



MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

SECRETARÍA DE ESTADO
DE MEDIO AMBIENTE

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD
Y EVALUACIÓN AMBIENTAL

GUÍA METODOLÓGICA PARA LOS SECTORES: MINERÍA DE SULFUROS POLIMETÁLICOS Y MINERÍA DE SALES SÓDICAS Y POTÁSICAS

APÉNDICE: APLICACIÓN A UN CASO HIPÓTETICO

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

El presente documento es una adaptación a los requerimientos actuales de la normativa de responsabilidad medioambiental del “Proyecto piloto de guía metodológica, sectores: minería de sulfuros polimetálicos y minería de sales sódicas y potásicas” elaborado en octubre del año 2012. En este sentido, debe indicarse que el material y la información de base coinciden con los publicados en octubre de 2012 si bien se ha procedido a cumplimentar los apartados necesarios y a estructurar la documentación con el fin de adecuarla a las actuales exigencias de la normativa.

El objetivo de este apéndice es ilustrar una de las posibilidades de aplicación práctica de la Guía Metodológica centrándose en un caso hipotético no real pero basado en una instalación real por lo que del mismo se ha suprimido la información que pudiera resultar confidencial.

La metodología y los datos expuestos tanto en la Guía Metodológica como en este apéndice se deben entender como una orientación y no como una obligación de ser adoptados por los operadores pudiendo éstos realizar los análisis que consideren oportunos, siempre atendiendo al actual marco normativo y metodológico del régimen de responsabilidad medioambiental.

Índice

I. INTRODUCCIÓN	1
II. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD Y CARACTERIZACIÓN DEL ENTORNO DONDE ÉSTA SE REALIZA	1
II.1. Descripción de la actividad	1
II.2. Caracterización del entorno	3
III. METODOLOGÍA	3
IV. IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ESCENARIOS ACCIDENTALES	7
IV.1. ZONA 1: ALMACÉN DE REACTIVOS (SI1)	8
IV.1.1. Identificación de sucesos iniciadores y sus causas	8
IV.1.2. Identificación de factores condicionantes	9
IV.1.3. Identificación de los agentes causantes del daño	10
IV.1.4. Identificación de recursos potencialmente afectados bajo las hipótesis de cada escenario accidental	10
IV.1.5. Asignación de probabilidades	10
IV.1.5.1. Estimación de la probabilidad de ocurrencia del suceso iniciador <i>vertido de sustancias químicas líquidas</i>	10
IV.1.5.2. Estimación de la probabilidad de ocurrencia de los escenarios consecuenciales	12
IV.1.6. Estimación de volúmenes	16
IV.1.6.1. Estimación del volumen liberado en el suceso iniciador <i>vertido de sustancias químicas líquidas</i>	16
IV.1.6.2. Estimación del volumen liberado en los escenarios consecuenciales.....	16
IV.2. ZONA 2: Balsa de agua ácida (SI2)	20
IV.2.1. Identificación de sucesos iniciadores y sus causas	20
IV.2.2. Identificación de factores condicionantes	21
IV.2.3. Identificación de los agentes causantes del daño	22
IV.2.4. Identificación de recursos potencialmente afectados bajo las hipótesis de cada escenario accidental	22
IV.2.5. Asignación de probabilidades	22

IV.2.5.1. Estimación de la probabilidad de ocurrencia del suceso iniciador <i>vertido por desbordamiento de la balsa de agua ácida</i>	22
IV.2.5.2. Estimación de las probabilidades de ocurrencia de los escenarios consecuenciales	24
IV.2.6. Estimación de volúmenes	28
IV.2.6.1. Estimación del volumen liberado en el suceso iniciador <i>vertido por desbordamiento de la balsa de agua ácida</i>	28
IV.2.6.2. Estimación del volumen vertido en escenarios consecuenciales	29
IV.3. ZONA 3: PROCESAMIENTO DE MINERAL (SI3 y SI4)	32
IV.3.1. Identificación de sucesos iniciadores y sus causas	32
IV.3.2. Identificación de factores condicionantes	33
IV.3.3. Identificación de los agentes causantes del daño	34
IV.3.4. Identificación de recursos potencialmente afectados bajo las hipótesis de cada escenario accidental	34
IV.3.5. Asignación de probabilidades	34
IV.3.5.1. Estimación de la probabilidad de ocurrencia del suceso iniciador <i>vertido desde depósito</i>	34
IV.3.5.2. Estimación de la probabilidad de ocurrencia del suceso iniciador <i>vertido desde conducción</i>	36
IV.3.5.3. Estimación de las probabilidades de ocurrencia de los escenarios consecuenciales	38
IV.3.6. ESTIMACIÓN DE VOLÚMENES	42
IV.3.6.1. Estimación del volumen liberado en el suceso iniciador <i>vertido desde depósito</i>	43
IV.3.6.2. Estimación del volumen liberado en el suceso iniciador <i>vertido desde conducción</i> ...	43
IV.3.6.3. Estimación del volumen liberado en los escenarios consecuenciales.....	43
IV.4. ZONA 4: ESCOMBRERA DE ESTÉRILES DE MINA (SI5)	47
IV.4.1. Identificación de sucesos iniciadores y sus causas	47
IV.4.2. Identificación de factores condicionantes	48
IV.4.3. Identificación de los agentes causantes del daño	49
IV.4.4. Identificación de recursos potencialmente afectados bajo las hipótesis de cada escenario accidental	49
IV.4.5. Asignación de probabilidades	49

IV.4.5.1. Estimación de la probabilidad de ocurrencia del suceso iniciador <i>vertido de lixiviados desde la escombrera de estériles de mina</i>	49
IV.4.5.2. Estimación de la probabilidad de ocurrencia de los escenarios consecuenciales	51
IV.4.6. Estimación de volúmenes	54
IV.4.6.1. Estimación del volumen liberado en el suceso iniciador <i>vertido de lixiviados desde la escombrera de estériles de mina</i>	54
IV.4.6.2. Estimación del volumen liberado en los escenarios consecuenciales.....	55
IV.5. RESUMEN DE ESCENARIOS IDENTIFICADOS	58
IV.6. ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE AGENTE QUE ALCANZA CADA RECURSO	60
V. CÁLCULO DEL IDM DE CADA ESCENARIO	63
VI. ESTIMACIÓN DEL RIESGO ASOCIADO A CADA ESCENARIO	65
VII. SELECCIÓN DEL ESCENARIO ACCIDENTAL DE REFERENCIA	66
VIII.DETERMINACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DEL DAÑO ASOCIADO AL ESCENARIO ACCIDENTAL DE REFERENCIA	67
VIII.1.Extensión del daño medioambiental	68
VIII.2.Intensidad del daño medioambiental	69
VIII.3.Escala temporal del daño medioambiental.....	69
VIII.4.Significatividad del daño medioambiental.....	69
IX. MONETIZACIÓN DEL DAÑO ASOCIADO AL ESCENARIO ACCIDENTAL DE REFERENCIA 70	
X. EVALUACIÓN DE LA NECESIDAD DE CONSTITUIR UNA GARANTÍA FINANCIERA	70
XI. CONCLUSIONES Y EXPLOTACIÓN DE RESULTADOS	71
XII. MINIMIZACIÓN DEL RIESGO: ALGUNAS RECOMENDACIONES PARA LA GESTIÓN PREVENTIVA DEL RIESGO MEDIOAMBIENTAL	73
XIII.BIBLIOGRAFÍA	74

Anejos

ANEJO I. Cuestionario para la toma de datos

ANEJO II. Datos de cada zona para el análisis de riesgos y árboles de sucesos

ANEJO III: Características de los agentes químicos

ANEJO IV: Cálculo del IDM de cada escenario

ANEJO V. Informe de la aplicación informática MORA para el escenario de referencia

I. INTRODUCCIÓN

Este apéndice persigue aplicar —de forma ilustrativa, a un caso hipotético y a nivel de operador— las etapas de la metodología para el análisis del riesgo medioambiental expuestas en la Guía Metodológica dirigida al sector de la minería extractiva de sulfuros polimetálicos y la minería de sales sódicas y potásicas (GM).

Dada la heterogeneidad de las actividades que componen el sector de la minería extractiva de sulfuros polimetálicos y de sales sódicas y potásicas, la GM no tiene necesariamente la obligación de incluir un caso práctico al no ser siempre posible que dicho caso pueda servir de inspiración a otros operadores del sector en la elaboración de su análisis de riesgos. No obstante y a la luz del análisis realizado a nivel sectorial, se ha comprobado el interés de realizar un análisis del riesgo medioambiental particularizado y centrado exclusivamente en abordar las variables y retos técnicos que se consideran más determinantes a la hora de abordar los trabajos de manera que sea un ejercicio que sirva de referencia a los operadores.

El resultado final de este caso práctico es la estimación del riesgo asociado a los escenarios accidentales considerados relevantes en la instalación evaluada —la cual no existe en la realidad aunque presenta características realistas—; calculándose así mismo la garantía financiera que se le propondría al operador atendiendo a las disposiciones establecidas en el artículo 33 del Real Decreto 2090/2008, de 22 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental, en adelante, el Reglamento.

II. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD Y CARACTERIZACIÓN DEL ENTORNO DONDE ÉSTA SE REALIZA

II.1. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

El presente caso práctico se encuentra dirigido a una instalación representativa del sector extractivo de mineral polimetálico, siendo los principales productos de la mina los concentrados de cobre, de plomo y de cinc, y contenido variable de otros metales como el oro y la plata. La materia prima es el mineral polimetálico y tras su tratamiento se obtiene el producto en forma de concentrados.

Se trata de una mina subterránea, en la que el mineral es sometido a una fase de trituración y molienda seguida de un proceso de flotación con el fin de alcanzar la concentración del mineral comercializable.

La flotación es uno de los métodos más utilizados para el procesamiento de minerales que contienen compuestos sulfurados u oxidados. Es un complejo proceso fisicoquímico que se basa en las diferencias entre las propiedades fisicoquímicas superficiales de los minerales, donde se utiliza un gran volumen de agua y de reactivos químicos. Estos reactivos se encuentran almacenados en una zona específica dentro de la instalación.

El proceso consiste en el paso del material por distintas celdas de flotación y lavado, donde se alterna la adición de reactivos, en su mayoría espumantes, y se insufla aire, con el fin de que el producto se separe del residuo. El residuo pasa por espesadoras donde se elimina el agua sobrante, la cual se circula de nuevo a la zona de procesamiento.

El concentrado de residuos es gestionado por una empresa externa que cuenta con todos los equipos propios necesarios para llevar a cabo esta operación. A esta empresa externa se le ha transferido a través de un contrato tanto el control de la operación de gestión de residuos como los riesgos derivados de la responsabilidad medioambiental que la misma lleva aparejada.

El agua de lluvia que se infiltra alcanzando las galerías subterráneas obstaculiza los trabajos de extracción, y adicionalmente sufre una fuerte acidificación —al oxidarse el mineral polimetálico—, por lo que es bombeada a una balsa situada en superficie donde queda almacenada. El agua ácida contenida en la balsa —tras ser sometida un tratamiento sencillo sin riesgos medioambientales relevantes— se emplea en la zona de procesamiento, no existiendo vertidos a ríos u otras corrientes de agua.

Además del mineral polimetálico, de las galerías subterráneas se extraen materiales con un elevado contenido en hierro, las cuales no son objeto de aprovechamiento comercial quedando almacenadas en una escombrera de estériles de mina.

Atendiendo a lo anteriormente expuesto, en el presente análisis de riesgos se diferencian las siguientes zonas con peligro asociado dentro de la instalación evaluada:

Almacén de reactivos

Existe un almacén próximo a la zona de procesamiento de mineral en el que se almacenan los reactivos químicos que son utilizados en las diferentes fases del tratamiento del mineral.

Balsa de agua ácida

La balsa de agua ácida se encuentra próxima a la zona de procesamiento de mineral y suministra agua a la misma siempre que se considera necesario.

Zona de procesamiento de mineral

La zona de procesamiento la constituye la planta de tratamiento del mineral, incluyendo las operaciones de trituración, molienda, flotación y lavado.

Escombrera de estériles de mina

Se trata de una zona situada a la intemperie en la cual se almacenan los materiales extraídos de la mina que no tienen interés comercial. En contacto con el agua de lluvia estos materiales generan un lixiviado de elevada acidez.

Los riesgos medioambientales que han sido contemplados en el estudio se encuentran asociados a cada una de las zonas que se han considerado relevantes desde el punto de vista del riesgo medioambiental. Dichos riesgos se relacionan con un único tipo de suceso iniciador: el vertido de agua ácida y sustancias químicas. Aunque se parta de un único suceso iniciador debe tenerse

presente que el mismo da lugar a un amplio abanico de escenarios accidentales dependiendo de la zona donde tiene lugar el accidente, de la sustancia que se libera y del medio receptor que puede verse afectado, entre otras variables.

II.2. CARACTERIZACIÓN DEL ENTORNO

La instalación se sitúa en un territorio que no tiene ninguna figura de protección específica. Tanto las especies animales como vegetales de la zona son generalistas por lo que no se encuentran amenazadas ni a nivel autonómico ni a nivel nacional.

El suelo, aunque poco permeable, permite cierta infiltración al subsuelo ya que tiene una elevada presencia de fracturas. No obstante, en la región analizada no existe ninguna masa de agua subterránea que pudiera verse afectada de forma relevante por un hipotético vertido.

En las proximidades se han identificado dos arroyos potencialmente afectados: el arroyo Hache, que pasa junto a la zona de procesamiento de mineral y el almacén de reactivos, y el arroyo Te que discurre entre la balsa de agua ácida y la escombrera de estériles de mina. Ambos son marcadamente estacionales no teniendo agua todos los meses del año y no teniendo una presencia relevante de especies.

En el presente caso hipotético se considera que la totalidad de los recursos naturales potencialmente afectados se encuentran en buen estado en el momento de elaboración del análisis. Esto es, adoptando un enfoque conservador y de prudencia en la valoración, se asume que cualquier accidente conducirá a una degradación significativa del estado básico de los recursos naturales cubiertos por la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental (LRM).

III. METODOLOGÍA

El análisis del riesgo medioambiental de este caso práctico hipotético se ha desarrollado sobre la base de un esquema de razonamiento lógico de tipo deductivo. Se trata de un método que va de lo general (sectorial) a lo particular (operador), habiendo partido de la consideración de un caso de estudio (explotación extractiva subterránea de sulfuros polimetálicos), seguido de la formulación de hipótesis (escenarios accidentales) que sirven como base para analizar el riesgo medioambiental asociado a dicho caso de estudio, para continuar con la deducción de una serie de consecuencias o postulados elementales que permiten analizar las mencionadas hipótesis y finalizar con la comprobación de que dichos resultados son realistas y coherentes, así como que el método de análisis desarrollado es válido. Cabe añadir que, si se hubiera tratado de un sector homogéneo desde el punto de vista del riesgo medioambiental, podría haberse aplicado un método de razonamiento de tipo inductivo, esto es, haber partido del análisis de diferentes casos particulares y concluido una serie de generalizaciones que permitieran extrapolar estos resultados a otros casos particulares del sector. Pocas metodologías de análisis de riesgos son puramente deductivas o inductivas, no obstante, siempre impera un criterio de razonamiento sobre otro en función de las características de los operadores que componen el sector profesional.

Los resultados obtenidos con este método permitirán a los operadores del sector extractivo-polimetálico adoptar los postulados o razonamientos que resulten más convenientes para su caso particular. De esta forma los operadores del sector podrán establecer soluciones similares a las que han sido adoptadas en el caso práctico, tras el pertinente establecimiento de las comparaciones y similitudes oportunas (método de razonamiento de tipo analógico).

El análisis del riesgo medioambiental que se ha desarrollado para este caso hipotético responde al marco metodológico descrito en la GM (informe sectorial). Se recuerdan las referencias más importantes que han servido de base para el desarrollo metodológico del modelo: la norma UNE 150008 para el análisis y evaluación del riesgo ambiental, la LRM, el Reglamento y diversos métodos dirigidos a cuantificar y a prever el comportamiento que tendrá el agente causante del daño al entrar en contacto con el medio receptor.

El modelo de análisis de riesgos desarrollado para este caso práctico ha seguido las etapas que se describen en el Cuadro 1.

<p>1. Zonificación desde el punto de vista del riesgo medioambiental Identificación de fuentes de peligro y zonificación</p> <p>2. Valoración de los daños potenciales asociados a cada zona</p> <p>2.1. Identificación de sucesos iniciadores y sus causas</p> <p>2.2. Identificación de factores condicionantes</p> <p>2.3. Identificación de los agentes causantes del daño</p> <p>2.4. Identificación de recursos potencialmente afectados bajo las hipótesis de cada escenario accidental</p> <p>2.5. Asignación de probabilidades:</p> <ul style="list-style-type: none">- Estimación de la probabilidad de ocurrencia del suceso iniciador- Estimación de las probabilidades de ocurrencia de los escenarios consecuenciales <p>2.6. Estimación de volúmenes:</p> <ul style="list-style-type: none">- Estimación del volumen liberado en el suceso iniciador- Estimación del volumen vertido en los escenarios consecuenciales <p>2.7. Cálculo del Índice del Daño Medioambiental (IDM) de cada escenario</p> <p>2.8 Cálculo del riesgo medioambiental de cada escenario</p> <p>2.9 Selección del escenario accidental de referencia</p> <p>2.10 Cuantificación de los daños del escenario de referencia</p> <p>2.8. Determinación de medidas de reparación primaria</p> <ul style="list-style-type: none">- Identificación de las medidas de reparación primaria- Estimación del coste asociado a la medida de reparación primaria <p>3. Cálculo de la garantía financiera por responsabilidad medioambiental</p>

Cuadro 1. Etapas del análisis de riesgos (caso práctico). Fuente: Elaboración propia.

La etapa referente a la zonificación desde el punto de vista de riesgo medioambiental (bloque 1) consiste en identificar, dentro de la instalación, todas aquellas zonas que se consideran susceptibles de originar un daño medioambiental relevante, y posteriormente, dentro de cada zona, determinar las fuentes de peligro y los posibles sucesos iniciadores. Como se ha expuesto anteriormente, las zonas evaluadas en el presente caso práctico son el almacén de reactivos, la balsa de agua ácida, la zona de procesamiento de mineral y la escombrera de estériles de mina.

A continuación se procede a mencionar los aspectos más relevantes de las etapas relacionadas con la valoración de los daños potenciales (bloque 2), esto es: con el diseño del árbol de sucesos

(obligatorio conforme con la norma UNE 150008), la identificación de escenarios accidentales, su caracterización en términos de probabilidad y valor del IDM, la selección del escenario accidental de referencia, su cuantificación (en términos de extensión, intensidad y escala temporal) y la valoración económica (monetización) del daño medioambiental asociada al escenario de referencia. No se hace referencia a las medidas de reparación compensatorias o complementarias que, en su caso, hubiera que llevar a cabo dado que la cuantía de garantía financiera por responsabilidad medioambiental no incluye en su cobertura, con carácter obligatorio, los costes derivados de cualquiera de estas medidas (artículo 29 de la LRM). Para diseñar los árboles de sucesos y cumplimentar los datos relativos a la probabilidad de ocurrencia y al volumen vertido, se suministraron al operador diferentes cuestionarios —cada uno de ellos dirigido a una zona de la explotación— a fin de recabar esta información (anejo I).

Todas las etapas que comprende el bloque 2 (Cuadro 1) se desarrollan con alto nivel de detalle en cada apartado del presente apéndice dirigido a cada zona específica que ha sido objeto de valoración, razón por la que únicamente este apartado destaca algunos aspectos o decisiones metodológicas que añaden información relevante a la base técnica ya descrita en la GM.

Asignación de probabilidades

El método seleccionado para la asignación de probabilidades es de tipo semicuantitativo.

La probabilidad de ocurrencia asignada tanto al suceso iniciador (escenario causal) como a los factores condicionantes que intervienen y modifican el daño asociado a cada escenario consecuencial, puede adoptar dos tipos de escalas o valores límite: valores enteros (0 o 1) o valores decimales (0,01 o 0,99). En una misma escala también pueden combinarse, con independencia de que se trate de un valor extremo mínimo o máximo, un valor entero o un valor decimal.

La decisión de tomar un valor entero o decimal de la probabilidad dependerá de la precisión con la que se pueda afirmar el buen (o mal) funcionamiento del correspondiente factor condicionante, esto es, si existe una medida de contención sobredimensionada que ofrezca garantía suficiente como para afirmar con confianza que el éxito de su funcionamiento será del 100 por ciento, la probabilidad de que no funcione dicha medida de contención podría ser 0, o bien, 0,01, en caso de que no sea posible afirmar con suficiente certeza que dicho escenario se cumpliría.

La adopción de valores de probabilidad enteros o decimales ofrece diferentes ventajas e inconvenientes. Los valores enteros permiten que los escenarios accidentales que puedan ser minimizados con las medidas de prevención y evitación adecuadas se declaren como “no relevantes”. Esto, en cambio, puede dar lugar a la adopción de una postura demasiado categórica con la consiguiente eliminación de escenarios que en principio pudieran ser posibles, por lo que la adopción de estos valores enteros no parece una opción adecuada si no se dispone de suficiente información para tomar una decisión con suficiente certeza. Por otro lado, los valores decimales siempre conservan escenarios relevantes atendiendo a su probabilidad, siendo imposible anular escenarios —sobre la base de criterios de probabilidad— aunque se tomen todas las medidas de prevención y de evitación oportunas. No obstante hay más variables, además de la probabilidad, que influyen en

que un escenario sea o no relevante y será el analista el que decida (siempre de forma justificada) la decisión más adecuada en cada caso.

En este caso práctico se han adoptado mayoritariamente valores extremos de tipo decimal atendiendo al principio de precaución.

Estimación de volúmenes

La estimación del volumen vertido —cuando se trata de un agente causante del daño de tipo químico— asociado al suceso iniciador y su variación en función de cómo actúen las medidas de contención a lo largo del árbol de sucesos, es un factor decisivo a la hora de simular los efectos positivos de la adopción de las medidas de prevención y de evitación. La incorporación de este «volumen» en todas las ramas del árbol y en paralelo a la probabilidad se considera una novedad importante que aporta ventajas evidentes en los análisis de riesgos que se desarrollen en el marco del régimen de responsabilidad medioambiental. La razón principal es que ello permite simular cómo una buena (o mala) gestión del riesgo influye en el volumen vertido y, por extensión, en la magnitud del daño (valor del IDM, cantidad de recurso afectado y valor económico del daño). Por tanto, la incorporación de la variación del volumen vertido en cada rama del árbol de sucesos ofrece al operador información de gran interés sobre cuáles son los factores condicionantes más influyentes a la hora de prevenir y minimizar los daños asociados a cada escenario accidental.

La información relativa a estos valores —probabilidad de ocurrencia y volumen vertido— se ha introducido en una serie de hojas Excel. Cabe decir que las variables que influyen en el cálculo del volumen y en la probabilidad de ocurrencia no son necesariamente iguales dado que, de otra forma, podría conducir a la duplicidad de información. Como apreciación general y conforme se observa en el desarrollo del presente informe, los factores que influyen en la variación del volumen vertido están más relacionados con el estado y la capacidad de las medidas de contención, mientras que los factores que influyen en la probabilidad de ocurrencia de un evento concreto suelen estar relacionados con la formación y presencia de personal, y con el mantenimiento de las instalaciones.

Evaluación de la relevancia o significatividad de los daños

En este caso práctico se ha adoptado un criterio conservador de cara a evaluar la relevancia o significatividad del daño asociado a los respectivos escenarios accidentales. Dicho criterio se ha concretado en considerar que todos los vertidos son, con carácter potencial, daños medioambientales relevantes y significativos.

Cálculo del Índice de Daño Medioambiental y selección del escenario de referencia

En el presente caso práctico se siguen las disposiciones introducidas por el Real Decreto 183/2015, de 13 de marzo, por el que se modifica el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental, aprobado por el Real Decreto 2090/2008, de 22 de diciembre. En concreto, se procede a calcular el Índice de Daño Medioambiental (IDM) de cada escenario y a proceder a calcular el correspondiente escenario accidental de referencia.

Cuantificación del escenario accidental de referencia

El escenario accidental de la instalación que resulta seleccionado con el fin de determinar su correspondiente garantía financiera es objeto de cuantificación en términos de extensión, intensidad y escala temporal de los hipotéticos daños ocasionados.

Valoración económica de los daños

La valoración de los daños se realiza mediante la estimación de los costes de reparación primaria asociados a la reparación de los recursos naturales que pudieran verse afectados en el escenario de referencia. Para este fin, el Ministerio para la Transición Ecológica —en adelante MITECO— ha puesto a disposición del público el Modelo de Oferta de Responsabilidad Medioambiental —MORA—.

El presenta apéndice incluye adicionalmente otros contenidos que complementan las etapas que se describen en el Cuadro 1 y que pueden ser útiles para los operadores que quieran utilizar la GM para la particularización de su análisis de riesgos medioambiental. Estos contenidos hacen referencia al establecimiento, respectivamente, de una serie de directrices técnicas para la utilización de la GM a nivel de operador y de una serie de orientaciones para la gestión preventiva del riesgo medioambiental para el caso práctico. A esto se le añade una cantidad razonable de anejos que contribuyen a desarrollar específicamente algunas partes del modelo de análisis de riesgos cuyas etapas se describen en el Cuadro 1.

IV. IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ESCENARIOS ACCIDENTALES

La zonificación de las explotaciones o actividades profesionales en función de sus diferentes fuentes de peligro es una práctica habitual en el desarrollo de los análisis de riesgos medioambientales.

