37
III.2.2. Detección y contención de fugas en equipos .....	39
III.2.3. Detección en los tratamientos en la depuradora .....	39
III.2.4. Pavimento .....	40
III.2.5. Detección y extinción de incendios.....	41
III.2.6. Capacidad de expansión .....	42
III.2.7. Gestión de aguas.....	43
III.3. Árboles de sucesos .....	44
III.3.1. Cálculo de la probabilidad de los sucesos iniciadores .....	45
III.3.2. Cálculo de la probabilidad de los escenarios accidentales .....	46
<b>IV. CÁLCULO DEL IDM DE CADA ESCENARIO.....</b>	<b>46</b>
IV.1. Cálculo del volumen de vertido.....	48
IV.1.1. Volumen de vertido en caso de derrame de sustancias.....	49
IV.1.2. Volumen de vertido en caso de incendio/explosión .....	53
IV.2. Identificación de recursos naturales potencialmente afectados.....	59
IV.2.1. Daños al suelo y a las aguas subterráneas.....	59
IV.2.2. Daños al agua marina .....	61
IV.2.3. Resumen de recursos afectados .....	63
IV.3. Asignación de valores a los multiplicadores del IDM .....	63
IV.4. Cálculo del IDM de cada escenario accidental.....	64
<b>V. ESTIMACIÓN DEL RIESGO ASOCIADO A CADA ESCENARIO .....</b>	<b>65</b>

<b>VI. SELECCIÓN DEL ESCENARIO ACCIDENTAL DE REFERENCIA .....</b>	<b>66</b>
<b>VII. DETERMINACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DEL DAÑO ASOCIADO AL ESCENARIO ACCIDENTAL DE REFERENCIA.....</b>	<b>68</b>
VII.1. Extensión del daño medioambiental.....	68
VII.2. Intensidad del daño medioambiental.....	69
VII.3. Escala temporal del daño medioambiental.....	69
VII.4. Significatividad del daño medioambiental .....	70
<b>VIII.MONETIZACIÓN DEL DAÑO ASOCIADO AL ESCENARIO ACCIDENTAL DE REFERENCIA</b>	<b>70</b>
<b>IX. EVALUACIÓN DE LA NECESIDAD DE CONSTITUIR UNA GARANTÍA FINANCIERA.....</b>	<b>71</b>
<b>X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>72</b>

## **Anexos**

ANEXO I: Árboles de sucesos

ANEXO II: Tabla de cálculo del IDM

ANEXO III: Informes de MORA

## I. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD Y CARACTERIZACIÓN DE SU ENTORNO

La actividad que realiza la instalación objeto de estudio consiste en la extracción y refinado de aceite de soja y en el refinado de aceite de girasol.

La instalación permanece abierta 365 días/año durante 24 horas/día—salvo en la parada de mantenimiento, que se realiza una vez al año y por lo general no excede de un mes—.

La instalación está situada en zona costera, lo cual permite la carga y descarga de mercancía en barco desde el muelle. Dada la ubicación de la fábrica, en caso de accidente el recurso más afectado será previsiblemente el agua marina, no obstante esto será objeto de un análisis más detallado en los epígrafes siguientes.

A continuación se realiza una pequeña descripción de la actividad para posteriormente evaluar los sucesos iniciadores y escenarios accidentales que pueden conllevar un daño ambiental.

El presente caso práctico se ha realizado en base a una instalación tipo definida a partir de datos recopilados en distintas visitas a instalaciones que realizan las actividades de extracción y refinado de aceite de oleaginosas.

A petición de algunas de las instalaciones visitadas, que consideraban determinados datos de producción, almacenamiento, etc. de carácter confidencial, la información obtenida en dichas visitas se ha modificado para la realización de este ejercicio práctico. Por esta razón, los datos que aparecen en el presente ejemplo si bien tienen una base real son completamente ficticios. En este sentido, merece la pena resaltar que dado el carácter confidencial del Documento de Protección Contra Explosiones (DPCE), no ha sido posible tener acceso a dicho documento en ninguna de las instalaciones visitadas, por lo que la información referida al DPCE ha tenido que ser completada con datos no reales.

Por último, hacer hincapié en que todos los datos que hacen referencia a las características del medio en la zona en la que se encuentra ubicada la instalación son igualmente ficticios.

De esta forma, en el presente caso práctico se recogen únicamente los datos necesarios para ilustrar la metodología expuesta en el MIRAT. No obstante, los operadores del sector deberán aportar en sus correspondientes análisis de riesgos medioambientales la totalidad de los datos y procesos necesarios para el análisis y cálculos de sus riesgos.

**Cuadro 1.** Aclaración sobre los datos utilizados para la realización de este caso práctico. Fuente:  
Elaboración propia.

### I.1. NORMATIVA APLICABLE

El primer tipo de actividades recogidas en el Anexo III de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental (LRMA), son aquéllas que se encuentran sujetas a una autorización de conformidad con la Ley 16/2002, de 1 de julio, de Prevención y Control Integrados de la Contaminación (Ley IPPC).

La instalación objeto de estudio se ve sometida a Autorización Ambiental Integrada (AAI) como consecuencia del siguiente proceso que lleva a cabo —el cual queda incluido en el anejo 1, apartado 9.1.b.2)—:

“Materia prima vegetal de una capacidad de producción de productos acabados superior a 300 toneladas por día o 600 toneladas por día en caso de que la instalación funcione durante un período no superior a 90 días consecutivos en un año cualquiera.”

Por el hecho de presentar AAI, esta instalación ya se encuentra indudablemente incluida en el Anexo III de la LRMA; sin embargo, cabe destacar que su actividad quedaría recogida, a su vez, por los siguientes apartados:

- El punto 5 del Anexo III —“Todos los vertidos en aguas interiores y mar territorial sujetos a autorización previa de conformidad con lo dispuesto en la ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas y en la legislación autonómica aplicable.”— como consecuencia del vertido de aguas residuales tratadas, resultantes del proceso, al mar.
- El apartado 8 del Anexo III referido a la fabricación, utilización, almacenamiento, transformación, embotellado, liberación en el medio ambiente y transporte in situ de sustancias y preparados peligrosos. Considerándose como peligrosas las sustancias y preparados con propiedades explosivas, comburentes, inflamables, corrosivas, peligrosas para el medio ambiente, etc.

La instalación objeto de estudio presenta varias sustancias que quedarían englobadas bajo la caracterización de sustancia peligrosa y que podrían originar daño al medio ambiente en caso de accidente.

## **I.2. SISTEMA DE CERTIFICACIÓN AMBIENTAL**

La instalación está adherida a diversos sistemas de gestión ambiental y de calidad. Así, cuenta con:

- Sistema de Gestión de Calidad ISO 9.001:2008 para los procesos de Refinación y Venta de aceites comestibles.
- Sistema de Gestión Medioambiental ISO 14.001:2004 y OHSAS 18001:2007 (Occupational Health and Safety Management System) para toda la planta.
- EFISC para harinas (que incluye APPCC, Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos, para toda la planta).

## **I.3. PROCESO PRODUCTIVO**

Como se ha indicado previamente, esta planta extrae y refina aceite de soja —para lo cual recibe como materia prima la semilla de soja— y refina aceite de girasol —proceso para el cual importa aceite de girasol crudo—. Por tanto, las fases de preparación y extracción de la semilla hacen referencia únicamente a la semilla de soja, mientras que el refinado es una fase común a la producción de aceite de soja y de girasol.



### **I.3.1. Descarga y almacén de semilla y aceite de girasol**

Las semillas de soja llegan en barco al muelle, desde donde se descargan en una tolva que dosifica la cantidad que se incorpora a la cinta transportadora que dirige las semillas hasta la instalación. La cinta transportadora está cubierta para evitar el deterioro de la semilla.

La semilla pasa a otra tolva en la que se produce el aspirado de polvo para posteriormente, una vez limpia, acumularse en la zona de almacenamiento de materia prima de la instalación. Para este fin la instalación cuenta con dos almacenes, que se encuentran igualmente cubiertos para evitar posibles alteraciones de la semilla.

Por debajo de la cota de suelo existe una galería con una cinta transportadora que permite, por un sistema de trampillas, seleccionar la zona del almacén de la que se quiere tomar la semilla para su traslado hacia el silo diario, desde donde se incorpora a proceso.

El aceite de girasol llega igualmente por barco, y previamente a su utilización se almacena en el parque de almacenamiento en la zona de recepción de materia prima.

### **I.3.2. Preparación de la semilla**

La semilla de soja contenida en el silo diario pasa a continuación a la primera fase del proceso, la preparación de la semilla, que abarca las siguientes subetapas:

- Medición
- Separación
- Limpieza (se eliminan palos, vainas, etc.)
- Calentamiento
- Triturado
- Descascarillado
- Laminado

### **I.3.3. Extracción**

Tras la preparación de la semilla comienza la extracción de aceite. En primer lugar la semilla pasa por el extractor donde se realiza un lavado con disolvente (hexano). De este proceso se obtienen dos productos:

- Harina con hexano, que se somete a las siguientes fases:
  - Desolventización: Proceso que elimina el disolvente mediante vapor directo e indirecto.
  - Secado con aire caliente para bajar la humedad que se ha añadido durante la desolventización.
  - Fase de enfriamiento.
  - Molienda y criba en la zona de preparación de la semilla.
  - Transporte al almacén de producto terminado.
- Miscela —aceite con hexano—. Las fases que se aplican a la miscela son las siguientes:

- Destilación en una planta de extracción a altas temperaturas: Proceso mediante el cual se obtiene el aceite crudo.
- Centrifugación.
- Fase de hinchamiento: Consiste en la separación de la lecitina —la cual se comercializa— y del aceite crudo —que o bien se refina o bien se carga en cisternas para su venta directa—.

Durante todo el proceso el hexano está circulando en un circuito cerrado (evaporación-condensación). Para ello no existen torres de refrigeración, sino licuadores que funcionan mediante agua de mar que se capta por bombeo y se incorpora directamente al proceso por lo que la maquinaria tiene las medidas anticorrosivas oportunas.

#### **I.3.4. Refinación**

En la instalación se lleva a cabo un refinado de tipo químico. Se refina el aceite de soja resultante de la extracción y el aceite de girasol importado —para este último se incorporan subprocesos adicionales para eliminar las ceras: producción de frío para descerado y winterizado—.

Las etapas del refinado son:

- Desgomado: Paso previo a la refinación mediante el cual se eliminan los compuestos fosfátidos adicionando ácido fosfórico.
- Neutralización alcalina: Esta fase tiene como objetivo eliminar la acidez natural del aceite —debida a los ácidos grasos libres y al ácido fosfórico añadido en la etapa previa al aceite crudo—. En primer lugar se eliminan los ácidos grasos por saponificación, de este proceso se obtiene:
  - Aceite decantado, que contiene residuos de jabón, solución alcalina y otras impurezas; por ello, debe someterse a un lavado antes de pasar a los siguientes procesos.
  - Pastas jabonosas, que se comercializan o se envían a desdoblamiento de pastas.
- Winterización: Sólo se aplica para el aceite de girasol. Se eliminan las ceras del aceite mediante centrifugas y filtros (tierras filtrantes). Una vez se han utilizado las tierras, se mezclan con agua generando una papilla, evitando así el peligro de autoignición que podrían presentar.
- Decoloración: En esta fase se procede a la eliminación de pigmentos (decoloración) mediante tierras decolorantes y carbón activo. Las tierras decolorantes agotadas tienen todavía un 30% de grasa y al igual que las tierras filtrantes se humedecen para evitar el riesgo de autoignición. Sin embargo, el carbón activo una vez utilizado se almacena en sacas en el exterior sin humedecer por lo que conserva el riesgo de autoignición.
- Desodorización en condiciones de vacío y alta temperatura: Por este proceso se eliminan los ácidos grasos libres, los olores y los sabores. Se emplea nitrógeno para eliminar el oxígeno que ha quedado mezclado con el aceite tras la desodorización, evitando que se pueda producir la oxidación del producto final.

- Adición de ácido cítrico con el objeto de que actúe como antioxidante del producto obtenido.

### **I.3.5. Carga de producto terminado**

Hay un almacén específico para harinas junto al que se ha habilitado una zona para la carga de camiones, los cuales recogen el producto terminado y son pesados en la báscula situada a la salida de la fábrica.

Existe también una zona para la carga de aceite en camiones cisternas que se encuentra en el área adyacente al parque de almacenamiento.

La carga en barcos se hace a través de una tubería que conecta el parque de almacenamiento con el puerto.

### **I.3.6. Procesos auxiliares**

En la instalación se realizan además otros procesos auxiliares al proceso de producción de aceite propiamente dicho, éstos son:

- Depuración: La instalación cuenta con una depuradora de tratamientos físico-químico y biológico. Todas las aguas de proceso de la planta son llevadas por la red de drenaje a la depuradora donde son tratadas. En caso de un derrame que fuese a parar a la red de pluviales o de drenaje, éste podría derivarse de forma automática a la depuradora.
- Ósmosis: El agua potable se trata en la planta de ósmosis inversa antes de pasar a la zona de calderas para corregir su calidad hasta unos valores normalizados y adecuados para generar vapor de agua.
- Desdoblamiento de pastas: A partir de las pastas jabonosas obtenidas en la neutralización mediante un proceso de decantación —en el que se añade ácido sulfúrico y agua— se obtienen las oleínas. Como residuo de este proceso se generan las aguas ácidas, que se depositan en la zona de almacenamiento de productos químicos para controlar su pH hasta que se envían a la depuradora.

#### I.4. AGENTES POTENCIALMENTE CAUSANTES DE DAÑOS MEDIOAMBIENTALES

Una vez detallado el tipo de actividad, es importante identificar las sustancias manejadas y/o almacenadas durante el proceso, así como los productos finales, susceptibles de originar un daño al medio ambiente en caso de accidente. Atendiendo a las características del operador se identifican las siguientes sustancias y elementos:

- Aceite
- Aguas ácidas
- Aguas residuales
- Ácido cítrico
- Ácido fosfórico
- Ácido sulfúrico
- Carbón activo agotado
- Gas natural
- Gasoil
- Harinas
- Hexano
- Lecitinas
- Lodos de depuradora
- Oleínas
- Pastas jabonosas
- Semillas
- Sosa cáustica
- Tierras filtrantes y decolorantes

Algunas de estas sustancias finalmente no se han tenido en cuenta dado que se ha optado por valorar aquéllas que bien por su grado de peligrosidad, por sus propiedades físico-químicas, o bien por la cantidad en la que se manejan, se considera que pueden realmente generar un daño medioambiental relevante atendiendo a las características del operador evaluado. En este sentido, a continuación se detallan los motivos que han llevado a la eliminación de algunas de las sustancias consideradas en la fase inicial del proyecto en los árboles de sucesos.

- Ácido cítrico: Se almacena y utiliza en la refinería. Se transporta en sacas hasta el interior de la misma, donde se almacena en un armario. Las pequeñas cantidades manejadas de esta sustancia, y el estado físico en el que se encuentra —sólido— permiten prever que un vertido o fuga podría ser fácilmente controlado sin que llegase a ocasionar un daño al medio ambiente.
- Lecitinas: Tienen una viscosidad lo suficientemente elevada (70-90 poises) como para que se considere que en caso de fuga o vertido, debido a su reducida movilidad, se puedan eliminar del lugar donde se ha producido el derrame antes de que puedan llegar a generar un daño a los recursos naturales.

- Lodos de la depuradora: A través de la consulta a expertos, se han clasificado como sustancia no peligrosa, por lo que no se considera que puedan generar daños relevantes a los recursos naturales al menos en comparación con las restantes fuentes de peligro presentes en la instalación.
- Pastas jabonosas: Debido a su composición y tras la consulta con el panel de expertos del sector, se concluyó que esta sustancia carece de propiedades que le confieran peligrosidad, por lo que no se daría afección relevante a los recursos naturales en caso de vertido.
- Tierras filtrantes y decolorantes: Tal y como se ha comentado previamente, el hecho de que las tierras se humedezcan una vez agotadas, hace que el riesgo de autoignición no sea relevante —siendo este el único peligro asociado a las mismas—.

Por lo tanto, como criterio de partida, se considera que las únicas sustancias existentes en la instalación que entrañan un riesgo relevante son:

- Aceite
- Aguas ácidas
- Aguas residuales
- Ácido fosfórico
- Ácido sulfúrico
- Carbón activo agotado
- Gas natural
- Gasoil
- Harinas
- Hexano
- Oleínas
- Semillas
- Sosa cáustica

### **I.5. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y EVITACIÓN**

En este apartado se mencionan brevemente algunas de las medidas de prevención y evitación, dándole especial relevancia a las medidas de contención. Dichas medidas, en caso de accidente, podrían evitar o atenuar un posible daño al medio receptor. En la Tabla 1 se muestran las diferentes medidas — clasificadas por tipo (prevención-evitación y contención) y por la zona de la instalación en la que están presentes—.

MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y EVITACIÓN POR ACTIVIDAD			
Actividad	Zona	Medidas de prevención-evitación	Medidas de contención
Preparación	Preparación de la semilla	Medidas de detección de chispas e incendios	Sistemas de vapor
Extracción	Extracción	Medidas en los tanques de hexano (control de T <sup>º</sup> , alarma llenado, doble pared, etc.) Detectores de llama de infrarrojos Sistemas de extinción Cintas de continuidad	Sistemas de diluvio Trampa de hexano Barrera de vapor
Refinación	Refinación	Medidas para evitar la generación de chispas en los equipos	Arquetas
Infraestructuras auxiliares	Depuradora	Alerta de sobrellenado Control de calidad (pHmetros, etc.)	Trampilla para cerrar su salida a mar
	Almacén de químicos no inflamables	Medidas anticorrosivas Detectores de nivel y de llenado	Cubeto Arquetas
	Almacén de producto terminado/ Parque de almacenamiento (aceite)	Medidores de presión Detectores de nivel	Cubeto
	Almacén de producto terminado (harinas)	Silos horizontales	
	Almacenes de residuos y subproductos	Aumento de la humedad de tierras agotadas	Cubeto
	Zona de desdoblamiento de pastas		Cubeto
	Carga de producto terminado (aceite)	Supervisión por parte del personal	Arquetas con cubetos
Medidas globales (comunes a toda la instalación)		Tareas automatizadas Redes de drenaje y pluviales separadas Pavimento	Redes cerradas Depósitos intermedios de almacén de vertidos

**Tabla 1.** Medidas de evitación y contención presentes en la instalación objeto de estudio. Fuente: Elaboración propia.

Las medidas citadas en la tabla anterior se describen con mayor detalle a continuación, mencionándose también otras medidas globales con las que cuenta la instalación:

– Preparación de la semilla

En la zona de preparación de semillas existen medidas de evitación, como son la detección de chispas e incendios, para tratar de disminuir el riesgo de incendio.

Existen sistemas de vapor que se activan al aumentar la temperatura de los equipos, para evitar la propagación de un incendio en el supuesto de que este se genere.

– Extractora

Los tanques de hexano se encuentran semienterrados, son tanques de doble pared, de material antioxidante, y disponen de medidas contra incendios. Presentan controles de temperatura y alarma de llenado. Además, la zona de descarga de hexano se encuentra equipada con cintas de continuidad —materiales que protegen de la electricidad estática—.

En caso de incendio en la zona de extracción, el fuego se detectaría mediante el sistema de detección de llama por infrarrojos que activaría una alarma. Aparte, la activación de un sistema de diluvio durante 2 horas contendría la fuga de hexano. El agua se libera mezclada con espumógeno al

3% para aumentar su efectividad. También existe una trampa de hexano —sistema de recogida subterráneo— con capacidad para recoger todo el hexano del área de extracción.

Para alertar sobre posibles fugas de hexano la extractora cuenta con detectores de hexano y controles de proceso.

De forma adicional, existe una barrera de vapor en la zona de hexano que actuaría como medida de contención en caso de fuga de vapores de hexano en la zona de extracción.

– Refinería

En la zona de refinería la presencia de arquetas permite recoger posibles vertidos de esta fase del proceso y lo derivan a la red de drenaje.

Además, existe riesgo asociado a la utilización de tierras filtrantes, las cuales una vez utilizadas pueden presentar riesgo de ignición, ya que se encuentran impregnadas en aceite caliente. Para evitar este riesgo, las tierras se mezclan con agua. En el caso del carbón activo, tal y como se ha comentado previamente, el riesgo de autoignición persiste.

– Depuradora

Las aguas de proceso de toda la instalación van a la depuradora, que cuenta con sistemas de control tales como alerta de sobrellenado.

Existe un tanque de recepción de las aguas previo al proceso de depuración cuyo volumen de llenado no supera, por lo general, el 30% de su capacidad total, de tal forma que en caso de accidente pueda haber espacio suficiente para albergar el vertido, el cual se bombearía desde la red de drenaje o de pluviales.

Como medida adicional, a la salida de la depuradora se realizan controles de calidad (parámetros físico-químicos) que permiten detectar si el agua que pasa al tratamiento biológico está en las condiciones requeridas. Esto permitiría repetir el tratamiento primario si fuese necesario. A su vez se realizan controles biológicos en la zona de vertido al mar, en caso de que no se alcancen los niveles de calidad adecuados, se cerraría de forma manual la salida que se encuentra equipada con una trampilla.

– Almacén de químicos no inflamables

La sosa cáustica, y los ácidos fosfórico y sulfúrico, se encuentran en tanques que cuentan con medidas anticorrosivas que evitan que los materiales se oxiden, detectores de nivel y detectores de llenado.

Todos los tanques están rodeados por un cubeto que, en caso de accidente, tendría capacidad para albergar el contenido del tanque de mayor volumen.

El tanque de las aguas ácidas obtenidas a partir del desdoblamiento de pastas, se encuentra junto con los depósitos de químicos no inflamables, compartiendo cubeto, de tal forma que en caso de

accidente el cubeto común a todos los tanques sería capaz de contener el volumen del tanque de mayor capacidad.

En la zona adyacente al almacenamiento se sitúa una arqueta que redirige las posibles fugas que se den durante el proceso de llenado/vaciado de los tanques hacia la red de drenaje.

- Almacén de producto terminado (Parque de almacenamiento)

En el parque de almacenamiento se encuentran todos los tanques de aceite rodeados por un cubeto, siendo la capacidad de éste la equivalente al tanque de mayor volumen.

Hay medidores de presión en todos los tanques con bombas para controlar el aumento de presión y presencia de detectores de nivel de llenado.

- Almacén de producto terminado (harinas)

Al tratarse de una zona con riesgo de formación de atmósferas explosivas por la generación de polvo, cuenta con un sistema de almacenamiento en silos horizontales, lo cual reduce sustancialmente el riesgo en comparación con el almacenamiento en silos verticales.

- Almacenes de residuos y subproductos

Los residuos líquidos se encuentran almacenados en bidones, en el interior de un armario situado en la zona exterior de la instalación —zona que, a excepción del área que rodea a este almacenamiento de líquidos, se encuentra en su mayoría sin pavimentar—. Dicho armario está dividido en compartimentos, cada uno de los cuáles cuenta con un cubeto con capacidad para retener la totalidad de las sustancias almacenadas. Todos los contenedores se encuentran debidamente sellados y etiquetados, conforme la normativa vigente.

Los residuos inertes se encuentran colocados en la zona contigua al almacén de residuos líquidos, siendo esta zona la única de la instalación sin pavimento.

- Zona de desdoblamiento de pastas

Las oleínas cuentan con su propio cubeto con capacidad para recoger toda la cantidad almacenada.

- Carga de producto terminado

La carga de líquido en los barcos siempre se hace bajo supervisión para evitar posibles derrames.

La carga de producto terminado en los camiones cisternas se realiza sobre pavimento en pendiente, de tal forma que ante cualquier posible vertido todo se redirigiría hacia dos arquetas que van a parar a sendos cubetos —de 1,5 m<sup>3</sup> de capacidad cada uno— para su posterior recuperación.



– Generales a la instalación

En general, en la instalación las tareas están automatizadas de modo que si algún proceso se desvía de lo estándar se activa una alarma e incluso puede producirse la parada del proceso de tal forma que se minimice el riesgo. Así mismo existe un control de seguridad para el hexano de tal forma que si algún parámetro se desvía de los estándares marcados la actividad se frena o se modifica para evitar el riesgo.

En cuanto al pavimento, es importante destacar que casi la totalidad de la instalación se encuentra pavimentada y este pavimento está en buen estado. Está diseñado en forma de “V” con el objetivo de canalizar el agua de lluvia hacia la salida al mar que posee la instalación. Esta salida a su vez puede bombear el agua a la depuradora en caso de que se detecte contaminación en ella, y presenta una trampilla para cerrar la salida al mar.

La instalación cuenta con redes de drenaje y de pluviales separadas, que pueden derivarse a la depuradora.

La instalación posee también depósitos intermedios de acumulación de vertidos que actuarían como contención en caso de vertido o lluvia excesivos, de forma que retendrían la sustancia hasta que pueda enviarse a la depuradora para su tratamiento.

## **I.6. CARACTERIZACIÓN DEL ENTORNO**

En relación a lo señalado por la LRMA, en el presente informe se deben indicar cuáles son los recursos naturales que podrían verse afectados por un eventual daño. En este caso, se recuerda que se trata de una instalación ficticia por lo que dicho entorno también lo es. En el marco de la presente instalación se asume que los recursos naturales existentes en su entorno que pueden sufrir un daño medioambiental relevante serían el agua marina, el suelo y las aguas subterráneas —al tratarse de una instalación supuestamente ubicada en suelo permeable y sobre un acuífero—. En este sentido, como premisa de partida, se considera que en el entorno de la instalación no existen poblaciones relevantes de especies silvestres que pudieran verse afectadas de forma relevante por los hipotéticos accidentales medioambientales que pudieran ocasionarse.

En las proximidades de la instalación no existen hábitat susceptibles de ser dañados ya que la instalación se supone ubicada en un polígono industrial (no hay en las cercanías Espacios Naturales Protegidos, ni hábitat prioritarios, ni zonas pertenecientes a la Red Natura 2000, no existiendo vegetación natural próxima). Así mismo, se ha trabajado sobre la hipótesis de que no existen cursos fluviales en un radio de 500 metros.

## II. IDENTIFICACIÓN DE ESCENARIOS ACCIDENTALES RELEVANTES

### II.1. ZONIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE PELIGRO

Previamente a la identificación de los sucesos iniciadores y de los escenarios accidentales, ha sido necesario realizar una zonificación de la instalación. Dicha zonificación atiende únicamente a las distintas zonas presentes en la instalación que conllevan un peligro relevante atendiendo a las características del operador objeto de estudio por lo que se han eliminado las áreas sin peligros relevantes en relación con las restantes fuentes de peligro existentes en la instalación.

Una vez aplicada a la instalación la zonificación establecida en el Modelo de Informe de Riesgos Ambientales Tipo desarrollado para el sector de aceite de oliva y oleaginosas, y habiendo añadido las zonas nuevas contempladas (propias del operador analizado) y eliminado aquéllas que no existen, se han concretado las siguientes zonas:

Proceso:

- Preparación de la semilla
- Extractora
- Refinería

Infraestructuras auxiliares:

- Depuradora
- Almacenes de materia prima y producto terminado (semillas, harinas y aceite)
- Almacén de químicos no inflamables
- Almacenes de residuos y subproductos<sup>1</sup>
- Almacén de combustible
- Conducción de gas natural
- Planta de desdoblamiento de pastas

---

<sup>1</sup> En la zona de almacén de residuos y subproductos se han incluido: el armario de almacenamiento de residuos líquidos, el área de almacenamiento de inertes y el área de almacenamiento de carbón activo agotado. Este último, si bien está ubicado entre los edificios de refinería y de preparación, no pertenece a ninguno de estos sectores, y como también se trata de un residuo se ha incluido en esta categoría. Por esta razón, algunos factores condicionantes como es el pavimento, pueden tener distinto valor si se evalúa para el almacenamiento de residuos líquidos e inertes o si, por el contrario, se está estimando para la zona de almacenamiento de carbón activo agotado.

## **II.2. IDENTIFICACIÓN DE LOS SUCESOS INICIADORES Y SUS CAUSAS**

Se define suceso iniciador como el hecho físico generado por un escenario causal que da lugar a la primera de las consecuencias pudiendo generar, en función de su evolución en el espacio y en el tiempo, un accidente o incidente.

A partir de la identificación de las zonas con peligro asociado en la instalación, se han definido los sucesos iniciadores susceptibles de acontecer y los parámetros explicativos de la probabilidad de dichos sucesos iniciadores —los cuáles vienen definidos en el Documento Teórico del MIRAT para el sector del aceite de oliva y de oleaginosas—.

Así, para la instalación en estudio se han identificado los siguientes sucesos iniciadores:

- Derrame
- Explosión
- Incendio

La asociación de uno u otro tipo de suceso iniciador a cada zona depende tanto de los procesos realizados por el operador como de las sustancias manejadas en la misma. Una vez asignados los sucesos a cada una de las áreas de actividad, se ha procedido a identificar para cada uno de ellos tanto sus posibles causas como los parámetros que pueden ayudar a estimar su probabilidad de ocurrencia. Los parámetros utilizados han sido los siguientes conforme con lo previsto en la memoria del MIRAT:

- Antigüedad. Valora la edad de los equipos.
- Mantenimiento. Evalúa la existencia de un plan de mantenimiento (preventivo-predictivo y/o correctivo) y, en su caso, de un registro de operaciones.
- Medidas de control para almacenamientos de químicos y desdoblamiento de pastas. Valora el tratamiento anticorrosivo que reciben los tanques y la asiduidad con la que se realiza dicho tratamiento.
- Personal. Estudia el grado de automatización y supervisión de las actividades.
- Valor del DPCE. Según establece 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, este documento, de obligada redacción para los operadores con riesgo de explosión o incendio, ha de evaluar entre otros factores, la probabilidad de ocurrencia de los mismos. Con lo cual, la probabilidad del suceso iniciador explosión se puede obtener, por lo general, directamente del documento de protección contra explosiones (DPCE) <sup>2</sup>, para los casos en que las zonas estén incluidas en el mismo.

---

<sup>2</sup> En el caso de explosión en zonas para las que no haya DPCE, se ha optado por valorar la probabilidad de que se produzca en la zona el llamado «triángulo de fuego», que implica la presencia al mismo tiempo de combustible, comburente y un foco de ignición. Por esta razón, en los casos de explosión desde los almacenes

- Detección de fugas. Valora la presencia de medidas de detección automáticas o manuales en los almacenamientos de gasoil y residuos líquidos, como parámetro que valora la posibilidad de formación de atmósferas explosivas.

A continuación se muestra para cada actividad llevada a cabo en la instalación los sucesos iniciadores que se han identificado y sus causas, las sustancias que se verían implicadas en cada uno de ellos y los parámetros identificados como condicionantes de su probabilidad de ocurrencia. La totalidad de este proceso de identificación corresponde específicamente a las características concretas del operador objeto de análisis si bien se ha tomado como base la información ofrecida en el MIRAT sectorial. En este sentido, se recuerda que cada operador deberá adaptar las disposiciones del MIRAT a sus características concretas con el fin de que su análisis ofrezca un fiel reflejo de su realidad.

### II.2.1. Preparación de la semilla

En la zona de preparación de semillas existe posibilidad de explosión, que como causas principales tendría el incendio o la chispa.

La tabla siguiente muestra el suceso iniciador identificado en esta zona de la instalación, su código de zona y la actividad que en ésta se realiza.

SUCESOS INICIADORES			
Actividad	Zona	Código de zona	Suceso iniciador
Preparación	Preparación de semillas	A.1	Explosión en zona de preparación

**Tabla 2.** Sucesos iniciadores en zona de preparación de la semilla. Fuente: Elaboración propia.

En este caso, al tratarse de una zona ATEX, debería estar clasificada en el Documento de Protección contra Explosiones, por lo que se estimaría la probabilidad de ocurrencia de la explosión a partir de lo indicado en dicho documento.

### II.2.2. Extracción

En la zona de extracción los tipos de sucesos iniciadores que se han identificado han sido:

- Derrame
- Explosión

La tabla siguiente muestra los sucesos iniciadores asociados a la zona de extracción, indicándose también el código de zona.

---

de gasoil y residuos líquidos se ha valorado la detección de fugas como parámetro causal —y no como factor condicionante— al considerarse que, de cara a la ocurrencia de una explosión, funcionaría como medida preventiva para evitar la fuga de sustancias que podrían actuar como combustible.

SUCESOS INICIADORES			
Actividad	Zona	Código de zona	Suceso iniciador
Extractora	Extracción	B.1	Derrame de aceite en el proceso
	Extracción	B.1	Derrame de hexano en proceso
	Extracción	B.1	Derrame de hexano desde depósito
	Extracción	B.1	Explosión de hexano

**Tabla 3.** Sucesos iniciadores en extractora. Fuente: Elaboración propia.

Los dos primeros hacen referencia a un posible derrame de aceite o hexano desde la maquinaria o las tuberías de la zona de extracción. Las causas principales que pueden originar este suceso iniciador son que las tuberías o los equipos se encuentren en mal estado o que exista una mala manipulación.

En segundo lugar, se contempla la posibilidad de que exista un derrame de hexano desde los tanques de almacenamiento de esta sustancia, ubicados igualmente en la zona de extracción. Algunas de las causas que pueden derivar en un vertido de hexano son: un sobrellenado de los tanques, la incorrecta manipulación de los mismos, el estado en que se encuentren, etc.

Por último, se hace referencia a la posibilidad de generación de una atmósfera explosiva en la extractora a causa del hexano, principal sustancia utilizada en la fase de extracción.

En la zona de extracción, en los sucesos de derrame de aceite y de hexano, el cálculo de la probabilidad de ocurrencia se basará en el análisis de los parámetros antigüedad, mantenimiento y personal. Por otro lado, en el caso del suceso iniciador de explosión de hexano se ha supuesto que esta zona estaría clasificada en el Documento de Protección Contra Explosiones, puesto que las propiedades físico-químicas de este disolvente lo hacen susceptible de formar atmósferas explosivas, por tanto, para otorgarle una probabilidad de ocurrencia se acude a la catalogación que para esta zona presenta dicho documento.

### II.2.3. Refinería

En el edificio de refinería se han detectado dos tipos de sucesos iniciadores:

- Derrame
- Explosión

SUCESOS INICIADORES			
Actividad	Zona	Código de zona	Suceso iniciador
Refinería	Refinación	C.1	Derrame de aceite en proceso
	Refinación	C.1	Explosión calderas

**Tabla 4.** Sucesos iniciadores en refinería. Fuente: Elaboración propia.

El primero de ellos se asocia a un posible derrame de aceite en la maquinaria o tuberías implicadas en el proceso de refinado. Dicho derrame podría deberse a una mala manipulación o al mal estado de la maquinaria o las tuberías.

En cuanto a las calderas, se considera la posibilidad de que pueda darse una explosión como consecuencia de las condiciones de vacío y de alta temperatura a la que trabajan. En este suceso iniciador no hay una sustancia como tal implicada, sino que sería la propia explosión la que podría generar la aparición del escenario accidental.

Como se indicó anteriormente, aunque el ácido cítrico se encuentre almacenado en la refinería, no se va a considerar como posible fuente de peligro, ya que el derrame de éste podría ser fácilmente contenido dada su condición sólida, sin dar lugar a un escenario accidental relevante.

En ambos sucesos iniciadores deberán analizarse, al considerarse relevantes, los parámetros de antigüedad, mantenimiento y personal. A pesar de haberse considerado esta zona con probabilidad de explosión, se ha estimado que no queda plasmada en el DPCE, por lo cual la forma de valorar su ocurrencia parte de los parámetros causales indicados.

#### II.2.4. Infraestructuras auxiliares

En la siguiente tabla se muestran los sucesos iniciadores identificados para las infraestructuras auxiliares. Éstos se han organizado en función de la zona en la que se encuentran —depuradora, almacenes de materia prima y producto terminado, almacén de químicos no inflamables, almacén de combustible, almacenes de residuos y subproductos, zona de desdoblamiento de pastas y por último la zona de conducción de gas natural— y el tipo de suceso iniciador. Se han identificado los siguientes tipos de sucesos iniciadores:

- Derrame
- Explosión
- Incendio

SUCESOS INICIADORES			
Actividad	Zona	Código de zona	Suceso iniciador
Infraestructuras auxiliares	Depuradora	D.1	Derrame de aguas residuales durante proceso de depuración
		D.1	Derrame de aguas residuales desde depósito
		D.1	Derrame de aguas residuales por fallo en el control de calidad
	Almacenes de materia prima y producto terminado	D.2	Derrame de aceite desde parque de almacenamiento
		D.2	Derrame de aceite desde zona de carga de camiones cisterna
		D.2	Derrame de aceite desde zona de carga/descarga de barcos
		D.2	Derrame de semillas desde zona de carga/descarga de barcos
		D.2	Explosión de harinas
	Almacén de químicos no inflamables	D.3	Derrame de ácido sulfúrico
		D.3	Derrame de ácido fosfórico
		D.3	Derrame de sosa cáustica
		D.6	Derrame de aguas ácidas desde depósito
	Almacén de combustible	D.4	Derrame de gasoil
		D.4	Explosión de gasoil
	Almacenes de residuos y subproductos	D.5	Derrame de aceite mineral
		D.5	Derrame de mezcla de disolventes de laboratorio
		D.5	Explosión de mezcla de disolventes
		D.5	Incendio de carbón activo agotado
	Desdoblamiento de pastas	D.6	Derrame de oleínas
	Conducción de gas natural	D.7	Explosión de gas natural

**Tabla 5.** Sucesos iniciadores en infraestructuras auxiliares. Fuente: Elaboración propia.

En la depuradora, a pesar de que las causas sean distintas —mal estado de los equipos o tuberías que produzca una fuga durante el proceso de depuración, mal estado del depósito que produzca una fuga desde el depósito, o fallo en el sistema de control de calidad del agua resultante del tratamiento en la depuradora—, todos los sucesos iniciadores identificados hacen referencia al derrame de aguas residuales. Por esta razón, en todos los casos los parámetros que se utilizarán son la antigüedad, el mantenimiento y el personal.

En el almacén de materia prima y producto terminado, se contempla como suceso iniciador tanto el derrame de aceite como el de semillas. Dicho derrame puede tener lugar en el parque de almacenamiento de aceite —en cuyo caso las principales causas podrían ser el mal estado de los depósitos o la mala manipulación— o durante el proceso de carga/descarga desde camiones o barcos —donde la principal causa sería la mala manipulación—. En todos los casos de derrame los parámetros que se han analizado han sido la antigüedad, el mantenimiento y el personal. Por el contrario, el suceso iniciador asociado a harinas es la explosión y se ha estimado que esta zona estaría clasificada en el DPCE, por lo que habría que acudir a dicho documento para establecer su probabilidad de ocurrencia. Se incluye el escenario de explosión de harinas ya que se valora la

posibilidad de generación de atmósferas explosivas en el almacenamiento de harinas a causa del polvo.

En el almacén de químicos no inflamables se considera como suceso iniciador el posible derrame de las sustancias ahí almacenadas: sosa cáustica, ácido sulfúrico, ácido fosfórico y aguas ácidas —éstas últimas permanecen almacenadas hasta que su pH está controlado y se pueden redirigir a la depuradora—. La posibilidad de que en esta zona de almacenamiento se produzca un derrame de alguna de las sustancias puede venir determinada por el mal estado de los tanques que las contienen —por ejemplo un estado de corrosión avanzado— o por un fallo en la manipulación en los procesos de llenado, entre otros motivos. Independientemente de la sustancia vertida o de la causa que motive tal vertido, deberán analizarse los parámetros de antigüedad, mantenimiento, medidas de control en almacenamiento de químicos y personal.

En el almacén de combustibles existen dos posibles sucesos iniciadores. En primer lugar, el derrame de gasoil, cuya principal causa es el fallo en el depósito que lo contiene, y cuya probabilidad de ocurrencia vendrá determinada por la antigüedad, el mantenimiento y el personal. Y por otro lado, la explosión de gasoil, que podría estar provocada por cualquier chispa dadas las propiedades combustibles de esta sustancia. En relación con este segundo suceso iniciador; se ha supuesto que en esta instalación el almacenamiento de combustibles no aparecería clasificado en el DPCE al tratarse de un almacén móvil y no de una estructura fija, y que su probabilidad de ocurrencia debería estimarse a partir de los parámetros de mantenimiento, personal y detección de fugas de depósitos.

En los almacenes de residuos y subproductos se consideran cuatro tipos de escenarios posibles: derrame de aceite mineral, derrame de mezcla de disolventes de laboratorio, explosión de mezcla de disolventes e incendio de carbón activo agotado. A continuación se analizan brevemente tanto las causas como los distintos parámetros que pueden determinar las probabilidades de ocurrencia de cada uno de los diferentes sucesos iniciadores identificados en esta zona:

- En el caso de la mezcla de disolventes como en el de aceite mineral puede originarse un derrame del contenido de los bidones como consecuencia del mal estado de éstos, de una manipulación inadecuada, etc. Para estimar la probabilidad de ocurrencia de estos sucesos iniciadores será necesario analizar la antigüedad, el mantenimiento y el personal.
- Las sustancias que componen la mezcla de disolventes son volátiles y podrían generar atmósferas explosivas, se ha estimado que existe cierta probabilidad de explosión, sin embargo esta zona no quedaría representada en el DPCE y por tanto, para valorar su probabilidad se ha acudido a los parámetros<sup>3</sup> de mantenimiento, personal y detección de fugas.

---

<sup>3</sup> En este caso no es necesario tener en cuenta la antigüedad, dado que los bidones de almacenamiento son de 1 m<sup>3</sup> y desechables, por lo que se cambian con asiduidad.



- El carbón activo agotado contiene grasa adsorbida, por lo que presenta peligro de autoignición. El único parámetro que interviene en la ocurrencia del suceso es el personal, puesto que otros factores como la antigüedad o el mantenimiento se ha considerado que no influirían dado que el carbón activo agotado se almacena en sacas en el exterior de las naves de proceso donde permanece hasta que es recogido por un gestor autorizado.

En la zona de desdoblamiento de pastas existe la posibilidad de que haya un derrame de oleínas que puede ser debido al mal estado del depósito de decantación o a una mala manipulación de los depósitos. En este caso los parámetros a considerar para determinar la probabilidad de ocurrencia del suceso iniciador son: antigüedad, mantenimiento y personal.

En la conducción de gas natural, el único suceso iniciador que se contempla es la explosión, para estimar su probabilidad de ocurrencia se acudiría al DPCE —se asume que esta zona quedaría contemplada en el mismo—.

### II.2.5. Sucesos iniciadores singulares

Es importante reseñar que tal y como se define en el Documento Teórico del MIRAT para el sector del aceite de oliva y oleaginosas, los operadores deberán incluir en su análisis de riesgos todos aquellos escenarios susceptibles de ocurrir en su instalación aunque no se hayan descrito en éste como escenarios comunes al sector.

Tras aplicar la metodología de análisis de riesgos en la instalación objeto del ejercicio práctico, se identificaron siete sucesos iniciadores singulares, que se exponen a continuación:

- el derrame de aguas ácidas en la zona de almacenamiento de químicos
- el derrame de oleínas en la zona de desdoblamiento de pastas
- el derrame de aceite mineral en el almacén de residuos líquidos
- el derrame de la mezcla de disolventes en el almacén de residuos líquidos
- la explosión de la mezcla de disolventes en el almacén de residuos líquidos
- el derrame de aceite en la zona de carga/descarga de barcos
- el derrame de semillas en la zona de carga/descarga de barcos

El principal rasgo que hace a estos sucesos singulares con respecto a los expuestos en la documentación teórica, es que están asociados al proceso productivo concreto que se desarrolla en la instalación, y por tanto, su presencia no se puede asumir común al sector, puesto que cada operador en la búsqueda de la optimización de la gestión de sus recursos evalúa la viabilidad de realizar en su planta determinados procesos (p.e. el desdoblamiento de pastas). Por lo tanto, se incide en la necesidad de que cada operador realice su análisis de riesgos atendiendo a sus características específicas pudiendo coincidir o no con las características generales identificadas a nivel sectorial. De esta forma, el operador deberá adaptar el MIRAT a sus circunstancias concretas debiendo complementarlo siempre que sea necesario.

Actividad	Zona	Código de zona	Suceso iniciador
Infraestructuras auxiliares	Almacenamiento de materia prima y producto terminado	D.2	Derrame de aceite desde zona de carga/descarga de barcos
		D.2	Derrame de semillas desde zona de carga/descarga de barcos
	Almacén de químicos no inflamables	D.3	Derrame de aguas ácidas desde depósito
	Almacenes de residuos y subproductos	D.5	Derrame de aceite mineral
		D.5	Derrame de mezcla de disolventes
		D.5	Explosión de mezcla de disolventes
	Desdoblamiento de pastas	D.6	Derrame de oleínas

**Tabla 6.** Resumen de los sucesos iniciadores singulares presentes en la instalación. Fuente: Elaboración propia.

Otras particularidades de este ejercicio práctico están relacionadas con las zonas con peligro asociado, en este sentido merece la pena destacar que los depósitos de hexano no están en la zona de almacenamiento sino que están ubicados en la zona de extracción, y por tanto han sido considerados dentro de esa zona; y que el depósito de aguas ácidas no se encuentra en la zona de desdoblamiento de pastas sino que está en el almacén de químicos no inflamables.

### II.3. FACTORES CONDICIONANTES

En esta fase se han establecido, a partir de los sucesos iniciadores identificados y mediante un análisis de árbol de sucesos, la secuencia de eventos posibles que, con una probabilidad determinada, pueden dar lugar a los distintos escenarios de accidente que serán los que definan las consecuencias de ese suceso iniciador en el medio receptor.

Los factores condicionantes establecidos difieren según el tipo de suceso iniciador como se indica a continuación:

- ❖ Derrame de sustancias:
  - Detección y contención de fugas en depósitos. Valora los sistemas de detección y contención presentes en los distintos depósitos de almacenamiento.
  - Detección y contención de fugas en equipos. Evalúa los sistemas de detección y contención presentes en los equipos de proceso.
  - Detección de fugas en los tratamientos desarrollados en la depuradora.
  - Pavimento. Permite evaluar el estado del pavimento en cada una de las zonas.
  - Gestión de aguas. Permite valorar la presencia de una o varias redes de drenaje así como sus posibilidades de contención ante un derrame.
- ❖ Explosión e incendio:
  - Detección y extinción de incendios. Valora las medidas de detección y extinción de incendios según su grado de automatismo.

- Expansión del incendio. Representa las dos posibles ramas de evolución del incendio, una en la que se queda en el sector donde se origina, y la otra en la que se expande a toda la instalación.

Cabe resaltar que, si bien cada tipo de suceso iniciador (derrame o explosión/incendio) lleva asociado unos factores condicionantes específicos, en el caso del suceso iniciador «explosión/incendio» se ha considerado que, por lo general, siempre suele conllevar un derrame de sustancias disueltas en las aguas de extinción. Por esta razón estos sucesos iniciadores, además de los factores condicionantes específicos de la explosión o el incendio, llevan algunos propios del derrame —concretamente, el pavimento y la gestión de aguas—.

A continuación se exponen los distintos factores condicionantes tenidos en cuenta según la zona en que se origina el suceso iniciador.

### **II.3.1. Preparación de la semilla**

En el caso de la zona de preparación de la semilla se parte de un suceso iniciador de explosión que, en función de los factores condicionantes, podría dar lugar a un incendio y a su correspondiente vertido de aguas de extinción de incendios que podría tener consecuencias ambientales porque puede arrastrar sustancias tóxicas.

Los factores condicionantes que modifican la probabilidad del suceso iniciador en esta zona son: medidas de detección y extinción de incendios, la capacidad de expansión, el pavimento y la gestión de aguas.

### **II.3.2. Extracción**

En la zona de extracción se parte de cuatro posibles sucesos iniciadores diferentes, a cada uno de los cuáles le aplican unos factores condicionantes distintos.

Para el derrame de aceite en proceso se han evaluado la detección de fugas en equipos, el pavimento y la gestión de aguas.

En el supuesto de un derrame de hexano, ya sea desde proceso o desde depósito, se han analizado la detección y contención de fugas en equipos o depósito según el caso, el pavimento y la gestión de aguas.

Por último, en la explosión de hexano, al igual que en la zona de preparación se han considerado las medidas de detección y extinción de incendios, la capacidad de expansión, el pavimento y la gestión de aguas.

### **II.3.3. Refinería**

En refinería se parte de dos posibles sucesos iniciadores: derrame de aceite y explosión de calderas.

En el derrame de aceite en proceso se han considerado los siguientes factores condicionantes: la detección y contención de fugas en equipos, el pavimento y la gestión de aguas.

Por su parte, en el caso de que el suceso iniciador sea una explosión en la sala de calderas, los factores determinantes son la detección y extinción de incendios, la capacidad de expansión, el pavimento y la gestión de aguas.

#### **II.3.4. Infraestructuras auxiliares**

En la zona de la depuradora se distinguen tres posibles sucesos iniciadores: derrame de aguas residuales durante el proceso de depuración, derrame de aguas residuales desde depósito y derrame de aguas residuales por fallo en el control de calidad de la depuradora. En el derrame de aguas residuales durante el proceso de depuración se consideran los factores de detección y contención de fugas en equipos, el pavimento y la gestión de aguas. En derrame desde depósito se consideran la detección y contención de fugas desde depósitos, el pavimento y la gestión de aguas. Y por último, en los árboles de derrame por fallo en el control de calidad se han contemplado la detección de fugas en el tratamiento físico-químico y la detección de fugas en el tratamiento biológico.

En el almacenamiento de materia prima y producto terminado se distinguen cinco tipos de sucesos iniciadores. Cuatro de ellos se refieren a vertido de sustancias: derrame de aceite en el parque de almacenamiento, derrame de aceite en la carga/descarga de camiones cisterna, derrame de aceite en la carga/descarga de barcos y derrame de semillas en la carga/descarga de barcos. En todos ellos los factores considerados han sido detección y contención de fugas —en depósitos para el caso de vertido en el parque de almacenamiento y en equipos para el resto de casos de derrame—, el pavimento y la gestión de aguas. El último suceso iniciador contemplado en esta zona es la explosión de harinas, para el que se han analizado las medidas de detección y extinción de incendios, la capacidad de expansión, el pavimento y la gestión de aguas.

En el almacén de químicos no inflamables los escenarios accidentales vienen determinados por el derrame de las distintas sustancias implicadas (sosa cáustica, ácido fosfórico, ácido sulfúrico o aguas ácidas). Estos tres sucesos iniciadores se ven afectados por los factores condicionantes detección y contención de fugas en depósitos, pavimento y gestión de aguas.

En la zona de almacenamiento de combustible, hay que distinguir entre los factores que afectan al suceso iniciador de derrame de gasoil y los que deben considerarse en el caso de explosión de gasoil. En el primer caso únicamente se ha analizado la detección y contención de fugas en depósitos ya que, al existir un cubeto con capacidad para albergar toda la cantidad de gasoil contenida en el depósito, no podría generarse nunca un vertido, por lo que no es necesario estudiar el resto de factores en el caso particular de esta instalación. En el segundo caso, se han evaluado las medidas de detección y extinción de incendios, la capacidad de expansión, el pavimento y la gestión de aguas.

Para el almacenamiento de residuos y subproductos se han identificado distintos sucesos iniciadores: derrame de aceite mineral, derrame y explosión de mezcla de disolventes de laboratorio e incendio de carbón activo agotado. Cada uno de ellos podrá dar lugar a distintos escenarios accidentales en función del efecto potenciador o atenuante que ejerzan los factores condicionantes que les afectan:

- Incendio de carbón activo agotado y explosión de mezcla de disolventes: como se ha señalado en casos anteriores, los factores condicionantes que se han considerado en ambos casos son la detección y extinción de incendios, la capacidad de expansión, el pavimento y la gestión de aguas.
- Derrame de mezcla de disolventes y de aceite mineral: se ha analizado únicamente la detección y contención de fugas en depósitos, puesto que se trata de una medida totalmente eficiente de cara a la contención del derrame al existir un cubeto con capacidad igual a la cantidad máxima que podría contener este depósito. Por esta razón el resto de factores no han tenido que ser evaluados.

En la planta de desdoblamiento de pastas el único escenario accidental contemplado es el vertido de oleínas. Solamente se ha valorado el factor de detección y contención de fugas en depósitos, por haberse estimado que las medidas presentes son lo suficientemente eficaces —al igual que ocurría en el caso de derrame de gasoil o de residuos líquidos— como para evitar el contacto con el medio.

Por último, en el caso de que el suceso iniciador sea una explosión en la conducción de gas natural, se han tenido en cuenta la detección y extinción de incendios, la capacidad de expansión, el pavimento y la gestión de aguas.

#### **II.4. ESCENARIOS ACCIDENTALES**

A partir de los sucesos iniciadores identificados anteriormente y en función de los factores condicionantes, se han identificado los diferentes escenarios accidentales que podrían originarse en la instalación objeto de estudio.

En la siguiente tabla se recogen los sucesos iniciadores por zona indicados en el apartado anterior, así como el escenario accidental al que puede dar lugar cada uno de ellos.