La Tabla 1 muestra las zonas consideradas en el presente caso práctico hipotético como aquéllas que llevan asociado un peligro medioambiental relevante atendiendo a las características de la instalación objeto de estudio.

En esta tabla se recogen las zonas del caso práctico (codificadas con números comprendidos entre el 1 y el 4) y los sucesos iniciadores que se considera que habría seleccionado el operador objeto de estudio como relevantes en su instalación. Los sucesos iniciadores se han codificado secuencialmente desde el 1 hasta el 5.

Por otra parte, se ha aprovechado esta misma tabla para indicar la zona con peligro asociado de la GM que se habría empleado como referencia por parte del operador así como el suceso iniciador asociado a ésta que se habría seleccionado.

En este momento merece la pena incidir en que el operador podrá tomar como referencia o no los contenidos de la GM para realizar su análisis de riesgos medioambientales (siendo un instrumento voluntario), siendo el objetivo que, en todo caso, el análisis de riesgos ofrezca un fiel reflejo de su instalación y recoja y evalúe de forma adecuado la totalidad de sus riesgos relevantes.

ID	Zona del caso práctico	Suceso iniciador caso práctico	Zona de referencia de la GM	Suceso iniciador de referencia de la GM
Z1	Almacén de reactivos	Vertido de sustancias líquidas (SI1)	Almacenamiento de sustancias	Vertido de sustancias en almacén
Z2	Balsa de agua ácida	Vertido desde balsa (SI2)	Balsas de aguas de contacto	Vertido de aguas de contacto
Z3	Zona de procesamiento de mineral	Vertido desde depósito (SI3)	Procesamiento de sulfuros polimetálicos mediante flotación	Vertido de fluidos de proceso
		Vertido desde conducción (SI4)		
Z4	Escombrera de estériles de mina	Vertido de lixiviados desde escombrera (SI5)	Escombreras de estériles de mina	Vertido de aguas de contacto

Tabla 1. Zonas con peligro asociado consideradas y sucesos iniciadores del caso práctico y zonas y sucesos iniciadores de la GM en los que se basan. Fuente: Elaboración propia.

Cada operador del sector deberá particularizar sus propias fuentes de peligro y realizar una zonificación de la explotación *ad hoc* desde el punto de vista de su riesgo medioambiental. Los catálogos de «zonas con peligro asociado y sus sucesos iniciadores», «factores condicionantes» y «recursos potencialmente afectados bajo cada hipótesis de escenario accidental» que se proporcionan en el informe de GM pueden facilitar esta tarea.

En los siguientes apartados se identifican y caracterizan los escenarios accidentales correspondientes a cada zona. Los datos específicos de cada una de las mismas se aportan en el Anejo II.

IV.1.ZONA 1: ALMACÉN DE REACTIVOS (SI1)

IV.1.1. Identificación de sucesos iniciadores y sus causas

El suceso iniciador identificado en esta zona es el vertido de sustancias químicas en estado líquido. Las causas desencadenantes de este suceso iniciador son las siguientes:

- *Impacto de objeto móvil.* El impacto de una carretilla, automóvil o cualquier otro elemento de transporte contra un depósito puede generar un vertido de la sustancia almacenada.
- *Desgaste del material.* Se considera que la corrosión y el desgaste de los depósitos puede debilitar los materiales, produciendo —o contribuyendo a que se produzca— un episodio de vertido.
- *Error humano.* Los fallos en la gestión y el manejo de los depósitos, los medios de transporte, las medidas de seguridad, etc. se consideran en el modelo a través de una serie de variables explicativas de las causas de accidente.
- *Desbordamiento.* Normalmente asociado a un fallo en la gestión y manejo de los depósitos o a un error humano.

IV.1.2. Identificación de factores condicionantes

A continuación se exponen los factores considerados para la zona de almacenamiento de reactivos:

- **Posibilidad de actuación de la contención automática**

Los sistemas de contención automáticos no requieren una activación manual para retener un hipotético vertido de manera efectiva. Con el fin de evaluar su correcto funcionamiento se tiene en cuenta la frecuencia y el tipo de las revisiones, así como la antigüedad del dispositivo.

En el almacenamiento de reactivos este dispositivo consiste en una red de drenaje interior que vierte a un depósito de contención.

- **Posibilidad de actuación de la contención manual**

A diferencia de los sistemas de contención automáticos, la contención manual requiere para su actuación la presencia y destreza del personal encargado de retener el vertido. Por este motivo, el modelo diseñado evalúa tanto la presencia de personal en la zona como su formación y experiencia. Adicionalmente, con el fin de analizar si los equipos se encuentran en un correcto estado de funcionamiento, se puntúa favorablemente la realización de un mantenimiento preventivo y correctivo.

En el almacenamiento de reactivos este dispositivo consiste en una serie de kits de emergencia los cuales pueden ser utilizados por los operarios en caso de accidente.

- **Posibilidad de actuación de la contención adicional**

El análisis de riesgos diseñado permite la introducción de una medida de contención adicional además de las dos identificadas previamente.

Los vertidos que superaran los puntos anteriores en el almacenamiento de reactivos desembocarían en un depósito situado aguas abajo donde podrían quedar retenidos.

- **Posibilidad de afección al suelo**

Atendiendo a la localización de la medida de contención adicional, próxima al suelo no pavimentado, se considera que en caso de una concatenación de fallos en las medidas de contención se podría afectar de forma relevante a este recurso natural.

- **Posibilidad de afección a un cauce**

Atendiendo a la localización de la medida de contención adicional, próxima al arroyo Hache, se considera que en caso de una concatenación de fallos en las medidas de contención se podría afectar de forma relevante a este elemento natural.

- **Posibilidad de afección al agua superficial**

Dada la posibilidad de afección al cauce del arroyo Hache, sería probable dañar el agua superficial que corre por dicho arroyo.

- **Posibilidad de afección a un hábitat**

Dado que la superficie potencialmente afectada por el vertido es relativamente pequeña y que la misma no se encuentra en un Espacio Natural Protegido, el posible daño a los hábitats se considera como un daño de escasa relevancia dentro del presente análisis de riesgos.

- **Posibilidad de afección a las especies**

Se considera que la afección a las especies no sería relevante, o que en todo caso, éstas se recuperarían de forma natural una vez reestablecido el estado original del biotopo (agua y suelo).

IV.1.3. Identificación de los agentes causantes del daño

En el presente caso práctico hipotético, se supone que la totalidad de sustancias presentes en el almacén de reactivos se encuentran en estado líquido.

La sustancia de referencia para la evaluación del riesgo es la denominada como “sustancia 1”, la cual se asume que es la más tóxica de entre todas las contenidas en el almacén y la única que entraña un riesgo medioambiental relevante.

Las fichas de seguridad de las sustancias manejadas en la instalación se han recopilado en el anejo III del presente apéndice.

IV.1.4. Identificación de recursos potencialmente afectados bajo las hipótesis de cada escenario accidental

Dada la naturaleza del vertido y de los recursos naturales próximos a la zona se identifican como recursos potencialmente afectados el suelo y el agua superficial (arroyo Hache).

IV.1.5. Asignación de probabilidades

IV.1.5.1. Estimación de la probabilidad de ocurrencia del suceso iniciador *vertido de sustancias químicas líquidas*

Los estimadores empleados para cuantificar la probabilidad de que se produzca un vertido de sustancias químicas en estado líquido son los recogidos en la Tabla 2.

Suceso iniciador: Vertido de sustancias líquidas	Estimador de la probabilidad	Probabilidad de ocurrencia			
		1	2	3	4
Causas					
Fuga o rotura de depósito por impacto de objeto móvil, desgaste del material, error humano, etc. Desbordamiento de depósito	Experiencia de los empleados a cargo de la operación	Los empleados tienen más de 5 años de experiencia en la operación	Los empleados tienen de 3 a 5 años de experiencia en la operación	Los empleados tienen de 1 a 3 años de experiencia en la operación	Los empleados tienen menos de 1 año de experiencia en la operación
	Formación de los empleados a cargo de la operación	Los empleados han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación, la cual es actualizada cuando cambian las condiciones			Los empleados no reciben formación sobre los riesgos que conlleva la operación
	Antigüedad de los depósitos	Los depósitos tienen una antigüedad media inferior al 33% de su vida útil	Los depósitos tienen una antigüedad media comprendida entre el 33% y el 66% de su vida útil	Los depósitos tienen una antigüedad media superior al 66% de su vida útil	Los depósitos tienen una antigüedad media superior a su vida útil
	Tipo de depósitos	Doble pared			Pared simple
	Frecuencia de las revisiones a los depósitos	La frecuencia de las revisiones es superior a la mínima establecida por la normativa			La frecuencia de las revisiones es igual a la mínima establecida por la normativa
	Iluminación en la zona	La iluminación de la zona es \geq 100 lux	La iluminación de la zona está comprendida entre 75 y 100 lux.	La iluminación de la zona está comprendida entre 50 y 75 lux.	La iluminación de la zona es inferior a 50 lux.
	Señalización de las zonas de paso y carga y descarga	La señalización de las zonas de paso y carga y descarga es adecuada			La señalización de las zonas de paso y carga y descarga no es adecuada
Incidentes históricos asociados a vertido de sustancias	Menos de un incidente al año	Entre 1 y 3 incidentes al año	Entre 3 y 5 incidentes al año	> 5 incidentes al año	

Tabla 2. Causas y estimadores de la probabilidad de ocurrencia del suceso iniciador *vertido de sustancias líquidas*. Fuente: Elaboración propia.

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

Mediante este estimador se pretende evaluar la pericia de los empleados en las operaciones con los depósitos de sustancias químicas. Considerando que una mayor experiencia en estas operaciones implica una menor probabilidad de accidente.

❖ **Formación de los empleados a cargo de la operación**

Al igual que el estimador anterior, mediante este concepto se pretende evaluar la probabilidad de que el vertido se produzca por un error de los operarios. En este sentido, se asume que un accidente es más probable cuanto menor es la formación de los empleados.

❖ **Antigüedad de los depósitos**

Se considera que unos envases próximos al agotamiento de su vida útil causan —o pueden causar— más incidentes que otros de menor antigüedad.

❖ **Tipo de depósitos**

La posibilidad de contar con depósitos de pared doble es considerada dentro del presente análisis de riesgos como una circunstancia positiva frente a los depósitos de pared simple.

❖ **Frecuencia de las revisiones a los depósitos**

Se asume que una mayor frecuencia de las tareas de revisión y control implica un menor riesgo de accidente.

❖ **Iluminación de la zona**

Una adecuada iluminación de la zona puede jugar un papel positivo disminuyendo el número de incidentes derivados de choques, caídas, etc. Esto es, a una mejor iluminación se asigna una menor probabilidad de accidente.

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

Se asume que una señalización adecuada de las zonas de paso, carga y descarga, etc. favorece la seguridad en la zona, disminuyendo la probabilidad de ocurrencia de un impacto con el consecuente vertido de sustancias.

❖ **Incidentes históricos asociados a vertido de sustancias**

Se otorga un valor predictivo a los registros históricos, considerándose que la existencia de un gran número de incidentes previos incrementa la posibilidad de que éstos vuelvan a ocurrir en el futuro.

IV.1.5.2. Estimación de la probabilidad de ocurrencia de los escenarios consecuenciales

El cálculo de la probabilidad de ocurrencia de los escenarios consecuenciales parte de la probabilidad de su correspondiente suceso iniciador. Esta probabilidad de partida se multiplica por los valores que adopta cada uno de los factores condicionantes. A continuación se exponen los criterios adoptados con el fin de estimar la probabilidad de ocurrencia de cada factor condicionante.

❖ **Probabilidad de actuación de la contención automática**

La probabilidad de que la contención automática funcione eficazmente reteniendo total o parcialmente el vertido se evalúa a través de los siguientes aspectos:

- *Mantenimiento correctivo.* El mantenimiento correctivo actúa subsanando las averías o deficiencias que se hayan producido en el sistema.
- *Mantenimiento preventivo.* El mantenimiento preventivo responde a la aplicación de un calendario o programa en el cual se predefine un intervalo de tiempo para la realización de las revisiones e inspecciones. La vocación preventiva de este tipo de mantenimiento se prima en el modelo considerándose más favorable que el meramente correctivo.
- *Frecuencia de las revisiones.* Se asume que cuanto más frecuentemente se revisa el sistema menor es la probabilidad de que éste falle.

- *Antigüedad.* Se asume que cuanto más alejada se encuentra la antigüedad del sistema de su vida útil más probable es que éste funcione correctamente.

En la Tabla 3 se muestra la categorización de los estimadores y la asignación de los coeficientes de probabilidad.

PROBABILIDAD DE ACTUACIÓN DE LA CONTENCIÓN AUTOMÁTICA	
Categorías	Coeficiente
Se aplica un mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones superior al mínimo exigido. Antigüedad inferior o igual a la vida útil.	0,99
Se aplica un mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones igual al mínimo exigido. Antigüedad inferior o igual a la vida útil.	0,98
Se aplica un mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones superior al mínimo exigido. Antigüedad superior a la vida útil.	0,97
Se aplica un mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones igual al mínimo exigido. Antigüedad superior a la vida útil.	0,96
No se aplica un mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones superior al mínimo exigido. Antigüedad inferior o igual a la vida útil.	0,95
No se aplica un mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones igual al mínimo exigido. Antigüedad inferior o igual a la vida útil.	0,94
No se aplica un mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones superior al mínimo exigido. Antigüedad superior a la vida útil.	0,93
No se aplica un mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones igual al mínimo exigido. Antigüedad superior a la vida útil.	0,92
Se aplica un mantenimiento correctivo. No se aplica mantenimiento preventivo. Antigüedad inferior o igual a la vida útil.	0,91
Se aplica un mantenimiento correctivo. No se aplica mantenimiento preventivo. Antigüedad superior a la vida útil.	0,90
Resto de circunstancias	0,80

Tabla 3. Categorización de los estimadores de la probabilidad de actuación de la contención automática. Fuente: Elaboración propia.

❖ **Probabilidad de actuación de la contención manual**

Las medidas de contención manuales —a diferencia de las automáticas—, requieren además de un buen estado de funcionamiento la presencia de personal capacitado para su accionamiento. Esta circunstancia se incorpora en el modelo a través de los siguientes aspectos:

- *Presencia de personal.* Se asume que cuanto mayor es la franja de tiempo a lo largo del día y la semana que el personal está presente en la zona, mayor es la probabilidad de que actúen las medidas de contención manuales.
- *Formación del personal a cargo de la operación.* En el modelo se prima no sólo la presencia de personal en la zona si no también su capacitación para hacer frente a los posibles incidentes medioambientales. De esta forma, se asume que cuanto más formado está el personal mayores son las posibilidades de que se activen correctamente los dispositivos manuales de contención.

- *Experiencia de los empleados a cargo de la operación.* En el mismo sentido que la formación, cuanto más experiencia tengan los empleados se asume que mayores son las probabilidades de que el sistema de contención funcione satisfactoriamente.
- *Mantenimiento preventivo y correctivo.* Como se ha indicado, en el presente análisis se considera que las medidas de contención manuales no sólo se fundamentan en que exista personal capacitado para aplicarlas, si no también en que estas medidas se encuentren en buenas condiciones de uso. Esta segunda condición se introduce evaluando el mantenimiento preventivo y correctivo que se aplique en la instalación.

En la Tabla 4 se muestra la categorización de los estimadores y la asignación de los coeficientes de probabilidad.

PROBABILIDAD DE ACTUACIÓN DE LA CONTENCIÓN MANUAL	
Categorías	Coeficiente
Presencia continua de personal. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es igual o superior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,99
Presencia continua de personal. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es inferior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,90
Presencia de personal únicamente los días laborables. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es igual o superior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,80
Presencia de personal únicamente los días laborables. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es inferior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,70
Presencia continua de personal. El personal no recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es igual o superior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,60
Presencia continua de personal. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es inferior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,50
Presencia de personal únicamente los días laborables. El personal no recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es igual o superior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,40
Presencia de personal únicamente los días laborables. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es inferior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,30
Presencia continua de personal. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es igual o superior a 3 años. No se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,20
Presencia continua de personal. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es inferior a 3 años. No se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,10
Resto de circunstancias	0,00

Tabla 4. Categorización de los estimadores de la probabilidad de actuación de la contención manual. Fuente: Elaboración propia.

❖ **Probabilidad actuación de la contención adicional**

Los hipotéticos vertidos originados en el almacén de reactivos —en caso de superar las medidas de contención anteriores— finalizarían su recorrido en un depósito situado aguas abajo, el cual constituye lo que se denomina en el modelo una contención adicional del vertido.

Al tratarse de una medida de contención automática los aspectos evaluados son análogos a los ya citados para este tipo de sistemas (Tabla 5).

PROBABILIDAD DE ACTUACIÓN DE LA CONTENCIÓN ADICIONAL	
Categorías	Coficiente
Se aplica un mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones superior al mínimo exigido. Antigüedad inferior o igual a la vida útil.	0,99
Se aplica un mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones igual al mínimo exigido. Antigüedad inferior o igual a la vida útil.	0,98
Se aplica un mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones superior al mínimo exigido. Antigüedad superior a la vida útil.	0,97
Se aplica un mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones igual al mínimo exigido. Antigüedad superior a la vida útil.	0,96
No se aplica un mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones superior al mínimo exigido. Antigüedad inferior o igual a la vida útil.	0,95
No se aplica un mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones igual al mínimo exigido. Antigüedad inferior o igual a la vida útil.	0,94
No se aplica un mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones superior al mínimo exigido. Antigüedad superior a la vida útil.	0,93
No se aplica un mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones igual al mínimo exigido. Antigüedad superior a la vida útil.	0,92
Se aplica un mantenimiento correctivo. No se aplica mantenimiento preventivo. Antigüedad inferior o igual a la vida útil.	0,91
Se aplica un mantenimiento correctivo. No se aplica mantenimiento preventivo. Antigüedad superior a la vida útil.	0,90
Resto de circunstancias	0,80

Tabla 5. Categorización de los estimadores de la probabilidad de actuación de la contención adicional. Fuente: Elaboración propia.

❖ **Probabilidad de afección a los recursos naturales**

Por último, la posible afección a cada recurso natural se evalúa cuestionando sobre si el vertido alcanza o no el mismo —aspecto que se determina a partir de los modelos de difusión expuestos en el anejo III del presente apéndice—. En caso de que se alcance alguno de los recursos naturales cubiertos por la normativa de responsabilidad medioambiental el daño es cuantificado y valorado, en caso contrario el daño se define como irrelevante no siendo cuantificado.

Como caso particular, exponer que en los posibles daños a los cauces la afección al agua superficial o al cauce seco se estima mediante una relación entre los meses que circula agua por el curso. De tal forma que la probabilidad de afección al agua del cauce viene definida por la siguiente ecuación:

$$P_{agua} = \frac{meses_agua}{meses} \quad \text{(Ec. 1)}$$

Donde:

P_{agua} , es la probabilidad de que se afecte al agua superficial.

$meses_agua$, es el número de meses al año que el cauce transporta agua.

$meses$, es el número de meses del año.

La probabilidad de afección al cauce seco —esto es, la probabilidad de que en el momento del vertido el curso no transporte agua— vendría definida en el modelo por la expresión:

$$P_{cauce} = 1 - P_{agua} \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:

P_{cauce} , es la probabilidad de que se afecte al cauce seco.

P_{agua} , es la probabilidad de que se afecte al agua superficial.

IV.1.6. Estimación de volúmenes

IV.1.6.1. Estimación del volumen liberado en el suceso iniciador *vertido de sustancias químicas líquidas*

La estimación del volumen potencialmente vertido parte de la capacidad del mayor depósito que contiene la sustancia de referencia (sustancia 1).

Como el volumen almacenado en los depósitos y envases puede no coincidir con la capacidad máxima de los mismos, se ha aplicado un coeficiente reductor del 25 por ciento. Esto es, se asume que en el momento del incidente los depósitos estarán al 75 por ciento de su capacidad.

Partiendo del volumen anterior se aplica un coeficiente que estima el porcentaje de sustancia vertida en función de la viscosidad de la misma. Los coeficientes para el cálculo del volumen liberado se muestran en la Tabla 6.

Suceso iniciador: Vertido de sustancias líquidas	Estimadores del volumen liberado	% Liberado
Fuga o rotura de depósito por impacto de objeto móvil, desgaste del material, error humano, etc.	Depósito con sustancia de viscosidad alta	50%
	Depósito con sustancia de viscosidad media	75%
Desbordamiento de depósito	Depósito con sustancia de viscosidad baja	100%

Tabla 6. Estimadores del volumen liberado en el suceso iniciador *vertido de sustancias líquidas*. Fuente: Elaboración propia.

IV.1.6.2. Estimación del volumen liberado en los escenarios consecuenciales

La cantidad del agente causante de daño que alcanza los recursos naturales se calcula aplicando una serie de disminuciones al volumen liberado por el suceso iniciador atendiendo a las medidas de contención disponibles en la instalación.

El modelo parte de la capacidad de retención proyectada de cada medida de contención, y multiplica esa cifra por el coeficiente que corresponda en función del estado en que se encuentre la misma. Ese producto da como resultado la capacidad de retención efectiva de cada elemento. Restando al volumen vertido dicha capacidad se obtiene el volumen de vertido que continúa su recorrido pudiendo afectar potencialmente a los recursos naturales.

En el presente análisis la capacidad efectiva de contención se estima multiplicando la capacidad proyectada por un coeficiente que toma valores comprendidos entre 0 y 1. De esta forma, dado que se valoran daños *ex ante*, el análisis adopta un enfoque de prudencia al asumir que bajo determinadas condiciones las medidas no conseguirían retener el 100 por ciento de la capacidad para la que se han diseñado.

La ecuación con la que se calcula el volumen vertido que alcanzaría los recursos naturales es la siguiente:

$$V_{EC} = V_{SI} - (C_a \times Coef_a + C_m \times Coef_m + C_{ad} \times Coef_{ad}) \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde:

V_{EC} , es el volumen de vertido que entra en contacto con los recursos naturales bajo las hipótesis de cada escenario accidental.

V_{SI} , es el volumen de vertido asociado al suceso iniciador.

C_a , es la capacidad proyectada de la medida de contención automática.

$Coef_a$, es un coeficiente tabulado que adopta valores entre 0 y 1 en función de las características y condiciones de la contención automática.

C_m , es la capacidad proyectada de la medida de contención de accionamiento manual

$Coef_m$, es un coeficiente tabulado que adopta valores entre 0 y 1 en función de las características y condiciones de la contención manual.

C_{ad} , es la capacidad proyectada de la medida de contención adicional

$Coef_{ad}$, es un coeficiente tabulado que adopta valores entre 0 y 1 en función de las características y condiciones de la contención adicional.

❖ **Estimadores de volumen para la contención automática**

El volumen que potencialmente puede ser almacenado en el depósito de contención se evalúa partiendo de la capacidad proyectada del mismo y considerando los siguientes aspectos modificadores:

- *Estanqueidad y presencia de grietas.* Cuanto menor sea la estanqueidad del depósito, o mayor la presencia de grietas y poros en el mismo, se considera que menor será su capacidad de retención.

- *Estado del depósito de contención.* Este aspecto evalúa la presencia de obstáculos o elementos extraños que mermen la capacidad de retención.
- *Techado.* En el presente modelo se considera que los depósitos no expuestos a la lluvia presentan una mayor capacidad que aquéllos que pueden verse afectados por el agua de lluvia.
- *Drenaje perimetral.* En el mismo sentido que el aspecto anterior, se considera que un depósito salvaguardado por un drenaje perimetral presenta un menor riesgo de afección por agua de lluvia que uno desprovisto de este sistema.

En la Tabla 7 se presenta la categorización de los estimadores y los coeficientes de reducción de volumen para la contención automática.

CONTENCIÓN AUTOMÁTICA	
Categorías	Coficiente
La medida de contención es estanca. No existen grietas o poros. El depósito está limpio y libre de obstáculos y obstrucciones. El depósito está bajo techo. El depósito o el área donde éste se encuentra cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado.	1,0
La medida de contención es estanca. No existen grietas o poros. El depósito está limpio y libre de obstáculos y obstrucciones. El depósito está al aire libre. El depósito o el área donde éste se encuentra cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado.	0,9
La medida de contención es estanca. No existen grietas o poros. El depósito está limpio y libre de obstáculos y obstrucciones. El depósito está bajo techo. El depósito o el área donde éste se encuentra no cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado, pudiendo sufrir inundaciones.	0,8
La medida de contención es estanca. No existen grietas o poros. El depósito tiene elementos que disminuyen su capacidad. El depósito está bajo techo. El depósito o el área donde éste se encuentra cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado.	0,7
La medida de contención es estanca. No existen grietas o poros. El depósito tiene elementos que disminuyen su capacidad. El depósito está al aire libre. El depósito o el área donde éste se encuentra cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado.	0,6
La medida de contención es estanca. No existen grietas o poros. El depósito tiene elementos que disminuyen su capacidad. El depósito está bajo techo. El depósito o el área donde éste se encuentra no cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado, pudiendo sufrir inundaciones.	0,5
Se observan poros y/o grietas. El depósito está limpio y libre de obstáculos y obstrucciones. El depósito está bajo techo. El depósito o el área donde éste se encuentra cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado.	0,4
Se observan poros y/o grietas. El depósito está limpio y libre de obstáculos y obstrucciones. El depósito está al aire libre. El depósito o el área donde éste se encuentra cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado.	0,3
Se observan poros y/o grietas. El depósito está limpio y libre de obstáculos y obstrucciones. El depósito está bajo techo. El depósito o el área donde éste se encuentra no cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado, pudiendo sufrir inundaciones.	0,2
Se observan poros y/o grietas. El depósito tiene elementos que disminuyen su capacidad. El depósito está bajo techo. El depósito o el área donde éste se encuentra cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado.	0,1
Resto de circunstancias	0,0

Tabla 7. Coeficientes reductores de la contención automática. Fuente: Elaboración propia.