SUCESOS INICIADORES Y ESCENARIOS ACCIDENTALES				
Actividad	Zona	Código de zona	Suceso iniciador	Escenario accidental
Preparación	Preparación de la semilla	A.1	Explosión en zona de preparación	Vertido de agua de extinción de incendios
	Extracción	B.1	Derrame de aceite en el proceso	Vertido de aceite
Extractora	Extracción	B.1	Derrame de hexano en proceso	Vertido de hexano
	Extracción	B.1	Derrame de hexano desde depósito	Vertido de hexano
	Extracción	B.1	Explosión hexano	Vertido de agua de extinción de incendios
	Refinación	C.1	Derrame de aceite en proceso	Vertido de aceite
Refinería	Refinación	C.1	Explosión calderas	Vertido de agua de extinción de incendios
	Depuradora	D.1	Derrame de aguas residuales durante el proceso de depuración	Vertido de aguas residuales
D.1		Derrame de aguas residuales desde depósito	Vertido de aguas residuales	
D.1		Derrame de aguas residuales por fallo en el control de calidad	Vertido de aguas residuales	
Infraestructuras auxiliares	Almacenes de materia prima y producto terminado	D.2	Derrame de aceite desde parque de almacenamiento	Vertido de aceite
		D.2	Derrame de aceite desde zona de carga de camiones cisterna	Vertido de aceite
		D.2	Derrame de aceite desde zona de carga y descarga de barcos	Vertido de aceite
		D.2	Derrame de semillas desde zona de carga y descarga de barcos	Vertido de semillas
		D.2	Explosión de harinas	Vertido de agua de extinción de incendios
	Almacén de químicos no inflamables	D.3	Derrame de ácido sulfúrico	Vertido de ácido sulfúrico
		D.3	Derrame de ácido fosfórico	Vertido ácido fosfórico
		D.3	Derrame de sosa cáustica	Vertido de sosa cáustica
		D.3	Derrame de aguas ácidas	Vertido de aguas ácidas
	Almacén de combustible	D.4	Derrame de gasoil	Vertido de gasoil
D.4		Explosión de gasoil	Vertido de agua de extinción de incendios	
Almacenes de residuos y subproductos	D.5	Derrame de aceite mineral	Vertido de aceite mineral	
	D.5	Derrame de mezcla de disolventes de laboratorio	Vertido de mezcla de disolventes	
	D.5	Explosión de mezcla de disolventes	Vertido de agua de extinción de incendios	
	D.5	Incendio de carbón activo agotado	Vertido de agua de extinción de incendios	
Desdoblamiento de pastas	D.6	Derrame de oleínas	Vertido de oleínas	
Conducción de gas natural	D.7	Explosión de gas natural	Vertido de agua de extinción de incendios	

**Tabla 7.** Sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Fuente: Elaboración propia.

### **III. ESTIMACIÓN DE LA PROBABILIDAD ASOCIADA A CADA ESCENARIO**

En este apartado se establece la probabilidad de ocurrencia de los sucesos iniciadores y de los escenarios accidentales a partir de las escalas semicuantitativas de probabilidad de los parámetros causales y de los factores condicionantes —que condicionan la probabilidad de ocurrencia del escenario accidental—. Dichas escalas son las indicadas en el apartado dirigido a la definición de protocolos de asignación de probabilidades del Documento Teórico del MIRAT para el sector del aceite de oliva y oleaginosas, las cuáles se han elaborado en el seno de un panel de expertos del sector creado con el objetivo de validar la metodología de cálculo de probabilidades desarrollada en la herramienta sectorial.

En las Tablas 8 y 9 se muestra un resumen de los parámetros que definen cada suceso iniciador y de los factores condicionantes que actúan sobre cada uno de ellos determinando la probabilidad de los escenarios accidentales que de él se derivan.

Posteriormente se expone la justificación de los valores elegidos tanto para los parámetros que determinan la probabilidad de ocurrencia del suceso iniciador como para los factores condicionantes de la probabilidad de ocurrencia del escenario accidental.

Los árboles de sucesos realizados para el operador objeto de estudio se ofrecen en el Anexo I. En dichos árboles se recogen los valores finales de la probabilidad asociada a cada escenario accidental. Para ello, se ha partido de los sucesos iniciadores definidos previamente y de los valores de probabilidad asignados a cada uno de ellos, y se ha desarrollado mediante un árbol de sucesos la secuencia de eventos o alternativas posibles (factores condicionantes) que, con una probabilidad determinada, darían lugar a los distintos escenarios de accidente identificados.

Es importante recalcar que las probabilidades asociadas a las escalas semicuantitativas de parámetros causales y factores condicionantes no son frecuencias de ocurrencia en sí mismas, es decir, no constituyen probabilidades en el sentido estricto de la palabra, sino que únicamente otorgan órdenes de magnitud que permiten la comparación entre los distintos escenarios. Dicho de otro modo, un valor 2 no necesariamente quiere decir que la probabilidad de ocurrencia sea el doble que un valor 1, y lo mismo ocurre con sus estimadores de probabilidad asociados (uno sería 25%, frente al otro que es 0,01% o 0%, según el caso), pero sí significa que es mayor.

PARÁMETROS QUE DEFINEN LA PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE LOS DISTINTOS SUCESOS INICIADORES									
Actividad	Zona	Código de zona	Suceso iniciador	Antigüedad	Mantenimiento	Medidas de control	Personal	Valor DPCE	Detección de fugas
Preparación	Preparación de la semilla	A.1	Explosión en la zona de preparación					X	
Extractora	Extracción	B.1	Derrame de aceite en el proceso	X	X		X		
	Extracción	B.1	Derrame de hexano en proceso	X	X		X		
	Extracción	B.1	Derrame de hexano desde depósito	X	X		X		
	Extracción	B.1	Explosión hexano					X	
	Refinería	Refinación	C.1	Derrame de aceite en proceso	X	X		X	
	Refinación	C.1	Explosión calderas	X	X		X		
Instalaciones auxiliares	Depuración	D.1	Derrame de aguas residuales durante el proceso de depuración	X	X		X		
		D.1	Derrame de aguas residuales desde depósito	X	X		X		
		D.1	Derrame de aguas residuales por fallo en el control de calidad	X	X		X		
	Almacenes de materia prima y producto terminado	D.2	Derrame de aceite desde parque de almacenamiento	X	X		X		
		D.2	Derrame de aceite desde zona de carga de camiones cisterna	X	X		X		
		D.2	Derrame de aceite desde zona de carga y descarga de barcos	X	X		X		
		D.2	Derrame de semillas desde zona de carga y descarga de barcos	X	X		X		
		D.2	Explosión de harinas					X	
	Almacén de químicos no inflamables	D.3	Derrame de ácido sulfúrico	X	X	X	X	X	
		D.3	Derrame de ácido fosfórico	X	X	X	X	X	
D.3		Derrame de sosa cáustica	X	X	X	X	X		
D.3		Derrame de aguas ácidas desde depósito	X	X	X	X	X		
Almacén de combustible	D.4	Derrame de gasoil	X	X		X			
	D.4	Explosión de gasoil		X		X		X	
Almacenes de residuos y subproductos	D.5	Derrame de aceite mineral	X	X		X			
	D.5	Derrame de mezcla de disolventes de laboratorio	X	X		X			
	D.5	Explosión de mezcla de disolventes		X		X		X	
		D.5	Incendio de carbón activo agotado				X		
	Desdoblamiento de pastas	D.6	Derrame de oleínas	X	X		X		
	Conducción de gas natural	D.7	Explosión de gas natural					X	

**Tabla 8.** Parámetros que definen la probabilidad de ocurrencia de los distintos sucesos iniciadores. Fuente: Elaboración propia.

FACTORES CONDICIONANTES QUE AFECTAN A LOS DISTINTOS SUCESOS INICIADORES



Actividad	Zona	Código de zona	Suceso iniciador	Detección y contención en equipos	Detección y contención en depósitos	Detección tratamiento físico-químico	Detección tratamiento biológico	Pavimento	Gestión aguas	Detección y extinción de incendios	Capacidad de expansión
Preparación	Preparación de la semilla	A.1	Explosión en la zona de preparación					X	X	X	X
Extractora	Extracción	B.1	Derrame de aceite en el proceso	X				X	X		
	Extracción	B.1	Derrame de hexano en proceso	X				X	X		
	Extracción	B.1	Derrame de hexano desde depósito		X			X	X		
	Extracción	B.1	Explosión hexano					X	X	X	X
Refinería	Refinación	C.1	Derrame de aceite en proceso	X				X	X		
	Refinación	C.1	Explosión calderas					X	X	X	X

**Tabla 9 (I).** Parámetros que definen la probabilidad de ocurrencia de los distintos sucesos iniciadores. Fuente: Elaboración propia.

FACTORES CONDICIONANTES QUE AFECTAN A LOS DISTINTOS SUCESOS INICIADORES												
Actividad	Zona	Código de zona	Suceso iniciador	Detección y contención en equipos	Detección y contención en depósitos	Detección tratamiento físico-químico	Detección tratamiento biológico	Pavimento	Gestión aguas	Detección y extinción de incendios	Capacidad de expansión	
Instalaciones auxiliares	Depuración	D.1	Derrame de aguas residuales durante el proceso de depuración	X				X	X			
		D.1	Derrame de aguas residuales desde depósito		X			X	X			
		D.1	Derrame de aguas residuales por fallo en el control de calidad			X	X					
	Almacenes de materia prima y producto terminado	D.2	Derrame de aceite desde parque de almacenamiento			X			X	X		
		D.2	Derrame de aceite desde zona de carga de camiones cisterna	X					X	X		
		D.2	Derrame de aceite desde zona de carga y descarga de barcos	X					X	X		
		D.2	Derrame de semillas desde zona de carga y descarga de barcos	X					X	X		
		D.2	Explosión de harinas						X	X	X	X
	Almacén de químicos no inflamables	D.3	Derrame de ácido sulfúrico			X			X	X		
		D.3	Derrame de ácido fosfórico			X			X	X		
		D.3	Derrame de sosa cáustica			X			X	X		
		D.3	Derrame de aguas ácidas desde depósito			X			X	X		
	Almacenes de combustible	D.4	Derrame de gasoil			X						
		D.4	Explosión de gasoil						X	X	X	X
	Almacenes de residuos y subproductos	D.5	Derrame de aceite mineral			X						
		D.5	Derrame de mezcla de disolventes de laboratorio			X						
		D.5	Explosión de mezcla de disolventes						X	X	X	X
D.5		Incendio de carbón activo agotado						X	X	X	X	
Desdoblamiento de pastas	D.6	Derrame de oleínas			X							
Conducción de gas natural	D.7	Explosión de gas natural						X	X	X	X	

**Tabla 9 (y II).** Parámetros que definen la probabilidad de ocurrencia de los distintos sucesos iniciadores. Fuente: Elaboración propia.

### III.1. PARÁMETROS DE PROBABILIDAD DE LOS SUCESOS INICIADORES

#### III.1.1. Antigüedad

La escala propuesta en el Documento Teórico del MIRAT para el sector del aceite de oliva y oleaginosas para estimar el parámetro «antigüedad» es la siguiente:

ESCALA SEMICUANTITATIVA DE PROBABILIDAD			
Código	Parámetro: Antigüedad de tuberías, maquinaria y depósitos	Escala	Probabilidad
A.1	La antigüedad de los equipos no supera el 50% de su vida útil.	1	0,01
A.2	La antigüedad de los equipos se encuentra entre el 50 y el 100% de su vida útil.	2	0,25
A.3	La antigüedad de los equipos supera hasta 5 años su vida útil.	3	0,5
A.4	La antigüedad de los equipos supera de 5 a 10 años su vida útil.	4	0,75
A.5	La antigüedad de los equipos supera en más de 10 años su vida útil.	5	0,99

**Tabla 10.** Escala semicuantitativa de probabilidad del parámetro «antigüedad». Fuente: MIRAT de aceite de oliva y oleaginosas.

La mayor parte de la maquinaria y de los depósitos de la instalación son nuevos, a excepción de algunas centrífugas de la zona de refinería y algunos tanques de aceite del parque de almacenamiento. Por tanto, este parámetro tendría el valor 1 “La antigüedad de los equipos no supera el 50% de su vida útil.” en las zonas de carga y descarga en barcos o camiones cisterna, extractora, depuradora, almacén de químicos no inflamables, almacén de combustible, almacén de residuos y subproductos, desdoblamiento de pastas, calderas y conducción de gas natural. En cuanto a la refinería y el parque de almacenamiento de aceite, les correspondería un valor 2, dado que sus equipos y tanques se encuentran entre el 50 y el 100% de su vida útil.

#### III.1.2. Mantenimiento

La escala indicada en el Documento Teórico del MIRAT para el sector del aceite de oliva y oleaginosas para evaluar el parámetro «mantenimiento» es la siguiente:

ESCALA SEMICUANTITATIVA DE PROBABILIDAD			
Código	Parámetro: Mantenimiento	Escala	Probabilidad
M.1	Se dispone de un plan de mantenimiento preventivo-predictivo y correctivo. Existe registro de las operaciones de mantenimiento realizadas.	1	0,01
M.2	Se dispone de un plan de mantenimiento preventivo-predictivo. Existe registro de las operaciones de mantenimiento realizadas.	2	0,25
M.3	Se dispone de un plan de mantenimiento correctivo. Existe registro de las operaciones de mantenimiento realizadas.	3	0,5
M.4	Se dispone de un plan de mantenimiento preventivo-predictivo y/o correctivo, pero no existe registro de las operaciones realizadas.	4	0,75
M.5	No se dispone de un plan de mantenimiento preventivo-predictivo ni correctivo.	5	0,99

**Tabla 11.** Escala semicuantitativa de probabilidad del parámetro «mantenimiento». Fuente: MIRAT de aceite de oliva y oleaginosas.

Se ha supuesto que en esta instalación modelo se llevan a cabo medidas de mantenimiento preventivo y correctivo en prácticamente toda la instalación —con excepción de las zonas de almacenamiento de residuos y subproductos— y que existe un registro de éstas, con lo que el valor correspondiente a este parámetro es 1, que según la escala establecida se corresponde con: “Se dispone de un plan de mantenimiento preventivo-predictivo y correctivo. Existe registro de las operaciones de mantenimiento realizadas.”

En la zona de almacenamiento de residuos y subproductos se ha supuesto que el mantenimiento es únicamente correctivo, por lo que el valor que le corresponde a este parámetro es 3.

### III.1.3. Medidas de control

En el Documento Teórico del MIRAT para el sector del aceite de oliva y oleaginosas se propone la siguiente escala para «medidas de control»:

ESCALA SEMICUANTITATIVA DE PROBABILIDAD			
Código	Parámetro: Medidas de control	Escala	Probabilidad
M.C.I.1	Los tanques reciben tratamiento anticorrosivo al menos una vez al año y se encuentran en buen estado.	1	0,01
M.C.I.2	Los tanques reciben tratamiento anticorrosivo espaciado más de un año y se encuentran en buen estado.	2	0,25
M.C.I.3	Los tanques reciben tratamiento anticorrosivo al menos una vez al año y se encuentran en mal estado.	3	0,5
M.C.I.4	Los tanques reciben tratamiento anticorrosivo espaciado más de un año y se encuentran en mal estado.	4	0,75
M.C.I.5	Los tanques no han recibido ningún tratamiento anticorrosivo y se encuentran en mal estado.	5	0,99

**Tabla 12.** Escala semicuantitativa de probabilidad del parámetro «medidas de control». Fuente: MIRAT de aceite de oliva y oleaginosas.

Este parámetro se ha considerado en el almacenamiento de químicos no inflamables, para todas las sustancias contempladas.

Los tanques para ácido fosfórico, ácido sulfúrico, sosa cáustica y aguas ácidas son los apropiados para el almacenamiento de corrosivos, además cada 5 años se lleva a cabo una inspección por parte

del Organismo de Control Autorizado (OCA), que desarrolla una serie de pruebas para comprobar si hay corrosión en dichos depósitos, realizándose, en caso de que fuese necesario, un nuevo tratamiento anticorrosivo.

Por ello, el valor de la escala asociado a este parámetro en cada uno de estos sucesos iniciadores es 2: “Los tanques reciben tratamiento anticorrosivo espaciado más de un año y se encuentran en buen estado.”

### III.1.4. Personal

La escala propuesta en el Documento Teórico del MIRAT para el sector del aceite de oliva y oleaginosas para evaluar la probabilidad asociada al parámetro «personal» es la siguiente:

ESCALA SEMICUANTITATIVA DE PROBABILIDAD			
Código	Factor condicionante: Personal	Escala	Probabilidad
Pe.1	Proceso automático supervisado por un operario que conoce los procedimientos a seguir.	1	0,01
Pe.2	Proceso parcialmente automático, supervisado por un operario que conoce los procedimientos a seguir.; o el proceso es automático pero no se encuentra supervisado	2	0,25
Pe.3	Proceso no automático, supervisado por un operario que conoce los procedimientos a seguir; o el proceso está parcialmente automatizado pero no se encuentra supervisado.	3	0,5
Pe.4	Proceso no automático, supervisado por un operario que no conoce los procedimientos a seguir.	4	0,75
Pe.5	Proceso no automático y sin operario que lo supervise.	5	0,99

**Tabla 13.** Escala semicuantitativa de probabilidad del parámetro «personal». Fuente: MIRAT de aceite de oliva y oleaginosas.

Como se mencionó en la descripción de la actividad, la mayor parte de los procesos que se llevan a cabo en la instalación están automatizados y supervisados por un operario, tal es el caso de las siguientes zonas: extractora, refinería, depuradora, parque de almacenamiento de aceite, almacén de combustible, y desdoblamiento de pastas. A estas zonas les correspondería un valor de la escala de este parámetro de 1: “Proceso automático supervisado por un operario que conoce los procedimientos a seguir.”

Sin embargo en algunos casos el proceso, aunque supervisado, sólo está parcialmente automatizado. Esto ocurre en las zonas de almacenamiento de químicos no inflamables y de carga y descarga desde camiones y barcos, por lo que a estos sectores se le ha asignado un valor 2: “Proceso parcialmente automático, supervisado por un operario que conoce los procedimientos a seguir; o el proceso es automático pero no se encuentra supervisado.”

Por último, en las zonas de almacén de carbón activo agotado y de almacenamiento de residuos líquidos, el proceso no está automatizado pero existe supervisión. El carbón se deposita en sacas una vez utilizado y los residuos líquidos se almacenan en el interior de un armario en la zona exterior de la instalación hasta que son retirados por un gestor autorizado. Por ello se les ha asignado a estas zonas un valor de 3: “Proceso no automático, supervisado por un operario que conoce los procedimientos a seguir.”

### III.1.5. Detección de fugas

Esta variable, que en el Documento Teórico del MIRAT para el sector del aceite de oliva y oleaginosas aparece como factor condicionante, se ha valorado en los casos de explosión desde las zonas de almacenamiento de gasoil y residuos líquidos como parámetro causal. Esto es debido a que para que exista una explosión es condición indispensable que haya una fuga de la sustancia combustible desde los depósitos de almacenamiento —la cual vendría determinada por un fallo en la detección de fugas condicionado a un fallo previo en el mantenimiento—; y que exista un foco de ignición —lo cual estaría directamente ligado a la eficiencia del personal ante la posible fuga—.

Por ello, partiendo de la escala de detección y contención de fugas en equipos mostrada en el Documento Teórico del MIRAT para el sector del aceite de oliva y oleaginosas, se ha establecido una escala que haga referencia únicamente a los valores de detección (automática, visual o inexistente) para estimar la probabilidad asociada a este parámetro causal.

ESCALA SEMICUANTITATIVA DE PROBABILIDAD			
Código	Parámetro: Detección de fugas	Escala	Probabilidad
D.F.1	Existen sistemas de detección automática de fugas en el almacenamiento.	1	0,01
D.F.2	Existen sistemas de detección visual de fugas en el almacenamiento.	3	0,5
D.F.3	No existen sistemas de detección.	5	0,99

**Tabla 14.** Escala semicuantitativa de probabilidad del parámetro «detección de fugas». Fuente: Elaboración propia a partir del MIRAT de aceite de oliva y oleaginosas.

Tanto en el almacenamiento de gasoil como en el de residuos líquidos se ha otorgado en la escala un valor 5, dado que ninguna de las zonas presenta sistemas de detección.

### III.1.6. Valor DPCE

Se ha supuesto para este ejemplo práctico que el riesgo de explosión en cada zona vendría clasificado en el DPCE de la instalación objeto de estudio en las siguientes categorías: «frecuente», «probable», «ocasional», «remoto» e «improbable». Por ello, se ha hecho una equivalencia con valores del 1 al 5, a cada uno de los cuales se le ha asociado a su vez un valor de probabilidad, tal y como se indica en la tabla siguiente.

ESCALA SEMICUANTITATIVA DE PROBABILIDAD				
Código	Escala DPCE	Descripción	Escala	Probabilidad
DPCE.1	Improbable	Es muy improbable, aunque se asume su ocurrencia a pesar de no haber sido experimentada.	1	0,01
DPCE.2	Remoto	No es probable, aunque sí posible, que pueda ocurrir alguna vez en la vida de un ítem.	2	0,25
DPCE.3	Ocasional	Es probable que sólo ocurra una vez en la vida de un ítem.	3	0,5
DPCE.4	Probable	Ocurre varias veces en la vida de un ítem.	4	0,75
DPCE.5	Frecuente	Es probable que ocurra frecuentemente.	5	0,99

**Tabla 15.** Escala de probabilidades según DPCE. Fuente: MIRAT de aceite de oliva y oleaginosas.

Este parámetro se ha considerado en los casos de explosión en la zona de preparación de la semilla, en la extractora, en la zona de almacenamiento de materia prima y producto terminado y en la conducción de gas natural. En los cuatro casos se ha considerado que el DPCE asignaría la categoría «ocasional», por lo que se les ha asignado un valor de 3: “Es probable que sólo ocurra una vez en la vida de un ítem.”

### III.2. FACTORES CONDICIONANTES

#### III.2.1. Detección y contención de fugas en depósitos

La escala propuesta en el Documento Teórico del MIRAT para el sector del aceite de oliva y oleaginosas para estimar la probabilidad asociada al factor condicionante «detección y contención de fugas en depósitos» es la siguiente:

ESCALA SEMICUANTITATIVA DE PROBABILIDAD			
Código	Factor condicionante: Detección y contención de fugas en depósitos	Escala	Probabilidad
D.C.F.D.1	Depósito de doble capa en buen estado y detección automática; o depósito de una capa con cubeto, ambos en buen estado, con capacidad igual o superior a la del depósito y con cualquier tipo de detección.	1	0
D.C.F.D.2	Depósito de doble capa en buen estado y detección visual; o depósito de una capa con cubeto, ambos en buen estado, con capacidad inferior a la del depósito y detección automática.	2	0,25
D.C.F.D.3	Depósito de doble capa en mal estado y detección automática; o depósito de una capa con cubeto, ambos en buen estado, con capacidad inferior a la del depósito y detección visual.	3	0,5
D.C.F.D.4	Depósito de doble capa en mal estado y detección visual; o depósito de una capa con cubeto, al menos uno en mal estado, con capacidad inferior a la del depósito y cualquier tipo de detección.	4	0,75
D.C.F.D.5	Depósito de doble capa en mal estado sin detección; o depósito de una capa en mal estado sin cubeto con o sin detección.	5	1

**Tabla 16.** Escala semicuantitativa de probabilidad del factor condicionante «detección y contención de fugas en depósitos». Fuente: MIRAT de aceite de oliva y oleaginosas.

En la extractora, la trampa de hexano<sup>4</sup> actuaría como un cubeto albergando la capacidad total de los depósitos de hexano o de cualquier otro derrame que se produjera, por ello se considera un valor de 1 para este factor condicionante.

En la zona de almacenamiento de químicos no inflamables (depósitos de ácido sulfúrico, ácido fosfórico, sosa cáustica y aguas ácidas) los depósitos se encuentran rodeados de un cubeto con capacidad suficiente para almacenar el volumen del depósito de mayor envergadura y cuentan con detección automática. Por estas razones se ha decidido asignar el valor 1 a este factor. La zona del parque de almacenamiento de aceite (almacenamiento de materia prima) se valora de igual manera con 1 dado que en este caso el cubeto también tiene la capacidad para retener el volumen del depósito de mayor tamaño.

Como se indica en el apartado dirigido al cálculo del volumen de vertido en caso de derrame, el volumen de vertido considerado en los sucesos iniciadores de derrame desde depósito corresponde al volumen medio de llenado del mayor depósito que hay de cada sustancia. Por tanto, puesto que los cubetos en las zonas de almacenamiento de químicos no inflamables (depósitos de ácido sulfúrico, ácido fosfórico, sosa cáustica y aguas ácidas) y en el parque de almacenamiento de materia prima, precisamente, tienen capacidad para el mayor de los depósitos, este factor recibe un valor de 1. En este sentido, merece la pena hacer hincapié en que la elección de un depósito como unidad de vertido es consecuencia de la estandarización de los derrames establecida para la instalación por parte del equipo técnico que ha desarrollado el presente ejercicio práctico. Si el operador estimase que en su instalación particular es más adecuado tomar otra unidad de derrame distinta, ello podrá repercutir en el valor que se asigne a los factores condicionantes. Por ejemplo, si en el presente caso se vertiera más de un depósito, el valor de este factor condicionante pasaría a ser 2 por superar la capacidad del cubeto.

El almacenamiento de oleínas cuenta con su propio cubeto, con capacidad para albergar todo el contenido del depósito, con lo cual también le corresponde un valor de escala de 1.

Por último, este factor también se ha tenido en cuenta en la zona de almacenamiento de residuos líquidos y de gasoil, donde los cubetos albergan la totalidad del contenido de los depósitos. En el caso de los residuos líquidos (aceite mineral y mezcla de disolventes) no existen medidas automatizadas de detección, mientras que en el caso del gasoil sí; no obstante, teniendo en cuenta la escala indicada en el Documento Teórico del MIRAT para el sector del aceite de oliva y oleaginosas, en ambos casos les corresponde un valor 1.

---

<sup>4</sup> La trampa de hexano recogería todos los derrames de la zona de extracción, tanto los que proceden de los equipos como los que se originen en los depósitos de hexano, por lo que es un elemento de contención global que actuaría de forma complementaria tanto a las medidas de detección de fugas en depósitos como en equipos.



### III.2.2. Detección y contención de fugas en equipos

La escala propuesta en el Documento Teórico del MIRAT para el sector del aceite de oliva y oleaginosas para el factor condicionante «detección y contención de fugas en equipos» es la siguiente:

ESCALA SEMICUANTITATIVA DE PROBABILIDAD			
Código	Factor condicionante: Detección y contención de fugas en equipos	Escala	Probabilidad
D.C.F.E.1	Existen sistemas de detección y contención de fugas automáticos.	1	0,01
D.C.F.E.2	Existen sistemas de detección visual y de contención automática.	2	0,25
D.C.F.E.3	Existen sistemas de detección automática y de contención manual.	3	0,5
D.C.F.E.4	Existen sistemas de detección visual y de contención manual.	4	0,75
D.C.F.E.5	No existen ni sistemas de detección ni sistemas de contención.	5	0,99

**Tabla 17.** Escala semicuantitativa de probabilidad del factor condicionante «detección y contención de fugas en equipos». Fuente: MIRAT de aceite de oliva y oleaginosas.

Cabe mencionar que este factor condicionante se ha considerado exclusivamente en las zonas de la instalación donde el vertido pueda producirse desde el propio proceso, bien desde equipos o tuberías.

La mayoría de las actividades se encuentran automatizadas, entre ellas las que se realizan en extracción y refinería, y con ello sus procesos de detección y contención de fugas en equipos. Además en la zona de extracción está presente una trampa de hexano que implica la contención global de cualquier vertido desde equipos. Por tanto, en los sucesos iniciadores de derrame de sustancias asociados a alguna de estas zonas, a este parámetro se le ha otorgado un valor de 1.