❖ **Estimadores de volumen para la contención manual**

El volumen susceptible de ser retenido por las medidas de contención manual se calcula partiendo de sus especificaciones técnicas. Esta capacidad de partida se ve afectada en el modelo por una serie

de aspectos que pueden minorarla: presencia de personal, formación y antigüedad del mismo, y realización de un mantenimiento preventivo y correctivo. Considerándose que a mayor presencia, formación y experiencia, y a mejores controles de mantenimiento preventivo y correctivo, mayor será el volumen retenido.

La categorización de los estimadores y los coeficientes de reducción de volumen para la contención manual se recogen en la Tabla 8.

CONTENCIÓN MANUAL	
Categorías	Coeficiente
Presencia continua de personal. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es igual o superior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	1,0
Presencia continua de personal. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es inferior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,9
Presencia de personal únicamente los días laborables. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es igual o superior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,8
Presencia de personal únicamente los días laborables. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es inferior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,7
Presencia continua de personal. El personal no recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es igual o superior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,6
Presencia continua de personal. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es inferior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,5
Presencia de personal únicamente los días laborables. El personal no recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es igual o superior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,4
Presencia de personal únicamente los días laborables. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es inferior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,3
Presencia continua de personal. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es igual o superior a 3 años. No se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,2
Presencia continua de personal. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es inferior a 3 años. No se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,1
Resto de circunstancias	0,0

Tabla 8. Coeficientes reductores de la contención manual. Fuente: Elaboración propia.

❖ **Estimadores de volumen para la contención adicional**

En la zona del almacén de reactivos la contención adicional se encuentra constituida por un depósito ubicado aguas abajo. Al tratarse de un sistema de contención automático, el procedimiento y los aspectos considerados son análogos a los expuestos en el punto dedicado a la contención automática. En resumen, se parte de la capacidad proyectada del sistema de retención y este volumen se minorará en función de los criterios señalados: mantenimiento, limpieza, estanqueidad, etc.

En la Tabla 9 se presenta la categorización de los estimadores y los coeficientes de reducción de volumen para la contención adicional.

CONTENCIÓN ADICIONAL	
Categorías	Coeficiente
La medida de contención es estanca. No existen grietas o poros. El depósito está limpio y libre de obstáculos y obstrucciones. El depósito está bajo techo. El depósito o el área donde éste se encuentra cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado.	1,0
La medida de contención es estanca. No existen grietas o poros. El depósito está limpio y libre de obstáculos y obstrucciones. El depósito está al aire libre. El depósito o el área donde éste se encuentra cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado.	0,9
La medida de contención es estanca. No existen grietas o poros. El depósito está limpio y libre de obstáculos y obstrucciones. El depósito está bajo techo. El depósito o el área donde éste se encuentra no cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado, pudiendo sufrir inundaciones.	0,8
La medida de contención es estanca. No existen grietas o poros. El depósito tiene elementos que disminuyen su capacidad. El depósito está bajo techo. El depósito o el área donde éste se encuentra cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado.	0,7
La medida de contención es estanca. No existen grietas o poros. El depósito tiene elementos que disminuyen su capacidad. El depósito está al aire libre. El depósito o el área donde éste se encuentra cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado.	0,6
La medida de contención es estanca. No existen grietas o poros. El depósito tiene elementos que disminuyen su capacidad. El depósito está bajo techo. El depósito o el área donde éste se encuentra no cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado, pudiendo sufrir inundaciones.	0,5
Se observan poros y/o grietas. El depósito está limpio y libre de obstáculos y obstrucciones. El depósito está bajo techo. El depósito o el área donde éste se encuentra cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado.	0,4
Se observan poros y/o grietas. El depósito está limpio y libre de obstáculos y obstrucciones. El depósito está al aire libre. El depósito o el área donde éste se encuentra cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado.	0,3
Se observan poros y/o grietas. El depósito está limpio y libre de obstáculos y obstrucciones. El depósito está bajo techo. El depósito o el área donde éste se encuentra no cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado, pudiendo sufrir inundaciones.	0,2
Se observan poros y/o grietas. El depósito tiene elementos que disminuyen su capacidad. El depósito está bajo techo. El depósito o el área donde éste se encuentra cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado.	0,1
Resto de circunstancias	0,0

Tabla 9. Coeficientes reductores de la contención adicional. Fuente: Elaboración propia.

IV.2.ZONA 2: Balsa de Agua Ácida (SI2)

IV.2.1. Identificación de sucesos iniciadores y sus causas

El suceso iniciador identificado es un vertido por desbordamiento de la balsa de agua ácida.

Las causas que pueden desencadenar este suceso iniciador son:

- *Fallo en la gestión:* se considera como la posibilidad de que se produzca un vertido desde la balsa a consecuencia de una gestión incorrecta del volumen de agua que llega hasta la misma. Entre los fallos se pueden destacar: el error en la gestión de la seguridad, como por ejemplo la falta de mantenimiento de los sistemas de drenaje, inexistencia de un sistema de desagüe de emergencia o la falta de control en el nivel de líquidos.
- *Error humano:* recoge la posibilidad de que se produzca un vertido por errores en la manipulación de los distintos componentes por parte de los operarios que trabajan en la instalación.

- *Lluvias*: posibilidad de que se produzca un vertido desde la balsa de agua ácida como consecuencia de unas precipitaciones severas. La existencia de unas lluvias extremas continuadas puede provocar el desbordamiento de la balsa.

IV.2.2. Identificación de factores condicionantes

Los factores condicionantes que se han tenido en cuenta para el suceso iniciador *vertido por desbordamiento de la balsa de agua ácida* son los siguientes:

- **Posibilidad de actuación de la contención automática**

Este factor condicionante evalúa la posibilidad de que actúe un sistema capaz de contener el vertido de forma automática una vez se ha producido el derrame. El sistema no requiere presencia de personal para su funcionamiento, y en esta zona se corresponde con una balsa de emergencia adyacente situada aguas abajo.

- **Posibilidad de actuación de la contención manual**

Evalúa el efecto de cualquier medida de contención que requiera la participación de personal para su funcionamiento una vez ocurrido el vertido.

En esta zona, los elementos de contención manual consisten en la construcción de un dique o barrera de emergencia aguas abajo y el bombeo del vertido a una balsa donde quedaría retenido.

- **Posibilidad de actuación de un sistema de contención adicional**

Se considera una medida de contención adicional aquella que actúa después de las medidas de contención anteriores, independientemente de que sea de accionamiento manual o automático.

En este caso, los vertidos finalizarían su recorrido en una medida de contención automática de grandes dimensiones situada aguas abajo. En el presente estudio se asume que los vertidos que alcancen dicha medida de contención quedarían retenidos por la misma de forma efectiva y en su totalidad.

- **Posibilidad de afección al suelo**

Se asume que existe una superficie de suelo sin pavimentar entre la balsa de agua ácida y la contención adicional, por lo tanto se considera un posible daño al recurso natural suelo.

- **Posibilidad de afección a un cauce**

En la zona sin pavimentar existente entre la balsa de agua ácida y la medida de contención adicional se encuentra el cauce del arroyo Te, por lo tanto, en los vertidos que atraviesen dicha zona se considera la posibilidad de afección a este cauce.

- **Posibilidad de afección al agua superficial**

Dada la posibilidad de afección al cauce del arroyo Te existe la posibilidad de dañar al agua superficial que discurre por el cauce.

- **Posibilidad de afección a un hábitat**

Dado que la superficie potencialmente afectada por el vertido es relativamente pequeña y que la misma no se encuentra en un Espacio Natural Protegido, el posible daño a los hábitats se considera como un daño de escasa relevancia dentro del presente análisis de riesgos.

- **Posibilidad de afección a las especies**

Se considera que la afección a las especies no sería relevante, o que en todo caso, éstas se recuperarían de forma natural una vez reestablecido el estado original del biotopo (agua y suelo).

IV.2.3. Identificación de los agentes causantes del daño

De cara a la realización del análisis de riesgos, la sustancia contenida en la balsa se asimila a agua ácida, denominándose “sustancia 2” en el anejo III del presente apéndice.

IV.2.4. Identificación de recursos potencialmente afectados bajo las hipótesis de cada escenario accidental

Considerando la naturaleza del vertido, el recurso potencialmente afectado es el suelo, ya que éste se encuentra sin pavimentar como consecuencia de los constantes movimientos de tierra que se producen en la instalación. Aparte, en caso de no funcionar correctamente las medidas de contención automática y manual, podrían verse afectados el cauce y las aguas superficiales del arroyo Te que se encuentra cercano a la balsa de agua ácida.

La afección a las aguas superficiales del arroyo Te dependerá de la época del año en la que se produzca el vertido, ya que este arroyo se caracteriza por una marcada estacionalidad dependiente de los aportes pluviales, quedando seco en los meses de verano.

IV.2.5. Asignación de probabilidades

IV.2.5.1. Estimación de la probabilidad de ocurrencia del suceso iniciador *vertido por desbordamiento de la balsa de agua ácida*

Los estimadores empleados con el fin de calcular la probabilidad de ocurrencia del suceso iniciador se recogen en la Tabla 10, describiéndose a continuación.

Suceso iniciador: Vertido desde balsa	Estimador de la probabilidad	Probabilidad de ocurrencia			
		1	2	3	4
Causas					
Desbordamiento de la balsa por fallo en la gestión, lluvias, error humano, etc.	Existencia un curso de agua cercano	Existe un curso de agua cercano a la balsa o alguna conducción o canal que pudiera suponer un aporte de agua extra a la balsa			No existe un curso de agua cercano a la balsa o alguna conducción o canal que pudiera suponer un aporte de agua extra a la balsa
	Sistema de drenaje de la balsa	Excelente	Adecuado	Suficiente	Insuficiente/Inexistente
	Plan de mantenimiento del sistema de drenaje de la balsa	Excelente	Adecuado	Suficiente	Insuficiente/Inexistente
	Sistema de desagüe	La balsa dispone de un sistema de desagüe			La balsa no dispone de un sistema de desagüe
	Plan de mantenimiento del sistema de desagüe	Se dispone de un plan de mantenimiento del sistema de desagüe			No se dispone de un plan de mantenimiento del sistema de desagüe
	Revisiones a las canalizaciones del sistema de desagüe	Sí			No
	Régimen pluviométrico	Precipitación media muy inferior a la media autonómica			Precipitación media muy superior a la media autonómica
	Control del nivel de líquidos en la balsa	Se controla el nivel de líquidos en la balsa			No se controla el nivel de líquidos en la balsa
Establecimiento de niveles de alerta y alarma para el sistema de control del nivel de líquidos en la balsa	Se han establecido niveles de alerta y alarma para el sistema de control del nivel de líquidos en la balsa			No se han establecido niveles de alerta y alarma para el sistema de control del nivel de líquidos en la balsa	

Tabla 10. Causas y estimadores de la probabilidad de ocurrencia del suceso iniciador *vertido por desbordamiento de la balsa de agua ácida*. Fuente: Elaboración propia

❖ **Existencia de un curso de agua cercano**

Determina la existencia de un curso de agua cercano, ya sea a través de una conducción, canal o cauce próximo a la balsa de agua ácida que pudiera suponer un aporte de agua adicional.

❖ **Sistema de drenaje de la balsa**

Este estimador valora la existencia o no de un sistema de drenaje en la balsa de agua ácida. De este modo, si la balsa dispone de un sistema de drenaje la probabilidad de ocurrencia de un vertido por desbordamiento será menor que si la balsa no dispone de dicho sistema.

❖ **Plan de mantenimiento del sistema de drenaje de la balsa**

Se estima de forma positiva la existencia de un plan de mantenimiento del sistema de drenaje. En el caso de que se lleve a cabo un plan de mantenimiento, se prima la realización de un mantenimiento preventivo sobre uno exclusivamente correctivo.

❖ **Sistema de desagüe**

La existencia de un sistema de desagüe en la balsa de agua ácida, ya sea de accionamiento manual o automático, disminuye la probabilidad de ocurrencia de un vertido por desbordamiento.

❖ **Plan de mantenimiento del sistema de desagüe**

Este estimador tiene en cuenta la existencia de un plan de mantenimiento del sistema de desagüe. La existencia de un plan de mantenimiento del sistema de desagüe disminuye la probabilidad de ocurrencia de un vertido por desbordamiento.

❖ **Revisiones a las canalizaciones del sistema de desagüe**

Valora la realización o no de revisiones a las canalizaciones del sistema de desagüe, considerándose de forma positiva la realización de estas revisiones.

❖ **Régimen pluviométrico**

El régimen pluviométrico estima la probabilidad de ocurrencia de un vertido por desbordamiento de la balsa de agua ácida como consecuencia de unas lluvias severas.

❖ **Control del nivel de líquidos en la balsa**

Mediante este estimador se considera que si se controla el nivel de líquidos en la balsa la probabilidad de que se produzca un vertido por desbordamiento es menor.

❖ **Establecimiento de niveles de alerta y alarma**

El establecimiento de niveles de alerta y alarma consiste en la instalación de un sistema automatizado que revisa la evolución del nivel de líquidos de la balsa, alertando si los niveles se sobrepasan.

Se considera que la presencia de dicho sistema de alerta y alarma disminuye la probabilidad de ocurrencia de un vertido por desbordamiento.

IV.2.5.2. Estimación de las probabilidades de ocurrencia de los escenarios consecuenciales

Para determinar la probabilidad de ocurrencia de los factores condicionantes y de los escenarios consecuenciales se han tenido en cuenta los siguientes criterios:

❖ **Probabilidad de actuación de la contención automática**

Este factor condicionante evalúa la probabilidad de que un vertido desde la balsa de agua ácida se pueda controlar a través de una medida de contención automática. Dicho sistema de contención sería en este caso una balsa adyacente a la balsa objeto del análisis. Los aspectos considerados para estimar la probabilidad de éxito de la contención automática son los siguientes:

- *Mantenimiento correctivo.* Se entiende por mantenimiento correctivo aquél que se lleva a cabo para volver al estado original después de producirse una avería. El hecho de disponer de un sistema de mantenimiento correctivo se estima de forma positiva.

- *Mantenimiento preventivo.* Se considera mantenimiento preventivo aquél que consiste en programar las intervenciones, cambios de algunos componentes o piezas según intervalos predeterminados de tiempo o espacios regulares —horas de servicio, toneladas transportadas, etc.—. La existencia de un mantenimiento preventivo se valora favorablemente.
- *Frecuencia de las revisiones.* La realización de revisiones de una forma periódica —cumpliendo al menos el mínimo exigido por la normativa— determina una valoración positiva.
- *Antigüedad.* Se considera que un sistema de contención automática con una antigüedad inferior a su vida útil presenta una mayor probabilidad de éxito en su funcionamiento.

En la Tabla 11 se muestra la categorización de los estimadores y la asignación de los coeficientes de probabilidad.

PROBABILIDAD DE ACTUACIÓN DE LA CONTENCIÓN AUTOMÁTICA	
Categoría	Coeficiente
Mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones superior al mínimo exigido. Antigüedad inferior o igual a la vida útil.	0,99
Se aplica un mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones igual al mínimo exigido. Antigüedad inferior o igual a la vida útil.	0,98
Se aplica un mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones superior al mínimo exigido. Antigüedad superior a la vida útil.	0,97
Se aplica un mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones igual al mínimo exigido. Antigüedad superior a la vida útil.	0,96
No se aplica un mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones superior al mínimo exigido. Antigüedad inferior o igual a la vida útil.	0,95
No se aplica un mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones igual al mínimo exigido. Antigüedad inferior o igual a la vida útil.	0,94
No se aplica un mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones superior al mínimo exigido. Antigüedad superior a la vida útil.	0,93
No se aplica un mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones igual al mínimo exigido. Antigüedad superior a la vida útil.	0,92
Se aplica un mantenimiento correctivo. No se aplica mantenimiento preventivo. Antigüedad inferior o igual a la vida útil.	0,91
Se aplica un mantenimiento correctivo. No se aplica mantenimiento preventivo. Antigüedad superior a la vida útil.	0,90
Resto de circunstancias	0,80

Tabla 11. Categorización de los estimadores de la probabilidad de actuación de la contención automática.

Fuente: Elaboración propia.

❖ **Probabilidad de actuación de la contención manual**

Se evalúa la probabilidad de que el vertido desde la balsa de agua ácida se pueda controlar a través de medidas de contención manual. Estas medidas necesitan ser accionadas de forma manual, por lo que requieren la presencia de personal para ser efectivas. En esta zona, las medidas de contención manual consisten en la construcción de un dique de contención y/o el bombeo del vertido. Los

aspectos identificados para evaluar la probabilidad de éxito de la contención manual son los siguientes:

- *Presencia de personal.* La existencia de personal de una forma continua se valora de forma positiva a la hora de considerar la probabilidad de que actúe la contención manual.
- *Formación del personal a cargo de la operación.* Se considera que el personal debería recibir una formación actualizada sobre cómo gestionar los riesgos medioambientales referentes al trabajo que desempeña. La formación se valora favorablemente ya que se considera más elevada la probabilidad de que actúe la contención manual cuando se emplea personal formado.
- *Experiencia de los empleados a cargo de la operación.* A la hora de gestionar las medidas de contención manual se considera que si los empleados tienen más años de experiencia habrá más probabilidad de éxito en las tareas de contención. Por lo tanto, se estima que una experiencia de los empleados igual o superior a 3 años, va a ser un factor favorable de cara al correcto funcionamiento de las medidas de contención manual.
- *Mantenimiento correctivo y preventivo.* Se valora de forma positiva la existencia de un sistema tanto correctivo como preventivo en las medidas de contención.

En la Tabla 12 se muestra la categorización de los estimadores y la asignación de los coeficientes de probabilidad.

PROBABILIDAD DE ACTUACIÓN DE LA CONTENCIÓN MANUAL	
Categoría	Coefficiente
Presencia continua de personal. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es igual o superior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,99
Presencia continua de personal. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es inferior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,90
Presencia de personal únicamente los días laborables. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es igual o superior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,80
Presencia de personal únicamente los días laborables. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es inferior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,70
Presencia continua de personal. El personal no recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es igual o superior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,60
Presencia continua de personal. El personal no recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es inferior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,50
Presencia de personal únicamente los días laborables. El personal no recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es igual o superior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,40
Presencia de personal únicamente los días laborables. El personal no recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es inferior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,30
Presencia continua de personal. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es igual o superior a 3 años. No se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,20
Presencia continua de personal. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es inferior a 3 años. No se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,10
Resto de circunstancias	0,00

Tabla 12 Categorización de los estimadores de la probabilidad de actuación de la contención manual. Fuente: Elaboración propia.

❖ **Probabilidad de actuación de la contención adicional**

Con este factor condicionante se considera cualquier medida de contención automática o manual que actúe con posterioridad a las medidas que se han descrito en los apartados previos. En este caso la medida de contención adicional sería un depósito de grandes dimensiones que se considera totalmente eficaz en el presente caso práctico hipotético. Por lo tanto, se asume que los vertidos que lleguen a la contención adicional procedentes de la balsa de agua ácida quedarían retenidos de manera efectiva por la misma.

❖ **Probabilidad de afección a los recursos naturales**

Por último, la posible afección a cada recurso natural se evalúa cuestionando sobre si el vertido alcanza o no el mismo —aspecto que se determina a partir de los modelos de difusión—.

Como caso particular exponer que en los daños a los cauces la afección al agua superficial o al cauce seco se evalúa considerando los meses al año que circula agua por el curso. De tal forma que la

probabilidad de afección al agua del cauce viene definida por la Ecuación 1, y la probabilidad de afección al cauce seco por la Ecuación 2 del presente apéndice.

IV.2.6. Estimación de volúmenes

IV.2.6.1. Estimación del volumen liberado en el suceso iniciador *vertido por desbordamiento de la balsa de agua ácida*

En este suceso iniciador el volumen liberado se asimila al volumen de precipitación que podría llegar hasta la balsa en episodios de intensas precipitaciones. De esta forma, siguiendo un criterio de prudencia en la valoración se asume que los mayores desbordamientos vendrían ocasionados por la aportación de grandes volúmenes de agua en cortos periodos de tiempo.

Con el fin de calcular el volumen de agua que podría llegar a la balsa bajo estas hipótesis accidentales se procedió a estimar la superficie de la cuenca vertiente a la balsa (en m²), empleando para ello un mapa de la zona. Esta superficie se multiplicó por la precipitación (en l/m²) obteniéndose el volumen teórico que alcanzaría la balsa.

Con el fin de introducir la posibilidad de que parte de la precipitación se infiltre en el suelo y no alcance la balsa se ha introducido en el modelo un coeficiente reductor. Este coeficiente, siguiendo un criterio de prudencia y atendiendo a la naturaleza relativamente impermeable del suelo, se ha fijado en el 95 por ciento.

De esta forma el volumen que potencialmente puede alcanzar la balsa se estima mediante la siguiente ecuación:

$$V_0 = P \times S \times E \quad \text{(Ec. 4)}$$

Donde:

V_0 , es el volumen de agua que alcanza la balsa en l.

P , es la precipitación máxima tomada como referencia para los cálculos, en l/m².

S , es la superficie de la cuenca vertiente a la balsa en m².

E , es el porcentaje de escorrentía.

Sobre el volumen calculado en la ecuación anterior se aplican una serie de coeficientes reductores con el fin de introducir en el modelo el efecto favorable de las medidas que evitan la llegada del agua a la balsa —redes de drenaje—. Estos coeficientes multiplican a V_0 y se recogen en la Tabla 13.

Suceso iniciador: Desbordamiento de balsa	Estimadores del volumen liberado	% Liberado
Desbordamiento por fallo en la gestión, lluvias, error humano, etc.	Sistema de drenaje en excelente estado. Se controla el nivel de líquidos. Se dispone de sistemas de alerta y alarma para el sistema de control del nivel de líquidos. Se dispone de un sistema de desagüe con un plan de mantenimiento.	5%
	Sistema de drenaje en un estado suficiente o adecuado. Se controla el nivel de líquidos. Se dispone de un sistema de desagüe.	10%
	Sistema de drenaje en un estado suficiente o adecuado.	75%
	Resto de circunstancias	100%

Tabla 13. Coeficientes reductores del volumen del suceso iniciador. Fuente: Elaboración propia.

IV.2.6.2. Estimación del volumen vertido en escenarios consecuenciales

La estimación del volumen vertido en cada escenario accidental se ha realizado a partir de la aplicación de coeficientes reductores al volumen liberado en el suceso iniciador. Para ello se han identificado una serie de estimadores cuya finalidad es reducir el volumen vertido inicialmente. Estos estimadores están vinculados a las medidas de contención asumiendo que cada una de las mismas tiene una determinada capacidad de retención proyectada. El modelo parte de este dato para cada elemento de contención y multiplica esa cifra por el coeficiente que corresponda en función del estado en que se encuentra, tomando valores comprendidos entre 0 y 1, según se indica en las tablas siguientes. Ese producto da como resultado la capacidad de retención efectiva de cada elemento. Restando al volumen vertido dicha capacidad se obtiene el volumen de vertido que continúa su recorrido pudiendo afectar potencialmente a los recursos naturales.

❖ Estimadores de volumen para la contención automática

El volumen que hipotéticamente puede ser almacenado en la balsa de contención automática se evalúa partiendo de la capacidad proyectada de la misma y considerando los siguientes aspectos modificadores:

- *Estanqueidad y presencia de grietas.* Cuanto menor sea la estanqueidad del depósito, o mayor la presencia de grietas y poros en el mismo, se considera que menor será su capacidad de retención.
- *Estado del depósito de contención.* Este aspecto evalúa la presencia de obstáculos o elementos extraños en el depósito que mermen su capacidad de retención.
- *Techado.* En el presente modelo se considera que los depósitos no expuestos a la lluvia presentan una mayor probabilidad de éxito que aquéllos que pueden verse afectados por el agua de lluvia.
- *Drenaje perimetral.* En el mismo sentido que el aspecto anterior, se considera que un depósito salvaguardado por un drenaje perimetral presenta un menor riesgo de afección por agua de lluvia que uno desprovisto de este sistema.

En la Tabla 14 se presenta la categorización de los estimadores y los coeficientes de reducción de volumen para la contención automática.

CONTENCIÓN AUTOMÁTICA	
Categorías	Coeficiente
La medida de contención es estanca. No existen grietas o poros. El depósito está limpio y libre de obstáculos y obstrucciones. El depósito está bajo techo. El depósito o el área donde éste se encuentra cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado.	1,0
La medida de contención es estanca. No existen grietas o poros. El depósito está limpio y libre de obstáculos y obstrucciones. El depósito está al aire libre. El depósito o el área donde éste se encuentra cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado.	0,9
La medida de contención es estanca. No existen grietas o poros. El depósito está limpio y libre de obstáculos y obstrucciones. El depósito está bajo techo. El depósito o el área donde éste se encuentra no cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado, pudiendo sufrir inundaciones.	0,8
La medida de contención es estanca. No existen grietas o poros. El depósito tiene elementos que disminuyen su capacidad. El depósito está bajo techo. El depósito o el área donde éste se encuentra cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado.	0,7
La medida de contención es estanca. No existen grietas o poros. El depósito tiene elementos que disminuyen su capacidad. El depósito está al aire libre. El depósito o el área donde éste se encuentra cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado.	0,6
La medida de contención es estanca. No existen grietas o poros. El depósito tiene elementos que disminuyen su capacidad. El depósito está bajo techo. El depósito o el área donde éste se encuentra no cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado, pudiendo sufrir inundaciones.	0,5
Se observan poros y/o grietas. El depósito está limpio y libre de obstáculos y obstrucciones. El depósito está bajo techo. El depósito o el área donde éste se encuentra cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado.	0,4
Se observan poros y/o grietas. El depósito está limpio y libre de obstáculos y obstrucciones. El depósito está al aire libre. El depósito o el área donde éste se encuentra cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado.	0,3
Se observan poros y/o grietas. El depósito está limpio y libre de obstáculos y obstrucciones. El depósito está bajo techo. El depósito o el área donde éste se encuentra no cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado, pudiendo sufrir inundaciones.	0,2
Se observan poros y/o grietas. El depósito tiene elementos que disminuyen su capacidad. El depósito está bajo techo. El depósito o el área donde éste se encuentra cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado.	0,1
Resto de circunstancias	0,0

Tabla 14. Coeficientes reductores de la contención automática. Fuente: Elaboración propia.

❖ **Estimadores de volumen para la contención manual**

El volumen susceptible de ser retenido por las medidas de contención manual se calcula partiendo de la capacidad de la balsa a la que se bombearía el volumen del vertido, y minorando dicha capacidad en función de los siguientes aspectos:

- *Presencia de personal.* La existencia de personal de una forma continua se valora de forma positiva a la hora de estimar el volumen retenido por la contención manual.
- *Formación del personal a cargo de la operación.* Se considera deseable que el personal reciba formación actualizada sobre cómo gestionar los riesgos medioambientales referentes al trabajo que desempeña. La formación se valora favorablemente ya que considera más elevada la probabilidad de que se retenga un mayor volumen cuando el personal recibe dicho tipo de formación.

- *Experiencia de los empleados a cargo de la operación.* A la hora de gestionar las medidas de contención manual se considera más favorable que los empleados tengan una mayor experiencia. Por lo tanto, se estima que una experiencia de los empleados igual o superior a 3 años, va a ser un factor positivo de cara al correcto funcionamiento de las medidas de contención manual.
- *Mantenimiento correctivo y preventivo.* Se valora de forma positiva la existencia de un sistema de mantenimiento tanto correctivo como preventivo.

En la Tabla 15 se presenta la categorización de los estimadores y los coeficientes de reducción de volumen para la contención manual.

CONTENCIÓN MANUAL	
Categorías	Coeficiente
Presencia continua de personal. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es igual o superior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	1,0
Presencia continua de personal. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es inferior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,9
Presencia de personal únicamente los días laborables. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es igual o superior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,8
Presencia de personal únicamente los días laborables. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es inferior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,7
Presencia continua de personal. El personal no recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es igual o superior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,6
Presencia continua de personal. El personal no recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es inferior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,5
Presencia de personal únicamente los días laborables. El personal no recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es igual o superior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,4
Presencia de personal únicamente los días laborables. El personal no recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es inferior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,3
Presencia continua de personal. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es igual o superior a 3 años. No se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,2
Presencia continua de personal. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es inferior a 3 años. No se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,1
Resto de circunstancias	0,0

Tabla 15. Coeficientes reductores de la contención manual. Fuente: Elaboración propia.

❖ **Estimadores de volumen para la contención adicional**

Como se ha indicado anteriormente, en la balsa de agua ácida la contención adicional se considera totalmente efectiva. En el modelo se asume que los vertidos que alcancen dicha contención adicional quedarán eficazmente retenidos no pudiendo ocasionar nuevos daños a los recursos naturales. Por

lo tanto, la capacidad de la contención adicional se considera suficiente para retener los vertidos que le lleguen desde esta zona.

IV.3.ZONA 3: PROCESAMIENTO DE MINERAL (SI3 Y SI4)

IV.3.1. Identificación de sucesos iniciadores y sus causas

Dentro de la zona de procesamiento de mineral se ha seleccionado para el análisis la planta en la que se trata el mineral mediante flotación, ya que dicha zona se ha considerado como la única que podría ocasionar daños medioambientales relevantes —en el ámbito específico del operador objeto de estudio—.

Los sucesos iniciadores identificados para la zona de flotación son:

- Vertido desde depósito
- Vertido desde conducción

Las principales causas desencadenantes de un vertido desde depósito son las siguientes:

- *Impacto de objeto móvil.* El impacto de una carretilla, automóvil o cualquier otro elemento de transporte contra un depósito puede generar un vertido.
- *Desgaste del material.* Se considera que la corrosión y el desgaste de los depósitos puede debilitar los materiales, produciendo —o contribuyendo a que se produzca— un episodio de vertido.
- *Error humano.* Los fallos en el manejo de los depósitos, los medios de transporte, las medidas de seguridad, etc. se consideran en el modelo a través de una serie de variables explicativas de las causas de accidente.
- *Desbordamiento.* Normalmente asociado a un fallo en la gestión y manejo de los depósitos o a un error humano.

Las principales causas desencadenantes de un vertido desde una conducción son las siguientes:

- *Impacto de objeto móvil.* El impacto de una carretilla, automóvil o cualquier otro elemento de transporte contra una conducción puede generar un vertido.
- *Desgaste del material.* Se considera que la corrosión y el desgaste de las conducciones puede debilitar los materiales, produciendo —o contribuyendo a que se produzca— un episodio de vertido.
- *Error humano.* Los fallos en la gestión y el manejo de las conducciones, los medios de transporte, las medidas de seguridad, etc. se consideran en el modelo a través de una serie de variables explicativas de las causas de accidente.

IV.3.2. Identificación de factores condicionantes

Los factores condicionantes identificados para ambos sucesos iniciadores coinciden y son los siguientes:

- **Posibilidad de actuación de la contención automática**

Con este factor condicionante se evalúa la posibilidad de que actúe de forma efectiva un sistema que contenga de forma automática el vertido una vez producido. Dicho sistema no requiere de personal para su funcionamiento. En el caso de la zona de estudio este dispositivo consiste en una red de drenaje interior que vierte a un depósito de contención.

- **Posibilidad de actuación de la contención manual**

A diferencia de los sistemas de contención automáticos, la contención manual requiere para su actuación la presencia y destreza del personal encargado de retener el vertido. Por este motivo, el modelo diseñado evalúa tanto la presencia de personal en la zona como su formación y experiencia. Adicionalmente, con el fin de analizar si los equipos se encuentran en un correcto estado de funcionamiento, se puntúa favorablemente la realización de un mantenimiento preventivo y correctivo.

En la zona de procesamiento de mineral este dispositivo consiste en una serie de kits de recogida de vertidos, los cuales pueden ser utilizados por los operarios en caso de accidente.

- **Posibilidad de actuación de un sistema de contención adicional**

Este factor condicionante consiste en la posible actuación de cualquier medida de contención de accionamiento automático o manual que actúe después de las medidas de contención automática y manual anteriormente descritas.

En la zona de procesamiento de mineral los vertidos que superaran las medidas de contención anteriores desembocarían en un depósito situado aguas abajo en el cual podrían quedar retenidos.

- **Posibilidad de afección al suelo**

Atendiendo a la localización de la medida de contención adicional, próxima a suelo no pavimentado, se considera que en caso de una concatenación de fallos en las medidas de contención se podría afectar de forma relevante a este recurso natural.

- **Posibilidad de afección a un cauce**

Atendiendo a la localización de la medida de contención adicional, próxima al arroyo Hache, se considera que en caso de una concatenación de fallos en las medidas de contención se podría afectar de forma relevante a este recurso natural.

- **Posibilidad de afección al agua superficial**

Dada la posibilidad de afección al cauce del arroyo Hache existe la posibilidad adicional de dañar al agua superficial que circula por este arroyo.

- **Posibilidad de afección a un hábitat**

Dado que la superficie potencialmente afectada por el vertido es relativamente pequeña y que la misma no se encuentra en un Espacio Natural Protegido, el posible daño a los hábitats se considera como un daño de escasa relevancia dentro del presente análisis de riesgos.

- **Posibilidad de afección a las especies**

Se considera que la afección a las especies no sería relevante, o que en todo caso, éstas se recuperarían de forma natural una vez reestablecido el estado original del biotopo (agua y suelo).

IV.3.3. Identificación de los agentes causantes del daño

En este caso el agente causante del daño es el contenido de las celdas de flotación, correspondiéndose con la “sustancia 3”. Sus características básicas se pueden consultar en el anejo III del presente apéndice.

IV.3.4. Identificación de recursos potencialmente afectados bajo las hipótesis de cada escenario accidental

Dada la naturaleza del vertido y de los recursos naturales próximos a la zona, se identifican como recursos potencialmente afectados: el suelo y el agua superficial (arroyo Hache).

IV.3.5. Asignación de probabilidades

IV.3.5.1. Estimación de la probabilidad de ocurrencia del suceso iniciador *vertido desde depósito*

Tal y como indica la Guía Metodológica, para la asignación de la probabilidad de ocurrencia al suceso iniciador, se han identificado una serie de estimadores de la misma (Tabla 16).

- ❖ **Experiencia de los empleados a cargo de la operación**

Mediante este estimador se pretende evaluar la pericia de los empleados en las operaciones con los depósitos de la planta de tratamiento del mineral, considerando que una mayor experiencia en estas operaciones implica una menor probabilidad de accidente.

- ❖ **Formación de los empleados a cargo de la operación**

Al igual que el estimador anterior, mediante este concepto se pretende evaluar la probabilidad de que el vertido se produzca por un error de los operarios. En este sentido, se asume que un accidente es más probable cuanto menor es la formación de los empleados.

- ❖ **Planes de inspección y mantenimiento**

Este estimador combina la aplicación de un plan de mantenimiento correctivo y preventivo a los depósitos y la realización de revisiones, valorando de forma positiva su aplicación y realización.

❖ **Antigüedad de los depósitos**

Se considera que los depósitos próximos al agotamiento de su vida útil causan —o pueden causar— más incidentes que otros de menor antigüedad.

❖ **Tipo de depósitos**

La posibilidad de contar con depósitos de pared doble es considerada dentro del presente análisis de riesgos como una circunstancia positiva frente a los depósitos de pared simple.

❖ **Frecuencia de las revisiones a los depósitos**

Una mayor frecuencia de las tareas de revisión y control implica un menor riesgo de accidente.

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

Una señalización adecuada de las zonas de paso, carga y descarga, etc. mejora la seguridad, disminuyendo la posibilidad de un impacto que pueda derivar en un vertido.

❖ **Incidentes históricos asociados a vertido de sustancias**

Se otorga un valor predictivo a los registros históricos, considerándose que la existencia de un gran número de incidentes previos incrementa la posibilidad de que éstos vuelvan a ocurrir en el futuro.

Suceso iniciador: Vertido desde depósito	Estimador de la probabilidad	Probabilidad de ocurrencia			
		1	2	3	4
Causas					
Fuga o rotura de depósito por impacto de objeto móvil, desgaste del material, error humano, etc. Desbordamiento de depósito	Experiencia de los empleados a cargo de la operación	Los empleados tienen más de 5 años de experiencia en la operación	Los empleados tienen de 3 a 5 años de experiencia en la operación	Los empleados tienen de 1 a 3 años de experiencia en la operación	Los empleados tienen menos de 1 año de experiencia en la operación
	Formación de los empleados a cargo de la operación	Los empleados han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación, la cual es actualizada cuando cambian las condiciones			Los empleados no reciben formación sobre los riesgos que conlleva la operación
	Planes de inspección y mantenimiento	Se aplica un plan de mantenimiento correctivo y preventivo propio basado en la experiencia propia y en los requisitos del fabricante; se realizan revisiones periódicas con registro de todo ello	Se aplica un plan de mantenimiento correctivo y preventivo propio basado en la experiencia propia y en los requisitos del fabricante pero no hay registro de todo ello	Se hace un mantenimiento de acuerdo a mínimos del fabricante pero no se hacen revisiones periódicas	Sólo se aplica mantenimiento correctivo en caso de avería. No se hacen revisiones periódicas
	Antigüedad de los depósitos	Los depósitos tienen una antigüedad media inferior al 33% de su vida útil	Los depósitos tienen una antigüedad media comprendida entre el 33% y el 66% de su vida útil	Los depósitos tienen una antigüedad media superior al 66% de su vida útil	Los depósitos tienen una antigüedad media superior a su vida útil
	Tipo de depósitos	Doble pared			Pared simple
	Frecuencia de las revisiones a los depósitos	La frecuencia de las revisiones es superior a la mínima establecida por la normativa			La frecuencia de las revisiones es igual a la mínima establecida por la normativa
	Señalización de las zonas de paso y carga y descarga	La señalización de las zonas de paso y carga y descarga es adecuada			La señalización de las zonas de paso y carga y descarga no es adecuada
Incidentes históricos asociados a vertido	Menos de un incidente al año	Entre 1 y 3 incidentes al año	Entre 3 y 5 incidentes al año	> 5 incidentes al año	

Tabla 16. Causas y estimadores de la probabilidad del suceso iniciador *vertido desde depósito*. Fuente: elaboración propia.

IV.3.5.2. Estimación de la probabilidad de ocurrencia del suceso iniciador *vertido desde conducción*

Al igual que en el apartado anterior y siguiendo con lo indicado en la Guía Metodológica, se han identificado una serie de estimadores de la probabilidad de ocurrencia del suceso iniciador *vertido desde conducción*. Dichos estimadores se presentan en la Tabla 17 y se describen a continuación:

❖ Experiencia de los empleados a cargo de la operación

Mediante este estimador se pretende evaluar la pericia de los empleados en las operaciones con las conducciones de la planta de tratamiento del mineral, considerando que una mayor experiencia en estas operaciones implica una menor probabilidad de accidente.

❖ Formación de los empleados a cargo de la operación

Al igual que el estimador anterior, mediante este concepto se pretende evaluar la probabilidad de que el vertido se produzca por un error de los operarios. En este sentido, se asume que un accidente es más probable cuanto menor es la formación de los empleados.

❖ **Planes de inspección y mantenimiento**

Este estimador combina la aplicación de un plan de mantenimiento correctivo y preventivo a las conducciones y la realización de revisiones a las mismas, valorando de forma positiva su aplicación y realización.

❖ **Antigüedad de las conducciones**

Se considera que si las conducciones tienen una antigüedad cercana a su vida útil o la sobrepasa la probabilidad de que la contención automática actúe será menor.

❖ **Frecuencia de las revisiones a las conducciones**

Se asume que una mayor frecuencia de las tareas de revisión y control implica un menor riesgo de accidente.

❖ **Incidentes históricos asociados a vertido**

Se otorga un valor predictivo a los registros históricos, considerándose que la existencia de un gran número de incidentes previos incrementa la posibilidad de que éstos vuelvan a ocurrir en el futuro.

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

Se estima que una señalización adecuada de las zonas de paso, carga y descarga, etc. favorece la seguridad, disminuyendo la probabilidad de ocurrencia de un impacto que pueda derivar en un vertido.

Suceso iniciador: Vertido desde conducción	Estimador de la probabilidad	Probabilidad de ocurrencia			
		1	2	3	4
Causas					
Fuga o rotura de conducción por impacto de objeto móvil, desgaste del material, error humano, etc.	Experiencia de los empleados a cargo de la operación	Los empleados tienen más de 5 años de experiencia en la operación	Los empleados tienen de 3 a 5 años de experiencia en la operación	Los empleados tienen de 1 a 3 años de experiencia en la operación	Los empleados tienen menos de 1 año de experiencia en la operación
	Formación de los empleados a cargo de la operación	Los empleados han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación, la cual es actualizada cuando cambian las condiciones			Los empleados no reciben formación sobre los riesgos que conlleva la operación
	Planes de inspección y mantenimiento	Se aplica un plan de mantenimiento correctivo y preventivo propio basado en la experiencia propia y en los requisitos del fabricante; se realizan revisiones periódicas con registro de todo ello	Se aplica un plan de mantenimiento correctivo y preventivo propio basado en la experiencia propia y en los requisitos del fabricante pero no hay registro de todo ello	Se hace un mantenimiento de acuerdo a mínimos del fabricante pero no se hacen revisiones periódicas	Sólo se aplica mantenimiento correctivo en caso de avería. No se hacen revisiones periódicas
	Antigüedad de las conducciones	Las conducciones tienen una antigüedad media inferior al 33% de su vida útil	Las conducciones tienen una antigüedad media comprendida entre el 33% y el 66% de su vida útil	Las conducciones tienen una antigüedad media superior al 66% de su vida útil	Las conducciones tienen una antigüedad media superior a su vida útil
	Frecuencia de las revisiones a las conducciones	La frecuencia de las revisiones es superior a la mínima establecida por la normativa			La frecuencia de las revisiones es igual a la mínima establecida por la normativa
	Incidentes históricos asociados a vertido	Menos de un incidente al año	Entre 1 y 3 incidentes al año	Entre 3 y 5 incidentes al año	> 5 incidentes al año
	Señalización de las zonas de paso y carga y descarga	La señalización de las zonas de paso y carga y descarga es adecuada			La señalización de las zonas de paso y carga y descarga no es adecuada

Tabla 17. Causas y estimadores de la probabilidad del suceso iniciador *vertido desde conducción*. Fuente: elaboración propia.

IV.3.5.3. Estimación de las probabilidades de ocurrencia de los escenarios consecuenciales

La probabilidad de ocurrencia de los escenarios consecuenciales se ha estimado multiplicando la probabilidad del suceso iniciador por cada una de probabilidades de ocurrencia de los factores condicionantes identificados para la zona objeto de estudio.

Cabe recalcar que para la zona de procesamiento de mineral los factores condicionantes para los dos sucesos iniciadores identificados coinciden.

A continuación se describe la estimación de la probabilidad de ocurrencia de cada factor condicionante identificado en el análisis.

❖ Probabilidad de que actúe la contención automática

Con este factor condicionante se evalúa la posibilidad de que actúe un sistema que contenga de forma automática el vertido sin necesidad de que haya personal presente para que actúe la contención. En este caso dicho sistema automático consiste en una red de drenaje interior que vierte a un depósito de contención.

La probabilidad de que actúe la contención automática se evalúa a través de los estimadores presentados en la Tabla 18, los cuales se describen a continuación:

- *Mantenimiento preventivo.* Se considera que la aplicación de un mantenimiento de carácter preventivo aumenta la probabilidad de que actúe la contención automática.
- *Mantenimiento correctivo.* La aplicación de un mantenimiento correctivo se refiere al efectuado únicamente si la medida de contención ha sufrido algún daño. Se considera que la realización de este tipo de mantenimiento aumenta la probabilidad de que la contención automática actúe frente a la no aplicación de ningún tipo de mantenimiento.
- *Frecuencia de las revisiones.* Se considera que si la frecuencia de las revisiones es superior a la mínima exigida por la normativa la probabilidad de que la contención automática actúe será mayor.
- *Antigüedad del sistema de contención.* Se considera que si la medida de contención tiene una antigüedad cercana a su vida útil o la sobrepasa la probabilidad de que la contención automática actúe será menor.

PROBABILIDAD DE ACTUACIÓN DE LA CONTENCIÓN AUTOMÁTICA	
Categorías	Coeficiente
Se aplica un mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones superior al mínimo exigido. Antigüedad inferior o igual a la vida útil.	0,99
Se aplica un mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones igual al mínimo exigido. Antigüedad inferior o igual a la vida útil.	0,98
Se aplica un mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones superior al mínimo exigido. Antigüedad superior a la vida útil.	0,97
Se aplica un mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones igual al mínimo exigido. Antigüedad superior a la vida útil.	0,96
No se aplica un mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones superior al mínimo exigido. Antigüedad inferior o igual a la vida útil.	0,95
No se aplica un mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones igual al mínimo exigido. Antigüedad inferior o igual a la vida útil.	0,94
No se aplica un mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones superior al mínimo exigido. Antigüedad superior a la vida útil.	0,93
No se aplica un mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones igual al mínimo exigido. Antigüedad superior a la vida útil.	0,92
Se aplica un mantenimiento correctivo. No se aplica mantenimiento preventivo. Antigüedad inferior o igual a la vida útil.	0,91
Se aplica un mantenimiento correctivo. No se aplica mantenimiento preventivo. Antigüedad superior a la vida útil.	0,90
Resto de circunstancias	0,80

Tabla 18. Categorización de los estimadores de la probabilidad de actuación de la contención automática.

Fuente: Elaboración propia.

❖ **Probabilidad de que actúe la contención manual**

Con este factor condicionante se evalúa la posibilidad de que actúe una medida de contención que requiera la participación de personal para su funcionamiento. En este caso las medidas de contención

manual consisten en una serie de kits de recogida de vertidos, los cuales pueden ser utilizados por los operarios en caso de accidente.

La probabilidad de que actúe la contención manual se evalúa a través de los estimadores presentados en la Tabla 19 que se describen a continuación:

- *Presencia de personal.* Dado que se evalúa una medida de contención manual, la presencia de personal será determinante para la estimación de la probabilidad de que la medida sea efectiva.
- *Formación de los empleados a cargo de la operación.* Se considera que si los empleados a cargo de la contención manual reciben formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación, la probabilidad de que actúe la contención manual será mayor que si no reciben este tipo de formación.
- *Experiencia de los empleados a cargo de la operación.* Se estima que si los operarios a cargo de la contención manual tienen más experiencia laboral en la operación, la probabilidad de que la contención manual actúe será mayor.
- *Mantenimiento preventivo y correctivo.* Al igual que en el apartado anterior, se valora positivamente la realización de un mantenimiento preventivo y correctivo a las medidas de contención manual.

PROBABILIDAD DE ACTUACIÓN DE LA CONTENCIÓN MANUAL	
Categorías	Coeficiente
Presencia continua de personal. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es igual o superior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,99
Presencia continua de personal. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es inferior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,90
Presencia de personal únicamente los días laborables. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es igual o superior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,80
Presencia de personal únicamente los días laborables. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es inferior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,70
Presencia continua de personal. El personal no recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es igual o superior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,60
Presencia continua de personal. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es inferior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,50
Presencia de personal únicamente los días laborables. El personal no recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es igual o superior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,40
Presencia de personal únicamente los días laborables. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es inferior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,30
Presencia continua de personal. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es igual o superior a 3 años. No se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,20
Presencia continua de personal. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es inferior a 3 años. No se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,10
Resto de circunstancias	0,00

Tabla 19. Categorización de los estimadores de la probabilidad de actuación de la contención manual. Fuente: Elaboración propia.

❖ **Probabilidad de que actúe un sistema de contención adicional**

Se evalúa la efectividad de cualquier medida de contención de accionamiento automático o manual que actúe después de las medidas de contención descritas anteriormente.

En este caso la contención adicional se corresponde con un depósito situado aguas abajo, por lo que se considera una contención de tipo automático. De esta forma, los estimadores de la probabilidad de actuación serán análogos a los identificados para los sistemas de contención automática. Dichos estimadores se presentan en la Tabla 20.

PROBABILIDAD DE ACTUACIÓN DE LA CONTENCIÓN ADICIONAL	
Categorías	Coficiente
Se aplica un mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones superior al mínimo exigido. Antigüedad inferior o igual a la vida útil.	0,99
Se aplica un mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones igual al mínimo exigido. Antigüedad inferior o igual a la vida útil.	0,98
Se aplica un mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones superior al mínimo exigido. Antigüedad superior a la vida útil.	0,97
Se aplica un mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones igual al mínimo exigido. Antigüedad superior a la vida útil.	0,96
No se aplica un mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones superior al mínimo exigido. Antigüedad inferior o igual a la vida útil.	0,95
No se aplica un mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones igual al mínimo exigido. Antigüedad inferior o igual a la vida útil.	0,94
No se aplica un mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones superior al mínimo exigido. Antigüedad superior a la vida útil.	0,93
No se aplica un mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones igual al mínimo exigido. Antigüedad superior a la vida útil.	0,92
Se aplica un mantenimiento correctivo. No se aplica mantenimiento preventivo. Antigüedad inferior o igual a la vida útil.	0,91
Se aplica un mantenimiento correctivo. No se aplica mantenimiento preventivo. Antigüedad superior a la vida útil.	0,90
Resto de circunstancias	0,80

Tabla 20. Categorización de los estimadores de la probabilidad de actuación de la contención adicional. Fuente: Elaboración propia.

❖ **Probabilidad de afección a los recursos naturales**

Por último, la posible afección a cada recurso natural se evalúa cuestionando sobre si el vertido alcanza o no el mismo —aspecto que se determina a partir de los modelos de difusión expuestos en el anejo III del presente apéndice—.

Como caso particular exponer que en los daños a los cauces la afección al agua superficial o al cauce seco se evalúa considerando los meses al año que circula agua por el curso. De tal forma que la probabilidad de afección al agua del cauce viene definida por la Ecuación 1, y la probabilidad de afección al cauce seco por la Ecuación 2 del presente apéndice.

IV.3.6. ESTIMACIÓN DE VOLÚMENES

La cantidad de agente causante del daño liberada al medio se estima de forma específica para cada suceso iniciador identificado en la zona de procesamiento, debido a que la fuente de liberación es diferente —depósito o conducción—. Sin embargo, el hipotético recorrido de los vertidos correspondientes a ambos sucesos iniciadores es similar, por lo que las reducciones del volumen liberado asociadas a las medidas de prevención y evitación se describen de forma conjunta.