Las zonas de carga y descarga difieren según sean desde barcos o desde camiones. En el primer caso, la instalación no posee sistemas de contención automática y la detección depende de los operarios presentes durante el proceso, por tanto se le ha dado un valor de 4. En cambio, la descarga con camiones se realiza en una zona que posee una arqueta de contención, aunque la detección es visual, por tanto se le ha dado un valor de 2.

### III.2.3. Detección en los tratamientos en la depuradora

Cuando se valora la evolución del suceso iniciador de fallo en el control de calidad en el proceso de depuración, los factores condicionantes a valorar son los asociados a la detección de estas fugas. Por ello en la presente instalación se ha evaluado la probabilidad de que el vertido se detecte en cada uno de los tratamientos de depuración que se llevan a cabo, según la escala propuesta en el Documento Teórico del MIRAT para el sector del aceite de oliva y oleaginosas.

ESCALA SEMICUANTITATIVA DE PROBABILIDAD			
Código	Factor condicionante: Detección de fallos en depuración. Tratamiento físico-químico	Escala	Probabilidad
D.T.FQ.1	Existen sistemas de detección automática de anomalías en el proceso.	1	0,01
D.T.FQ.2	Existen sistemas de detección manual de anomalías en el proceso.	3	0,5
D.T.FQ.3	No existen sistemas de detección.	5	0,99

**Tabla 18.** Escala semicuantitativa de probabilidad del factor condicionante «detección de fallos en el tratamiento físico-químico en depuración». Fuente: MIRAT de aceite de oliva y oleaginosas.

ESCALA SEMICUANTITATIVA DE PROBABILIDAD			
Código	Factor condicionante: Detección de fallos en depuración. Tratamiento biológico	Escala	Probabilidad
D.T.B.1	Existen sistemas de detección automática de anomalías en el proceso.	1	0,01
D.T.B.2	Existen sistemas de detección manual de anomalías en el proceso.	3	0,5
D.T.B.3	No existen sistemas de detección.	5	0,99

**Tabla 19.** Escala semicuantitativa de probabilidad del factor condicionante «detección de fallos en el tratamiento biológico en depuración». Fuente: MIRAT de aceite de oliva y oleaginosas.

Para ambos tratamientos la categoría es 1, porque “Existen sistemas de detección automática de anomalías en el proceso”.

### III.2.4. Pavimento

En el Documento Teórico del MIRAT para el sector del aceite de oliva y oleaginosas se propone la siguiente escala para el factor «pavimento»:

ESCALA SEMICUANTITATIVA DE PROBABILIDAD			
Código	Factor condicionante: Pavimento	Escala	Probabilidad
Pa.1	Toda la zona está pavimentada y el pavimento está en buen estado.	1	0
Pa.2	La zona está pavimentada al menos en las áreas de mayor riesgo y el pavimento se encuentra en buen estado.	2	0,25
Pa.3	Toda la zona está pavimentada pero el pavimento no está en buen estado.	3	0,5
Pa.4	La zona está parcialmente pavimentada y el pavimento no está en buen estado.	4	0,75
Pa.5	La zona no está pavimentada.	5	1

**Tabla 20.** Escala semicuantitativa de probabilidad del factor condicionante «pavimento». Fuente: MIRAT de aceite de oliva y oleaginosas.

Toda la instalación, a excepción de la zona de almacenamiento de residuos inertes, se encuentra pavimentada y en buen estado. Por tanto, se asigna un valor de 1 a este factor en toda la instalación

salvo en la subzona<sup>5</sup> de los almacenes de residuos y subproductos destinada a la zona de almacenamiento de residuos líquidos e inertes, a la que le correspondería un valor 2.

Merece la pena incidir en que, a pesar de que el almacenamiento de residuos líquidos (aceite mineral y mezcla de disolventes) se localiza en un área pavimentada, la zona de residuos inertes está a unos 35 metros, por lo que en caso de un vertido muy voluminoso (como el vertido de aguas de extinción de incendios) este suelo podría ser dañado —hecho que se ha considerado en la cuantificación—.

### III.2.5. Detección y extinción de incendios

La escala propuesta para el factor condicionante «detección y extinción de incendios» es la siguiente:

ESCALA SEMICUANTITATIVA DE PROBABILIDAD			
Código	Factor condicionante: Detección y extinción de incendios	Escala	Probabilidad
D.E.I.1	Existen medidas de extinción de incendios automáticas.	1	0,01
D.E.I.2	Existen medidas de detección automática y de extinción manual.	2	0,25
D.E.I.3	Existen medidas de detección visual y de extinción manual.	3	0,5
D.E.I.4	No existen medidas de detección de ningún tipo pero sí hay sistemas de extinción de incendios.	4	0,75
D.E.I.5	No existen suficientes medidas de extinción de incendios.	5	0,99

**Tabla 21.** Escala semicuantitativa de probabilidad del factor condicionante «detección y extinción de incendios». Fuente: MIRAT de aceite de oliva y oleaginosas.

En la zona de preparación existen sistemas de detección y extinción de incendios automáticos, por lo que el valor que se le ha dado a este factor condicionante es 1.

La extractora presenta el riesgo de que haya una explosión por hexano, pero la presencia de las medidas de detección y extinción automáticas le otorga un valor de 1 a este parámetro.

En la refinería existen medidas de detección automáticas pero las medidas de extinción son manuales, por tanto, este factor condicionante ha recibido una valoración en la escala de 2.

En la zona de almacenamiento de materia prima y producto terminado existe el riesgo de autocombustión de harinas. El sistema de detección se ha estimado automático, mientras que el de extinción se ha considerado manual, por lo que se le ha asignado la categoría 2.

En la zona de almacenamiento de combustible se han identificado medidas de extinción manuales pero no medidas de detección, con lo cual esta zona corresponde a la categoría 4.

En la zona denominada como almacenamiento de residuos y subproductos se incluyen el carbón activo agotado y la mezcla de disolventes de laboratorio, ambas sustancias con riesgo de incendio y

<sup>5</sup> Merece la pena recordar que en la zona de almacenamiento de residuos y subproductos hay dos subzonas ubicadas en distintos sitios de la instalación. La primera sería la zona de almacenamiento de residuos líquidos e inertes; y la segunda sería la zona de almacenamiento de carbón activo agotado.

explosión. En el área donde se almacena físicamente el carbón activo no existen medidas de detección pero sí de extinción, por lo que se le ha asignado el valor 4 de la escala. En cambio, para el caso del almacenamiento de residuos líquidos, no existen medidas de detección ni medidas de extinción cercanas, por lo que le correspondería un valor de 5.

Por último, en la conducción de gas natural se ha asignado un valor de 4 a este parámetro, puesto que en la zona no existen medidas de detección, pero sí se considera que hay medidas de extinción que podrían sofocar un incendio en caso de producirse.

### III.2.6. Capacidad de expansión

Este factor condicionante indica la probabilidad de que, en caso de producirse un incendio, éste se expanda desde el sector de origen al resto de la instalación.

Para la asignación de la probabilidad de expansión en los árboles de incendio o explosión se emplea la metodología de Gustav Purt, desarrollada en el apartado dirigido a evaluar la probabilidad de expansión del incendio dentro de la instalación del Documento Teórico del MIRAT para el sector del aceite de oliva y oleaginosas. El riesgo de expansión de un incendio en un determinado emplazamiento está directamente asociado al combustible presente, a la resistencia al fuego de las estructuras, a las condiciones antiincendio de la instalación y a la distancia a la que se encuentran los bomberos. Como resultado el modelo devuelve un valor de probabilidad de expansión del incendio al resto de la instalación, dentro de los siguientes rangos:

Capacidad de expansión según el método de <i>Gustav Purt</i>	
Riesgo de expansión	Grados probabilidad de expansión
0,25 - 5,8	Muy baja
5,81 - 11,36	Baja
11,37 - 16,92	Media
16,93 - 22,48	Alta
22,49 - 28	Muy alta

**Tabla 22.** Escala de probabilidad del factor condicionante «capacidad de expansión» en base a los valores del método de Gustav Purt. Fuente: MIRAT de aceite de oliva y oleaginosas.

Una vez identificados los rangos del modelo, se ha procedido a realizar una escala semicuantitativa de capacidad de expansión de cinco categorías. De esta forma, tal y como queda expuesto en el documento general del MIRAT y se resume en la Tabla 23, cada uno de los grados de probabilidad corresponde a valores de 1 a 5 que implican estimadores de probabilidad que se mueven entre 0,01 y 0,99.

ESCALA SEMICUANTITATIVA DE PROBABILIDAD			
Código	Factor condicionante: Expansión del incendio	Escala	Probabilidad
Exp.1	Probabilidad de expansión muy baja.	1	0,01
Exp.2	Probabilidad de expansión baja.	2	0,25
Exp.3	Probabilidad de expansión media.	3	0,5
Exp.4	Probabilidad de expansión alta.	4	0,75
Exp.5	Probabilidad de expansión muy alta.	5	0,99

**Tabla 23.** Escala semicuantitativa de probabilidad del factor condicionante «capacidad de expansión». Fuente: MIRAT de aceite de oliva y oleaginosas.

De la misma forma que en el resto de factores condicionantes de cara a la asignación de probabilidades se ha optado por crear dos ramas —rama de fallo y rama de no fallo de cada uno de ellos—, en el caso de la «capacidad de expansión» se han distinguido la rama correspondiente al escenario accidental de expansión del incendio a toda la instalación y la del escenario accidental que representa un estimador de la probabilidad de que el incendio quede retenido dentro del sector en el que se ha originado. La primera y más catastrófica lleva asociado el estimador de probabilidad que se obtiene tras la aplicación del método de Gustav Purt —y cuyo valor se asigna según la Tabla 23 de este ejercicio práctico— y un mayor volumen de aguas de extinción de incendio; mientras que la probabilidad asociada a la rama menos adversa se calcula automáticamente como el complementario del estimador de probabilidad del escenario catastrófico.

Como resultado de la aplicación del método de Gustav Purt se ha concluido que en la instalación objeto de estudio existen, por un lado, zonas de menor probabilidad de expansión, con un valor de 1 en este factor —zonas de preparación y extracción—; y por otro, zonas con un valor de 2, que son la zona de calderas, el almacén de harinas, el almacén de gasoil, el almacén de residuos líquidos y la zona de almacenamiento de carbón activo agotado. La mayor probabilidad de expansión en estos últimos sectores se debe principalmente a la mayor carga calorífica que se maneja en ellos y a la menor resistencia al fuego de la construcción que los engloba.

Por último, merece la pena destacar que dado que la conducción de gas natural no constituye en sí misma un sector conforme a la definición de sector proporcionada en el método de Gustav Purt, dada la ausencia de paredes o barreras físicas que le aislen del resto de la instalación, se ha considerado que en este escenario accidental la permanencia del incendio en el sector de origen es imposible, ya que al no existir dichas barreras este tendería en todo caso a expandirse a toda la instalación, razón por la que se le ha asignado un estimador de probabilidad de expansión de 100%.

### III.2.7. Gestión de aguas

La escala propuesta en el Documento Teórico del MIRAT para el sector del aceite de oliva y oleaginosas para evaluar la probabilidad asociada al factor condicionante «gestión de aguas» es la siguiente:

ESCALA SEMICUANTITATIVA DE PROBABILIDAD			
Código	Factor condicionante: Gestión de aguas	Escala	Probabilidad
G.A.1	Redes separadas o juntas que no salen directamente al exterior <sup>6</sup> y se pueden cerrar <sup>7</sup> .	1	0,01
G.A.2	Redes separadas o juntas que van directamente al exterior y se pueden cerrar.	2	0,25
G.A.3	Redes separadas: una de ellas no sale directamente al exterior y es abierta, la otra se puede cerrar. O bien, redes juntas que no salen directamente al exterior y son abiertas.	3	0,5
G.A.4	Redes separadas, al menos una va directamente al exterior y es abierta.	4	0,75
G.A.5	Redes juntas que van directamente al exterior y son abiertas.	5	0,99

**Tabla 24.** Escala semicuantitativa de probabilidad del factor condicionante «gestión de aguas».

Fuente: MIRAT de aceite de oliva y oleaginosas.

Este factor interviene tanto en los casos de explosión e incendio como en los de derrame, por lo que está presente en todos los sucesos iniciadores. Si bien, en los de incendios se valora exclusivamente en relación con el vertido de aguas de extinción de incendios.

La instalación presenta redes separadas. La red de drenaje va a depuradora y previo al vertido a mar presenta un depósito de contención, además en el caso de que se detecte cualquier anomalía puede cerrarse. La red de pluviales, aparte, desemboca en un depósito regulador, con lo cual también consta de sistema de contención e igualmente se puede cerrar. Por tanto, el valor otorgado a este factor sería un 1 que coincide con “Redes separadas o juntas que no salen directamente al exterior y se pueden cerrar”.

### III.3. ÁRBOLES DE SUCESOS

El cálculo de probabilidades a partir de árboles de sucesos requiere calcular, por un lado, la probabilidad de ocurrencia asociada a cada suceso iniciador; y por otro, la probabilidad de ocurrencia asociada a cada uno de los factores condicionantes que pueden afectar a un determinado suceso iniciador.

De esta forma, al escenario accidental que se obtiene de cada una de las ramas del árbol de sucesos tendrá una probabilidad asociada que es el resultado de multiplicar la del suceso iniciador por la probabilidad de fallo o no fallo —según la rama del árbol que se esté analizando— de cada uno de los factores condicionantes que afectan al mismo. Merece la pena recordar que en el caso de expansión

<sup>6</sup> Se entiende que el agua de la red de proceso o de ambas redes va al exterior cuando va directamente desde proceso a colector municipal o similar, saliendo por tanto de la instalación objeto de estudio. Por el contrario, se considera que no sale al exterior cuando el agua se recircula para su tratamiento a una depuradora, a una balsa o a un depósito intermedio para tratarla antes de que salga de la instalación.

<sup>7</sup> Una red se puede cerrar si, ante la existencia de un vertido, puede evitarse (de forma manual o automática) el paso del agua de forma que esta no salga al exterior hasta que se haya eliminado la contaminación.

del incendio las dos ramas hacen referencia a que el incendio o explosión se propague a toda la instalación o, por el contrario, quede confinado en el sector en el cual se ha generado.

A continuación, se expone con detalle cómo se ha estimado cada una de estas probabilidades.

Merece la pena indicar que, dadas las medidas de prevención y evitación de la instalación, hay algunos escenarios accidentales cuya probabilidad de ocurrencia es cero. Dichos escenarios accidentales —si bien aparecen en los árboles— no han sido considerados relevantes dado que se consideran imposibles en la instalación analizada.

Los árboles de sucesos se aportan en el Anexo I del presente caso práctico.

### III.3.1. Cálculo de la probabilidad de los sucesos iniciadores

En el cálculo de probabilidad de los sucesos iniciadores se ha diferenciado entre los distintos sucesos identificados, derrame o incendio/explosión, según se indica a continuación:

#### ❖ Probabilidad para el suceso iniciador derrame

Para calcular el valor de probabilidad de derrame lo primero que se ha concretado ha sido el grado de dependencia que existe entre unos parámetros causales y otros, asumiéndose finalmente que son sucesos independientes.

Seguidamente se ha planteado que para que se produzca un derrame no es necesario que todos los parámetros causales de éste se den de forma simultánea sino que el suceso iniciador podría ocurrir al existir alguno de ellos de forma aislada. Por ello se ha decidido calcular la probabilidad del suceso iniciador como la probabilidad de la unión de los distintos parámetros causales del mismo.

#### ❖ Probabilidad para el suceso iniciador incendio/explosión

La probabilidad de este suceso iniciador se evalúa de diferente manera según si los sectores identificados están catalogados o no dentro del documento de protección contra explosiones.

En caso afirmativo, la probabilidad del suceso iniciador coincidirá con el valor de probabilidad de ocurrencia que se le haya asignado a la zona o al proceso dentro del DPCE. Como se indica en el punto dirigido al empleo de los valores del DPCE, estos valores suelen ser cualitativos y para poder trabajar con ellos de igual forma al resto de cálculos, es necesario hacer una reclasificación de la escala cualitativa del DPCE en intervalos de probabilidad entre 0 y 1.

Por el contrario, si no está reflejado en el DPCE, se ha optado por valorar la probabilidad de que se produzca en la zona el llamado «triángulo de fuego», que implica la presencia al mismo tiempo de combustible, comburente y foco de ignición. De esta forma, en los escenarios accidentales que se plantean en la zona de almacenamiento de combustibles y de residuos líquidos se ha estimado la probabilidad del suceso iniciador como la probabilidad de la intersección del parámetro de detección de fugas (combustible) condicionado al mantenimiento —siendo ambos sucesos independientes— y el parámetro asociado al foco de ignición (personal). El comburente, que es el oxígeno, se estima siempre presente.

Sin embargo, para el área de almacenamiento de carbón activo agotado, como se ha asumido que el combustible es el propio material almacenado y que no tiene una estructura antiincendios que lo envuelva y pueda requerir mantenimiento, la probabilidad de que haya un incendio depende únicamente de la buena o mala gestión del personal.

### **III.3.2. Cálculo de la probabilidad de los escenarios accidentales**

Como se ha expuesto anteriormente, cada uno de los factores condicionantes tiene una escala de valoración de cinco categorías, cada una de las cuales tienen un valor de probabilidad asociado que se mueve en el rango de 0 a 1.

Dicho valor asignado corresponde a la probabilidad de fallo del sistema de prevención/evitación que se esté evaluando. Por tanto, puesto que los árboles presentan dos ramas que resultan de establecer preguntas con una respuesta binaria (p.e. ¿se extingue el incendio?, ¿el pavimento es estanco?, etc.), a la rama que responde en términos negativos se le asignará el valor de probabilidad que corresponda al factor condicionante para esa zona. Por otro lado, el modelo otorga automáticamente el valor complementario de probabilidad a la rama que no ha sido contestada. Existe una excepción, para el factor condicionante «Expansión»; la probabilidad asignada corresponderá a la respuesta afirmativa, hallándose la respuesta negativa como el valor complementario.

Como se ha mencionado previamente, la probabilidad de los escenarios accidentales será el resultado de la multiplicación de la probabilidad del suceso iniciador por la de los distintos factores condicionantes que afectan en cada rama. De forma que, para que un escenario determinado se catalogue como posible, tiene que cumplirse que todos los factores condicionantes que le afecten tengan una probabilidad mayor que cero.

En el Anexo I se adjuntan los árboles para cada suceso iniciador, en cada uno de ellos se muestran todos los escenarios que pueden acontecer en la instalación, su probabilidad de ocurrencia, el volumen de sustancia implicado —dato de partida en la cuantificación del daño—, y el/los medio/s receptor/es que podría/n verse dañados. En este sentido, merece la pena indicar que en el caso evaluado se asume que en la zona potencialmente afectada no existe una presencia relevante de especies animales o vegetales por lo que no se ha considerado relevante la potencial afección a dichos recursos naturales.

## **IV. CÁLCULO DEL IDM DE CADA ESCENARIO**

En el Real Decreto 183/2015, de 13 de marzo, por el que se modifica el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental, aprobado por el Real Decreto 2090/2008, de 22 de diciembre, se establece el Índice de Daño Medioambiental (IDM) como un estimador semicuantitativo de las consecuencias medioambientales, en el marco del establecimiento de la garantía financiera, en su caso, obligatoria. El uso del IDM es obligatorio de acuerdo a la nueva redacción del artículo 33 del Reglamento, como etapa intermedia del



procedimiento de selección del escenario de referencia sobre el cual se estimará la cuantía de la garantía financiera.

El IDM permite estimar de forma semicuantitativa el daño medioambiental asociado a cada escenario accidental identificado como relevante a partir de una serie de coeficientes que dependen, fundamentalmente, de las características del agente causante del daño, del tipo de recurso natural afectado y, finalmente, de las características del entorno donde se produce el daño medioambiental.

En el presente caso práctico se han identificado un total de 19 escenarios relevantes atendiendo a su probabilidad de ocurrencia y volumen de agente liberado conforme pueden consultarse en el Anexo I. Las sustancias implicadas en dichos escenarios serían: Aceite, Aguas residuales, Harinas y Semillas.

En las siguientes Tablas se resumen las características de estas sustancias relevantes para el cálculo del IDM indicando el modificador de la ecuación del IDM con su correspondiente valor asignado.

Aceite			
Característica	Categoría	Valor	Fuente/Observaciones
Tipo de sustancia	COSV no halog.	-	-
Biodegradabilidad (M <sub>B1</sub> )	Baja	1,00	Memoria del MIRAT
Solubilidad (M <sub>B12</sub> )	Poco soluble	0,90	Anexo VI del MIRAT
Viscosidad (M <sub>B17</sub> )	Media	1,10	Se ha asignado una viscosidad intermedia a partir de: <a href="https://www.atpplleal.com/userfiles/files/VISCOSIDAD.pdf">https://www.atpplleal.com/userfiles/files/VISCOSIDAD.pdf</a>
Volatilidad (M <sub>B18</sub> )	Media	0,90	Atendiendo al punto de ebullición se asume una volatilidad intermedia.

**Tabla 25.** Características del aceite de cara al cálculo del IDM. Elaboración propia

Aguas residuales			
Característica	Categoría	Valor	Fuente/Observaciones
Tipo de sustancia	COSV no halog.	-	-
Biodegradabilidad (M <sub>B1</sub> )	Baja	1,00	Sin datos específicos por lo que, siguiendo el principio de precaución se selecciona el valor más desfavorable.
Solubilidad (M <sub>B12</sub> )	Soluble	0,80	Anexo VI del MIRAT, se ha asimilado a las aguas de lavado
Viscosidad (M <sub>B17</sub> )	Baja	1,25	Se ha asignado una viscosidad intermedia a partir de: <a href="https://www.atpplleal.com/userfiles/files/VISCOSIDAD.pdf">https://www.atpplleal.com/userfiles/files/VISCOSIDAD.pdf</a>
Volatilidad (M <sub>B18</sub> )	Media	0,90	Atendiendo al punto de ebullición se asume una volatilidad intermedia.

**Tabla 26.** Características de las aguas residuales de cara al cálculo del IDM. Elaboración propia

Harinas			
Característica	Categoría	Valor	Fuente/Observaciones
Tipo de sustancia	COSV no halog.	-	-
Biodegradabilidad (M <sub>B1</sub> )	Baja	1,00	Sin datos específicos por lo que, siguiendo el principio de precaución se selecciona el valor más desfavorable.
Solubilidad (M <sub>B12</sub> )	Insoluble	1,00	Sin datos específicos por lo que, siguiendo el principio de precaución se selecciona el valor más desfavorable.
Viscosidad (M <sub>B17</sub> )	Alta	1,00	Se asume una alta viscosidad
Volatilidad (M <sub>B18</sub> )	Baja	1,00	Se asume una volatilidad baja

**Tabla 27.** Características de la harina de cara al cálculo del IDM. Elaboración propia

Semillas			
Característica	Categoría	Valor	Fuente/Observaciones
Tipo de sustancia	COSV no halog.	-	-
Biodegradabilidad (M <sub>B1</sub> )	Baja	1,00	Sin datos específicos por lo que, siguiendo el principio de precaución se selecciona el valor más desfavorable.
Solubilidad (M <sub>B12</sub> )	Insoluble	1,00	Sin datos específicos por lo que, siguiendo el principio de precaución se selecciona el valor más desfavorable.
Viscosidad (M <sub>B17</sub> )	Alta	1,00	Se asume una alta viscosidad
Volatilidad (M <sub>B18</sub> )	Baja	1,00	Se asume una volatilidad baja

**Tabla 28.** Características de las semillas de cara al cálculo del IDM. Elaboración propia

Con el fin de determinar los recursos naturales que podrían verse potencialmente afectados por el daño se llevó a cabo una cuantificación preliminar de la extensión que alcanzarían los agentes causantes del daño una vez liberados en el medio. Con este fin fue necesario recurrir a modelos de dispersión de contaminantes. En concreto, se utilizaron los siguientes esquemas de cálculo:

- Vertido de sustancias químicas al suelo y a las aguas subterráneas. Se ha aplicado el modelo desarrollado por Grimaz et al. (2007).
- Incendio. Se ha aplicado el método de evaluación de riesgo de incendio de Gustav Purt para determinar la expansión del incendio dentro de la instalación y, por tanto, poder evaluar la posibilidad de contacto con el medio receptor. Aunque en ninguno de los escenarios definidos se ha concluido que pudiera existir daño sobre el hábitat por incendio, merece la pena incidir en que para cuantificar la expansión fuera de la instalación, habría sido necesaria la aplicación de un programa tipo Behave (U.S. Department of Agriculture)

Dado que estos modelos se explican con detalle en el Documento Teórico del MIRAT para el sector del aceite de oliva y oleaginosas, en los apartados siguientes se indican únicamente los datos de entrada que se han introducido en ellos así como los datos de salida que se han obtenido.

#### IV.1. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE VERTIDO

Una vez definidos los árboles y concretados los valores de probabilidad de los sucesos iniciadores y de los escenarios accidentales, el siguiente paso es calcular el volumen de vertido en cada uno de ellos, que es uno de los parámetros que se debe introducir en la ecuación de cálculo del IDM y, posteriormente, en el procedimiento de cuantificación del daño medioambiental.

#### IV.1.1. Volumen de vertido en caso de derrame de sustancias

El volumen de sustancia involucrado en el vertido se ha diferenciado según el origen del derrame:

- Derrame desde almacenamiento: se ha tomado como volumen del suceso iniciador la cantidad de sustancia correspondiente al nivel medio de llenado del mayor depósito que contiene dicha sustancia. No se ha supuesto el vertido de más de un tanque simultáneamente dado que se ha considerado un caso poco probable en relación con los restantes episodios considerados. La base sobre la que se sustenta esta suposición es que en los casos en que varios depósitos compartan cubeto, la normativa APQ sólo exige que éste tenga como mínimo la capacidad del tanque mayor de los que alberga, por lo que se deduce que la opción de un vertido simultáneo es relativamente baja.
- Derrame durante el proceso de producción o de carga/descarga: se ha hallado como una parte del caudal, en función del tiempo de respuesta considerado.

La tabla siguiente muestra para cada suceso iniciador (S.I.) si el derrame es desde depósito o durante proceso. Además, se indica el volumen de vertido para ambos tipos. En el caso de derrame desde depósito el volumen corresponde al volumen medio de llenado de la máxima unidad de almacenamiento para la sustancia analizada, tal y como se ha indicado previamente. Para los derrames en proceso la tabla muestra cuál es el caudal de producción o de carga/descarga que se ha supuesto para esta instalación hipotética, así como el tiempo de respuesta estimado, cuyo producto es el volumen derramado en cada suceso iniciador de este tipo.