IV.3.6.1. Estimación del volumen liberado en el suceso iniciador *vertido desde depósito*

Tal y como se ha indicado anteriormente, la estimación del volumen liberado para los dos sucesos iniciadores identificados se realiza de diferente forma, atendiendo a la fuente de liberación de la sustancia.

La estimación del volumen potencialmente vertido parte de la capacidad del mayor depósito que contiene la sustancia de referencia. En este caso se ha escogido un vertido de la “sustancia 3” desde una de las celdas de flotación.

Con el fin de reconocer que el volumen almacenado en las celdas de flotación puede no coincidir con la capacidad máxima de las mismas, se ha aplicado un coeficiente reductor del 25 por ciento. Esto es, se asume que en el momento del incidente las celdas están al 75 por ciento de su capacidad.

Partiendo del volumen indicado anteriormente se aplica un coeficiente que estima el porcentaje de sustancia liberada en función de la viscosidad de la misma. Los coeficientes para el cálculo del volumen liberado se muestran en la Tabla 21.

Suceso iniciador: Vertido desde depósito	Estimadores del volumen liberado	% Liberado
Fuga o rotura de depósito por impacto de objeto móvil, desgaste del material, error humano, etc.	Depósito con sustancia de viscosidad alta	50%
	Depósito con sustancia de viscosidad media	75%
Desbordamiento de depósito	Depósito con sustancia de viscosidad baja	100%

Tabla 21. Estimadores del volumen liberado en el suceso iniciador *vertido desde depósito*. Fuente: Elaboración propia.

IV.3.6.2. Estimación del volumen liberado en el suceso iniciador *vertido desde conducción*

En este caso, el volumen liberado desde conducción se estima multiplicando el caudal máximo transportado (en litros por hora) por la duración estimada del hipotético vertido.

IV.3.6.3. Estimación del volumen liberado en los escenarios consecuenciales

Para la estimación del volumen liberado en cada escenario accidental identificado en el análisis se han aplicado coeficientes reductores del volumen liberado calculado para el suceso iniciador. Con este fin se han identificado una serie de estimadores que influyen en la reducción del volumen vertido relativos a los factores condicionantes que pueden afectar a dicha reducción. Los estimadores se han categorizado y asociado a diferentes coeficientes de reducción de volumen.

A continuación se describen los estimadores y los coeficientes de reducción de volumen para cada factor condicionante identificado, en la línea de la metodología expuesta para la zona del almacén de reactivos.

❖ **Estimadores de volumen para la contención automática**

- *Estanqueidad y presencia de grietas.* Se estima que si la medida de contención no es totalmente estanca su capacidad de contención será menor.
- *Estado del depósito de contención.* Si el depósito se encuentra libre de obstáculos y obstrucciones su capacidad de contención será mayor.
- *Techado.* Si el depósito no se encuentra techado se estima que tendrá menos capacidad de contención ya que el aporte de agua de lluvia podría mermar dicha capacidad.
- *Drenaje perimetral.* Se considera que la existencia de un sistema de drenaje adecuadamente dimensionado en el depósito de contención o en el área donde éste se encuentra aumenta la capacidad de contención.

En la Tabla 22 se presenta la categorización de los estimadores y los coeficientes de reducción de volumen para la contención automática.

CONTENCIÓN AUTOMÁTICA	
Categorías	Coefficiente
La medida de contención es estanca. No existen grietas o poros. El depósito está limpio y libre de obstáculos y obstrucciones. El depósito está bajo techo. El depósito o el área donde éste se encuentra cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado.	1,0
La medida de contención es estanca. No existen grietas o poros. El depósito está limpio y libre de obstáculos y obstrucciones. El depósito está al aire libre. El depósito o el área donde éste se encuentra cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado.	0,9
La medida de contención es estanca. No existen grietas o poros. El depósito está limpio y libre de obstáculos y obstrucciones. El depósito está bajo techo. El depósito o el área donde éste se encuentra no cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado, pudiendo sufrir inundaciones.	0,8
La medida de contención es estanca. No existen grietas o poros. El depósito tiene elementos que disminuyen su capacidad. El depósito está bajo techo. El depósito o el área donde éste se encuentra cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado.	0,7
La medida de contención es estanca. No existen grietas o poros. El depósito tiene elementos que disminuyen su capacidad. El depósito está al aire libre. El depósito o el área donde éste se encuentra cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado.	0,6
La medida de contención es estanca. No existen grietas o poros. El depósito tiene elementos que disminuyen su capacidad. El depósito está bajo techo. El depósito o el área donde éste se encuentra no cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado, pudiendo sufrir inundaciones.	0,5
Se observan poros y/o grietas. El depósito está limpio y libre de obstáculos y obstrucciones. El depósito está bajo techo. El depósito o el área donde éste se encuentra cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado.	0,4
Se observan poros y/o grietas. El depósito está limpio y libre de obstáculos y obstrucciones. El depósito está al aire libre. El depósito o el área donde éste se encuentra cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado.	0,3
Se observan poros y/o grietas. El depósito está limpio y libre de obstáculos y obstrucciones. El depósito está bajo techo. El depósito o el área donde éste se encuentra no cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado, pudiendo sufrir inundaciones.	0,2
Se observan poros y/o grietas. El depósito tiene elementos que disminuyen su capacidad. El depósito está bajo techo. El depósito o el área donde éste se encuentra cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado.	0,1
Resto de circunstancias	0,0

Tabla 22. Coeficientes reductores de la contención automática. Fuente: Elaboración propia.

❖ Estimadores del volumen para la contención manual

El volumen susceptible de ser retenido por las medidas de contención manuales se calcula partiendo de sus especificaciones técnicas. Esta capacidad de partida se ve afectada en el modelo por una serie de aspectos que pueden minorarla: presencia de personal, formación y antigüedad del mismo y realización de un mantenimiento preventivo y correctivo. Considerándose que cuanto mejores sean estos aspectos, mayor será el volumen retenido conforme con la categorización expuesta en la Tabla 23.

CONTENCIÓN MANUAL	
Categorías	Coeficiente
Presencia continua de personal. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es igual o superior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	1,0
Presencia continua de personal. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es inferior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,9
Presencia de personal únicamente los días laborables. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es igual o superior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,8
Presencia de personal únicamente los días laborables. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es inferior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,7
Presencia continua de personal. El personal no recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es igual o superior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,6
Presencia continua de personal. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es inferior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,5
Presencia de personal únicamente los días laborables. El personal no recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es igual o superior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,4
Presencia de personal únicamente los días laborables. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es inferior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,3
Presencia continua de personal. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es igual o superior a 3 años. No se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,2
Presencia continua de personal. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es inferior a 3 años. No se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,1
Resto de circunstancias	0,0

Tabla 23. Coeficientes reductores de la contención manual. Fuente: Elaboración propia.

❖ **Estimadores del volumen para la contención adicional**

Como se ha indicado anteriormente, en la zona de flotación la contención adicional se encuentra constituida por un depósito ubicado aguas abajo. Al tratarse de un sistema de contención automático, el procedimiento y los estimadores considerados son análogos a los expuestos en el punto dedicado a la contención automática.

En la Tabla 24 se presenta la categorización de los estimadores y los coeficientes de reducción de volumen para la contención adicional.

CONTENCIÓN ADICIONAL	
Categorías	Coefficiente
La medida de contención es estanca. No existen grietas o poros. El depósito está limpio y libre de obstáculos y obstrucciones. El depósito está cubierto. El depósito o el área donde éste se encuentra cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado.	1,0
La medida de contención es estanca. No existen grietas o poros. El depósito está limpio y libre de obstáculos y obstrucciones. El depósito está al aire libre. El depósito o el área donde éste se encuentra cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado.	0,9
La medida de contención es estanca. No existen grietas o poros. El depósito está limpio y libre de obstáculos y obstrucciones. El depósito está cubierto. El depósito o el área donde éste se encuentra no cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado, pudiendo sufrir inundaciones.	0,8
La medida de contención es estanca. No existen grietas o poros. El depósito tiene elementos que disminuyen su capacidad. El depósito está cubierto. El depósito o el área donde éste se encuentra cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado.	0,7
La medida de contención es estanca. No existen grietas o poros. El depósito tiene elementos que disminuyen su capacidad. El depósito está al aire libre. El depósito o el área donde éste se encuentra cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado.	0,6
La medida de contención es estanca. No existen grietas o poros. El depósito tiene elementos que disminuyen su capacidad. El depósito está cubierto. El depósito o el área donde éste se encuentra no cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado, pudiendo sufrir inundaciones.	0,5
La medida de contención no es impermeable. El depósito está limpio y libre de obstáculos y obstrucciones. El depósito está cubierto. El depósito o el área donde éste se encuentra cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado.	0,4
La medida de contención no es impermeable. El depósito está limpio y libre de obstáculos y obstrucciones. El depósito está al aire libre. El depósito o el área donde éste se encuentra cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado.	0,3
La medida de contención no es impermeable. El depósito está limpio y libre de obstáculos y obstrucciones. El depósito está cubierto. El depósito o el área donde éste se encuentra no cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado, pudiendo sufrir inundaciones.	0,2
La medida de contención no es impermeable. El depósito tiene elementos que disminuyen su capacidad. El depósito está cubierto. El depósito o el área donde éste se encuentra cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado.	0,1
Resto de circunstancias	0,0

Tabla 24. Coeficientes reductores de la contención adicional. Fuente: Elaboración propia.

IV.4.ZONA 4: ESCOMBRERA DE ESTÉRILES DE MINA (SI5)

IV.4.1. Identificación de sucesos iniciadores y sus causas

Atendiendo a las características de esta zona se ha identificado como suceso iniciador el vertido de lixiviados desde la escombrera de estériles de mina.

Las posibles causas de este suceso iniciador son las siguientes:

- *Fallo del sistema de impermeabilización:* incluye los distintos errores que se pueden producir por una impermeabilización incorrecta de la escombrera.
- *Desbordamiento del sistema de drenaje:* se define como el rebose de la red de drenaje debido a un fallo en el sistema que hace que las aportaciones superen su capacidad.

- *Lluvias*: se refiere a la ocurrencia de episodios de lluvias severas que lleven a la generación de lixiviados y/o arrastre de los materiales presentes en la escombrera.

IV.4.2. Identificación de factores condicionantes

Los factores condicionantes que se han tenido en cuenta para el suceso iniciador *vertido de lixiviados desde la escombrera de estériles de mina* son los siguientes:

- **Posibilidad de actuación de la contención automática**

Este factor condicionante evalúa la posibilidad de que actúe un sistema capaz de contener el vertido sin requerir la presencia de personal para su funcionamiento. En esta zona se corresponde con un canal de drenaje perimetral.

- **Posibilidad de actuación de la contención manual**

Evalúa la existencia de cualquier medida que requiera la participación de personal para su funcionamiento una vez ocurrido el vertido. En la escombrera de estériles de mina se prevé la posibilidad de bombear al menos una parte del vertido a balsas de emergencia donde éste quedaría retenido sin causar afecciones medioambientales.

- **Posibilidad de actuación de la contención adicional**

Se considera una medida de contención adicional aquella que actúa después de las medidas de contención anteriores, independientemente de que sean de accionamiento manual o automático.

En la escombrera de estériles de mina la medida de contención adicional es un depósito de grandes dimensiones situado aguas abajo —tratándose de una medida de contención de tipo automático—.

En el presente análisis se considera que los vertidos finalizarían su recorrido en este depósito de grandes dimensiones. Se asume por lo tanto que los vertidos que alcancen el depósito quedarían retenidos por éste de forma efectiva en su totalidad.

- **Posibilidad de afección al suelo**

Dado que existe una superficie de suelo sin pavimentar entre la escombrera y la contención adicional, se asume un posible daño al recurso natural suelo.

- **Posibilidad de afección a un cauce**

En la zona sin pavimentar existente entre la escombrera y la contención adicional se encuentra el arroyo Te, por lo tanto en los vertidos que atravesasen dicha zona se considera la posibilidad de afección a este cauce.

- **Posibilidad de afección al agua superficial**

Dada la posibilidad de afección al cauce del arroyo Te existe la posibilidad de dañar el agua superficial que corre por el arroyo.

- **Posibilidad de afección a un hábitat**

No se consideran afecciones relevantes a los hábitats ya que la superficie potencialmente afectada por el vertido es relativamente pequeña, y la misma no se encuentra contenida en un Espacio Natural Protegido.

- **Posibilidad de afección a las especies**

Se considera que la afección a las especies no sería relevante, o que en todo caso, éstas se recuperarían de forma natural una vez reestablecido el estado original del biotopo (agua y suelo).

IV.4.3. Identificación de los agentes causantes del daño

En este caso se considera un vertido producido por el agua de escorrentía que alcanza la escombrera de estériles de mina. Por lo tanto, el agente causante del daño son las aguas ácidas procedentes de la escombrera, asimilándose a la “sustancia 2” descrita en el anejo III del presente apéndice.

IV.4.4. Identificación de recursos potencialmente afectados bajo las hipótesis de cada escenario accidental

En caso de producirse un vertido de lixiviados desde la escombrera de estériles de mina el recurso potencialmente afectado sería el suelo. Además de este recurso, en caso de no funcionar correctamente las medidas de contención automática y manual, se considera que podrían verse afectadas las aguas superficiales del arroyo Te que se encuentra a escasos metros de la escombrera.

IV.4.5. Asignación de probabilidades

IV.4.5.1. Estimación de la probabilidad de ocurrencia del suceso iniciador *vertido de lixiviados desde la escombrera de estériles de mina*

El cálculo de la probabilidad de ocurrencia del suceso iniciador se ha realizado atendiendo a los siguientes estimadores, recogidos en la Tabla 25.

Suceso iniciador: Vertido de lixiviados desde escombrera	Estimador de la probabilidad	Probabilidad de ocurrencia			
		1	2	3	4
Causas					
Desbordamiento del sistema de drenaje Lluvias	Sistema de drenaje	La escombrera dispone de un sistema de drenaje			La escombrera no dispone de un sistema de drenaje
	Plan de mantenimiento del sistema de drenaje	Se dispone un plan de mantenimiento del sistema de drenaje			No se dispone un plan de mantenimiento del sistema de drenaje
	Revisiones del sistema de drenaje	Se realizan revisiones			No se realizan revisiones
	Incidentes históricos asociados a vertido de lixiviados	Menos de un incidente al año	Entre 1 y 3 incidentes al año	Entre 3 y 5 incidentes al año	> 5 incidentes al año
	Régimen pluviométrico	Precipitación media muy inferior a la media autonómica			Precipitación media muy superior a la media autonómica

Tabla 25. Causas y estimadores de la probabilidad de ocurrencia de *vertido de lixiviados desde la escombrera de estériles de mina*. Fuente: Elaboración propia.

❖ **Sistema de drenaje**

Este estimador hace referencia a la disposición en la escombrera de un sistema de drenaje que ayude a recoger los lixiviados para evitar que se acumulen en el fondo del vaso. De esta forma, las escombreras que dispongan de un sistema de drenaje tendrán una menor probabilidad de sufrir un rebose de los lixiviados que las que no dispongan de dicho sistema.

❖ **Plan de mantenimiento del sistema de drenaje**

Este estimador considera la existencia de un plan de mantenimiento para el sistema de drenaje de la escombrera. De este modo, se considera que las instalaciones que disponen de un plan de mantenimiento de los sistemas de drenaje de las escombreras tienen una menor probabilidad de que se produzcan desbordamientos.

❖ **Revisiones del sistema de drenaje**

Este estimador tiene en cuenta la frecuencia con la que se realizan las revisiones a las canalizaciones del sistema de drenaje de la escombrera. Una mayor frecuencia en las revisiones implica una probabilidad de vertido menor y, por el contrario, cuando la frecuencia de las revisiones sea menor o no se realicen revisiones, la probabilidad será mayor.

❖ **Incidentes históricos asociados a vertido de lixiviados**

En el análisis se estima que un número más elevado de incidentes históricos implica una mayor probabilidad de ocurrencia de accidentes en el futuro.

❖ **Régimen pluviométrico**

El régimen pluviométrico condiciona la probabilidad de ocurrencia de un vertido de lixiviados desde la escombrera. En concreto, se considera la posibilidad de que en la zona llueva más o menos respecto a la media autonómica. De este modo, a mayores aportaciones de agua mayor es la probabilidad de vertido desde la escombrera de estériles de mina como consecuencia de unas lluvias severas.

IV.4.5.2. Estimación de la probabilidad de ocurrencia de los escenarios consecuenciales

La probabilidad de ocurrencia de los escenarios consecuenciales se estima a partir de la combinación de las probabilidades de ocurrencia de los factores condicionantes identificados para el suceso iniciador.

A continuación se describe la estimación de la probabilidad de ocurrencia de cada factor condicionante identificado en el análisis del suceso iniciador *vertido de lixiviados desde la escombrera de estériles de mina*.

❖ **Probabilidad de actuación de la contención automática**

Este factor condicionante evalúa la probabilidad de que el vertido de lixiviados desde la escombrera se pueda controlar a través de medidas de contención automática. Este factor evalúa la posibilidad de que actúe un sistema que contenga de forma automática el vertido sin la necesidad de que haya personal presente. Dicho sistema se corresponde con un canal de drenaje perimetral.

Se han tenido en cuenta los siguientes aspectos para estimar la probabilidad de que actúe la contención automática:

- *Mantenimiento correctivo*. Se entiende por mantenimiento correctivo aquél que se lleva a cabo para volver al estado original una vez se ha producido una avería. El hecho de disponer de un sistema de mantenimiento correctivo se estima de forma positiva.
- *Mantenimiento preventivo*. Se considera mantenimiento preventivo aquél que consiste en programar las intervenciones o cambios de algunos componentes o piezas según intervalos predeterminados de tiempo o espacios regulares —horas de servicio, kilómetros recorridos, toneladas producidas—. La existencia de mantenimiento preventivo se valora favorablemente.
- *Frecuencia de las revisiones*. La existencia de revisiones de una forma periódica —cumpliendo al menos el mínimo exigido por la normativa— determina una valoración positiva.
- *Antigüedad*. Se considera que un sistema de contención automática con una antigüedad inferior a su vida útil tiene mayores probabilidades de éxito que uno cercano al agotamiento de su vida útil.

En la Tabla 26 se muestra la categorización de los estimadores y la asignación de los coeficientes de probabilidad.

PROBABILIDAD DE ACTUACIÓN DE LA CONTENCIÓN AUTOMÁTICA	
Categorías	Coeficiente
Mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones superior al mínimo exigido. Antigüedad inferior o igual a la vida útil.	0,99
Se aplica un mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones igual al mínimo exigido. Antigüedad inferior o igual a la vida útil.	0,98
Se aplica un mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones superior al mínimo exigido. Antigüedad superior a la vida útil.	0,97
Se aplica un mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones igual al mínimo exigido. Antigüedad superior a la vida útil.	0,96
No se aplica un mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones superior al mínimo exigido. Antigüedad inferior o igual a la vida útil.	0,95
No se aplica un mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones igual al mínimo exigido. Antigüedad inferior o igual a la vida útil.	0,94
No se aplica un mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones superior al mínimo exigido. Antigüedad superior a la vida útil.	0,93
No se aplica un mantenimiento correctivo. Se aplica un mantenimiento preventivo. Frecuencia de las revisiones igual al mínimo exigido. Antigüedad superior a la vida útil.	0,92
Se aplica un mantenimiento correctivo. No se aplica mantenimiento preventivo. Antigüedad inferior o igual a la vida útil.	0,91
Se aplica un mantenimiento correctivo. No se aplica mantenimiento preventivo. Antigüedad superior a la vida útil.	0,90
Resto de circunstancias	0,80

Tabla 26. Categorización de los estimadores de la probabilidad de actuación de la contención automática.

Fuente: Elaboración propia.

❖ **Probabilidad de actuación de la contención manual**

Probabilidad de que el vertido de lixiviados desde la escombrera se pueda controlar a través de medidas de contención manual, es decir, aquellas medidas que requieren la participación de personal para su funcionamiento. En este caso las medidas de contención manual serían los sistemas de bombeo de las aguas ácidas hacia balsas auxiliares, construcción de diques provisionales de emergencia, etc. De esta forma, se han tenido en cuenta los siguientes aspectos para determinar la probabilidad de que actúe la contención manual:

- *Presencia de personal.* La existencia de personal de una forma continua se valora de forma positiva a la hora de considerar la probabilidad de que actúe la contención manual.
- *Formación del personal a cargo de la operación.* La formación se valora favorablemente al incrementar la probabilidad de que actúe la contención manual.
- *Experiencia de los empleados a cargo de la operación.* La experiencia de los trabajadores se valora favorablemente al incrementar la probabilidad de que actúe la contención manual.

- *Mantenimiento correctivo y preventivo.* Se valora de forma positiva la existencia de un sistema de mantenimiento, tanto correctivo como preventivo.

En la Tabla 27 se muestra la categorización de los estimadores y la asignación de los coeficientes de probabilidad.

PROBABILIDAD DE QUE ACTÚE LA CONTENCIÓN MANUAL	
Categorías	Coeficiente
Presencia continua de personal. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es igual o superior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,99
Presencia continua de personal. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es inferior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,90
Presencia de personal únicamente los días laborables. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es igual o superior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,80
Presencia de personal únicamente los días laborables. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es inferior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,70
Presencia continua de personal. El personal no recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es igual o superior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,60
Presencia continua de personal. El personal no recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es inferior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,50
Presencia de personal únicamente los días laborables. El personal no recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es igual o superior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,40
Presencia de personal únicamente los días laborables. El personal no recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es inferior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,30
Presencia continua de personal. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es igual o superior a 3 años. No se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,20
Presencia continua de personal. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es inferior a 3 años. No se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,10
Resto de circunstancias	0,00

Tabla 27. Categorización de los estimadores de la probabilidad de actuación de la contención manual. Fuente: Elaboración propia.

❖ **Probabilidad de actuación de la contención adicional**

Considera cualquier medida de contención automática o manual que actúe con posterioridad a las medidas que se han descrito en los apartados previos.

En este caso la medida de contención adicional sería un depósito de grandes dimensiones situado aguas abajo, que se ha considerado con un coeficiente de eficacia del 100 por ciento. Se asume por lo tanto que los vertidos que lleguen a este depósito procedentes de la escombrera de estériles de mina quedarían retenidos de manera efectiva.

❖ **Probabilidad de afección a los recursos naturales**

Por último, la posible afección a cada recurso natural se evalúa cuestionando sobre si el vertido alcanza o no el mismo —aspecto que se determina a partir de los modelos de difusión—.

Como caso particular exponer que en los daños a los cauces la afección al agua superficial o al cauce seco se evalúa considerando los meses al año que circula agua por el curso. De tal forma que la probabilidad de afección al agua del cauce viene definida por la Ecuación 1, y la probabilidad de afección al cauce seco por la Ecuación 2 del presente apéndice.

IV.4.6. Estimación de volúmenes

IV.4.6.1. Estimación del volumen liberado en el suceso iniciador *vertido de lixiviados desde la escombrera de estériles de mina*

En este suceso iniciador el volumen liberado se asimila al volumen de precipitación que podría llegar hasta la escombrera en episodios de intensas precipitaciones. De esta forma, siguiendo un criterio de prudencia en la valoración se asume que los mayores vertidos vendrían ocasionados por la aportación de grandes volúmenes de agua en cortos periodos de tiempo.

Con el fin de calcular el volumen de agua que podría alcanzar la escombrera bajo estas hipótesis accidentales se procedió a estimar la superficie de la cuenca vertiente a la misma (en m²), empleando para ello un mapa de la zona. Esta superficie se multiplicó por la precipitación de referencia (en l/m²) obteniéndose el volumen teórico que alcanzaría la escombrera de estériles de mina.

Con el fin de introducir la posibilidad de que parte de la precipitación se infiltre en el suelo y no alcance la escombrera se ha introducido en el modelo un coeficiente reductor. Este coeficiente, siguiendo un criterio de prudencia se ha fijado en el 95 por ciento.

De esta forma el volumen que potencialmente puede alcanzar la escombrera se estima aplicando la Ecuación 4 del presente apéndice.

En el caso de la escombrera de estériles de mina no se aplican coeficientes reductores del volumen liberado por el suceso iniciador. Esto es, se asume que —dadas las características del hipotético operador—, se liberará la totalidad del volumen V_0 calculado anteriormente.

IV.4.6.2. Estimación del volumen liberado en los escenarios consecuenciales

El volumen vertido en cada escenario accidental se ha estimado aplicando coeficientes reductores del volumen liberado en el suceso iniciador.

Para ello se han identificado una serie de estimadores cuya finalidad es reducir el volumen vertido inicialmente. Estos estimadores están vinculados a las medidas de contención asumiendo que cada una de ellas retiene un determinado volumen.

El modelo parte de la capacidad de retención proyectada de cada elemento, y multiplica esa cifra por el coeficiente que corresponda en función del estado en que la estructura de contención se encuentre (ver tablas siguientes) tomando valores comprendidos entre 0 y 1. Ese producto da como resultado la capacidad de retención efectiva de cada elemento. Restando al volumen vertido dicha capacidad se obtiene el volumen de vertido que continúa su recorrido pudiendo afectar potencialmente a los recursos naturales.