VOLUMEN DE VERTIDO EN LOS SUCESOS INICIADORES DE CADA ZONA							
Actividad	Zona	Suceso iniciador	Depósito	Proceso	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Tiempo de respuesta	Volumen S.I. (m <sup>3</sup> )
Extractora	Extracción	Derrame de aceite en proceso		X	25	1 hora	25
		Derrame de hexano en proceso		X			5
		Derrame de hexano desde depósito	X				30,3
Refinería	Refinación	Derrame de aceite en proceso		X	25	1 hora	25
	Depuradora	Derrame de aguas residuales durante proceso		X	10	1 hora	10
		Derrame de aguas residuales desde depósito	X				105
		Derrame de aguas residuales por fallo en la depuradora		X	10	24 horas	240
Infraestructuras auxiliares	Almacenes de materia prima y producto terminado	Derrame de aceite en el parque de almacenamiento	X				1098,9
		Derrame de aceite desde zona de carga de camiones cisterna		X	13	10 minutos	2,17
		Derrame de aceite desde zona de carga y descarga de barcos		X	200	10 minutos	33,3
		Derrame de semillas desde zona de carga y descarga de barcos		X	2600	10 minutos	432,9
	Almacén de químicos no inflamables	Derrame de ácido sulfúrico	X				15
		Derrame de ácido fosfórico	X				25
		Derrame de sosa cáustica	X				25
		Derrame de aguas ácidas	X				90
	Almacenes de combustibles	Derrame de gasoil	X				2
	Almacenes de residuos y subproductos	Derrame de aceite mineral	X				8
Derrame de mezcla de disolventes de laboratorio		X				7,5	
Desdoblamiento de pastas	Derrame de oleínas	X				40	

**Tabla 29.** Datos de partida del volumen del suceso iniciador. Fuente: elaboración propia.

A partir de los datos del suceso iniciador, siguiendo la evolución de los árboles de sucesos (Anexo I), se ha descontado en cada rama el volumen que puede retenerse mediante sistemas de contención —globales (comunes a toda la instalación) o específicos de una zona determinada— en función de su capacidad y del estado en el que se encuentran.

La instalación objeto de estudio cuenta con los siguientes sistemas de retención:

- Medidas de contención globales:
  - Trampa de hexano. Se localiza en la zona de extracción y tiene una capacidad de 50 m<sup>3</sup>. Actuará como medida de contención de cualquier vertido que se produzca en la zona de extracción o cuando los incendios afecten a toda la instalación —dado que en este último caso se pondrán en marcha todas las medidas de extinción de la instalación, incluyendo las de la zona de extracción por lo que la trampa de hexano podría retener parte del vertido—.

- Regulador de pluviales. La red de pluviales puede derivarse a un depósito regulador que permite la contención de 30 m<sup>3</sup>. Se ha incluido dentro de la valoración de la «gestión de aguas».
- Tanque de recepción en la depuradora. Es un depósito de 350 m<sup>3</sup> del que sólo se llena durante el funcionamiento normal de la instalación el 30%, de tal forma que el resto de la capacidad (245 m<sup>3</sup>) actúa como sistema de retención en caso de recibir la depuradora mayor caudal que el que puede procesar. Igual que el anterior se valora dentro del factor condicionante «gestión de aguas».
- Medidas de contención específicas de una zona:
  - Pozo de bombeo en zona de carga y descarga de camiones. En la zona de carga de camiones cisterna con producto terminado el suelo está inclinado de tal forma que en caso de vertido este iría a parar a una arqueta que está conectada con un pozo de bombeo con una capacidad para 3 m<sup>3</sup>.

En la Tabla 30 se expone para cada suceso iniciador (S.I.) su volumen de partida, los sistemas de contención que actúan en cada caso y el volumen final de cada escenario accidental (E.A.) —resultado de la diferencia entre el volumen inicial y las cantidades retenidas—. Estos cálculos pueden verse de forma gráfica en los árboles de sucesos del Anexo I.

Merece la pena incidir en que la capacidad de retención de los cubetos de los depósitos de almacenamiento está implícita en el primer factor condicionante del árbol, que responde a la pregunta “¿se contiene el vertido?”. En la respuesta a esta pregunta se contempla tanto la probabilidad de contención, con la respuesta afirmativa, como la probabilidad de fallo, con la respuesta negativa. Como en la instalación de estudio los cubetos se encuentran en buen estado y tienen capacidad suficiente para el mayor de los depósitos (unidad de vertido que se ha tomado de referencia), se considera que siempre que la respuesta sea afirmativa el vertido se contendrá y por tanto no habrá daño (es decir, el escenario accidental sería imposible). No obstante, en caso de que un operador tuviera depósitos en peores condiciones o de menor capacidad, habría que valorar la expansión del vertido y su posible daño a los recursos bajo las hipótesis de esta rama del árbol de sucesos.

SISTEMAS DE CONTENCIÓN Y VOLÚMENES DE VERTIDO ASOCIADOS A CADA ESCENARIO								
Actividad	Zona	Escenario	Suceso iniciador	Volumen S.I (m <sup>3</sup> )	Trampa de hexano	Gestión de aguas	Contención en zona de carga/descarga camiones	Volumen E.A. (m <sup>3</sup> )
Extractora	Extracción	E.4	Derrame de aceite	25	X	X		0
		E.5	Derrame de hexano en proceso	5	X	X		0
		E.6	Derrame de hexano desde depósito	30,3	X	X		0
Refinería	Refinación	E.10	Derrame de aceite	25		X		0
		E.14	Derrame de aguas residuales durante proceso	10		X		0
Depuradora	Depuradora	E.15	Derrame de aguas residuales desde depósito	105		Sólo regulador de pluviales		75
		E.16/E.17	Derrame de aguas residuales por fallo en la depuradora	240				240
		E.18	Derrame de aceite en el parque de almacenamiento	1098,9		X		823,9
	Almacenes de materia prima y producto terminado	E.19	Derrame de aceite desde zona de carga de camiones cisterna	2,17		X	X	2,17
		E.20	Derrame de aceite desde zona de carga y descarga de barcos	33,33		X		33,33
		E.21	Derrame de semillas desde zona de carga y descarga de barcos	432,9				432,9
		---	Derrame de ácido sulfúrico	15				Escenario accidental imposible
Almacén de químicos no inflamables	---	Derrame de ácido fosfórico	25				Escenario accidental imposible	
	---	Derrame de sosa cáustica	25				Escenario accidental imposible	
	---	Derrame de aguas ácidas	90				Escenario accidental imposible	
	---	Derrame de gasoil	2				Escenario accidental imposible	
Almacenes de residuos y subproductos	---	Derrame de aceite mineral	8				Escenario accidental imposible	
	---	Derrame de mezcla de disolventes de laboratorio	7,5				Escenario accidental imposible	
Desdoblamiento de pastas	---	Derrame de oleínas	40				Escenario accidental imposible	

**Tabla 30.** Volúmenes de los escenarios accidentales de derrame de sustancias químicas. Fuente: Elaboración propia.

<sup>8</sup> En los sucesos iniciadores de derrame identificados en los almacenes de químicos no inflamables, de combustible y de residuos y subproductos, así como en el de oleínas en la planta de desdoblamiento de pastas, dado que los cubetos de retención tienen capacidad para contener la totalidad del vertido —porque, tal y como se ha indicado al inicio de este apartado, se ha supuesto que en todos los sucesos iniciadores la cantidad máxima vertida sería la correspondiente al volumen medio de llenado de un depósito— la probabilidad asociada a la rama de fallo de la medida de contención es nula, por lo que el escenario accidental asociado es imposible.

#### IV.1.2. Volumen de vertido en caso de incendio/explosión

El volumen de vertido asociado a un incendio/explosión viene determinado por el volumen de aguas de extinción de incendio, la sustancia que éstas puedan arrastrar y la solubilidad de la misma.

Como se ha comentado en el apartado relativo a los árboles de sucesos, en la elaboración de los mismos se han identificado dos ramas en función de que las medidas de extinción de incendios actúen correctamente y se consiga extinguir el incendio o no. A su vez, la rama que hace referencia a un fallo en la extinción del incendio se ha dividido en dos ramas en función de su expansión —en base a si éste queda confinado en el sector en el que se ha originado o si por el contrario se extiende a toda la instalación—. Como resultado de los árboles, y en función del grado de expansión del incendio y por tanto de las medidas que tendrían que utilizarse para sofocarlo, para cada una de las zonas en las que existe un suceso iniciador de incendio/explosión se han identificado tres tipos de escenarios accidentales, cada uno de los cuales tendrá un volumen de vertido de aguas de extinción de incendios diferente. Los escenarios accidentales planteados para cada zona son los siguientes:

- El incendio se propaga por toda la instalación. Los cálculos se han realizado para un incendio de 3 horas de duración. Se ha considerado la sustancia que se maneja en mayor volumen<sup>9</sup> en la instalación, es decir el aceite. El volumen de sustancia arrastrado por las aguas de extinción se ha estimado en el 20% de la cantidad almacenada o utilizada en el sector en el que hay mayor cantidad de la misma, en este caso el parque de almacenamiento.
- El incendio queda retenido en el sector. Los cálculos se han realizado para un tiempo de extinción de una hora. Se ha seleccionado para cada sector la sustancia que aparece en mayor cantidad. Se ha estimado que el volumen de sustancia que arrastrarían las aguas de extinción corresponderían al 20% del volumen total existente en ese sector, de acuerdo con lo indicado en el Documento Teórico del MIRAT para el sector del aceite de oliva y oleaginosas.
- El incendio queda retenido en el sector, en forma de conato. En este caso los cálculos se han realizado para un tiempo de extinción de 20 minutos. Se ha seleccionado para cada sector la sustancia que aparece en mayor cantidad y se le asocia un volumen de vertido de sustancia arrastrada correspondiente al 7% del volumen total almacenado o manejado en el sector, de acuerdo con lo indicado en el Documento Teórico del MIRAT para el sector del aceite de oliva y oleaginosas.

Con el fin de hallar el volumen de vertido en las aguas de extinción el primer paso es definir si éstas serían resultado de un incendio en un sector o en toda la instalación. Por ello se ha valorado la

---

<sup>9</sup> Por lo general se suele utilizar la sustancia que se maneja y/o almacena en la instalación en mayor volumen, salvo en ocasiones en que la elevada peligrosidad de otra sustancia de relevancia en el emplazamiento justifique su uso en lugar de la más abundante. Esta explicación es aplicable a los escenarios accidentales en los que el incendio queda contenido en el sector (ya sea en forma de conato o no).

probabilidad de expansión del incendio en cada uno de los sectores, para lo cual se ha aplicado el Método de evaluación de riesgo de incendio de Gustav Purt expuesto en dicho Documento Teórico. En la Tabla 31 se muestran los parámetros de entrada del modelo.

PARÁMETROS DE ENTRADA PARA LA ESTIMACIÓN DE LA EXPANSIÓN DEL INCENDIO EN LA INSTALACIÓN								
Parámetros	Zonas							
	Preparación	Extracción	Calderas	Almacén de harinas	Almacén de combustible	Almacén de residuos líquidos	Almacén de-carbón activo	Conducción Gas Natural
qi	192	817	240	3125	1050	817	454	1050
S	12540	25	500	4200	20	20	10	0
C	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Ra	2	2	2	2	2	2	2	2
h	25			20	1,5	4	1,5	1,5
A	12540	1200	500	4200	20	20	10	0
C	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Qi	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
B	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
L	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
W	1,5	1,8	1,5	1,6	1,3	1,5	1,3	1,3
Ri	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,6	1,3	1,3

**Tabla 31.** Parámetros de entrada para la valoración de la extensión del incendio. Fuente: Elaboración propia.

Una vez conocidos los valores de probabilidad de expansión el siguiente paso consiste en aplicar la metodología de cálculo de volumen de aguas de extinción tanto para cada sector como para el total de la instalación, metodología que queda desarrollada en el Documento Teórico del MIRAT. Todos los datos de partida utilizados en dicho cálculo quedan plasmados en la Tabla 31. Cabe recalcar que todos los valores mostrados, si bien con una base real, han sido manipulados a fin de preservar la confidencialidad de la información facilitada por las instalaciones visitadas.



PARÁMETROS DE ENTRADA PARA LA DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS									
Parámetros	Zonas de expansión								
	Preparación	Extracción	Calderas	Almacén de harinas	Almacén de combustible	Almacén de residuos líquidos	Almacén de carbón activo	Conducción de Gas Natural	Instalación
Superficie (m <sup>2</sup> )	12.540	3000	500	4200	1	20	10	-	45000
NRI	Medio	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio
BIEs	6	10	2	3	2	2	2	2	40
Rociadores	0	400	0	0	0	0	8	0	775
Altura almacenamiento	Hasta 25 metros	Hasta 25 metros	Hasta 12 metros	Hasta 20 m	Hasta 3 metros	Hasta 8 metros	Hasta 3 metros	Hasta 3 metros	Hasta 8 metros
Tipo de construcción	Armazón estable ante el fuego ≥ 2h (> RF-120)	Armazón estable ante el fuego ≥ 2h (> RF-120)	Armazón estable ante el fuego ≥ 2h (> RF-120)	Armazón estable ante el fuego ≥ 2h (> RF-120)	Armazón estable ante el fuego ≥ 2h (> RF-120)	Armazón estable ante el fuego ≥ 2h (> RF-120)	Armazón estable ante el fuego ≥ 2h (> RF-120)	Armazón estable ante el fuego ≥ 2h (> RF-120)	Armazón estable ante el fuego ≥ 2h (> RF-120)
Tipo de intervenciones internas	Recepción 24h/24	Recepción 24h/24	Recepción 24h/24	Recepción 24h/24	Recepción 24h/24	Recepción 24h/24	Recepción 24h/24	Recepción 24h/24	Recepción 24h/24
Sustancia arrastrada	Semilla	Hexano	Aceite mezcla	Harinas	Gasoil	Aceite mineral	Carbón activo agotado	---	Aceite
Solubilidad	Insoluble	Insoluble	Poco soluble	Insoluble	Insoluble	Poco soluble	Insoluble	---	Poco soluble
Densidad de la sustancia arrastrada (kg/m <sup>3</sup> )	770	660	910	639,2	820	910	517	---	910
Cantidad total de sustancia en el sector (tn)	10000	27	20,83	3500	1,64	4,55	2,3	---	7800
Volumen total de sustancia en el sector (m <sup>3</sup> )	12987,01	41	22,9	5475,59	2	5	4,44	---	8571,4

**Tabla 32.** Parámetros de partida para la determinación del volumen de agua de extinción de incendios. Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se ha incluido el campo «solubilidad» ya que se ha considerado que no todas las aguas de extinción deben catalogarse como nocivas para el medio. Por ello, a la hora de estimar el volumen de vertido se ha optado por analizar la solubilidad de la sustancia arrastrada con el objeto de determinar la cantidad de agua de extinción que se mezclaría con la sustancia, y que por tanto, adquiriría propiedades tóxicas. Se ha asumido un 0% de mezcla para los compuestos insolubles y un 100% para los solubles. De esta forma, se evita sobreestimar el volumen de vertido para las sustancias poco solubles. En la Tabla 29 se exponen los porcentajes de mezcla determinados en función de la solubilidad de la sustancia.

PORCENTAJE DE MEZCLA DEFINIDOS EN FUNCIÓN DE LA SOLUBILIDAD	
Solubilidad	Porcentaje de mezcla
Insoluble	0%
Poco soluble	5%
Soluble	100%

**Tabla 33.** Porcentaje de mezcla en función del grado de solubilidad. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 34 se muestran los datos de solubilidad para cada una de las sustancias consideradas en el presente ejercicio práctico.

PORCENTAJE DE MEZCLA DE CADA SUSTANCIA EN FUNCIÓN DE SU GRADO DE SOLUBILIDAD		
Sustancia	Solubilidad	Porcentaje de mezcla
Semillas	Insoluble	0%
Aceites (neutro, mezcla, mineral)	Poco soluble	5%
Hexano	Insoluble	0%
Harinas	Insoluble	0%
Gasoil	Insoluble	0%
Carbón activo agotado	Insoluble	0%

**Tabla 34.** Porcentaje de mezcla para cada una de las sustancias. Fuente: Elaboración propia a partir de Fichas de Seguridad facilitadas por las instalaciones visitadas.

Aplicando todos estos porcentajes se han obtenido los valores de volumen de vertido (volumen de sustancia arrastrada más volumen de aguas de extinción que se mezcla con la sustancia) que se presentan en la Tabla 35. Los volúmenes de derrame de sustancias en el caso de incendio o explosión se producen posteriormente al suceso iniciador (en la fase de extinción del incendio) por lo que no van asociados al mismo. Por esta razón, tal y como se indica en los árboles de sucesos, estos volúmenes se han asociado, por un lado, al factor de «detección y extinción de incendios», en el caso de un conato; y por otro, al factor «capacidad de expansión», en el resto de casos.

VOLUMEN DE VERTIDO DE AGUAS DE EXTINCIÓN SEGÚN LA EXPANSIÓN Y EL TIEMPO DE EXTINCIÓN						
Sector origen del incendio		Sustancia sector	Solubilidad	CONATO CONTENIDO EN EL SECTOR DE ORIGEN (t= 20 min)	INCENDIO CONTENIDO EN EL SECTOR DE ORIGEN (t=1h)	INCENDIO QUE SE EXPANDE A TODA LA INSTALACIÓN (t=3h)
Actividad	Zona			Volumen de vertido (m <sup>3</sup> )	Volumen de vertido (m <sup>3</sup> )	Volumen de vertido (m <sup>3</sup> ) <sup>10</sup>
Preparación de la semilla	Preparación	Semilla	Insoluble	909,1	2.597,4	2.157,6
Extracción	Extracción	Hexano	Insoluble	2,87	8,2	2.157,6
Refinería	Refinación	Aceite mezcla	Poco soluble	2,1	5,6	2.157,6
Infraestructuras auxiliares	Almacén de harinas	Harinas	Insoluble	383,3	1.095,1	2.157,6
	Almacén de combustible	Gasoil	Insoluble	0,14	0,4	2.157,6
	Almacenes de residuos y subproductos	Mezcla disolventes	Insoluble	---	1,3	2.157,6
	Almacenes de residuos y subproductos	Carbón activo agotado	Insoluble	0,3	0,9	2.157,6
	Conducción de gas natural	---	Insoluble	---	---	2.157,6

**Tabla 35.** Volúmenes de vertido de los escenarios de incendio o explosión identificados. Fuente: Elaboración propia.

<sup>10</sup> En todos los casos de vertido de aguas de extinción por incendio de toda la instalación, la sustancia que se arrastra es aceite.

Sobre estos volúmenes también habrán de aplicarse las reducciones correspondientes a los sistemas de contención. Así, los volúmenes finales asociados a cada escenario accidental (E.A.) serían:

SISTEMAS DE CONTENCIÓN Y VOLÚMENES DE VERTIDO ASOCIADOS A CADA ESCENARIO						
Zona de incendio	Escenario	Descripción	Volumen S.I. (m <sup>3</sup> )	Trampa de hexano	Gestión de aguas	Volumen E.A. (m <sup>3</sup> )
<b>Zona de preparación de la semilla</b>						
Preparación	E.1	Aguas de extinción en 20 minutos	909,1		X	634,1
	E.3	Aguas de extinción en 1 hora	2.597,4		X	2.322,4
	E.2	Aguas de extinción en 3 horas	2.157,6	X	X	1.832,8
<b>Extractoras</b>						
Extractoras	E.7	Aguas de extinción en 20 minutos	2,87	X	X	0
	E.9	Aguas de extinción en 1 hora	8,2	X	X	0
	E.8	Aguas de extinción en 3 horas	2.157,6	X	X	1.832,8
<b>Refinería</b>						
Refinería	E.11	Aguas de extinción en 20 minutos	2,1		X	0
	E.13	Aguas de extinción en 1 hora	5,6			0
	E.12	Aguas de extinción en 3 horas	2.157,6	X	X	1.832,8
<b>Infraestructuras auxiliares</b>						
Almacén de harinas	E.22	Aguas de extinción en 20 minutos	383,3		X	108,3
	E.24	Aguas de extinción en 1 hora	1.095,1		X	820,1
	E.23	Aguas de extinción en 3 horas	2.157,6	X	X	1.832,8
Almacén de combustible	E.25	Aguas de extinción en 20 minutos	0,14		X	0
	E.27	Aguas de extinción en 1 hora	0,4		X	0
	E.26	Aguas de extinción en 3 horas	2.157,6	X	X	1.832,8
Almacenes de residuos y subproductos (mezcla de disolventes)	---	Aguas de extinción en 20 minutos	---			---
	E.30	Aguas de extinción en 1 hora	1,3			1,3
	E.31	Aguas de extinción en 1 hora	1,3			1,3
	E.28	Aguas de extinción en 3 horas	2.157,6	X	X	1.832,8
	E.29	Aguas de extinción en 3 horas	2.157,6	X	X	1.832,8
Almacenes de residuos y subproductos (carbón activo)	E.32	Aguas de extinción en 20 minutos	0,3		X	0
	E.34	Aguas de extinción en 1 hora	0,9		X	0
	E.33	Aguas de extinción en 3 horas	2.157,6	X	X	1.832,8
Conducción de gas natural	---	Aguas de extinción en 20 minutos	---			---
	---	Aguas de extinción en 1 hora	---			---
	E.35	Aguas de extinción en 3 horas	2.157,6	X	X	1.832,8

**Tabla 36.** Volúmenes de los escenarios accidentales de vertido de aguas de extinción. Fuente:

Elaboración propia.

Con respecto a la tabla anterior deben realizarse las siguientes aclaraciones:

- Dado que en la zona de almacenamiento de residuos líquidos no existen medidas de detección ni de extinción, es imposible que tales medidas funcionen y extingan el incendio quedando reducido a un conato, por tanto esa rama del árbol de sucesos no es posible, ni tampoco su escenario accidental asociado.

- En los escenarios E.30 y E.31 es necesario cuantificar para valorar el grado de expansión del vertido y estimar, por tanto, si éste entraría en contacto con el recurso suelo o si, por el contrario, iría a las redes de drenaje o pluviales y sería derivado a las medidas de contención globales de la instalación.
- En el caso de explosión en la conducción de gas, el incendio no podría quedar contenido en el sector dado que no es un sector propiamente dicho, al no tener paredes u otras barreras físicas que delimiten el espacio en el que se lleva a cabo este proceso. Además, se ha estimado que en caso de conato no se desencadenaría un escenario accidental puesto que las aguas de extinción no podrían arrastrar compuestos dañinos ya que el gas natural tiende a volatilizarse. Por lo tanto se ha considerado que el incendio siempre se expandirá a toda la instalación y que los casos de confinamiento del incendio en el sector (ya sea en forma de conato o no) son imposibles.

## **IV.2. IDENTIFICACIÓN DE RECURSOS NATURALES POTENCIALMENTE AFECTADOS**

### **IV.2.1. Daños al suelo y a las aguas subterráneas**

Como se puede comprobar en los árboles de sucesos, tras aplicar la metodología y otorgar los valores de probabilidad, los escenarios accidentales que podrían tener afección al suelo y a las aguas subterráneas son los que se derivan de un eventual vertido de aguas de extinción de incendio desde la zona de almacenamiento de los residuos líquidos. La evolución del suceso iniciador sería tal que, al producirse el incendio, las aguas caerían en la zona pavimentada y desde ahí se extenderían a la zona no pavimentada adyacente afectando previsiblemente al suelo y es posible que también al acuífero —lo cuál se determinará mediante la aplicación preliminar de modelos de difusión—.

Si por las características geológicas de la zona donde se ubica la instalación se estimase que el vertido pudiera alcanzar el mar por esparcimiento en superficie, se deberían incluir adicionalmente los daños al mar.

En este ejercicio práctico se ha establecido la hipótesis previa de que el acuífero podría resultar dañado, por lo que se ha analizado la posible afección a los recursos suelo y agua subterránea. Para ello se ha utilizado el modelo de difusión propuesto en el documento teórico del MIRAT para el sector del aceite de oliva y oleaginosas, desarrollado por Grimaz et al. (2007).

La sustancia que se ha identificado como susceptible de provocar una afección al suelo en el caso de un incendio originado por una explosión de mezcla de disolventes en el almacén de residuos líquidos es el aceite mezclado con un 5% de aguas de extinción —al haber sido clasificado este como una sustancia con solubilidad reducida—.

Los escenarios a evaluar son, por tanto, el E.29 y el E.31 que corresponden a los de incendio que se expande a toda la instalación y los de incendio contenido en el sector, cuando el pavimento no es totalmente eficaz para evitar el daño al suelo.

De cara a la evaluación con el modelo de Grimaz se ha estimado que se trata de un vertido de flujo constante ( $\alpha = 1$ ) y que la fuente es puntual ( $n = 1$ ).

La Tabla 33 muestra los datos de entrada que se han introducido en el modelo para estimar de forma preliminar el daño al suelo, y a las aguas subterráneas en su caso, en este escenario accidental.

PARÁMETROS DE ENTRADA EN EL MODELO DE GRIMAZ		
Parámetros	Escenario E.29	Escenario E.31
Porcentaje de suelo pavimentado afectado <sup>11</sup>	0	0
Volumen vertido (m <sup>3</sup> )	1.832,76	1,30
Tiempo de vertido (h)	3	1
Densidad (kg/m <sup>3</sup> ) <sup>12</sup>	928,54	907,70
Viscosidad dinámica (cps)	55	49,4
Ángulo de inclinación del suelo (grados)	5	5
Permeabilidad (m <sup>2</sup> )	1,00E-11	1,00E-11
Capacidad de retención del contaminante por el suelo (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	0,015	0,015
ξ	2	2
Nivel del acuífero (m)	3	3
Superficie afectada fuera de la instalación	0	0
Porcentaje de suelo natural afectado por el vertido	100	100

**Tabla 37.** Parámetros de entrada para el modelo desarrollado por Grimaz et al. (2007). Fuente: Elaboración propia.

Como resultado de la aplicación del modelo, se determina que en el Escenario E.29 se produciría una afección al suelo sin que el vertido llegara a contactar con la masa de agua subterránea. Por lo que, de cara al cálculo del IDM no se considera dicha afección. En el caso del escenario E.31 la extensión del vertido quedaría dentro de la zona pavimentado, por lo que asumiendo un buen estado del pavimento se consideraría un escenario sin afección relevante a los recursos naturales.

En concreto, en el escenario 29 se asumiría la afección al suelo, pero únicamente por el vertido de 45 m<sup>3</sup> de los 1.832,76 m<sup>3</sup> vertidos ya que dichos 45 m<sup>3</sup> serían los que alcanzarían la zona de suelo no pavimentada. Por el contrario, el escenario 31 no afecta al suelo dado que, al estar inclinada la instalación y ser una cantidad pequeña de vertido, la pluma de contaminación que se obtiene de la aplicación del modelo de difusión indica que el derrame se expande en dirección a la rejilla de salida a mar, quedando en su totalidad sobre zona pavimentada. Por tanto, el vertido iría a parar a la red de

<sup>11</sup> Se ha partido de la base de que en la zona pavimentada no puede haber daño dado que el pavimento está en buen estado, por lo cual, todo el daño (el 100% de la afección) es a través de la zona de suelo natural (la zona de residuos inertes, que no está pavimentada).