❖ Estimadores de volumen para la contención automática

El volumen que puede ser almacenado por la contención automática se evalúa partiendo de la capacidad proyectada de la misma y considerando los siguientes aspectos:

- *Estanqueidad y presencia de grietas.* Se valora de forma positiva la existencia de un contenedor estanco que pueda retener parte del volumen liberado. La existencia de grietas o poros en el depósito de contención se valorará negativamente.
- *Estado del depósito de contención.* Este aspecto evalúa la presencia de obstáculos o elementos en el depósito que mermen su capacidad.
- *Techado.* En el presente modelo se considera que si la medida de contención no se encuentra expuesta a la lluvia presenta una mayor probabilidad de retener una mayor cantidad de vertido que aquéllas que puedan verse afectadas por el agua de lluvia.
- *Drenaje perimetral.* En el modelo se considera favorable la existencia de un drenaje perimetral en las medidas de contención automática.

En la Tabla 28 se presenta la categorización de los estimadores y los coeficientes de reducción de volumen para la contención automática.

CONTENCIÓN AUTOMÁTICA	
Categorías	Coefficiente
La medida de contención es estanca. No existen grietas o poros. El depósito está limpio y libre de obstáculos y obstrucciones. El depósito está bajo techo. El depósito o el área donde éste se encuentra cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado.	1,0
La medida de contención es estanca. No existen grietas o poros. El depósito está limpio y libre de obstáculos y obstrucciones. El depósito está al aire libre. El depósito o el área donde éste se encuentra cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado.	0,9
La medida de contención es estanca. No existen grietas o poros. El depósito está limpio y libre de obstáculos y obstrucciones. El depósito está bajo techo. El depósito o el área donde éste se encuentra no cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado, pudiendo sufrir inundaciones.	0,8
La medida de contención es estanca. No existen grietas o poros. El depósito tiene elementos que disminuyen su capacidad. El depósito está bajo techo. El depósito o el área donde éste se encuentra cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado.	0,7
La medida de contención es estanca. No existen grietas o poros. El depósito tiene elementos que disminuyen su capacidad. El depósito está al aire libre. El depósito o el área donde éste se encuentra cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado.	0,6
La medida de contención es estanca. No existen grietas o poros. El depósito tiene elementos que disminuyen su capacidad. El depósito está bajo techo. El depósito o el área donde éste se encuentra no cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado, pudiendo sufrir inundaciones.	0,5
Se observan poros y/o grietas. El depósito está limpio y libre de obstáculos y obstrucciones. El depósito está bajo techo. El depósito o el área donde éste se encuentra cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado.	0,4
Se observan poros y/o grietas. El depósito está limpio y libre de obstáculos y obstrucciones. El depósito está al aire libre. El depósito o el área donde éste se encuentra cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado.	0,3
Se observan poros y/o grietas. El depósito está limpio y libre de obstáculos y obstrucciones. El depósito está bajo techo. El depósito o el área donde éste se encuentra no cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado, pudiendo sufrir inundaciones.	0,2
Se observan poros y/o grietas. El depósito tiene elementos que disminuyen su capacidad. El depósito está bajo techo. El depósito o el área donde éste se encuentra cuenta con un drenaje perimetral adecuadamente dimensionado.	0,1
Resto de circunstancias	0,0

Tabla 28. Coeficientes reductores de la contención automática. Fuente: Elaboración propia.

❖ **Estimadores de volumen para la contención manual**

El volumen susceptible de ser retenido por las medidas de contención manuales se calcula partiendo de la capacidad de la balsa a la que se bombearía el vertido, y minorando dicha capacidad en función de los siguientes aspectos:

- *Presencia de personal.* La existencia de personal de una forma continua se valora de forma positiva a la hora de considerar la probabilidad de que la contención manual retenga un mayor volumen del vertido.
- *Formación del personal a cargo de la operación.* Se considera que el personal debería recibir una formación actualizada sobre cómo gestionar los riesgos medioambientales referentes al trabajo que desempeña. La formación se valora favorablemente de cara a reducir el volumen del vertido.
- *Experiencia de los empleados a cargo de la operación.* A la hora de gestionar las medidas de contención manual se considera favorable que los empleados cuenten con una experiencia que garantice el éxito de las tareas de contención. Por lo tanto, se estima que una experiencia de los empleados igual o superior a 3 años, va a ser un factor favorable de cara al correcto funcionamiento de las medidas de contención manual.

- *Mantenimiento correctivo y preventivo.* Se valora de forma positiva la existencia de un sistema tanto correctivo como preventivo.

En la Tabla 29 se presenta la categorización de los estimadores y los coeficientes de reducción de volumen para la contención manual.

CONTENCIÓN MANUAL	
Categorías	Coeficiente
Presencia continua de personal. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es igual o superior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	1,0
Presencia continua de personal. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es inferior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,9
Presencia de personal únicamente los días laborables. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es igual o superior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,8
Presencia de personal únicamente los días laborables. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es inferior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,7
Presencia continua de personal. El personal no recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es igual o superior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,6
Presencia continua de personal. El personal no recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es inferior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,5
Presencia de personal únicamente los días laborables. El personal no recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es igual o superior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,4
Presencia de personal únicamente los días laborables. El personal no recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es inferior a 3 años. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,3
Presencia continua de personal. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es igual o superior a 3 años. No se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,2
Presencia continua de personal. El personal recibe formación actualizada sobre los riesgos medioambientales asociados a la operación. La experiencia de los empleados es inferior a 3 años. No se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo con la frecuencia establecida en la normativa.	0,1
Resto de circunstancias	0,0

Tabla 29. Coeficientes reductores de la contención manual. Fuente. Elaboración propia.

❖ **Estimadores de volumen para la contención adicional**

En el análisis de riesgos se asume que la contención adicional de esta zona es completamente eficaz ante los vertidos procedentes de la escombrera de estériles de mina. De esta forma, todos los vertidos que alcancen la contención adicional se consideran retenidos, no causando daños medioambientales adicionales a los que ya se hubieran ocasionado antes de llegar al depósito.

IV.5. RESUMEN DE ESCENARIOS IDENTIFICADOS

Como resultado del procedimiento descrito en los apartados anteriores y de los árboles de sucesos recogidos en el Anejo II, en la Tabla 30 se resumen los escenarios accidentales relevantes identificados en la instalación objeto de estudio.

Escenario	Fuente de peligro	Prob.	Agente	Vol. (m ³)	Recursos afectados		
					Suelo	Cauce	Agua superficial
SI1. 180	Almacén de reactivos	0,0025272	Sustancia 1	0,1	X		
SI2. 148	Balsa de agua ácida	0,0000963	Sustancia 2	1.849,0	X	X	X
SI2. 152	Balsa de agua ácida	0,0001954	Sustancia 2	1.849,0	X	X	
SI3. 128	Zona de procesamiento de mineral	0,0000283	Sustancia 3	0,5	X	X	
SI3. 176	Zona de procesamiento de mineral	0,0000003	Sustancia 3	2,8	X	X	
SI4. 124	Zona de procesamiento de mineral	0,0001591	Sustancia 3	157,3	X	X	X
SI4. 128	Zona de procesamiento de mineral	0,0001591	Sustancia 3	157,3	X	X	
SI4. 172	Zona de procesamiento de mineral	0,0000016	Sustancia 3	159,5	X	X	X
SI4. 176	Zona de procesamiento de mineral	0,0000016	Sustancia 3	159,5	X	X	
SI5. 52	Escombrera de estériles de mina	0,0022638	Sustancia 2	2.567,2	X	X	X
SI5. 56	Escombrera de estériles de mina	0,0045962	Sustancia 2	2.567,2	X	X	
SI5. 148	Escombrera de estériles de mina	0,0000462	Sustancia 2	2.867,2	X	X	X
SI5. 152	Escombrera de estériles de mina	0,0000938	Sustancia 2	2.867,2	X	X	

Tabla 30. Resumen de escenarios accidentales relevantes en la instalación. Fuente. Elaboración propia.

Debe indicarse que se diferencia la afección a cauce en aquellos vertidos que se asume que llegarían a este elemento natural con el fin de dar un tratamiento diferenciado a su reparación. Este tratamiento diferenciado se ilustra a través de la Tabla 31.

Escenario	Fuente de peligro	Vol. (m ³)	Agua principal componente	Recursos afectados			Reparación del agua vertida
				Suelo	Cauce y estado	Agua superficial	
SI1. 180	Almacén de reactivos	0,10	No	X			
SI2. 148	Balsa de agua ácida	1.849,00	Sí	X	X	Con agua	X
SI2. 152	Balsa de agua ácida	1.849,00	Sí	X	X	Seco	X
SI3. 128	Zona de procesamiento de mineral	0,53	No	X	X	Seco	
SI3. 176	Zona de procesamiento de mineral	2,81	No	X	X	Seco	
SI4. 124	Zona de procesamiento de mineral	157,26	No	X	X	Con agua	X
SI4. 128	Zona de procesamiento de mineral	157,26	No	X	X	Seco	
SI4. 172	Zona de procesamiento de mineral	159,54	No	X	X	Con agua	X
SI4. 176	Zona de procesamiento de mineral	159,54	No	X	X	Seco	
SI5. 52	Escombrera de estériles de mina	2.567,20	Sí	X	X	Con agua	X
SI5. 56	Escombrera de estériles de mina	2.567,20	Sí	X	X	Seco	X
SI5. 148	Escombrera de estériles de mina	2.867,20	Sí	X	X	Con agua	X
SI5. 152	Escombrera de estériles de mina	2.867,20	Sí	X	X	Seco	X

Reparación del suelo afectado
 Reparación del agua superficial afectada y/o del agua vertida (la reparación del agua vertida se modeliza como reparación de agua superficial)

Tabla 31. Resumen de escenarios accidentales relevantes en la instalación y modelo de recursos afectados.

Fuente. Elaboración propia.

En la Tabla 31 se indica si el agua es el principal componente del agente causante del daño asociado a cada escenario accidental. Esto ocurre en los escenarios originados en la balsa de agua

ácida y en la escombrera de estériles de mina. Adicionalmente, se indica el estado en el que se encontraría el cauce en el momento de recibir el derrame (seco o con agua, en función de la estación). El modelo planteado es el siguiente:

- a) Escenarios en los que el agente no está constituido mayoritariamente por agua. Se corresponden con los originados en el Almacén de reactivos y en la Zona de procesamiento del mineral.
 - a. Se considera que el vertido no alcanzaría un cauce. Se trata del caso del escenario S1.180. En este caso se asume que el derrame afectaría únicamente al suelo no llegando a un cauce.
 - b. Se considera que el vertido alcanzaría un cauce.
 - i. El cauce se encuentra seco en el momento del accidente. Se trata de los escenarios SI3.128, SI3.176, SI4.128 y SI4.176. Se trata de un caso similar al de los vertidos que no alcanzarían un cauce. Esto es, el daño se considera exclusivamente como un daño al suelo.
 - ii. El cauce tiene agua en el momento del accidente. En este caso el vertido alcanza un cauce con agua superficial por lo que el daño se produce tanto sobre el suelo que existe entre el origen del vertido y el cauce como sobre el agua que discurre por el cauce. Los escenarios de este tipo son el SI4.124 y el SI4.172.
- b) Escenarios en los que el agente está constituido mayoritariamente por agua. En la instalación evaluada la totalidad de escenarios de esta tipología alcanzarán un cauce por lo que la distinción se produce entre los momentos en los que el cauce porta agua y en los que éste está seco.
 - a. El cauce se encuentra seco en el momento del accidente. En este caso la reparación contemplaría el suelo existente entre el origen del daño y el cauce y la reparación del agente causante del daño que llega al cauce. En este sentido, el agente causante del daño es asimilable a agua con una elevada acidez. Por este motivo, la reparación del mismo se modeliza como si se tratará de la reparación de agua superficial (si bien, realmente, como se ha indicado, se trataría del agente causante del daño agua ácida). Los escenarios de esta tipología serían SI2.152, SI5.56 y SI5.152.
 - b. El cauce tiene agua en el momento del accidente. En este caso la reparación contemplaría el suelo existente entre el origen del daño y el cauce, la reparación del agente causante del daño que llega al cauce y el agua superficial que discurre por el cauce. En este sentido, al igual que en el caso anterior, el agente causante del daño es asimilable a agua con una elevada acidez. Por este motivo, la reparación del mismo se modeliza como si se tratara de una cantidad adicional de la reparación de agua superficial (si bien, realmente, como se ha indicado, se trataría del agente

causante del daño agua ácida). Los escenarios de este tipo serían SI2.148, SI5.52 y SI5.148.

A modo de resumen, merece la pena destacar que en el caso de los escenarios que tienen asociado un agente asimilable a agua (agua ácida) y que dañan un cauce que esté seco la reparación se diseña utilizando el recurso natural agua superficial con el fin de prever la reparación de dicho agente causante del daño.

IV.6. ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE AGENTE QUE ALCANZA CADA RECURSO

De cara al cálculo del IDM resulta necesario estimar la cantidad de agente causante del daño que alcanzaría cada uno de los recursos naturales potencialmente afectados bajo las hipótesis establecidas en cada escenario accidental. En este sentido, la Tabla 31 muestra la cantidad total de agente asociada a cada escenario, no la que llegaría a cada recurso (suelo y agua superficial). Merece la pena insistir en que en el caso de los escenarios que tienen asociado un agente asimilable a agua (agua ácida) y que dañan un cauce que esté seco la reparación se diseña utilizando el recurso natural agua superficial con el fin de prever la reparación de dicho agente causante del daño aunque no se afecte a una masa de agua superficial como tal.

En la Tabla 32 se recoge el reparto del volumen vertido entre los diferentes recursos naturales.

Escenario	Fuente de peligro	Vol. (m ³)	Vol. a cada recurso (m ³)	
			Suelo	Agua superficial
SI1. 180	Almacén de reactivos	0,10	0,10	
SI2. 148	Balsa de agua ácida	1.849,00	665,64	1.183,36
SI2. 152	Balsa de agua ácida	1.849,00	665,64	1.183,36
SI3. 128	Zona de procesamiento de mineral	0,53	0,53	
SI3. 176	Zona de procesamiento de mineral	2,81	2,81	
SI4. 124	Zona de procesamiento de mineral	157,26	77,06	80,20
SI4. 128	Zona de procesamiento de mineral	157,26	157,26	
SI4. 172	Zona de procesamiento de mineral	159,54	78,18	81,37
SI4. 176	Zona de procesamiento de mineral	159,54	159,54	
SI5. 52	Escombrera de estériles de mina	2.567,20	924,19	1.643,01
SI5. 56	Escombrera de estériles de mina	2.567,20	924,19	1.643,01
SI5. 148	Escombrera de estériles de mina	2.867,20	1.032,19	1.835,01
SI5. 152	Escombrera de estériles de mina	2.867,20	1.032,19	1.835,01

Tabla 32. Estimación del reparto del volumen liberado entre los recursos naturales. Fuente. Elaboración propia.

La metodología seguida se ha elaborado específicamente para el presente caso práctico (por lo que no resulta directamente extrapolable a otros casos) y tiene como fin ofrecer una estimación del volumen del agente causante del daño que llegaría a cada recurso natural con el fin de proceder al cálculo del IDM de cada escenario accidental. En este sentido, merece la pena destacar la relativamente elevada incertidumbre del procedimiento seguido, si bien, la misma se considera

asumible en el ámbito de los análisis de riesgos medioambientales dado su carácter apriorístico. En concreto, esta metodología se ha desarrollado aplicando un criterio de experto y seleccionando una serie de variables cualitativas que tendrían influencia en que llegue a cada recurso natural una u otra cantidad de agente.

La ecuación de referencia que se ha desarrollado es la siguiente:

$$V_{agua} = V \times (P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6) \quad (\text{Ec. 5}) \qquad V_{suelo} = V - V_{agua} \quad (\text{Ec. 6})$$

Donde:

- V_{agua} = volumen vertido que alcanza el cauce [m³].
- V = volumen vertido total [m³].
- P_i = parámetros de reparto del volumen vertido entre el suelo y el cauce [-].
- V_{suelo} = volumen vertido que afecta al suelo [m³].

Los parámetros a considerar para el reparto del volumen se han seleccionado —mediante criterio experto— tratando de identificar aquellos aspectos del vertido y del entorno, que influyen de forma más decisiva en que una mayor proporción del mismo alcance el curso de agua. La escala de evaluación de cada parámetro se ha establecido de tal forma que la proporción que alcance el agua se encuentre comprendida entre el 12 y el 90% —evitando de esta forma situaciones que lleven a declarar una nula afección a alguno de los recursos—. Los parámetros y las escalas de valoración asignadas se recogen a continuación:

Parámetro 1: Cantidad vertida

Se ha considerado que a mayor volumen vertido mayor es la proporción del mismo que alcanzará el cauce situado aguas abajo —debido a procesos como la saturación del suelo—.

Cantidad vertida (P1)	
Alta (>20m ³)	0,15
Baja (≤20m ³)	0,02

Tabla 32. Parámetro 1: Cantidad vertida. Fuente: Elaboración propia.

Parámetro 2: Viscosidad de la sustancia vertida

Se ha considerado que a menor viscosidad de la sustancia mayor es la proporción del vertido que puede alcanzar el cauce.

Viscosidad (P2)	
Alta (líquidos pastosos)	0,02
Baja (líquidos no pastosos)	0,15

Tabla 33. Parámetro 2: Viscosidad de la sustancia. Fuente: Elaboración propia.

Parámetro 3: Permeabilidad del suelo

Se ha considerado que a menor permeabilidad del suelo mayor es la proporción del vertido que puede alcanzar el cauce.

Permeabilidad (P3)	
Alta (arenas)	0,02
Baja (limos y arcillas)	0,15

Tabla 34. Parámetro 3: Permeabilidad del suelo. Fuente: Elaboración propia.

Parámetro 4: Distancia al cauce

Se ha considerado que a menor distancia en línea recta desde el origen del vertido hasta el cauce, mayor es la proporción del vertido que puede alcanzar el cauce.

Distancia al cauce (P4)	
Alta (>10m)	0,02
Baja (\leq 10m)	0,15

Tabla 35. Parámetro 4: Distancia al cauce. Fuente: Elaboración propia.

Parámetro 5: Cobertura vegetal

Se ha considerado que cuanto menor sea la presencia de vegetación entre el origen del vertido y el cauce, mayor es la proporción del vertido que puede alcanzar el cauce.

Cobertura vegetal (P5)	
Alta (vegetación densa)	0,02
Baja (vegetación poco densa)	0,15

Tabla 36. Parámetro 5: Cobertura vegetal. Fuente: Elaboración propia.

Parámetro 6: Pendiente media del terreno

Se ha considerado que cuanto mayor sea la pendiente media del terreno comprendido entre el origen del vertido y el cauce, mayor es la proporción del vertido que puede alcanzar el cauce.

Pendiente (P6)	
Alta (>20%)	0,15
Baja (\leq 20%)	0,02

Tabla 37. Parámetro 6: Pendiente. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 38 se resume el valor que adopta cada parámetro en cada escenario accidental para el presente caso práctico.

Escenario	Fuente de peligro	Vol. (m ³)	Parámetros						Vol. a cauce (m ³)
			P1	P2	P3	P4	P5	P6	
SI1. 180	Almacén de reactivos	0,10	-	-	-	-	-	-	-
SI2. 148	Balsa de agua ácida	1.849,00	0,15	0,15	0,15	0,02	0,15	0,02	1.183,36
SI2. 152	Balsa de agua ácida	1.849,00	0,15	0,15	0,15	0,02	0,15	0,02	1.183,36
SI3. 128	Zona de procesamiento de mineral	0,53	-	-	-	-	-	-	-
SI3. 176	Zona de procesamiento de mineral	2,81	-	-	-	-	-	-	-
SI4. 124	Zona de procesamiento de mineral	157,26	0,15	0,02	0,15	0,02	0,15	0,02	80,20
SI4. 128	Zona de procesamiento de mineral	157,26	-	-	-	-	-	-	-
SI4. 172	Zona de procesamiento de mineral	159,54	0,15	0,02	0,15	0,02	0,15	0,02	81,37
SI4. 176	Zona de procesamiento de mineral	159,54	-	-	-	-	-	-	-
SI5. 52	Escombrera de estériles de mina	2.567,20	0,15	0,15	0,15	0,02	0,15	0,02	1.643,01
SI5. 56	Escombrera de estériles de mina	2.567,20	0,15	0,15	0,15	0,02	0,15	0,02	1.643,01
SI5. 148	Escombrera de estériles de mina	2.867,20	0,15	0,15	0,15	0,02	0,15	0,02	1.835,01
SI5. 152	Escombrera de estériles de mina	2.867,20	0,15	0,15	0,15	0,02	0,15	0,02	1.835,01

Tabla 38. Parámetros asignados en la metodología de reparto del agente causante del daño. Fuente: Elaboración propia.

V. 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 las Tablas siguientes se recogen los valores asignados a los coeficientes del IDM para el caso objeto de estudio. En este sentido, merece la pena destacar que los escenarios identificados se corresponden con vertidos de sustancias químicas al suelo y al agua superficial por lo que sus grupos del IDM son el Grupo 2 y el Grupo 9.

Sustancia 1			
Característica	Categoría	Valor	Fuente
Tipo de sustancia	Inorgánicas	-	Ficha de datos de seguridad de la sustancia 1
Biodegradabilidad (MB1)	Media	0,90	La ficha indica que la sustancia es biodegradable. No obstante, adoptando el principio de precaución se selecciona biodegradabilidad media.
Solubilidad (MB12)	Muy soluble	0,80	Valor tomado a partir de la ficha de seguridad.
Viscosidad (MB17)	Alta viscosidad	1,00	Valor estimado a partir de la ficha de seguridad.
Volatilidad (MB18)	Baja	1,00	Se adopta el valor más desfavorable dado que la ficha de seguridad no recoge datos.

Sustancia 2			
Característica	Categoría	Valor	Fuente
Tipo de sustancia	Inorgánicas	-	Ficha de datos de seguridad de la sustancia 2
Biodegradabilidad (MB1)	Baja	1,00	La ficha de datos de seguridad no recoge datos por lo que se selecciona el valor más desfavorable.
Solubilidad (MB12)	Muy soluble	0,80	Se considera muy soluble dado que el componente mayoritario es agua con una alta acidez.
Viscosidad (MB17)	Poco viscosa	1,25	Valor estimado a partir de la ficha de seguridad.
Volatilidad (MB18)	Baja	1,00	Se adopta el valor más desfavorable dado que la ficha de seguridad no recoge datos.

Sustancia 3			
Característica	Categoría	Valor	Fuente
Tipo	Inorgánicas	-	Ficha de datos de seguridad de la sustancia 3
Biodegradabilidad (MB1)	Baja	1,00	La ficha de datos de seguridad indica que la sustancia no es biodegradable
Solubilidad (MB12)	Insoluble	1,00	Se adopta el valor más desfavorable dado que la ficha de seguridad no recoge datos.
Viscosidad (MB17)	Media	1,10	Valor estimado a partir de la ficha de seguridad.
Volatilidad (MB18)	Baja	1,00	Se adopta el valor más desfavorable dado que la ficha de seguridad no recoge datos.

Tabla 39. Valores asignados a los coeficientes M_B del IDM correspondientes al agente causante del daño.
Fuente: Elaboración propia.

Parámetro	Categoría	Valor
Tipo de fuga (MB14)	Continua	1,25

Tabla 40. Valor asignado al coeficiente M_B del IDM correspondientes al tipo de fuga. Fuente: Elaboración propia.

Parámetro	Categoría	Valor
Lago o embalse (MB5)	No existe afección a lago o embalse	1,00
Permeabilidad 1 (MB8)	Media	1,50
Río (MB11)	Río poco caudaloso (<5m ³ /s)	1,25

Tabla 41. Valores asignados a los coeficientes M_B del IDM correspondientes al entorno. Fuente: Elaboración propia.

Parámetro	Categoría	Valor	Observaciones
Duración 1 (MC1)	Alta	1,25	Se toma el valor más desfavorable, atendiendo al principio de precaución
Duración 3 (MC3)	Alta	1,25	Se toma el valor más desfavorable, atendiendo al principio de precaución

Tabla 42. Valores asignados a los coeficientes M_C del IDM. Fuente: Elaboración propia

Con respecto al reparto previsto en la ecuación del IDM del volumen vertido entre el suelo y el agua subterránea, se ha seleccionado la categoría “No existe una afección potencial al agua subterránea” dado que en la zona potencialmente afectada no existen masas de agua subterránea.

Por último, con respecto a la accesibilidad, las zonas potencialmente afectadas por los daños evaluados tienen caminos adyacentes por lo que el parámetro beta del IDM recibe valor nulo.

En el Anexo IV del presente caso práctico se recoge el valor de la totalidad de los modificadores que intervienen en el cálculo del IDM para cada escenario accidental relevante.

VI. 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 procederá 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. Este cálculo se realiza en la Tabla 43 dentro del procedimiento de selección del escenario accidental de referencia.

VII. SELECCIÓN DEL ESCENARIO ACCIDENTAL DE REFERENCIA

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 el presente caso práctico varios escenarios accidentales se valoran con el mismo IDM, en estos casos se ha procedido a ordenar en primera instancia en función del IDM y en segundo lugar en orden decreciente de probabilidad de ocurrencia.

En la Tabla 43 se detalla el procedimiento de selección del escenario de referencia.