<sup>12</sup> Dado que en este caso las sustancias que serían arrastradas por el agua son el aceite de semillas (E.28 y E.29) o mineral (E.30 y E.31), los cuales tienen una solubilidad reducida lo que implica que el porcentaje de agua con la que se mezclan es el 5%, la densidad de la mezcla se estimó como la media ponderada de las densidades de sus componentes (agua y aceite de semillas o mineral, respectivamente).

drenaje o de pluviales y al ser una cantidad tan pequeña de vertido podría, en cualquier caso, ser retenida por las medidas de contención global.

#### **IV.2.2. Daños al agua marina**

Si se acude a los árboles de sucesos definidos para la instalación, se puede comprobar que el principal medio receptor susceptible de verse afectado en caso de un eventual daño es el mar. De hecho, prácticamente la totalidad de los escenarios accidentales identificados para la instalación afectarían al mar. Estos daños, en caso de generarse, se deberían bien al vertido de las aguas de extinción de incendio que no pudiesen ser contenidas y que podrían arrastrar algún compuesto contaminante o bien al vertido no contenido de sustancias, como el aceite, las aguas residuales o las semillas.

En la siguiente tabla se exponen las cantidades vertidas expresadas en toneladas<sup>13</sup> para cada uno de los escenarios con potencial daño a las aguas marinas.

---

<sup>13</sup> El número de toneladas vertidas se ha estimado a partir de los datos de volumen de sustancia vertida mediante el cambio a unidades de masa con la densidad de la mezcla —densidad ponderada entre la sustancia arrastrada y el agua—.

ESCENARIOS CON AFECCIÓN A MAR: CANTIDADES VERTIDAS				
Código	Escenario	Sustancia	Recurso afectado	Cantidad total vertida (t)
<b>Zona de preparación</b>				
E.1	Vertido de aguas de extinción de conato de incendio	Semillas + 0 % agua	Agua Marina	488,25
E.2	Vertido de aguas de extinción de incendio que afecta a toda la instalación y se origina en la zona de preparación	Aceite + 5 % agua	Agua Marina	1.701,79
E.3	Vertido de aguas de extinción de incendio contenido en el sector (zona de preparación)	Semillas + 0 % agua	Agua Marina	1.788,25
<b>Extractor</b>				
E.8	Vertido de aguas de extinción de incendio que afecta a toda la instalación y se origina en la extractora	Aceite + 5 % agua	Agua Marina	1.701,79
<b>Refinería</b>				
E.12	Vertido de aguas de extinción de incendio que afecta a toda la instalación y se origina en la refinería	Aceite + 5 % agua	Agua Marina	1.701,79
<b>Infraestructuras auxiliares</b>				
<b>Depuradora</b>				
E.15	Vertido de aguas residuales durante el proceso de depuración	Aguas residuales	Agua Marina	75,00
E.16	Vertido de aguas residuales desde depósito	Aguas residuales	Agua Marina	240,00
E.17	Vertido de aguas residuales por fallo en el control de calidad	Aguas residuales	Agua Marina	240,00
<b>Almacenes de materia prima y producto terminado</b>				
E.18	Vertido de aceite	Aceite	Agua Marina	749,75
E.20	Vertido de aceite	Aceite	Agua Marina	30,33
E.21	Vertido de semillas	Semillas	Agua Marina	333,33
E.22	Vertido de aguas de extinción de conato incendio	Harinas+ 0% agua	Agua Marina	69,22
E.23	Vertido de aguas de extinción de incendios que afecta a toda la instalación y se origina en el almacén de harina	Aceite + 5 % agua	Agua Marina	1.701,79
E.24	Vertido de aguas de extinción de incendio contenido en el sector (almacén de materia prima y producto terminado)	Harinas+ 0% agua	Agua Marina	524,22
<b>Almacenes de combustibles</b>				
E.26	Vertido de aguas de extinción de incendios que afecta a toda la instalación y se origina en el almacén de combustible	Aceite + 5 % agua	Agua Marina	1.701,79
<b>Almacenes de residuos y subproductos</b>				
E.28	Vertido de aguas de extinción de incendios que afecta a toda la instalación y se origina por explosión del almacén de residuos líquidos	Aceite + 5 % agua	Agua Marina	1.655,36
E.29	Vertido de aguas de extinción de incendios que afecta a toda la instalación y se origina por explosión del almacén de residuos líquidos	Aceite + 5 % agua	Agua Marina	1.701,79
E.30	Vertido de aguas de extinción de incendios contenido en el sector (almacén de residuos líquidos)	Aceite mineral+ 5% agua	Agua Marina	Sin afección
E.31	Vertido de aguas de extinción de incendios contenido en el sector (almacén de residuos líquidos)	Aceite mineral+ 5% agua	Agua Marina	Sin afección
E.33	Vertido de aguas de extinción de incendios que afecta a toda la instalación y se origina por incendio del carbón activo	Aceite + 5 % agua	Agua Marina	1.701,79
<b>Conducción de gas natural</b>				
E.35	Vertido de aguas de extinción de incendios que afecta a toda la instalación y se origina por explosión en la conducción de gas natural	Aceite + 5 % agua	Agua Marina	1.701,79

**Tabla 38.** Escenarios con afección al agua marina. Cantidades vertidas a mar de aceite, químicos, combustibles y residuos líquidos. Fuente: Elaboración propia.



Los escenarios 30 y 31 no afectan al mar ya que, en ambos casos, la pluma de contaminación que se obtiene de la aplicación del modelo de difusión indica que el derrame se expandiría en dirección a la rejilla de salida al mar, y al ser el volumen de vertido muy pequeño, quedaría retenido en su totalidad por las medidas de contención global de la instalación.

#### IV.2.3. Resumen de recursos afectados

Atendiendo a lo expuesto en los apartados precedentes, en la tabla siguiente se resumen los recursos potencialmente afectados bajo las hipótesis establecidas en cada escenario accidental y la cantidad de agente causante de daño que alcanzaría los mismos.

Código escenario	Sustancia	Tipo de agente	Cantidad vertida a mar (t)	Cantidad vertida a suelo (m <sup>3</sup> )
E.1	Semillas + 0 % agua	COSV no halog.	488,25	-
E.2	Aceite + 5 % agua	COSV no halog.	1.701,79	-
E.3	Semillas + 0 % agua	COSV no halog.	1.788,25	-
E.8	Aceite + 5 % agua	COSV no halog.	1.701,79	-
E.12	Aceite + 5 % agua	COSV no halog.	1.701,79	-
E.15	Aguas residuales	COSV no halog.	75	-
E.16	Aguas residuales	COSV no halog.	240	-
E.17	Aguas residuales	COSV no halog.	240	-
E.18	Aceite	COSV no halog.	749,75	-
E.20	Aceite	COSV no halog.	30,33	-
E.21	Semillas	COSV no halog.	333,33	-
E.22	Harinas+ 0% agua	COSV no halog.	69,22	-
E.23	Aceite + 5 % agua	COSV no halog.	1.701,79	-
E.24	Harinas+ 0% agua	COSV no halog.	524,22	-
E.26	Aceite + 5 % agua	COSV no halog.	1.701,79	-
E.28	Aceite + 5 % agua	COSV no halog.	1.701,79	-
E.29	Aceite + 5 % agua	COSV no halog.	1655,36	45
E.33	Aceite + 5 % agua	COSV no halog.	1.701,79	-
E.35	Aceite + 5 % agua	COSV no halog.	1.701,79	-

**Tabla 39.** Recursos potencialmente afectados en cada escenario y cantidad de agente liberada a los mismos. Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, las combinaciones (o grupos) agente-recurso relevantes para el cálculo del IDM serían:

- Grupo 1. Agua marina – químicos
- Grupo 9. Suelo – químicos

#### IV.3. ASIGNACIÓN DE VALORES A LOS MULTIPLICADORES DEL IDM

Una vez definidas las combinaciones agente-recurso relevantes en cada escenario para el cálculo del IDM y la cantidad de agente vertido que contactaría con cada recurso natural, la siguiente fase consistiría en asignar valores a la totalidad de los multiplicadores necesarios para el cálculo del IDM. En este sentido, en los apartados precedentes se han recogido los valores de los multiplicadores M<sub>B</sub> Comisión técnica de prevención y reparación de daños medioambientales

asociados a cada tipo de sustancia: Aceite, Aguas residuales, Harinas y Semillas. Por este motivo, a continuación únicamente se recoge la información relativa a los restantes multiplicadores necesarios para el cálculo del IDM de cada escenario.

Parámetro	Categoría	Valor	Observaciones
Permeabilidad 1 ( $M_{B8}$ )	Media	1,50	La permeabilidad del terreno se cifra en $10^{-11}$ m <sup>2</sup> , asignándose una permeabilidad intermedia.
Tipo de fuga ( $M_{B14}$ )	Continua	1,25	Se asume una fuga continua.
Duración 1 ( $M_{C1}$ )	Media	1,10	Valor estimado a partir de simulaciones realizadas en MORA.
Duración 3 ( $M_{C3}$ )	Media	1,10	Valor estimado a partir de simulaciones realizadas en MORA.

**Tabla 40.** Valor de los parámetros para el cálculo del IDM. Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a los multiplicadores vinculados a la duración prevista de los daños ( $M_C$ ) debe indicarse que se ha accedido a MORA con el fin de estimar la duración de los daños contemplados. En concreto, se han realizado simulaciones de vertidos de agentes de tipo COSV no halogenados al suelo (suelos de permeabilidad media) y al agua marina habiéndose obtenido los resultados recogidos en la tabla anterior.

#### IV.4.CÁLCULO DEL IDM DE CADA ESCENARIO ACCIDENTAL

Los datos anteriores permiten calcular el IDM asociado a cada escenario accidental. Este cálculo se detalla a través de una tabla específica en el Anexo II del presente caso práctico.

En la tabla siguiente se resumen los resultados obtenidos para cada escenario.

Escenario	Sustancia	Recurso IDM	IDM Escenario
E.1	Semillas	Agua marina	437.700,46
E.2	Aceite	Agua marina	1.231.740,96
E.3	Semillas	Agua marina	1.597.274,46
E.8	Aceite	Agua marina	1.231.740,96
E.12	Aceite	Agua marina	1.231.740,96
E.15	Agua residual	Agua marina	50.358,14
E.16	Agua residual	Agua marina	156.325,37
E.17	Agua residual	Agua marina	156.325,37
E.18	Aceite	Agua marina	543.888,45
E.20	Aceite	Agua marina	24.104,76
E.21	Semillas	Agua marina	299.514,92
E.22	Harinas	Agua marina	63.934,08
E.23	Aceite	Agua marina	1.231.740,96
E.24	Harinas	Agua marina	469.784,98
E.26	Aceite	Agua marina	1.231.740,96
E.28	Aceite	Agua marina	1.231.740,96
E.29	Aceite	Suelo	1.216.493,56
E.33	Aceite	Agua marina	1.231.740,96
E.35	Aceite	Agua marina	1.231.740,96

**Tabla 41.** Valor del IDM calculado para cada escenario. Fuente: Elaboración propia.

## V. ESTIMACIÓN DEL RIESGO ASOCIADO A CADA ESCENARIO

En el artículo 33 del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley de Responsabilidad Medioambiental se exige la estimación del riesgo como etapa intermedia para la selección del escenario de referencia. Una vez seleccionado dicho escenario, se debe proceder a cuantificar y monetizar los daños medioambientales generados en el mismo para establecer la cuantía de la garantía financiera. El riesgo es definido como el producto de la probabilidad de ocurrencia del escenario por su valor del IDM.

La Tabla 42 muestra el cálculo del riesgo medioambiental de cada escenario identificado como relevante en el presente análisis de riesgos. En este sentido, merece la pena recordar que el riesgo es el resultado de multiplicar el valor del IDM por la probabilidad de ocurrencia del escenario.

Escenario	Sustancia	Recurso IDM	IDM Escenario	Probabilidad	Riesgo
E.1	Semillas	Agua marina	437.700,46	4,95E-03	<b>2.166,62</b>
E.2	Aceite	Agua marina	1.231.740,96	5,00E-07	<b>0,62</b>
E.3	Semillas	Agua marina	1.597.274,46	5,00E-05	<b>79,86</b>
E.8	Aceite	Agua marina	1.231.740,96	5,00E-07	<b>0,62</b>
E.12	Aceite	Agua marina	1.231.740,96	1,66E-04	<b>204,47</b>
E.15	Agua residual	Agua marina	50.358,14	2,97E-04	<b>14,96</b>
E.16	Agua residual	Agua marina	156.325,37	2,94E-04	<b>45,96</b>
E.17	Agua residual	Agua marina	156.325,37	2,97E-06	<b>0,46</b>
E.18	Aceite	Agua marina	543.888,45	2,65E-05	<b>14,41</b>
E.20	Aceite	Agua marina	24.104,76	1,99E-01	<b>4.796,85</b>
E.21	Semillas	Agua marina	299.514,92	1,99E-01	<b>59.603,47</b>
E.22	Harinas	Agua marina	63.934,08	3,75E-03	<b>239,75</b>
E.23	Aceite	Agua marina	1.231.740,96	3,13E-04	<b>385,53</b>
E.24	Harinas	Agua marina	469.784,98	9,38E-04	<b>440,66</b>
E.26	Aceite	Agua marina	1.231.740,96	1,88E-05	<b>23,16</b>
E.28	Aceite	Agua marina	1.231.740,96	9,38E-04	<b>1.155,37</b>
E.29	Aceite	Suelo	1.216.493,56	3,13E-04	<b>380,76</b>
E.33	Aceite	Agua marina	1.231.740,96	9,38E-04	<b>1.155,37</b>
E.35	Aceite	Agua marina	1.231.740,96	3,75E-03	<b>4.619,03</b>

**Tabla 42.** Cálculo del riesgo medioambiental. Fuente: Elaboración propia.

## VI. SELECCIÓN DEL ESCENARIO ACCIDENTAL DE REFERENCIA

Una vez que se ha calculado el riesgo medioambiental de cada escenario accidental la selección del escenario de referencia se lleva a cabo identificando el escenario con el IDM más alto de entre los que concentran el 95% del riesgo total de la instalación.

Para alcanzar ese propósito se procede en primera instancia a ordenar los escenarios accidentales relevantes en sentido decreciente de IDM y se selecciona aquel a partir del cual se concentra más del 95% del riesgo medioambiental total de la instalación objeto de análisis.

En la Tabla 43 se detalla el procedimiento de selección del escenario de referencia. En este caso, merece la pena señalar que los escenarios se han ordenado de mayor a menor valor del IDM y, a igualdad de IDM, de mayor a menor probabilidad.

Escenario	Sustancia	Recurso IDM	IDM Escenario	Probabilidad	Riesgo	Riesgo relativo	Riesgo acumulado
E.3	Semillas	Agua marina	1.597.274,46	5,00E-05	79,86	0,11%	100,00%
<b>E.35</b>	<b>Aceite</b>	<b>Agua marina</b>	<b>1.231.740,96</b>	<b>3,75E-03</b>	<b>4.619,03</b>	<b>6,13%</b>	<b>99,89%</b>
E.28	Aceite	Agua marina	1.231.740,96	9,38E-04	1.155,37	1,53%	93,76%
E.33	Aceite	Agua marina	1.231.740,96	9,38E-04	1.155,37	1,53%	92,23%
E.23	Aceite	Agua marina	1.231.740,96	3,13E-04	385,53	0,51%	90,69%
E.12	Aceite	Agua marina	1.231.740,96	1,66E-04	204,47	0,27%	90,18%
E.26	Aceite	Agua marina	1.231.740,96	1,88E-05	23,16	0,03%	89,91%
E.2	Aceite	Agua marina	1.231.740,96	5,00E-07	0,62	0,00%	89,88%
E.8	Aceite	Agua marina	1.231.740,96	5,00E-07	0,62	0,00%	89,88%
E.29	Aceite	Suelo	1.216.493,56	3,13E-04	380,76	0,51%	89,88%
E.18	Aceite	Agua marina	543.888,45	2,65E-05	14,41	0,02%	89,37%
E.24	Harinas	Agua marina	469.784,98	9,38E-04	440,66	0,58%	89,35%
E.1	Semillas	Agua marina	437.700,46	4,95E-03	2.166,62	2,88%	88,77%
E.21	Semillas	Agua marina	299.514,92	1,99E-01	59.603,47	79,13%	85,89%
E.16	Agua residual	Agua marina	156.325,37	2,94E-04	45,96	0,06%	6,77%
E.17	Agua residual	Agua marina	156.325,37	2,97E-06	0,46	0,00%	6,71%
E.22	Harinas	Agua marina	63.934,08	3,75E-03	239,75	0,32%	6,71%
E.15	Agua residual	Agua marina	50.358,14	2,97E-04	14,96	0,02%	6,39%
E.20	Aceite	Agua marina	24.104,76	1,99E-01	4.796,85	6,37%	6,37%
<b>Total</b>					<b>75.327,93</b>	<b>100,00%</b>	

**Tabla 43.** Selección del escenario de referencia. Fuente: Elaboración propia.

Como resultado del procedimiento seguido, el escenario de referencia para la determinación de la garantía financiera por responsabilidad medioambiental sería el codificado como E.35. Este escenario se corresponde con el vertido de aguas de extinción de un incendio que afecta a toda la instalación con origen en la conducción de gas natural. Dichas aguas de extinción se modelizan en el presente caso práctico como el derrame de aceites y la contaminación de un 5% del agua liberada. En concreto, se traducen en el vertido de un total de 1.701,79 t de agentes contaminantes al mar.

De esta forma, el escenario que será objeto de cuantificación y monetización es el E.35. En las páginas siguientes se describe el proceso de cuantificación y monetización del daño asociado a dicho escenario.

## **VII. DETERMINACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DEL DAÑO ASOCIADO AL ESCENARIO ACCIDENTAL DE REFERENCIA**

Atendiendo al artículo 11 del Reglamento, para la cuantificación del daño “los operadores identificarán, describirán y evaluarán la extensión, la intensidad y la escala temporal del daño”. Así, en los siguientes apartados se procede al tratamiento de cada uno de estos parámetros necesarios para la cuantificación del daño medioambiental correspondientes al vertido de 1.701,79 toneladas de agentes contaminantes al mar.

### **VII.1. EXTENSIÓN DEL DAÑO MEDIOAMBIENTAL**

La extensión del daño hace referencia a la cantidad de recurso (agua marina) que se ve afectada por el daño. Con el fin de realizar una estimación de esta magnitud se ha acudido a USEPA (2001). En esta publicación se ofrecen valores de los espesores promedio que alcanzan las láminas de hidrocarburos vertidos al mar en función de la temperatura de las aguas. En concreto, para aguas templadas se propone un espesor, en pulgadas, de  $10^{-3}$  in y para aguas frías un espesor de  $10^{-1}$  in, lo que equivale respectivamente a  $2,54 \cdot 10^{-3}$  cm y  $2,54 \cdot 10^{-1}$  cm.

Teniendo en cuenta que en el escenario evaluado (E.35) se produce el vertido de 1.701,79 t, lo que equivale a  $1.832,76 \text{ m}^3$ , puede estimarse la extensión del daño expresada en unidades de superficie dividiendo el volumen vertido entre el espesor promedio de la mancha. Posteriormente, asumiendo una determinada profundidad del agua marina afectada por la lámina de vertido se puede obtener la extensión del daño expresada en metros cúbicos de agua marina dañada.

Dado que en USEPA (2001) se ofrece un espesor comprendido entre  $2,54 \cdot 10^{-3}$  cm y  $2,54 \cdot 10^{-1}$  cm en la siguiente Tabla se ofrecen los resultados de la cuantificación para dicho rango de valores obteniendo por lo tanto un intervalo de resultados definido por su valor mínimo y su valor máximo. En este sentido, dada la incertidumbre asociada al procedimiento de cuantificación se ha optado por tomar como referencia el valor que arroja resultados más conservadores. Este valor es el espesor de  $2,54 \cdot 10^{-3}$  cm que se traduciría en una expansión de la mancha a lo largo de una superficie de  $72.155.906 \text{ m}^2$ . De cara a obtener un resultado expresado en unidades de volumen se ha asumido que la lámina de  $2,54 \cdot 10^{-3}$  cm causaría efectos adversos sobre los primeros 5 cm de agua marina. A

partir de estas hipótesis de partida se obtendría un resultado de 3.607.795 m<sup>3</sup> de agua marina afectada.

Magnitud	Valor	Unidad
Cantidad vertida	1.701,79	t
<b>Cantidad vertida</b>	<b>1.832,76</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
Espesor promedio (mínimo)	0,002540	cm
Espesor promedio (mínimo)	0,000025	m
Espesor promedio (máximo)	0,254000	cm
Espesor promedio (máximo)	0,002540	m
Superficie afectada (máximo)	72.155.906	m <sup>2</sup>
Superficie afectada (mínimo)	721.559	m <sup>2</sup>
Profundidad de agua afectada	0,05	m
<b>Volumen afectado (máximo)</b>	<b>3.607.795</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
Volumen afectado (mínimo)	36.078	m <sup>3</sup>

**Tabla 44.** Estimación de la extensión de los daños. Fuente: Elaboración propia.

## VII.2. INTENSIDAD DEL DAÑO MEDIOAMBIENTAL

Dado que el modelo de dispersión aplicado no devuelve de forma directa la concentración de contaminantes esperada en el medio receptor sino, únicamente, la extensión del daño, atendiendo a la naturaleza apriorística de los análisis de riesgos, se ha optado por situar el presente estudio del lado de la precaución y declarar el daño evaluado como de intensidad letal. Por lo tanto, se asume que se producirán efectos adversos claros y a corto plazo sobre el 100% de los individuos situados en la zona afectada. No obstante, se insiste en la hipótesis de partida adoptada en el presente supuesto práctico de que en la zona afectada no existen especies animales o vegetales que pudieran sufrir un daño relevante derivado de los accidentes identificados.

## VII.3. ESCALA TEMPORAL DEL DAÑO MEDIOAMBIENTAL

El estudio de la escala temporal del daño incluye la determinación de los siguientes aspectos:

- a) **Duración del daño.** La duración del daño desde el momento en que éste se produce hasta que se logra reestablecer el estado básico se ha fijado en 7 meses atendiendo a la aplicación informática MORA (6 meses de tiempo de espera y 1 mes de reparación).
- b) **Frecuencia del daño.** La frecuencia del daño es igual a la probabilidad de ocurrencia del escenario accidental del cual deriva el daño medioambiental, siendo en este caso igual a  $3 \times 10^{-3}$  expresado en términos semicuantitativos, por lo que dicha frecuencia debe interpretarse en comparación la frecuencia de los restantes escenarios identificados en el análisis de riesgos.
- c) **Reversibilidad del daño.** Atendiendo a las características del agente causante del daño (se trata de una sustancia biodegradable) se asume que el daño es reversible y que, por lo tanto, podrían devolverse los recursos naturales dañados a su estado básico en un plazo de tiempo razonable.

#### VII.4. SIGNIFICATIVIDAD DEL DAÑO MEDIOAMBIENTAL

Siguiendo un criterio de precaución, al igual que se ha establecido un nivel de intensidad letal, atendiendo al carácter apriorístico del análisis de riesgos se ha optado por considerar que el daño ocasionado por el escenario de referencia tendría carácter de daño significativo.

#### VIII. MONETIZACIÓN DEL DAÑO ASOCIADO AL ESCENARIO ACCIDENTAL DE REFERENCIA

La monetización es la fase mediante la cual se expresa en unidades monetarias la magnitud del daño ocasionado bajo las hipótesis establecidas en el escenario accidental de referencia (E.35). En concreto, en este escenario se ha asumido la afección significativa al agua marina que recibe el vertido de aceites.

Con base en la información bibliográfica consultada, se ha concluido que una vez se produce un vertido de aceites vegetales al mar, la celeridad de la respuesta es sumamente importante. De hecho en el documento “*Les huiles végétales déversées en mer*” (Cedre 2004), se indica que la parte del vertido que se puede recoger mediante métodos mecánicos corresponde a aquella que tiene un espesor mayor a 30  $\mu\text{m}$ , que según el experimento que se muestra en el mismo informe, corresponde a un 24 % de la sustancia vertida originalmente.

Partiendo de estos datos y realizando una extrapolación a los valores de volumen de vertido de aceites vegetales calculados, se ha aplicado la técnica indicada por MORA —recogida manual— al 24% del vertido y el resto se ha asumido como objeto de una recuperación natural.

Por lo tanto, partiendo de un derrame total de 1.832,76  $\text{m}^3$ , se asume que:

- 440  $\text{m}^3$  serán objeto de una reparación mediante una técnica específica definida en MORA.
- 1.393  $\text{m}^3$  serán objeto de una recuperación natural.

Expresando dichas cantidades en toneladas (valor de entrada en MORA), del total de 1.701,79 t:

- 409 t serán objeto de una reparación mediante una técnica específica definida en MORA.
- 1.293 t serán objeto de una recuperación natural.

En cuanto a la cantidad de recurso dañado, el derrame total de 1.832,76  $\text{m}^3$  se asumía que afectaba a 3.607.795  $\text{m}^3$  de agua marina, por lo que aplicando la misma relación a dicha cantidad se obtendría que:

- 865.871  $\text{m}^3$  serán objeto de una reparación mediante una técnica específica definida en MORA.
- 2.741.924  $\text{m}^3$  serán objeto de una recuperación natural.

Adicionalmente, dado que se trata de un caso supuesto en la aplicación MORA de cara a la valoración económica de los daños se han introducido las coordenadas:  $X = 0$ ,  $Y = 0$ . Por otra parte, se ha declarado la zona como accesible a la reparación y una distancia nula a la vía de comunicación más cercana.



Atendiendo a estas premisas se han realizado dos informes de valoración en MORA, uno dirigido a la fracción que sería objeto de una recuperación natural y otro dirigido a la fracción que sería objeto de recuperación mediante una técnica específica propuesta por el propio modelo (Retirada mecánica y manual de vertidos medianos en agua marina). Estos informes se adjuntan en el Anexo III del presente documento. Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente Tabla.

Valoración económica escenario de referencia (E.35)	
Técnica	Coste Primaria (€)
Recuperación natural	15.284,94
Retirada mecánica y manual de vertidos medianos en agua marina	1.162.436,35
<b>Total coste de reparación primaria escenario E.35</b>	<b>1.177.721,29</b>

**Tabla 45.** Valoración económica de la reparación primaria del escenario de referencia de la instalación. Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, atendiendo al procedimiento descrito anteriormente, el valor de la reparación primaria del escenario E.35 sería 1.177.721,29 €.

## IX. EVALUACIÓN DE LA NECESIDAD DE CONSTITUIR UNA GARANTÍA FINANCIERA

Conforme con la redacción actual de la normativa de responsabilidad medioambiental, los operadores que se encontrarán sujetos a la obligación de constituir una garantía financiera serán los incluidos en las siguientes categorías:

- 1) Las actividades e instalaciones sujetas al ámbito de aplicación del Real Decreto 1254/1999, de 16 de julio, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas (SEVESO) (actualmente Real Decreto 840/2015, de 21 de septiembre, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas).
- 2) Las actividades e instalaciones sujetas al ámbito de aplicación de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación (IPPC) (actualmente Real Decreto Legislativo 1/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de prevención y control integrados de la contaminación).
- 3) Los operadores que cuenten con instalaciones de residuos mineros clasificadas como de categoría A de acuerdo a lo establecido en el Real Decreto 975/2009, de 12 de junio, sobre gestión de los residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por actividades mineras.

Por lo tanto, la instalación ficticia en el que se centra el presente estudio debería constituir una garantía financiera siempre que se encuentre incluida en alguno de los epígrafes anteriores.

Adicionalmente, a la hora de determinar si finalmente el operador deberá disponer de esta garantía se deben tener en cuenta las indicaciones recogidas en el artículo 28 de la Ley de Responsabilidad Medioambiental. En concreto, según los apartados a) y b) de este artículo quedan exentos de Comisión técnica de prevención y reparación de daños medioambientales

constituir una garantía financiera obligatoria los operadores de aquellas actividades susceptibles de ocasionar daños cuya reparación se evalúe por una cantidad inferior a 300.000 euros, o inferior de 2.000.000 euros si acreditan mediante la presentación de certificados expedidos por organismos independientes, que están adheridos con carácter permanente y continuado, bien al sistema comunitario de gestión y auditoría medioambientales (EMAS), bien al sistema de gestión medioambiental UNE-EN ISO 14001 vigente.

En este sentido, el artículo 33 del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley de Responsabilidad Medioambiental, indica que, con objeto de establecer el importe de la garantía financiera al coste de la reparación primaria (1.177.721,29 €) han de añadirse los costes de prevención y evitación que, como mínimo, serán el 10% del coste de la reparación primaria (en este caso, 117.772,13 €). De esta forma, el importe de la garantía financiera para la instalación objeto de estudio ascendería a 1.295.493,42 €.

Al asumirse que el operador objeto de estudio cuenta con un Sistema de Gestión Medioambiental ISO 14001:2004, éste no quedaría obligado a constituir dicha garantía financiera.

## **X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AENOR (2008) Norma UNE 150008:2008. Análisis y evaluación del riesgo ambiental.

AFOEX y MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO (2010). Guía APPCC para la producción de materia prima destinada a alimentación animal.

CENTRE DE DOCUMENTATION, DE RECHERCHE ET D'EXPERIMENTATION SUR LES POLLUTIONS ACCIDENTELLES DES EAUX (CEDRE) (2004). Les huiles végétales déversées en mer. Guide opérationnel. .

COMISIÓN TÉCNICA DE PREVENCIÓN Y REPARACIÓN DE DAÑOS MEDIOAMBIENTALES (2015). Estructura y contenidos generales de los instrumentos sectoriales para el análisis del riesgo medioambiental.

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.

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

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, Y MEDIO RURAL Y MARINO (2008). 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.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, Y MEDIO RURAL Y MARINO (2007). Ley 26/2007, de 23 de octubre, de responsabilidad medioambiental.

SCHMIDT D., OIL SPILL INTELLIGENCE REPORT, CUTTER INFORMATION CORP, ARLINGTON, MASSACHUSETTS, U.S. (1999). Estimating cleanup costs for oil spills.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE –USDA– Software BehavePlus, Fire Behaviour Prediction and Fuel Modelling, version 5.0.1.

USEPA (2001) Characteristics of Response Strategies: A Guide for Spill Response Planning in Marine Environments. American Petroleum Institute. National Oceanic and Atmospheric Administration. U.S. Coast Guard. U.S. Environmental Protection Agency.

## **ANEXO I. ÁRBOLES DE SUCESOS**



El presente Anexo recopila los árboles de sucesos realizados para el operador al que se dirige el primer caso práctico (extractora y refinería de oleaginosas) que acompaña el MIRAT para el sector del aceite de oliva y oleaginosas.

En los árboles, atendiendo a las características del operador concreto evaluado, se identifican como posibles recursos afectados:

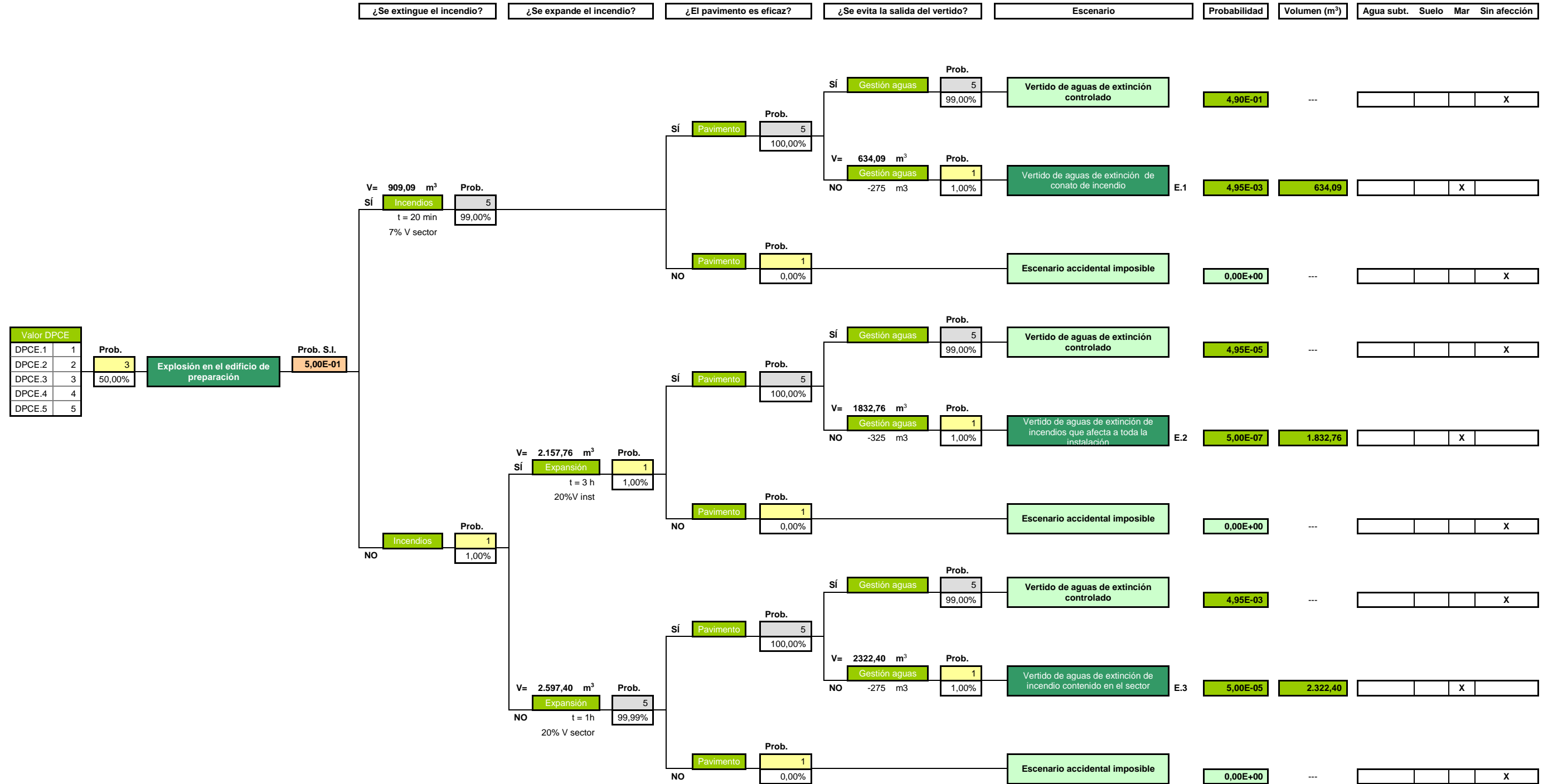
- El suelo
- El agua subterránea
- El agua marina

De esta forma, merece la pena indicar que no se considera una posible afección relevante a las especies silvestres dado que en la zona potencialmente afectada por los daños no existe una población relevante de especies animales o vegetales.