Escenario	IDM Escenario	Probabilidad	Riesgo	Riesgo relativo (%)	Riesgo acumulado (%)
SI5. 152	424.970,26	9,38E-05	39,862	1,39%	100,00%
SI5. 148	424.970,26	4,62E-05	19,634	0,68%	98,61%
SI5. 56	391.662,00	4,60E-03	1.800,157	62,80%	97,92%
SI5. 52	391.662,00	2,26E-03	886,644	30,93%	35,12%
SI2. 152	311.922,00	1,95E-04	60,955	2,13%	4,19%
SI2. 148	311.922,00	9,63E-05	30,022	1,05%	2,07%
SI4. 172	127.212,74	1,61E-06	0,204	0,01%	1,02%
SI4. 124	126.918,63	1,59E-04	20,194	0,70%	1,01%
SI4. 176	36.729,57	1,61E-06	0,059	0,00%	0,31%
SI4. 128	36.221,00	1,59E-04	5,763	0,20%	0,30%
SI3. 176	1.769,37	2,86E-07	0,001	0,00%	0,10%
SI3. 128	1.260,79	2,83E-05	0,036	0,00%	0,10%
SI1. 180	1.160,49	2,53E-03	2,933	0,10%	0,10%
Total			2.866,463		

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

Conforme puede observarse en la Tabla 43, el escenario de referencia seleccionado es el SI5.56, caracterizado por el vertido de 2.567,20 m³ de la sustancia 2 desde la escombrera de estériles de mina al suelo y al cauce en un momento temporal en el que el mismo no transporta agua superficial.

De esta forma, el único escenario que será objeto de cuantificación y monetización es el SI5.56. En las páginas siguientes se describe el proceso de cuantificación y monetización del daño asociado a dicho escenario.

VIII. 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.

Con el fin de determinar el daño medioambiental se ha diseñado un modelo específicamente adaptado al caso objeto de estudio en atención, especialmente: al elevado volumen del agente causante del daño que resultaría liberado, a las características de la fuente de peligro (escombrera de estériles de mina) y a la disposición geográfica de la misma con respecto al cauce que recibiría en último término el derrame.

El modelo parte, en primer lugar de la estimación de la superficie afectada por el vertido.

En el caso de un vertido de elevadas dimensiones, como el que aquí se simula, la superficie afectada se ha delimitado sobre una fotografía aérea y un modelo digital del terreno. Para ello se asume que el vertido recorrerá la superficie comprendida entre el origen del mismo y el cauce más cercano siguiendo las líneas de máxima pendiente (Ilustración 1). Este proceso ha permitido calcular una superficie de 3,22 ha (32.200 m²).



Ilustración 1. Estimación de la superficie afectada por el vertido. Fuente: Elaboración propia.

Una vez calculada esta superficie resulta necesario determinar una profundidad de afección. En este sentido, la profundidad de suelo a tratar se ha estimado asumiendo que el operador cuenta con experiencias previas adecuadamente registradas y documentadas de reparación de daños similares. En concreto, en este caso, se ha establecido un rango de tratamiento para la zona potencialmente afectada comprendido entre 15 y 50 cm de profundidad en función de la composición del suelo. Con carácter general, en el presente análisis de riesgos se ha tomado para los cálculos el valor promedio entre ambos extremos (32 cm).

En el modelo se asume que el derrame llegaría en último término al cauce situado aguas debajo de la escombrera. Conforme con el árbol de sucesos seguido, en las hipótesis del escenario S15.56 se asume que el cauce se encontraría seco en el momento de producirse el accidente. Por este motivo, el volumen de agua superficial a reparar coincidiría con el volumen de agua ácida liberada en la fuente de peligro y que alcanza el cauce.

Como se ha indicado en apartados anteriores, debe reconocerse la existencia de una elevada incertidumbre a la hora de repartir el volumen total liberado (2.567,20 m³) entre el suelo y el cauce ya que podría asumirse que al menos una parte del agua ácida se infiltraría en el suelo no alcanzando el curso del arroyo. Con el fin de realizar este reparto, como se ha expuesto, se diseñó una regla basada en parámetros cualitativos que podrían explicar la mayor o menor infiltración en el suelo del agente de cara a calcular el IDM de los escenarios en los que se dan estas circunstancias. Si bien este procedimiento se ha considerado asumible en el marco del cálculo del IDM al no requerir del mismo nivel de detalle de cuantificación de daños que el exigido normativamente en la fase de determinación y cuantificación, en la citada fase de determinación del daño se prefiere adoptar un criterio de precaución y asumir que la totalidad del derrame (2.567,20 m³) llegaría al cauce y, además, habría afectado previamente, como se ha indicado, a una superficie de 3,22 ha de suelo (llegando a una profundidad media de 32 cm). De esta forma, ante la incertidumbre existente, se prevé que los resultados se sitúen en valores conservadores ya que se obvia que parte del agua pudiera quedar retenida en el suelo.

En los epígrafes siguientes procede a detallar los resultados en cuanto a extensión, intensidad y escala temporal de los daños previstos.

VIII.1. EXTENSIÓN DEL DAÑO MEDIOAMBIENTAL

La extensión del daño hace referencia a la cantidad, de cada uno de los recursos naturales, que se vería afectada por el episodio de vertido. Asumiendo una densidad media para el suelo de 1,44 t/m³ (valor estimado a partir de EPA (1996) y YU et al, (1993)),

Recurso	Parámetro	Valor	Unidades
Suelo	Superficie	32.200,00	m ²
	Profundidad	0,32	m
	Volumen	10.304,00	m ³
	Densidad	1,44	t/m ³
	Masa	14.837,76	t
Agua superficial	Volumen	2.567,20	m³

Tabla 44. Estimación de la extensión del daño causado por sustancias químicas inorgánicas. Fuente:
 Elaboración propia

VIII.2. INTENSIDAD DEL DAÑO MEDIOAMBIENTAL

Dado que el modelo aplicado no devuelve de forma directa la concentración de contaminantes esperada en los medios receptores (suelo y agua) 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 los 14.837,76 t de suelo afectado y 2.567,20 m³ de agua superficial continental.

VIII.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 11 años atendiendo a la aplicación informática MORA (1 año de tiempo de espera y 10 años 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, en este caso la frecuencia relativa del escenario con respecto a los restantes escenarios es igual a $4,6 \times 10^{-3}$.
- c) **Reversibilidad del daño.** Atendiendo a las características del agente causante del daño 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.

VIII.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.

IX. 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 (SI5.56).

Con objeto de valorar el daño ocasionado se ha acudido al Modelo de Oferta de Responsabilidad Ambiental (MORA) disponible de forma pública y gratuita a través de la página web del MITECO.

Tanto los parámetros de entrada introducidos en MORA como los resultados ofrecidos por este modelo se ofrecen de forma detallada en el informe incluido en el Anejo V del caso práctico. No obstante, en la Tabla 45 se resumen los principales datos de salida.

Tipo de medida reparadora	Tipo de daño	Valor (€)
Primaria	Sustancias inorgánicas al suelo	2.874.050,19
	Sustancias inorgánicas al agua	306.661,51
Subtotal medidas primarias		3.180.711,70
Compensatoria	Sustancias inorgánicas al suelo	63.993,24
	Sustancias inorgánicas al agua	113.243,40
Subtotal medidas compensatorias		177.236,64
Total		3.357.948,34

Tabla 45. Resultado de la aplicación MORA para el escenario de referencia. Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación informática MORA

A modo de resumen, la reparación primaria de los daños potencialmente causados por el escenario de referencia ascendería a 3.180.711,70 € y la reparación compensatoria de dicho escenario a 177.236,64 €, sumando en conjunto 3.357.948,34 €.

X. EVALUACIÓN DE LA NECESIDAD DE CONSTITUIR UNA GARANTÍA FINANCIERA

El artículo 33 del Reglamento indica que, con objeto de establecer el importe de la garantía financiera al coste de la reparación primaria (3.180.711,70 €) han de añadirse los costes de prevención y evitación que, como mínimo, serán el 10% del coste de la reparación primaria (en este caso, 318.071,17 €). De esta forma, el importe de la garantía financiera para la instalación objeto de estudio ascendería a 3.498.782,87 €. Dado que este valor supera los umbrales de exención establecidos en el artículo 28 de la LRM, el operador se encontraría obligado a establecer una garantía financiera.

Tipo de medida	Valor (€)
Prevención y evitación	318071,17
Reparación primaria	3.180.711,70
Garantía financiera	3.498.782,87
Reparación compensatoria	177.236,64
Valor total del daño	3.676.019,51

Tabla 46. Importe de la garantía financiera y del valor total del daño. Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación informática MORA

Con carácter adicional a la citada garantía financiera obligatoria, el operador podría cubrir los costes estimados para las medidas de reparación compensatoria. Estos costes se han cifrado en 177.236,64 €. Por lo que el importe total de una garantía que cubriera la totalidad de los costes estimados ascendería a 3.676.019,51 €.

XI. CONCLUSIONES Y EXPLOTACIÓN DE RESULTADOS

El modelo de valoración de los daños potenciales a los que pueden dar lugar las instalaciones o elementos que han sido objeto de estudio se apoya en el marco metodológico y en las directrices técnicas dictadas por la normativa de responsabilidad medioambiental y su desarrollo reglamentario. No obstante y como en todo ejercicio de valoración, ello no ha eximido al analista de tomar decisiones y de adoptar asunciones —siempre argumentadas— para solventar las incertidumbres y retos técnicos inherentes a este tipo de estudios.

A continuación se describen las conclusiones más relevantes que han sido deducidas a partir de los retos de carácter técnico a los que se ha hecho frente en el estudio:

- *Selección de las zonas de estudio a considerar en el análisis de riesgos.* La complejidad de las explotaciones mineras ha sugerido realizar una zonificación de la actividad según sus diferentes fuentes de peligro, con la idea de identificar 4 «zonas relevantes» sobre las que se desarrolla el análisis de riesgos a fin de ilustrar la metodología de valoración: almacén de reactivos, balsa de agua ácida, zona de procesamiento de mineral y escombrera de estériles de mina. Dicha selección se ha hecho con fines mayormente ilustrativos debido a las diferencias productivas de los operadores pertenecientes al sector y, por tanto, en principio no puede extrapolarse directamente dicha zonificación a otro operador sin el pertinente análisis previo.
- *Diseño de los árboles de sucesos y adaptación a cada zona de estudio.* Este trabajo ha implicado responder a algunas dificultades inherentes a la construcción de los árboles de sucesos: la identificación de las posibles causas de accidente, la selección de sus estimadores de probabilidad y su evaluación, así como la determinación del volumen de vertido implicado en cada escenario, sus factores condicionantes (principalmente medidas de evitación o contención) y la asignación de una probabilidad asociada a dichos factores. En este sentido, se propone diseñar y administrar al operador un cuestionario muy exhaustivo de

cada zona a fin de recabar la información oportuna que permitiera realizar estas tareas (anexo I). Para ello se han realizado ensayos prueba-error, y se ha acudido a bibliografía especializada hasta dar con un modelo considerado consistente y realista. La estimación de cómo varía el vertido en cada rama del árbol de sucesos es una novedad que se ha añadido al análisis y que le confiere un alto valor añadido al ofrecer al operador información sobre los factores que influyen en la cantidad de vertido liberada y que podrían ser muy determinantes a la hora de prevenir y gestionar el riesgo. El volumen inicial de vertido que potencialmente podría liberarse al medio difiere entre zonas partiendo de las siguientes hipótesis: los depósitos se encuentran al 75 por ciento de su capacidad y la balsa de agua ácida está a su máxima capacidad (al asumir que el accidente se produce por desbordamiento).

- *Simplificaciones en la determinación y evaluación de la significatividad de los daños.* Atendiendo a la posibilidad que ofrece el Reglamento de simplificar los análisis de riesgos (valoración *ex ante*) con respecto al nivel de detalle que pudiera exigir una valoración de daños ya consumados (valoración *ex post*), se ha adoptado un criterio de prudencia en la valoración asumiendo que la totalidad de los daños causados bajo los escenarios identificados ocasionarían efectos negativos significativos sobre los recursos naturales.
- *Ajuste de los modelos de difusión y estimación de la cantidad de recurso natural potencialmente afectado en cada caso.* Los modelos de dispersión de contaminantes se han adecuado al tipo y a la magnitud del daño no obstante se reconoce que los mismos llevan asociada una notable incertidumbre.
- *Objetividad del análisis de riesgos.* El hecho de que algunas decisiones lleven asociadas cierta subjetividad no pretende, en ningún caso, afirmar que dichas decisiones se hayan tomado con aleatoriedad. Todo modelo para la valoración de daños potenciales (valoración *ex ante*) implica una previsión de los daños (tipo, magnitud y valor) que lleva inevitablemente asociado un nivel de incertidumbre inherente al riesgo que es objeto de valoración; por tanto, el criterio experto y los ensayos prueba-error son prácticas reconocidas y admitidas en este tipo de estudios.

Cabe recordar la importancia de no aplicar de forma directa los criterios establecidos en el presente caso práctico a cualquier operador, ya que las diferencias entre operadores dentro del sector son notables desde el punto de vista del riesgo medioambiental. No obstante, la metodología adoptada puede ser objeto de inspiración para los operadores, teniendo siempre presente que el principal objetivo del supuesto práctico no es otro que ofrecer una base técnica consistente para que otros operadores puedan enfrentarse a la casuística de riesgos propia de su instalación.

XII. MINIMIZACIÓN DEL RIESGO: ALGUNAS RECOMENDACIONES PARA LA GESTIÓN PREVENTIVA DEL RIESGO MEDIOAMBIENTAL

Los análisis de riesgos medioambientales aportan una información muy útil de cara a la gestión de los riesgos de la instalación. La norma UNE 150008 en su Anexo A enumera una serie de perspectivas desde las cuales puede orientarse la gestión de riesgos:

- Eliminación del riesgo. La supresión del riesgo es una acción que no siempre resulta posible desde el punto de vista técnico y económico, por lo que, aunque debe estudiarse, usualmente pierde importancia en comparación con el resto de opciones.
- Reducción y control del riesgo. La reducción del riesgo implica adoptar decisiones encaminadas a disminuir la probabilidad de los accidentes medioambientales y/o los efectos negativos que estos podrían ocasionar sobre los recursos naturales.
- Retención y transferencia del riesgo. Los riesgos existentes en la empresa pueden ser trasladados a otra organización con el fin de que sea esta última la que responda de los mismos. Esta opción incluiría la posibilidad de suscribir un seguro por responsabilidad medioambiental.

El presente apartado se centra en ofrecer unas recomendaciones de cara a la reducción y control de los riesgos identificados en el análisis, sin que las mismas vayan en perjuicio de que el operador adopte —si así lo desea— el resto de opciones descritas en la norma UNE 150008.

Dado que el hipotético operador objeto de análisis se encuentra actualmente en fase de explotación los aspectos vinculados a la localización de su instalación se consideran preestablecidos. En el mismo sentido, la propia naturaleza de la minería la cual está fuertemente vinculada al lugar en el que se encuentran los yacimientos lleva a no considerar factible un cambio de localización que disminuya el riesgo medioambiental.

En el ámbito del modelo de análisis de riesgos que se ha diseñado, la reducción del riesgo puede lograrse principalmente a través de las siguientes medidas:

- a) Reducción de la probabilidad de los sucesos iniciadores. La probabilidad de los sucesos iniciadores se evalúa a través de una serie de estimadores. En una primera aproximación el operador podría tratar de reducir la probabilidad de aquellos sucesos que potencialmente causen mayores daños mejorando la puntuación asignada a sus estimadores.
- b) Disminución del volumen vertido asociado al suceso iniciador. La estimación del volumen vertido bajo las hipótesis de cada suceso iniciador se realiza partiendo de una capacidad tipo y disminuyéndola, si procede, en función de una serie de factores. Usualmente una forma efectiva de disminuir los potenciales daños medioambientales consiste en reducir los volúmenes potencialmente vertidos.
- c) Aumentando el número de las medidas de prevención, evitación y contención. En el modelo diseñado, disponer de mayores medidas de evitación y contención actúa en un doble

sentido. Por un lado disminuye la probabilidad de que los posibles accidentes causen efectos adversos sobre los recursos naturales, y por otro aumentan —en caso de ser eficaces— el volumen retenido en la instalación.

- d) Aumento de la probabilidad de que actúen las medidas de prevención, evitación y contención. En el análisis se estima la probabilidad de que actúen los sistemas de evitación y contención a través de una serie de variables. La mejora en los valores asignados conduciría a disminuir la probabilidad de los accidentes.
- e) Aumento de la capacidad de las medidas de prevención, evitación y contención. Si las medidas de contención actúan de forma efectiva reducirán un determinado volumen de vertido. En el modelo un aumento de la capacidad proyectada de estas medidas da lugar a mayores retenciones, teniendo también un efecto favorable el adecuado mantenimiento de las mismas.

Por último, indicar que dada la vinculación existente entre el riesgo, el valor de los daños medioambientales y la propuesta de garantía financiera descrita en el artículo 33 del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, existe la posibilidad de que una disminución del riesgo en la instalación lleve aparejada una disminución de la propuesta de garantía financiera.

XIII. BIBLIOGRAFÍA

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

BEROLO, W., HYDROEUROPE (2008). ArcHYDRO: GIS for Water Resources. Center for Research in Water Resources, University of Texas at Austin.

EPA, 1996. Office of Emergency and Remedial Response, U.S. Environmental Protection Agency. Washington, DC 20460. Soil Screening Guidance: User's Guide. Second edition.

ESRI (2009). ArcHydroTools Tutorial.

GIARDINI D., JIMÉNEZ, M.J., GRUNTHAL, G. (2003). Mapa de Riesgo Sísmico Europeo-Mediterráneo preparado por la Comisión Sismológica Europea.

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.

OLDECOP, L., RODRÍGUEZ, R. (2007). Mecanismos de fallas de las presas de residuos mineros.

YU et al (1993). C. YU, C. LOUREIRO, J.-J. CHENG, L.G. JONES, Y.Y. WANG, Y.P. CHIA, E. FAILLACE. Data Collection handbook to support modelling impacts of radioactive material in soil. Environmental Assessment and Information Sciences Division Argonne National Laboratory, Argonne, Illinois. Office of Environmental Restoration. U.S. Department of Energy.

Páginas Web

- Agencia Estatal de Meteorología.

<http://www.aemet.es>

- Mapa de Series de Vegetación. Rivas Martínez, (1987).

http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/memoria_mapa_series_veg.aspx

- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Inventario Nacional de Biodiversidad (INB).

<http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/>

- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Mapa Forestal 1:50.000 (MFE50).

<http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/>

- Universidad Complutense de Madrid. Diagramas climáticos.

<http://www.ucm.es/info/cif/plot/es-almon.htm>

ANEJO I: Cuestionario para la toma de datos

CUESTIONARIO DE TOMA DE DATOS PROYECTO PILOTO GUÍA METODOLÓGICA				
SUCESO INICIADOR VERTIDO DESDE DEPÓSITO O CONDUCCIÓN				
Categoría/Actividad con peligro asociado	Código	Estimadores de la probabilidad de vertido	Respuesta	
ALMACÉN DE REACTIVOS	1	Experiencia media de los empleados a cargo de la operación	> 5 años	
			3-5 años	
			1-3 años	
			< 1 año	
	2	¿Los empleados reciben formación sobre los riesgos que conlleva la operación que es actualizada cuando cambian las condiciones?	Sí	
			No	
	3	Antigüedad media de los depósitos GRG respecto a su vida útil (5 años)	Inferior al 33% de su vida útil	
			Entre el 33% y el 66% de su vida útil	
			Entre el 66% y el 100% de su vida útil	
			Superior a su vida útil	
	4	¿La frecuencia de las revisiones a los depósitos es superior a la mínima establecida por la normativa?	Sí	
			No	
	5	Iluminación en la zona	Iluminación \geq 100 lux	
			Iluminación comprendida entre 75 y 100 lux	
			Iluminación comprendida entre 50 y 75 lux	
			Iluminación < 50 lux	
	6	Incidentes históricos asociados a vertido de aguas contaminadas	Menos de un incidente al año	
			Entre 1 y 3 incidentes al año	
			Entre 3 y 5 incidentes al año	
			> 5 incidentes al año	
7	Señalización de las zonas de paso y carga y descarga de la maquinaria	Las zonas de paso y carga y descarga de la maquinaria están señalizadas adecuadamente		
		Las zonas de paso y carga y descarga de la maquinaria no están señalizadas adecuadamente		

		Estimadores del volumen y las características del vertido		
		8	Volumen del depósito con más capacidad de almacenamiento	
ALMACÉN DE REACTIVOS	9	Sustancias almacenadas		
	10	Sustancia almacenada más tóxica		
11	Volumen de los depósitos que contienen la sustancia más toxica almacenada			
12	Sustancia almacenada más abundante			
13	Volumen de los depósitos que contienen la sustancia más abundante			
		Estimadores de la probabilidad de contención automática		
14	¿Se dispone de medidas de contención automática?	Sí		
		No		
15	¿Se aplica un mantenimiento correctivo a las medidas de contención automática?	Sí		
		No		
16	¿Se aplica un mantenimiento preventivo a las medidas de contención automática?	Sí		
		No		
17	¿La frecuencia de las revisiones a las medidas de contención automática es superior a la mínima establecida en la normativa?	Sí		
		No		
18	Antigüedad de las medidas de contención automática en relación con la vida útil del proyecto (15 años)	Superior		
		Igual		
		Inferior		
19	¿Cuál es la capacidad del sistema de contención automática?	(m ³)		
20	¿Se observan grietas, poros u otros elementos que indiquen que la medida de contención automática no es estanca?	Sí		
		No		
21	¿El sistema de contención automática se encuentra libre de obstáculos que mermen su capacidad?	Sí		
		No		
22	¿El sistema de contención automática se encuentra bajo un techo, cubierta, o similar?	Sí		
		No		
23	¿El sistema de contención automática dispone de un drenaje perimetral bien conservado y adecuadamente dimensionado?	Sí		
		No		

ALMACÉN DE REACTIVOS	Estimadores de la probabilidad de contención manual		
	24	¿Se dispone de medidas de contención manual?	Sí
			No
	25	Presencia de personal en la zona	Continua
			Días laborables
	26	Experiencia media de los empleados a cargo de la operación	≥ 3 años
			< 3 años
	27	¿Se aplica mantenimiento preventivo y correctivo a las medidas de contención manual con una frecuencia superior a la indicada en la normativa?	Sí
			No
	28	¿Cuál es la capacidad de contención del sistema de contención manual?	(m ³)
	Estimadores de la probabilidad de contención adicional		
	29	¿Se dispone de medidas de contención adicionales de emergencia tipo balsas, diques, depósitos, etc.?	Sí
			No
	30	¿Se aplica un mantenimiento correctivo a las medidas de contención de emergencia?	Sí
			No
	31	¿Se aplica un mantenimiento preventivo a las medidas de contención de emergencia?	Sí
			No
	32	¿La frecuencia de las revisiones a las medidas de contención de emergencia es superior a la mínima establecida en la normativa?	Sí
			No
33	Antigüedad de las medidas de contención de emergencia en relación con su vida útil	Superior	
		Igual	
		Inferior	
34	¿Cuál es la capacidad de contención del sistema de contención de emergencia?	(m ³)	
35	¿El sistema de contención de emergencia es impermeable?	Sí	
		No	
36	¿El sistema de contención de emergencia se encuentra libre de obstáculos que mermen su capacidad?	Sí	
		No	
37	¿El sistema de contención de emergencia se encuentra bajo un techo, cubierta, o similar?	Sí	
		No	
38	¿El sistema de contención de emergencia dispone de un drenaje perimetral bien conservado y adecuadamente dimensionado?	Sí	
		No	

CUESTIONARIO DE TOMA DE DATOS PROYECTO PILOTO GUÍA METODOLÓGICA				
SUCESO INICIADOR VERTIDO DESDE Balsa DE AGUA ÁCIDA				
Categoría/Actividad con peligro asociado	Código	Estimadores de la probabilidad de vertido por desbordamiento de balsa	Respuesta	
BALSA DE AGUA ÁCIDA	1	¿Existe un curso de agua cercano a la balsa o alguna conducción o canal que pudiera suponer un aporte extra de agua a la balsa?	Sí	
			No	
	2	¿Qué puntuación le daría al sistema de drenaje de la balsa?	1 (más alta)	
			2	
			3	
			4 (la balsa no dispone de sistema de drenaje)	
	3	¿Se aplica un mantenimiento correctivo al sistema de drenaje de la balsa ?	Sí	
			No	
	4	¿Se aplica un mantenimiento preventivo al sistema de drenaje de la balsa ?	Sí	
			No	
	5	¿Cómo son los canales del sistema de drenaje de la balsa?	Canales dimensionadas para precipitaciones mayores a 100mm/día	
			Canales dimensionados para precipitaciones entre 100-75mm/día	
			Canales dimensionados para precipitaciones entre 75-50mm/día	
			Canales dimensionados para precipitaciones menores a 50-25mm/día	
	6	¿La balsa dispone de un sistema de desagüe?	Sí	
			No	
	7	¿Se dispone de un plan de mantenimiento del sistema de desagüe?	Sí	
			No	
	8	¿Se realizan revisiones al sistema de desagüe de la balsa?	Sí	
			No	
	9	¿Sistema de desagüe está adecuadamente dimensionado para contener vertidos en situaciones excepcionales de emergencia?	Sí	
			No	
10	¿Se controla el nivel que alcanzan los líquidos en la balsa?	Sí		
		No		
11	¿Se han establecido niveles de alerta y alarma para el sistema de control del nivel de líquidos en la balsa?	Sí		
		No		