# Árboles de sucesos por zonas

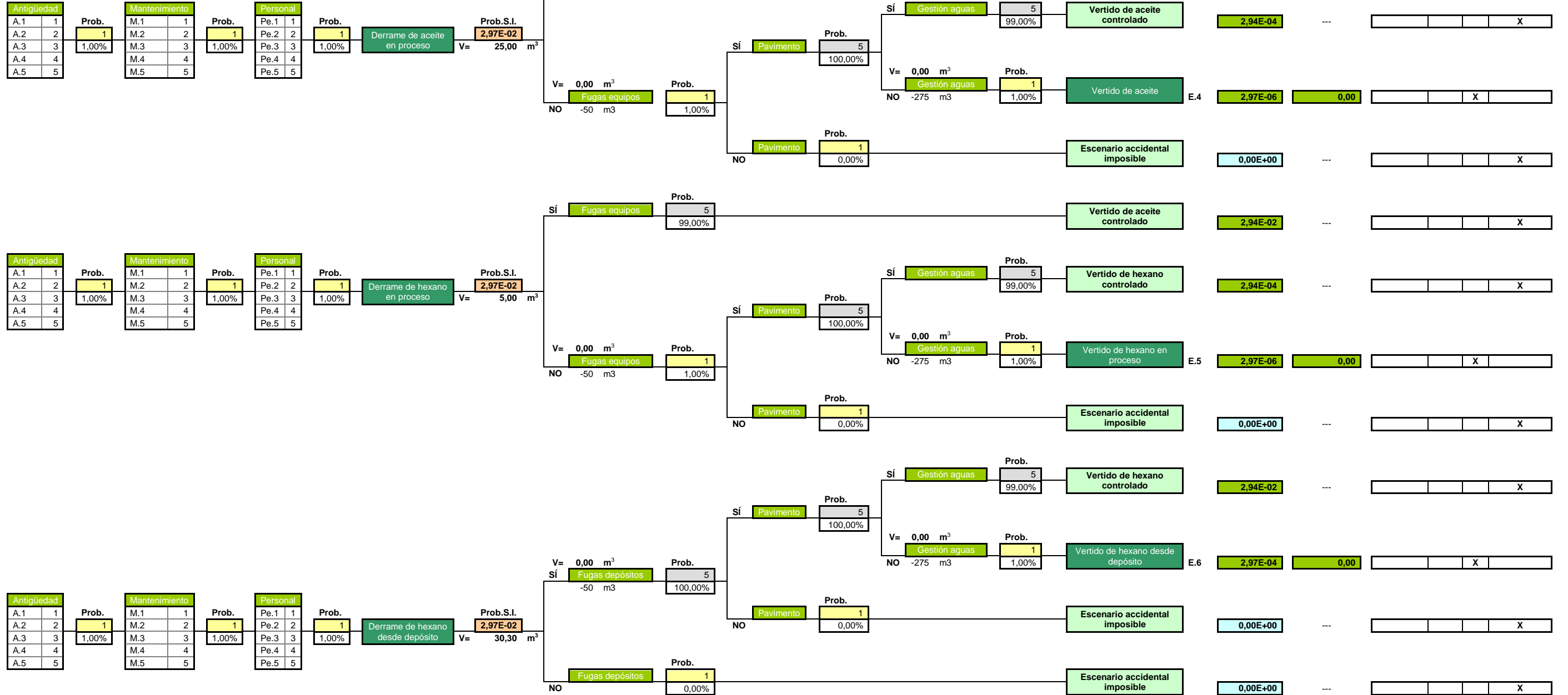
## Preparación de la semilla

### 1. Explosión



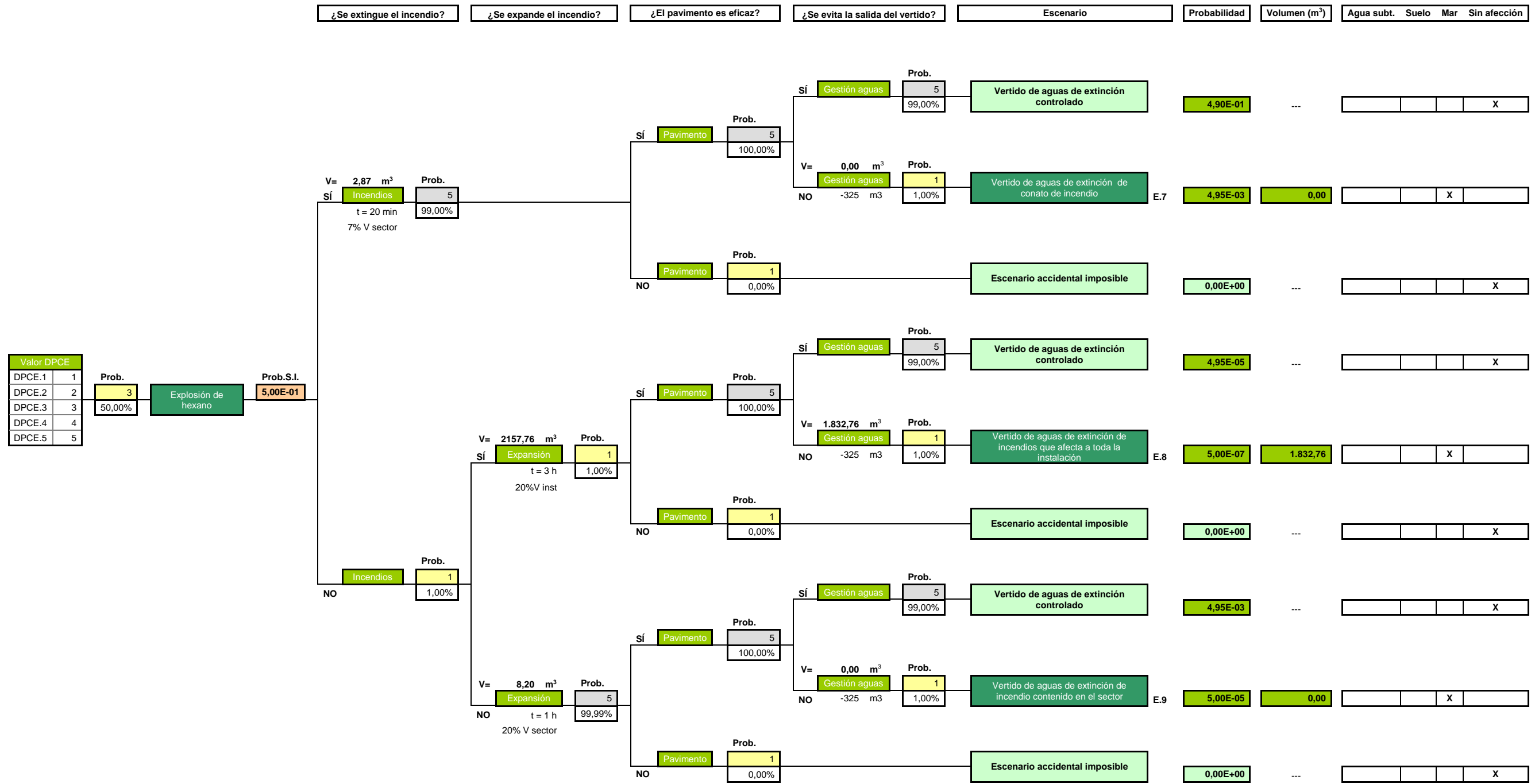
# Extracción

## 1. Derrame



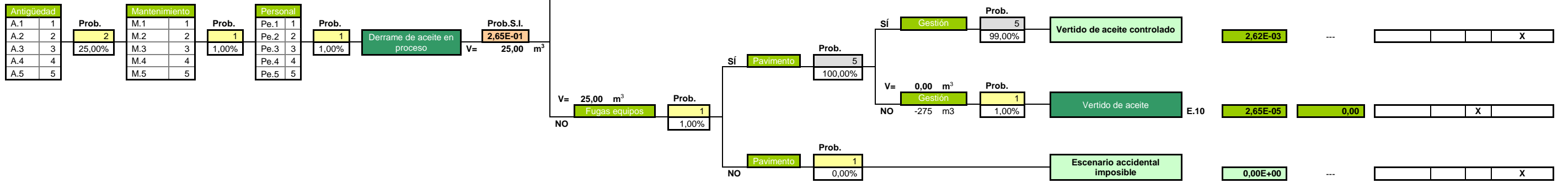


## 2. Explosión

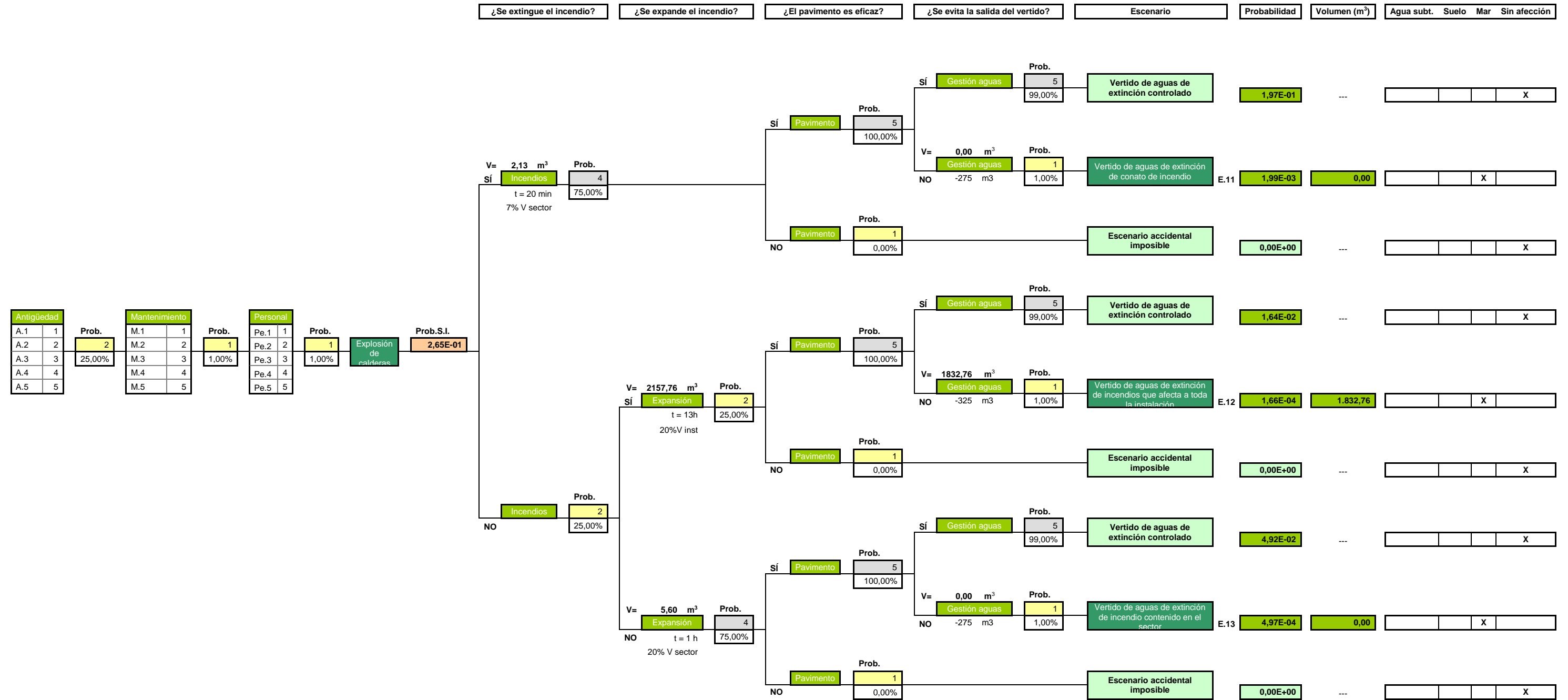


# Refinería

## 1. Derrame



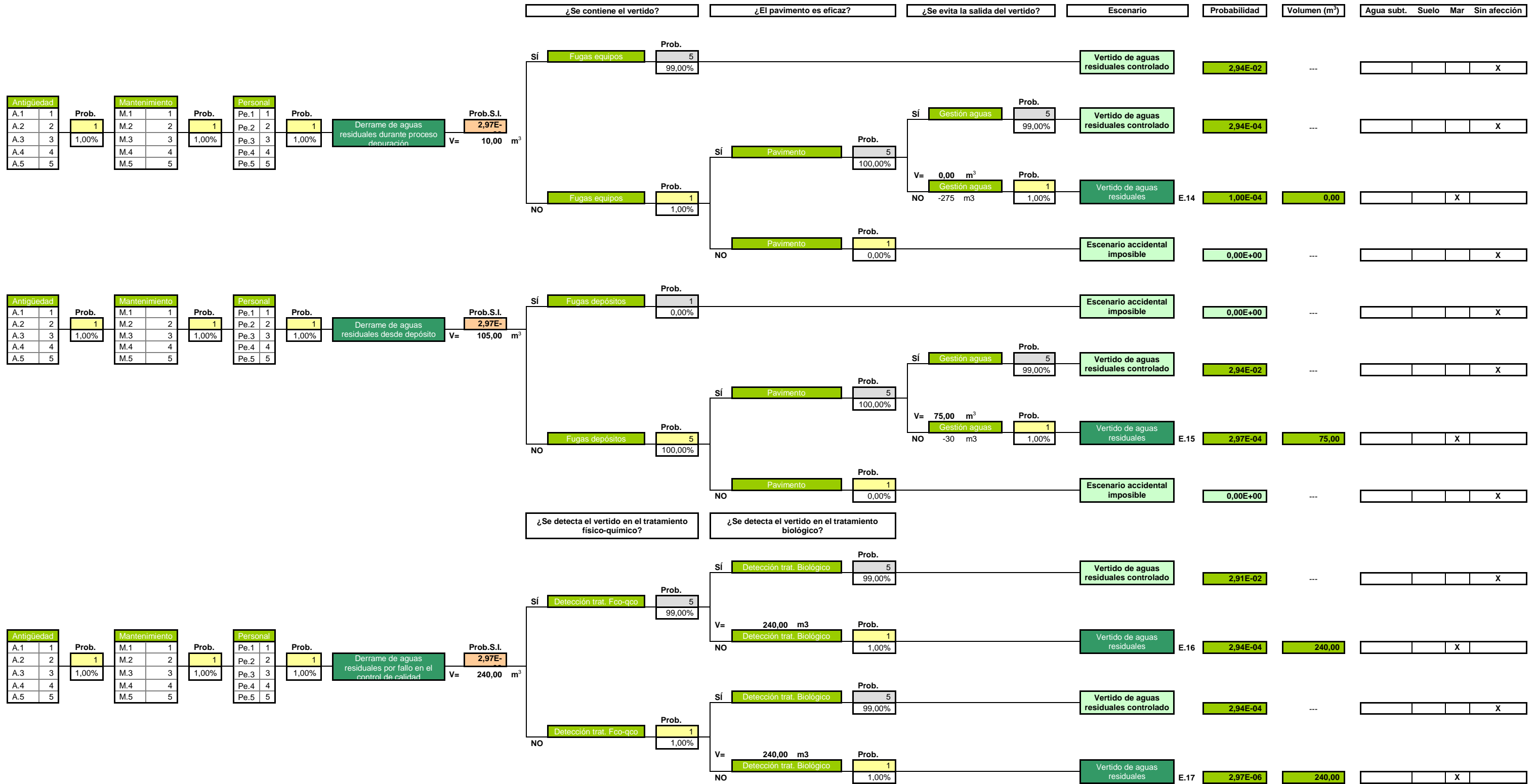
## 2. Explosión



# Infraestructuras auxiliares

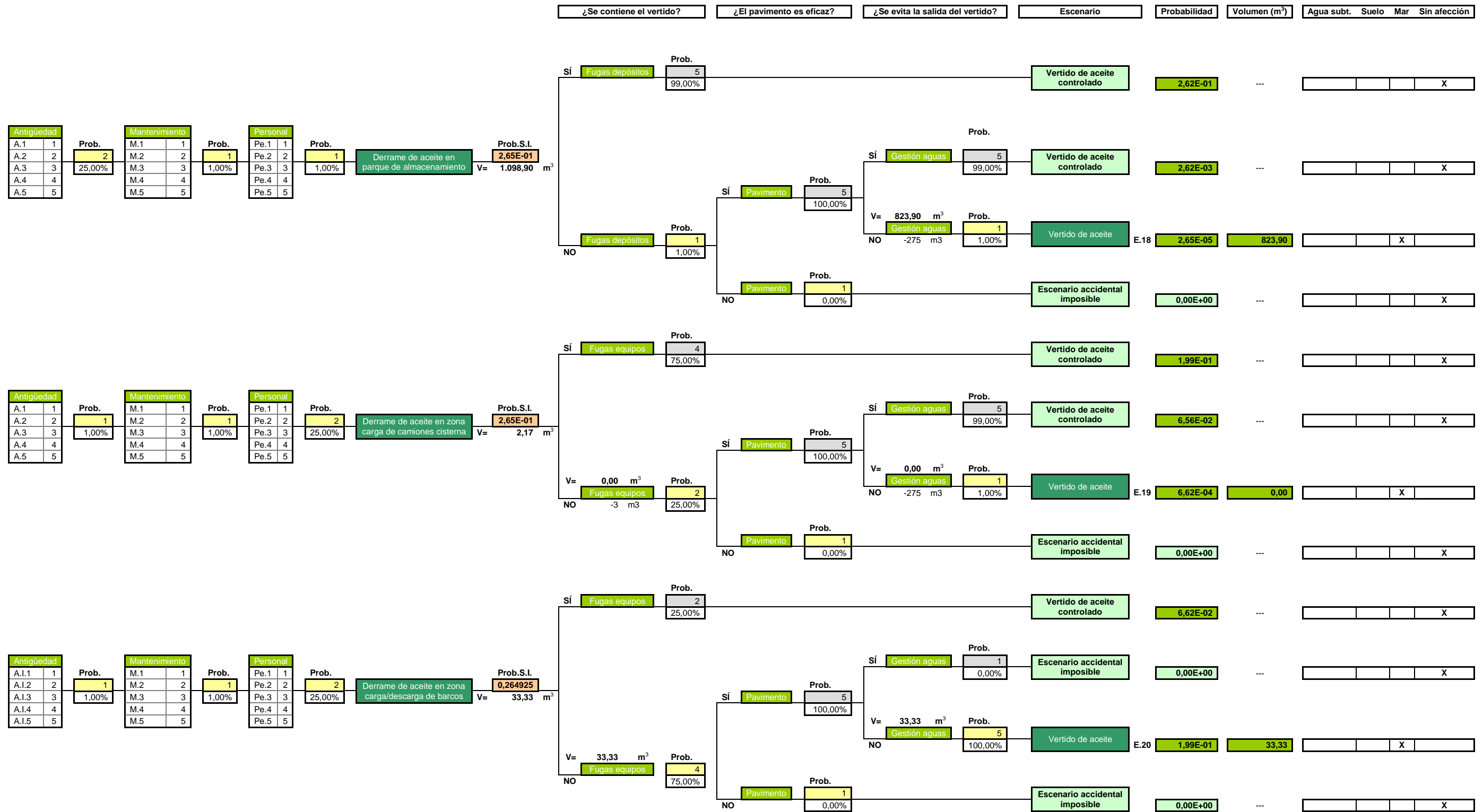
## A. Depuradora

### 1. Derrame

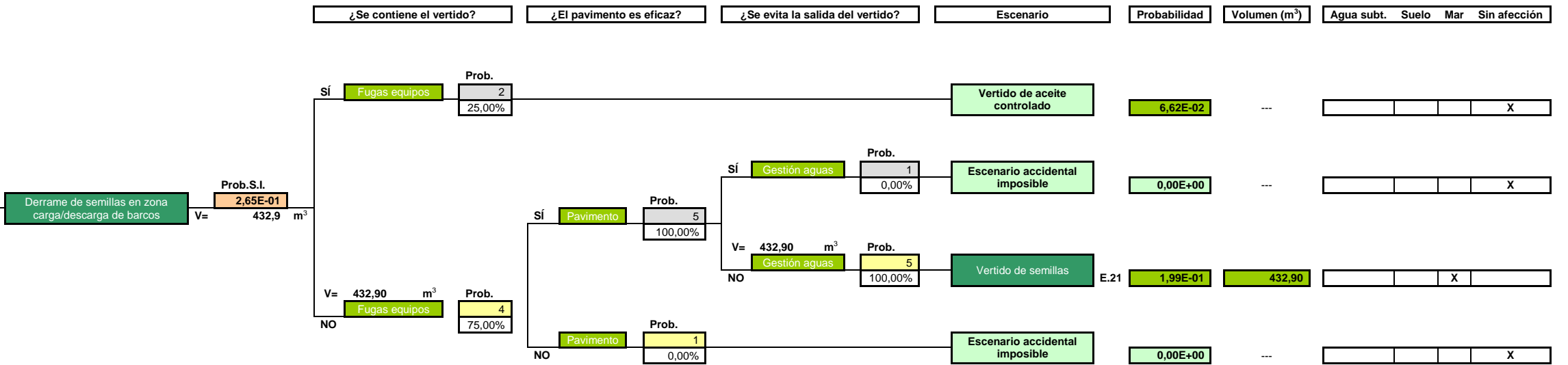


## B. Almacenes de materia prima y producto terminado

### 1. Derrame

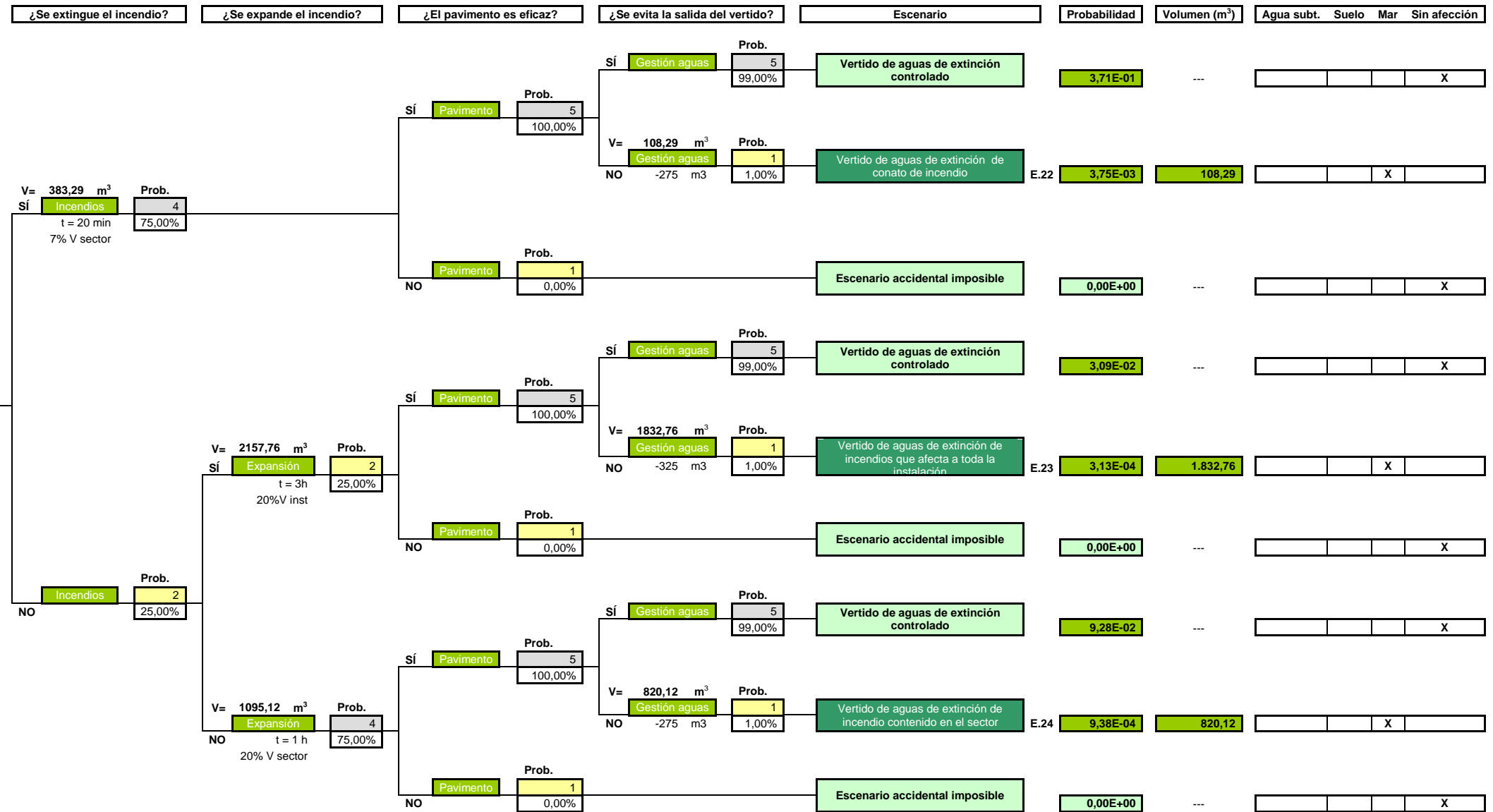


Anti		Mantenimiento		Personal	
A.1	1	M.1	1	Pe.1	1
A.2	1	M.2	2	Pe.2	2
A.3	1,00%	M.3	3	Pe.3	3
A.4		M.4	4	Pe.4	4
A.5		M.5	5	Pe.5	5



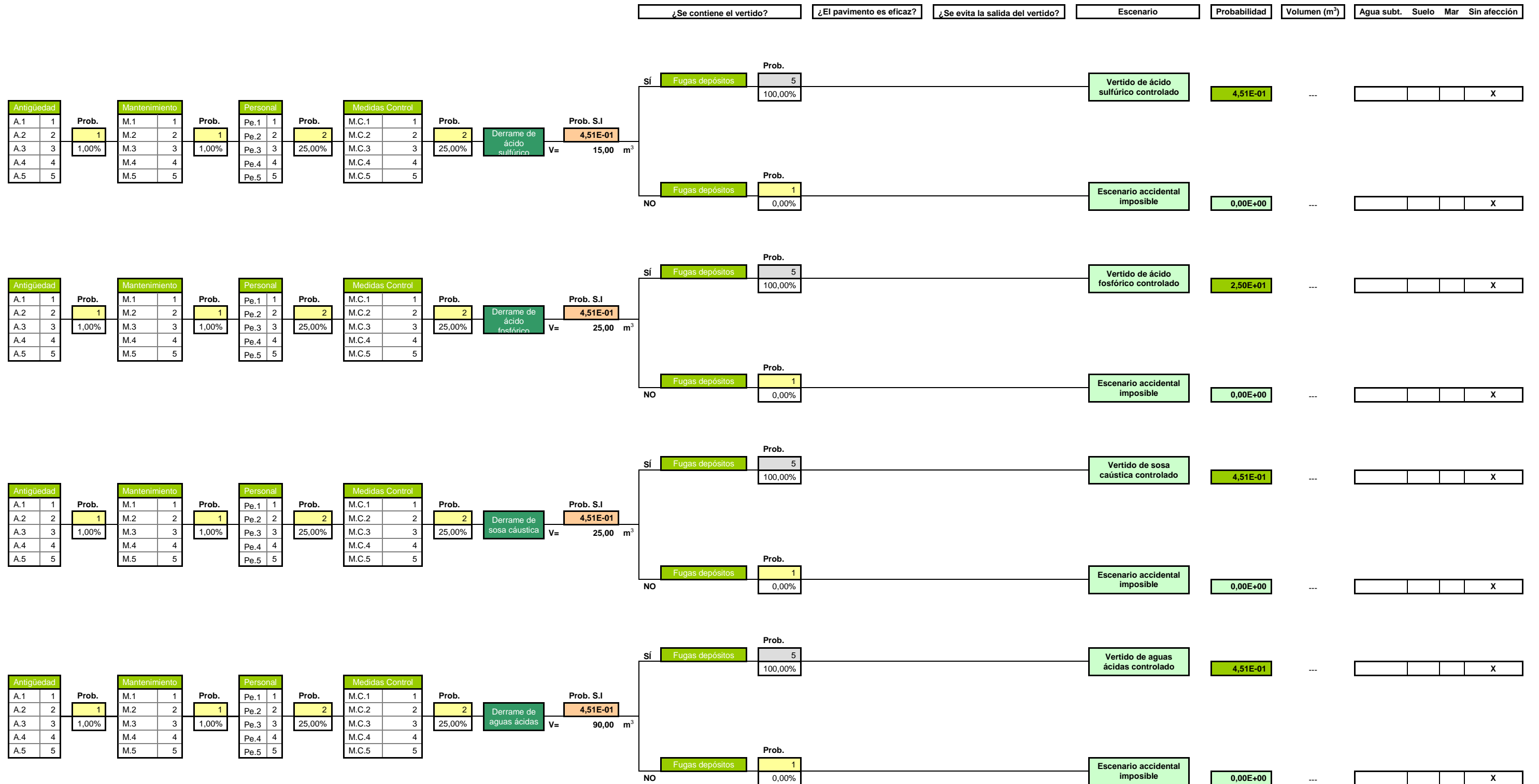
## 2. Explosión

Valor DPCE	
DPCE.1	1
DPCE.2	2
DPCE.3	3
DPCE.4	4
DPCE.5	5



### C. Almacén de químicos no inflamables

#### 1. Derrame



## **ANEXO II. TABLA DE CÁLCULO DEL IDM**





El presente Anexo recopila los datos que se han empleado para calcular el IDM asociado a cada escenario accidental.

Escenario	Sustancia	Grupo IDM	Sustancia IDM	Recurso IDM	Parámetros IDM						Modificadores M <sub>B</sub>						Modificadores M <sub>C</sub>			Acceso		IDM Combinación	IDM Escenario		
					Ecf	Ecu	α	Ec	Ecr	Ecc	M <sub>B1</sub>	M <sub>B8</sub>	M <sub>B12</sub>	M <sub>B14</sub>	M <sub>B17</sub>	M <sub>B18</sub>	B	M <sub>C1</sub>	M <sub>C3</sub>	C	β			Eca	
E.1	Semillas	1	Químico	COSV	Agua marina	0	866	488,25	1	1.934	0,03	1,00		1,00			1,00	1,00	1,10		1,1	0	6,14	437.700,46	<b>437.700,46</b>
E.2	Aceite	1	Químico	COSV	Agua marina	0	866	1.701,79	1	1.934	0,03	1,00		0,90			0,90	0,81	1,10		1,1	0	6,14	1.231.740,96	<b>1.231.740,96</b>
E.3	Semillas	1	Químico	COSV	Agua marina	0	866	1.788,25	1	1.934	0,03	1,00		1,00			1,00	1,00	1,10		1,1	0	6,14	1.597.274,46	<b>1.597.274,46</b>
E.8	Aceite	1	Químico	COSV	Agua marina	0	866	1.701,79	1	1.934	0,03	1,00		0,90			0,90	0,81	1,10		1,1	0	6,14	1.231.740,96	<b>1.231.740,96</b>
E.12	Aceite	1	Químico	COSV	Agua marina	0	866	1.701,79	1	1.934	0,03	1,00		0,90			0,90	0,81	1,10		1,1	0	6,14	1.231.740,96	<b>1.231.740,96</b>
E.15	Agua residual	1	Químico	COSV	Agua marina	0	866	75,00	1	1.934	0,03	1,00		0,80			0,90	0,72	1,10		1,1	0	6,14	50.358,14	<b>50.358,14</b>
E.16	Agua residual	1	Químico	COSV	Agua marina	0	866	240,00	1	1.934	0,03	1,00		0,80			0,90	0,72	1,10		1,1	0	6,14	156.325,37	<b>156.325,37</b>
E.17	Agua residual	1	Químico	COSV	Agua marina	0	866	240,00	1	1.934	0,03	1,00		0,80			0,90	0,72	1,10		1,1	0	6,14	156.325,37	<b>156.325,37</b>
E.18	Aceite	1	Químico	COSV	Agua marina	0	866	749,75	1	1.934	0,03	1,00		0,90			0,90	0,81	1,10		1,1	0	6,14	543.888,45	<b>543.888,45</b>
E.20	Aceite	1	Químico	COSV	Agua marina	0	866	30,33	1	1.934	0,03	1,00		0,90			0,90	0,81	1,10		1,1	0	6,14	24.104,76	<b>24.104,76</b>
E.21	Semillas	1	Químico	COSV	Agua marina	0	866	333,33	1	1.934	0,03	1,00		1,00			1,00	1,00	1,10		1,1	0	6,14	299.514,92	<b>299.514,92</b>
E.22	Harinas	1	Químico	COSV	Agua marina	0	866	69,22	1	1.934	0,03	1,00		1,00			1,00	1,00	1,10		1,1	0	6,14	63.934,08	<b>63.934,08</b>
E.23	Aceite	1	Químico	COSV	Agua marina	0	866	1.701,79	1	1.934	0,03	1,00		0,90			0,90	0,81	1,10		1,1	0	6,14	1.231.740,96	<b>1.231.740,96</b>
E.24	Harinas	1	Químico	COSV	Agua marina	0	866	524,22	1	1.934	0,03	1,00		1,00			1,00	1,00	1,10		1,1	0	6,14	469.784,98	<b>469.784,98</b>
E.26	Aceite	1	Químico	COSV	Agua marina	0	866	1.701,79	1	1.934	0,03	1,00		0,90			0,90	0,81	1,10		1,1	0	6,14	1.231.740,96	<b>1.231.740,96</b>
E.28	Aceite	1	Químico	COSV	Agua marina	0	866	1.701,79	1	1.934	0,03	1,00		0,90			0,90	0,81	1,10		1,1	0	6,14	1.231.740,96	<b>1.231.740,96</b>
E.29	Aceite	9	Químico	COSV	Suelo	0	201	45,00	1	887	0,03	1,00	1,50		1,25	1,10	0,90	1,86		1,10	1,1	0	6,14	18.298,45	<b>1.216.493,56</b>
		1	Químico	COSV	Agua marina	0	866	1.655,36	1	1.934	0,03	1,00		0,90			0,90	0,81	1,10		1,1	0	6,14	1.198.195,11	
E.33	Aceite	1	Químico	COSV	Agua marina	0	866	1.701,79	1	1.934	0,03	1,00		0,90			0,90	0,81	1,10		1,1	0	6,14	1.231.740,96	<b>1.231.740,96</b>
E.35	Aceite	1	Químico	COSV	Agua marina	0	866	1.701,79	1	1.934	0,03	1,00		0,90			0,90	0,81	1,10		1,1	0	6,14	1.231.740,96	<b>1.231.740,96</b>

α = datos expresados en toneladas para daños al agua marina y en m<sup>3</sup> para daños al suelo.

## **ANEXO III. INFORMES MORA**



En el presente Anexo se recopilan los informes obtenidos en MORA para el escenario accidental de referencia. Se han realizado dos informes ya que se ha planteado la reparación del conjunto del daño mediante la combinación de 2 técnicas de reparación:

- La recuperación natural del vertido de 1.293 t de agente causante del daño que afectan a 2.741.924 m<sup>3</sup> de agua marina, y
- La recuperación mediante la retirada mecánica y manual de vertidos medianos en agua marina de 409 t de agente causante del daño que afectan a 865.871 m<sup>3</sup> de agua marina.

## INFORME DE COSTES DE REPARACIÓN

### Datos generales

<u>Nombre</u>	Supuesto 1-MIRAT Aceite. Fraccion recuperacion natural		
<u>Fecha de realización</u>	05/11/2019	<u>Versión</u>	v2011/1
<u>Operador</u>	Miguel Crespo		

### Datos de localización

<u>Coordenada X</u>	0,00	<u>Coordenada Y</u>	0,00	<u>SRS</u>	UTM-ETRS 1989-
---------------------	------	---------------------	------	------------	----------------

### Parámetros

Concepto	Valor	Valor original
Accesibilidad	Sí	No
Distancia vía	0	
Rango de pendiente	Muy baja	
Permeabilidad	Muy baja	
Espacio protegido	No	

### Daño

Agente	Recurso	Cantidad dañada	Reversibilidad
COSV no halogenados biodegradables	Agua marina	2.741.924, m3	Sí

### Reparaciones

#### Reparación

Nº de unidades físicas a reparar	2.741.924m3
----------------------------------	-------------

<u>Tiempo de espera</u>	1 Años
-------------------------	--------

Técnica de reparación

Recuperación Natural

Datos relacionados con la técnica de reparación

Concepto	Valor	Valor original
Técnica seleccionada	Recuperación Natural	Retirada mecánica y manual de vertidos medianos en agua marina
Coste Unitario	0,00	
Coste fijo	0,00	
Multiplicador	0,00	
Exponente	0,00	
Tiempo de recuperación	10	
Unidad de tiempo	Años	
Tipo de eficacia	Limitada	

Presupuesto de la reparación primaria

Nombre	%	Importe (€)	% Original	Imp. Original (€)
PEC Aplicación Técnica		0,00		0,00
%Seguridad por contingencia	40,00	0,00	40,00	0,00
% IVA	21,00	0,00	21,00	0,00
Total Aplicación Técnica		0,00		0,00
PEC Consultoría		6.452,82		6.452,82
%Seguridad por contingencia	20,00	1.290,56	20,00	1.290,56
%IVA	21,00	1.626,11	21,00	1.626,11
Total Consultoría		9.369,49		9.369,49
PEC Revisión y Control		4.074,00		4.074,00
%Seguridad por contingencia	20,00	814,80	20,00	814,80
%IVA	21,00	1.026,65	21,00	1.026,65



Nombre	%	Importe (€)	% Original	Imp. Original (€)
Total Revisión y Control		5.915,45		5.915,45
Total Reparación		15.284,94		15.284,94

Reparación compensatoria

Nº de unidades físicas a reparar	444.292,3m3
----------------------------------	-------------

Tiempo de espera

6 Meses

Tasa de descuento

3,00

Técnica de reparación

Retirada mecánica y manual de vertidos medianos en agua marina

Datos relacionados con la técnica de reparación

Concepto	Valor	Valor original
Técnica seleccionada	Retirada mecánica y manual de vertidos medianos en agua marina	Retirada mecánica y manual de vertidos medianos en agua marina
Coste Unitario	1.881,22	
Coste fijo	0,00	
Multiplicador	0,00	
Exponente	0,00	
Tiempo de recuperación	1	
Unidad de tiempo	Meses	
Tipo de eficacia	Demostrada	

Presupuesto de la reparación compensatoria

Nombre	%	Importe (€)	% Original	Imp. Original (€)
PEC Aplicación Técnica		835.811.635,85		835.811.635,85
%Seguridad por contingencia	20,00	167.162.327,17	20,00	167.162.327,17
% IVA	21,00	210.624.532,23	21,00	210.624.532,23
Total Aplicación Técnica		1.213.598.495,25		1.213.598.495,25
PEC Consultoría		11.771.636,35		11.771.636,35
%Seguridad por contingencia	20,00	2.354.327,27	20,00	2.354.327,27
%IVA	21,00	2.966.452,36	21,00	2.966.452,36
Total Consultoría		17.092.415,98		17.092.415,98
PEC Revisión y Control		4.074,00		4.074,00
%Seguridad por contingencia	20,00	814,80	20,00	814,80
%IVA	21,00	1.026,65	21,00	1.026,65
Total Revisión y Control		5.915,45		5.915,45
Total Reparación		1.230.696.826,68		1.230.696.826,68

### Presupuesto camino

Nombre	%	Importe (€)	% Original	Imp. Original (€)
PEC Construcción del Camino		0,00		0,00
%Seguridad por Contingencia	20,00	0,00	20,00	0,00
%IVA	21,00	0,00	21,00	0,00
Total Ejecución Camino		0,00		0,00
PEC Consultoría		0,00		0,00
%Seguridad por Contingencia	20,00	0,00	20,00	0,00
%IVA	21,00	0,00	21,00	0,00
Total Consultoría		0,00		0,00
Total Construcción del Camino		0,00		0,00

## Resumen reparaciones

Combinaciones agente-recurso del escenario	Tipo de medida	Importe (€)
COSV no halogenados biodegradables en Agua marina	Reparación primaria	15.284,94
	Reparación compensatoria	1.230.696.826,68
	Reparación complementaria	0,00
	Subtotal	1.230.712.111,62
Presupuesto Construcción Camino		0,00
Total reparación primaria (incluyendo construcción de camino)		15.284,94
Total reparación compensatoria (sin incluir construcción de camino)		1.230.696.826,68
Total reparación complementaria (sin incluir construcción de camino)		0,00
<b>Total reparación</b>		<b>1.230.712.111,62</b>

## INFORME DE COSTES DE REPARACIÓN

### Datos generales

<u>Nombre</u>	Supuesto 1-MIRAT Aceite. Fraccion técnica específica		
<u>Fecha de realización</u>	05/11/2019	<u>Versión</u>	v2011/1
<u>Operador</u>	Miguel Crespo		

### Datos de localización

<u>Coordenada X</u>	0,00	<u>Coordenada Y</u>	0,00	<u>SRS</u>	UTM-ETRS 1989-
---------------------	------	---------------------	------	------------	----------------

### Parámetros

Concepto	Valor	Valor original
Accesibilidad	Sí	No
Distancia vía	0	
Rango de pendiente	Muy baja	
Permeabilidad	Muy baja	
Espacio protegido	No	

### Daño

Agente	Recurso	Cantidad dañada	Reversibilidad
COSV no halogenados biodegradables	Agua marina	865.871,00 m3	Sí

### Reparaciones

#### Reparación

Nº de unidades físicas a reparar	409,00m3
----------------------------------	----------

<u>Tiempo de espera</u>	1 Meses
-------------------------	---------

Técnica de reparación

Retirada mecánica y manual de vertidos medianos en agua marina

Datos relacionados con la técnica de reparación

Concepto	Valor	Valor original
Técnica seleccionada	Retirada mecánica y manual de vertidos medianos en agua marina	Retirada mecánica y manual de vertidos medianos en agua marina
Coste Unitario	1.881,22	
Coste fijo	0,00	
Multiplicador	0,00	
Exponente	0,00	
Tiempo de recuperación	1	
Unidad de tiempo	Meses	
Tipo de eficacia	Demostrada	

Presupuesto de la reparación primaria

Nombre	%	Importe (€)	% Original	Imp. Original (€)
PEC Aplicación Técnica		769.418,98		769.418,98
%Seguridad por contingencia	20,00	153.883,80	20,00	153.883,80
% IVA	21,00	193.893,58	21,00	193.893,58
Total Aplicación Técnica		1.117.196,36		1.117.196,36
PEC Consultoría		27.083,02		27.083,02
%Seguridad por contingencia	20,00	5.416,60	20,00	5.416,60
%IVA	21,00	6.824,92	21,00	6.824,92
Total Consultoría		39.324,55		39.324,55
PEC Revisión y Control		4.074,00		4.074,00
%Seguridad por contingencia	20,00	814,80	20,00	814,80
%IVA	21,00	1.026,65	21,00	1.026,65

Nombre	%	Importe (€)	% Original	Imp. Original (€)
Total Revisión y Control		5.915,45		5.915,45
Total Reparación		1.162.436,35		1.162.436,35

Reparación compensatoria

Nº de unidades físicas a reparar	1,53m3
----------------------------------	--------

Tiempo de espera

6 Meses

Tasa de descuento

3,00

Técnica de reparación

Retirada mecánica y manual de vertidos medianos en agua marina

Datos relacionados con la técnica de reparación

Concepto	Valor	Valor original
Técnica seleccionada	Retirada mecánica y manual de vertidos medianos en agua marina	Retirada mecánica y manual de vertidos medianos en agua marina
Coste Unitario	1.881,22	
Coste fijo	0,00	
Multiplicador	0,00	
Exponente	0,00	
Tiempo de recuperación	1	
Unidad de tiempo	Meses	
Tipo de eficacia	Demostrada	

Presupuesto de la reparación compensatoria

Nombre	%	Importe (€)	% Original	Imp. Original (€)
PEC Aplicación Técnica		2.878,27		2.878,27
%Seguridad por contingencia	20,00	575,65	20,00	575,65
% IVA	21,00	725,32	21,00	725,32
Total Aplicación Técnica		4.179,25		4.179,25
PEC Consultoría		6.452,82		6.452,82
%Seguridad por contingencia	20,00	1.290,56	20,00	1.290,56
%IVA	21,00	1.626,11	21,00	1.626,11
Total Consultoría		9.369,49		9.369,49
PEC Revisión y Control		4.074,00		4.074,00
%Seguridad por contingencia	20,00	814,80	20,00	814,80
%IVA	21,00	1.026,65	21,00	1.026,65
Total Revisión y Control		5.915,45		5.915,45
Total Reparación		19.464,19		19.464,19

### Presupuesto camino

Nombre	%	Importe (€)	% Original	Imp. Original (€)
PEC Construcción del Camino		0,00		0,00
%Seguridad por Contingencia	20,00	0,00	20,00	0,00
%IVA	21,00	0,00	21,00	0,00
Total Ejecución Camino		0,00		0,00
PEC Consultoría		0,00		0,00
%Seguridad por Contingencia	20,00	0,00	20,00	0,00
%IVA	21,00	0,00	21,00	0,00
Total Consultoría		0,00		0,00
Total Construcción del Camino		0,00		0,00

## Resumen reparaciones

Combinaciones agente-recurso del escenario	Tipo de medida	Importe (€)
COSV no halogenados biodegradables en Agua marina	Reparación primaria	1.162.436,35
	Reparación compensatoria	19.464,19
	Reparación complementaria	0,00
	Subtotal	1.181.900,54
Presupuesto Construcción Camino		0,00
Total reparación primaria (incluyendo construcción de camino)		1.162.436,35
Total reparación compensatoria (sin incluir construcción de camino)		19.464,19
Total reparación complementaria (sin incluir construcción de camino)		0,00
<b>Total reparación</b>		<b>1.181.900,54</b>





**SECRETARÍA DE ESTADO  
DE MEDIO AMBIENTE**

**DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD  
Y EVALUACIÓN AMBIENTAL**

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