BALSA DE AGUA ÁCIDA	Estimadores de la probabilidad de contención automática		
	12	¿Se dispone de medidas de contención automáticas?	Si
			No
	13	¿Se aplica un mantenimiento correctivo a las medidas de contención automática?	Si
			No
	14	¿Se aplica un mantenimiento preventivo a las medidas de contención automática?	Si
			No
	15	¿La frecuencia de las revisiones a las medidas de contención automática es superior a la mínima establecida en la normativa?	Si
			No
	16	Antigüedad de las medidas de contención automática en relación con la vida útil	Superior
			Igual
			Inferior
	17	¿Cuál es la capacidad del sistema de contención automática?	(m ³)
	18	¿Se observan grietas, poros u otros elementos que indiquen que la medida de contención automática no es estanca?	Si
			No
	19	¿El sistema de contención automática se encuentra libre de obstáculos que mermen su capacidad?	Si
			No
	20	¿El sistema de contención se encuentra bajo un techo, cubierta, o similar?	Si
			No
	21	¿El sistema de contención dispone de un drenaje perimetral bien conservado y adecuadamente dimensionado?	Si
			No
	Estimadores de la probabilidad de contención manual		
	22	¿Se dispone de medidas de contención manual?	Si
			No
	23	Presencia de personal en la zona	Continua
			Días laborables
	24	Experiencia media de los empleados a cargo de la operación	≥ 3 años
			< 3 años
	25	¿Se aplica mantenimiento preventivo y correctivo a las medidas de contención manual con una frecuencia superior a la indicada en la normativa?	Si
			No
26	¿Cuál es la capacidad del sistema de contención manual?	(m ³)	
Estimadores del volumen y las características del vertido			
27	¿Composición estimada del vertido?		
28	¿Cuál es el pH estimado del vertido?		
29	Volumen máximo contenido en la balsa	(m ³)	
30	Volumen máximo de líquidos contenido en la balsa	(m ³)	

		Estimadores de la probabilidad de contención adicional		
BALSA DE AGUA ÁCIDA	31	¿Se dispone de medidas de contención adicionales de emergencia tipo balsas, diques, depósitos, etc.?	Si	
			No	
	32	¿Se aplica un mantenimiento correctivo a las medidas de contención adicionales?	Si	
			No	
	33	¿Se aplica un mantenimiento preventivo a las medidas de contención adicionales?	Si	
			No	
	34	¿La frecuencia de las revisiones a las medidas de contención adicionales es superior a la mínima establecida en la normativa?	Si	
			No	
	35	Antigüedad de las medidas de contención adicionales en relación con su vida útil	Superior	
			Igual	
			Inferior	
	36	¿Cuál es la capacidad de contención del sistema de contención adicional?	(m ³)	
	37	¿El sistema de contención adicional es impermeable?	Si	
			No	
38	¿El sistema de contención adicional se encuentra libre de obstáculos que mermen su capacidad?	Si		
		No		
39	¿El sistema de contención adicional se encuentra bajo un techo, cubierta, o similar?	Si		
		No		
40	¿El sistema de contención adicional dispone de un drenaje perimetral bien conservado y adecuadamente dimensionado?	Si		
		No		

CUESTIONARIO DE TOMA DE DATOS PROYECTO PILOTO GUÍA METODOLÓGICA			
SUCESO INICIADOR VERTIDO DESDE ZONA DE PROCESAMIENTO DE MINERAL			
Categoría/Actividad con peligro asociado	Código	Estimadores de la probabilidad de vertido	Respuesta
ZONA DE PROCESAMIENTO DE MINERAL	1	Experiencia media de los empleados a cargo de la operación	> 5 años
			3-5 años
			1-3 años
			< 1 año
	2	¿Los empleados reciben formación sobre los riesgos que conlleva la operación que es actualizada cuando cambian las condiciones?	Si
			No
	3	Plan de inspección y mantenimiento	Se aplica un plan de mantenimiento correctivo y preventivo propio basado en la experiencia propia y en los requisitos del fabricante; se realizan revisiones periódicas con registro de todo ello
			Se aplica un plan de mantenimiento correctivo y preventivo propio basado en la experiencia propia y en los requisitos del fabricante pero no hay registro de todo ello
			Se hace un mantenimiento de acuerdo a mínimos del fabricante pero no se hacen revisiones periódicas
			Sólo se aplica mantenimiento correctivo en caso de avería. No se hacen revisiones periódicas
	4	Antigüedad media de los depósitos	Inferior al 33% de su vida útil
			Entre el 33% y el 66% de su vida útil
			Entre el 66% y el 100% de su vida útil
			Superior a su vida útil
	5	Tipo de depósitos	Pared simple
			Pared doble
	6	¿La frecuencia de las revisiones a los depósitos es superior a la mínima establecida por la normativa?	Si
			No
	7	Antigüedad media de las conducciones respecto a su vida útil	Inferior al 33% de su vida útil
			Entre el 33% y el 66% de su vida útil
			Entre el 66% y el 100% de su vida útil
			Superior a su vida útil
	8	¿La frecuencia de las revisiones a los depósitos es superior a la mínima establecida por la normativa?	Si
			No
	9	Incidentes históricos asociados a vertido	Menos de un incidente al año
			Entre 1 y 3 incidentes al año
			Entre 3 y 5 incidentes al año
			> 5 incidentes al año
10	Señalización de las zonas de paso y carga y descarga de la maquinaria	Las zonas de paso y carga y descarga de la maquinaria están señalizadas adecuadamente	
		Las zonas de paso y carga y descarga de la maquinaria no están señalizadas adecuadamente	

		Estimadores del volumen y las características del vertido		
	11	Volumen del depósito con mayor capacidad		
	12	Sustancias/Disoluciones presentes en el proceso		
	13	Sustancia/Disolución más tóxica		
	14	Volumen de los depósitos que contienen la sustancia/disolución más tóxica		
	15	Sustancia/Disolución más abundante		
	16	Volumen de los depósitos que contienen la sustancia/disolución más abundante		
	17	Caudal máximo transportado por las conducciones (l/h)		
			Estimadores de la probabilidad de contención automática	
	ZONA DE PROCESAMIENTO DE MINERAL	18	¿Se dispone de medidas de contención automática?	Sí
				No
		19	¿Se aplica un mantenimiento correctivo a las medidas de contención automática?	Sí
				No
		20	¿Se aplica un mantenimiento preventivo a las medidas de contención automática?	Sí
				No
		21	¿Se realizan revisiones a las medidas de contención automática?	Sí
No				
22		Antigüedad de las medidas de contención automática en relación con la vida útil	Superior	
			Igual	
			Inferior	
23		¿Cuál es la capacidad del sistema de contención automática?	(m ³)	
24		¿Se realizan revisiones periódicas a las bombas sumidero?	Sí	
			No	
25	Antigüedad de las bombas sumidero respecto a su vida útil	Inferior al 33% de su vida útil		
		Entre el 33% y el 66% de su vida útil		
		Entre el 66% y el 100% de su vida útil		
		Superior a su vida útil		
26	¿Se observan grietas, poros u otros elementos que indiquen que la medida de contención automática no es estanca?	Sí		
		No		
27	¿El sistema de contención automática se encuentra libre de obstáculos que mermen su capacidad?	Sí		
		No		
28	¿El sistema de contención automática se encuentra bajo un techo, cubierta, o similar?	Sí		
		No		
29	¿El sistema de contención automática dispone de un drenaje perimetral bien conservado y adecuadamente dimensionado?	Sí		
		No		
		Estimadores de la probabilidad de contención manual		
	30	¿Se dispone de medidas de contención manual?	Sí	
			No	
	31	Presencia de personal en la zona	Continua	
			Días laborables	
	32	Experiencia media de los empleados a cargo de la operación	≥ 3 años	
			< 3 años	
33	¿Se aplica mantenimiento preventivo y correctivo a las medidas de contención manual con una frecuencia superior a la indicada en la normativa?	Sí		
		No		
34	¿Cuál es la capacidad del sistema de contención manual?	(m ³)		

		Estimadores de la probabilidad de contención adicional		
ZONA DE PROCESAMIENTO DE MINERAL	35	¿Se dispone de medidas de contención adicionales de emergencia tipo balsas, diques, depósitos, etc.?	Sí	
			No	
	36	¿Se aplica un mantenimiento correctivo a las medidas de contención adicionales?	Sí	
			No	
	37	¿Se aplica un mantenimiento preventivo a las medidas de contención adicionales?	Sí	
			No	
	38	¿Se realizan revisiones a las medidas de contención adicionales?	Sí	
			No	
	39	Antigüedad de las medidas de contención de emergencia en relación con su vida útil	Superior	
			Igual	
			Inferior	
	40	¿Cuál es la capacidad de contención del sistema de contención adicional?	(m ³)	
	41	¿El sistema de contención adicional es impermeable?	Sí	
			No	
	42	¿El sistema de contención adicional se encuentra libre de obstáculos que mermen su capacidad?	Sí	
			No	
43	¿El sistema de contención adicional se encuentra bajo un techo, cubierta, o similar?	Sí		
		No		
44	¿El sistema de contención adicional dispone de un drenaje perimetral bien conservado y adecuadamente dimensionado?	Sí		
		No		

CUESTIONARIO DE TOMA DE DATOS PROYECTO PILOTO GUÍA METODOLÓGICA				
SUCESO INICIADOR VERTIDO DESDE ESCOMBRERA DE ESTÉRILES DE MINA				
Categoría/Actividad con peligro asociado	Código	Estimadores de la probabilidad de vertido	Respuesta	
ESCOMBRERA DE ESTÉRILES DE MINA	1	En la construcción de la escombrera se impermeabilizó adecuadamente la superficie del emplazamiento	Sí	
			No	
	2	La escombrera dispone de un sistema de drenaje	Sí	
			No	
	3	¿Se dispone de un plan de mantenimiento del sistema de drenaje	Sí	
			No	
	4	¿Se realizan revisiones del sistema de drenaje?	Sí	
			No	
	5	Incidentes históricos asociados a vertido de aguas contaminadas	Menos de un incidente al año	
			Entre 1 y 3 incidentes al año	
			Entre 3 y 5 incidentes al año	
			> 5 incidentes al año	
	Estimador de las características del vertido			
	6	¿Composición estimada del vertido?		
	Estimadores de la probabilidad de contención automática			
	7	¿Se dispone de medidas de contención automática?	Sí	
No				
8	¿Se aplica un mantenimiento correctivo a las medidas de contención automática?	Sí		
		No		
9	¿Se aplica un mantenimiento preventivo a las medidas de contención automática?	Sí		
		No		
10	¿La frecuencia de las revisiones a las medidas de contención automática es superior a la mínima establecida en la normativa de referencia?	Sí		
		No		
11	Antigüedad de las medidas de contención automática en relación con la vida útil	Superior		
		Igual		
		Inferior		
12	¿Cuál es la capacidad del sistema de contención automática?	(m ³)		
13	¿Se observan grietas, poros u otros elementos que indiquen que la medida de contención automática no es estanca?	Sí		
		No		
14	¿El sistema de contención automática se encuentra libre de obstáculos que mermen su capacidad?	Sí		
		No		
15	¿El sistema de contención automática se encuentra bajo un techo, cubierta, o similar?	Sí		
		No		
16	¿El sistema de contención automática dispone de un drenaje perimetral bien conservado y adecuadamente dimensionado?	Sí		
		No		

Estimadores de la probabilidad de contención manual				
ESCOMBRERA DE ESTÉRILES DE MINA	17	¿Se dispone de medidas de contención manual?	Sí	
			No	
	18	Presencia de personal en la zona	Continua	
			Días laborables	
	19	Experiencia media de los empleados a cargo de la operación	≥ 3 años	
			< 3 años	
	20	¿Se aplica mantenimiento preventivo y correctivo a las medidas de contención manual con una frecuencia superior a la indicada en la normativa?	Sí	
			No	
	21	¿Cuál es la capacidad del sistema de contención manual?	(m ³)	
	Estimadores de la probabilidad de contención adicional			
	22	¿Se dispone de medidas de contención adicionales de emergencia tipo balsas, diques, depósitos, etc.?	Sí	
			No	
	23	¿Se aplica un mantenimiento correctivo a las medidas de contención de emergencia?	Sí	
			No	
	24	¿Se aplica un mantenimiento preventivo a las medidas de contención de emergencia?	Sí	
			No	
25	¿La frecuencia de las revisiones a las medidas de contención de emergencia es superior a la mínima establecida en la normativa?	Sí		
		No		
26	Antigüedad de las medidas de contención de emergencia en relación con su vida útil	Superior		
		Igual		
		Inferior		
27	¿Cuál es la capacidad de contención del sistema de contención de emergencia?	(m ³)		
28	¿El sistema de contención de emergencia es impermeable?	Sí		
		No		
29	¿El sistema de contención de emergencia se encuentra libre de obstáculos que mermen su capacidad?	Sí		
		No		
30	¿El sistema de contención de emergencia se encuentra bajo un techo, cubierta, o similar?	Sí		
		No		
31	¿El sistema de contención de emergencia dispone de un drenaje perimetral bien conservado y adecuadamente dimensionado?	Sí		
		No		

**ANEJO II: Datos de cada zona para el análisis de riesgos y
árboles de sucesos**

ALMACÉN DE REACTIVOS-Vertido de sustancias líquidas (SI1)

ALMACÉN DE REACTIVOS						
Suceso iniciador: Vertido de reactivos líquidos	Estimador de la probabilidad	Probabilidad de ocurrencia				
Causas		1	2	3	4	Puntos
Fuga o rotura de depósito por impacto de objeto móvil, desgaste del material, error humano, etc. Desbordamiento de depósito	Experiencia de los empleados a cargo de la operación	Los empleados tienen más de 5 años de experiencia en la operación	Los empleados tienen de 3 a 5 años de experiencia en la operación	Los empleados tienen de 1 a 3 años de experiencia en la operación	Los empleados tienen menos de 1 año de experiencia en la operación	2
	Formación de los empleados a cargo de la operación	Los empleados han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación, la cual es actualizada cuando cambian las condiciones			Los empleados no reciben formación sobre los riesgos que conlleva la operación	1
	Antigüedad de los depósitos	Los depósitos tienen una antigüedad media inferior al 33% de su vida útil	Los depósitos tienen una antigüedad media comprendida entre el 33% y el 66% de su vida útil	Los depósitos tienen una antigüedad media superior al 66% de su vida útil	Los depósitos tienen una antigüedad media superior a su vida útil	1
	Tipo de depósitos	Doble pared			Pared simple	No procede (son envases)
	Frecuencia de las revisiones a los depósitos	La frecuencia de las revisiones es superior a la mínima establecida por la normativa			La frecuencia de las revisiones es igual a la mínima establecida por la normativa	4
	Iluminación en la zona	La iluminación de la zona es ≥ 100 lux	La iluminación de la zona está comprendida entre 75 y 100 lux.	La iluminación de la zona está comprendida entre 50 y 75 lux.	La iluminación de la zona es inferior a 50 lux.	1
	Incidentes históricos asociados a vertido de sustancias	Menos de un incidente al año	Entre 1 y 3 incidentes al año	Entre 3 y 5 incidentes al año	> 5 incidentes al año	1
	Señalización de las zonas de paso y carga y descarga	La señalización de las zonas de paso y carga y descarga es adecuada			La señalización de las zonas de paso y carga y descarga no es adecuada	1
Suma Puntos						11
Nº Estimadores						7
Puntuación máxima						4
Probabilidad SI						0,39

ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN LIBERADO DESDE ALMACÉN DE REACTIVOS			
Capacidad del mayor depósito		0,18	(m ³)
Volumen contenido		0,14	(m ³)
Suceso iniciador: Vertido de reactivos líquidos	Estimadores del volumen liberado	% Liberado	
Fuga o rotura de depósito por impacto de objeto móvil, desgaste del material, sobrepresión, error humano, etc.	Depósito con sustancia de viscosidad alta	x	50%
	Depósito con sustancia de viscosidad media	x	75%
	Depósito con sustancia de viscosidad baja	x	100%
Desbordamiento de depósito	Depósito con sustancia de viscosidad baja	x	100%
		Volumen liberado (m ³)	0,10

Suceso iniciador	Prob.	Vol.	Actúa la contención automática	Prob.	Vol.	Actúa la contención manual	Prob.	Vol.	Actúa un sistema de contención adicional	Prob.	Vol.	Suelo	Prob.	Cauce	Prob.	Agua superficial	Prob.	Hábitat	Prob.	Especies	Prob.	Escenario	Prob.	Vol.	S	C	A	H	E
Vertido de 0,10125 m3	0,39	0,101	Sí	0,91	0	Sí	0,2	0	Sí	0,91	0	Sí	1	Sí	0,00	Sí	0,00	Sí	0	Sí	0	SI1. 1	NR	NR					
																			No	1	No	1	SI1. 2	NR	NR				
																			No	1	Sí	0	SI1. 3	NR	NR				
																			No	1	No	1	SI1. 4	NR	NR				
															No	1,00	Sí	0	Sí	0	Sí	0	SI1. 5	NR	NR				
																			No	1	No	1	SI1. 6	NR	NR				
																			No	1	Sí	0	SI1. 7	NR	NR				
																			No	1	No	1	SI1. 8	NR	NR				
													No	1,00		Sí	0	Sí	0	Sí	0	SI1. 9	NR	NR					
																			No	1	No	1	SI1. 10	NR	NR				
																			No	1	Sí	0	SI1. 11	NR	NR				
																			No	1	No	1	SI1. 12	NR	NR				
									No	0	0	Sí	0,00	Sí	0,00	Sí	0,00	Sí	0	Sí	0	SI1. 13	NR	NR					
																			No	1	No	1	SI1. 14	NR	NR				
																			No	1	Sí	0	SI1. 15	NR	NR				
																			No	1	No	1	SI1. 16	NR	NR				
														No	1,00	Sí	0	Sí	0	Sí	0	SI1. 17	NR	NR					
																			No	1	No	1	SI1. 18	NR	NR				
																			No	1	Sí	0	SI1. 19	NR	NR				
																			No	1	No	1	SI1. 20	NR	NR				
														No	1,00	Sí	0	Sí	0	Sí	0	SI1. 21	NR	NR					
																			No	1	No	1	SI1. 22	NR	NR				
																			No	1	Sí	0	SI1. 23	NR	NR				
																			No	1	No	1	SI1. 24	NR	NR				
									No	0,09	0	Sí	1	Sí	0,00	Sí	0,00	Sí	0	Sí	0	SI1. 25	NR	NR					
																			No	1	No	1	SI1. 26	NR	NR				
																			No	1	Sí	0	SI1. 27	NR	NR				
																			No	1	No	1	SI1. 28	NR	NR				
															No	1,00	Sí	0	Sí	0	Sí	0	SI1. 29	NR	NR				
																			No	1	No	1	SI1. 30	NR	NR				
																			No	1	Sí	0	SI1. 31	NR	NR				
																			No	1	No	1	SI1. 32	NR	NR				
															No	1,00	Sí	0	Sí	0	Sí	0	SI1. 33	NR	NR				
																			No	1	No	1	SI1. 34	NR	NR				
																			No	1	Sí	0	SI1. 35	NR	NR				
																			No	1	No	1	SI1. 36	NR	NR				
									No	0	0	Sí	0,00	Sí	0,00	Sí	0,00	Sí	0	Sí	0	SI1. 37	NR	NR					
																			No	1	No	1	SI1. 38	NR	NR				
																			No	1	Sí	0	SI1. 39	NR	NR				
																			No	1	No	1	SI1. 40	NR	NR				
															No	1,00	Sí	0	Sí	0	Sí	0	SI1. 41	NR	NR				
																			No	1	No	1	SI1. 42	NR	NR				
																			No	1	Sí	0	SI1. 43	NR	NR				
																			No	1	No	1	SI1. 44	NR	NR				
														No	1,00	Sí	0	Sí	0	Sí	0	SI1. 45	NR	NR					
																			No	1	No	1	SI1. 46	NR	NR				

Suceso iniciador	Prob.	Vol.	Actúa la contención automática	Prob.	Vol.	Actúa la contención manual	Prob.	Vol.	Actúa un sistema de contención adicional	Prob.	Vol.	Suelo	Prob.	Cauce	Prob.	Agua superficial	Prob.	Hábitat	Prob.	Especies	Prob.	Escenario	Prob.	Vol.	S	C	A	H	E	
																		No	1	Sí	0	SI1. 47	NR	NR						
																			No	1	No	1	SI1. 48	NR	NR					
			No	0,8	0	Sí	0,91	0	Sí	1	Sí	0,00	Sí	0,00	Sí	0,00	Sí	0	Sí	0	SI1. 49	NR	NR							
																			No	1	Sí	0	SI1. 50	NR	NR					
																			No	1	Sí	0	SI1. 51	NR	NR					
																			No	1	No	1	SI1. 52	NR	NR					
													No	1,00	Sí	0	Sí	0	SI1. 53	NR	NR	NR	NR							
																			No	1	No	1	SI1. 54	NR	NR					
																			No	1	Sí	0	SI1. 55	NR	NR					
																			No	1	No	1	SI1. 56	NR	NR					
													No	1,00	Sí	0	Sí	0	SI1. 57	NR	NR	NR	NR							
																			No	1	No	1	SI1. 58	NR	NR					
																			No	1	Sí	0	SI1. 59	NR	NR					
																			No	1	No	1	SI1. 60	NR	NR					
												No	0	Sí	0,00	Sí	0,00	Sí	0	Sí	0	SI1. 61	NR	NR						
																			No	1	No	1	SI1. 62	NR	NR					
																			No	1	Sí	0	SI1. 63	NR	NR					
																			No	1	No	1	SI1. 64	NR	NR					
																			No	1,00	Sí	0	SI1. 65	NR	NR					
																			No	1	No	1	SI1. 66	NR	NR					
																			No	1	Sí	0	SI1. 67	NR	NR					
																			No	1	No	1	SI1. 68	NR	NR					
																			No	1,00	Sí	0	SI1. 69	NR	NR					
																			No	1	No	1	SI1. 70	NR	NR					
																			No	1	Sí	0	SI1. 71	NR	NR					
																			No	1	No	1	SI1. 72	NR	NR					
													No	0,09	0	Sí	1	Sí	0,00	Sí	0,00	SI1. 73	NR	NR						
																			No	1	No	1	SI1. 74	NR	NR					
																			No	1	Sí	0	SI1. 75	NR	NR					
																			No	1	No	1	SI1. 76	NR	NR					
																			No	1,00	Sí	0	SI1. 77	NR	NR					
																			No	1	No	1	SI1. 78	NR	NR					
																			No	1	Sí	0	SI1. 79	NR	NR					
																			No	1	No	1	SI1. 80	NR	NR					
																			No	1,00	Sí	0	SI1. 81	NR	NR					
																			No	1	No	1	SI1. 82	NR	NR					
																			No	1	Sí	0	SI1. 83	NR	NR					
																			No	1	No	1	SI1. 84	NR	NR					
													No	0	Sí	0,00	Sí	0,00	SI1. 85	NR	NR	NR	NR							
																			No	1	No	1	SI1. 86	NR	NR					
																			No	1	Sí	0	SI1. 87	NR	NR					
																			No	1	No	1	SI1. 88	NR	NR					
																			No	1,00	Sí	0	SI1. 89	NR	NR					
																			No	1	No	1	SI1. 90	NR	NR					
																			No	1	Sí	0	SI1. 91	NR	NR					
																			No	1	No	1	SI1. 92	NR	NR					

Suceso iniciador	Prob.	Vol.	Actúa la contención automática	Prob.	Vol.	Actúa la contención manual	Prob.	Vol.	Actúa un sistema de contención adicional	Prob.	Vol.	Suelo	Prob.	Cauce	Prob.	Agua superficial	Prob.	Hábitat	Prob.	Especies	Prob.	Escenario	Prob.	Vol.	S	C	A	H	E	
										No	1,00							Sí	0	Sí	0	SI1. 93	NR	NR						
																			No	1	SI1. 94	NR	NR							
										No	1							No	1	Sí	0	SI1. 95	NR	NR						
																			No	1	SI1. 96	NR	NR							
			No	0,09	0,101	Sí	0,2	0	Sí	0,91	0	Sí	1	Sí	0,00	Sí	0,00	Sí	0	Sí	0	SI1. 97	NR	NR						
																			No	1	SI1. 98	NR	NR							
																		No	1	Sí	0	SI1. 99	NR	NR						
																			No	1	SI1. 100	NR	NR							
										No	1,00							Sí	0	Sí	0	SI1. 101	NR	NR						
																			No	1	SI1. 102	NR	NR							
																		No	1	Sí	0	SI1. 103	NR	NR						
																			No	1	SI1. 104	NR	NR							
										No	1,00							Sí	0	Sí	0	SI1. 105	NR	NR						
																			No	1	SI1. 106	NR	NR							
																		No	1	Sí	0	SI1. 107	NR	NR						
																			No	1	SI1. 108	NR	NR							
										No	0	Sí	0,00	Sí	0,00	Sí	0,00	Sí	0	Sí	0	SI1. 109	NR	NR						
																			No	1	SI1. 110	NR	NR							
																		No	1	Sí	0	SI1. 111	NR	NR						
																			No	1	SI1. 112	NR	NR							
																		No	1,00	Sí	0	SI1. 113	NR	NR						
																			No	1	SI1. 114	NR	NR							
																		No	1	Sí	0	SI1. 115	NR	NR						
																			No	1	SI1. 116	NR	NR							
										No	1,00							Sí	0	Sí	0	SI1. 117	NR	NR						
																			No	1	SI1. 118	NR	NR							
																		No	1	Sí	0	SI1. 119	NR	NR						
																			No	1	SI1. 120	NR	NR							
										No	0,09	0	Sí	1	Sí	0,00	Sí	0,00	Sí	0	Sí	0	SI1. 121	NR	NR					
																			No	1	SI1. 122	NR	NR							
																		No	1	Sí	0	SI1. 123	NR	NR						
																			No	1	SI1. 124	NR	NR							
																		No	1,00	Sí	0	SI1. 125	NR	NR						
																			No	1	SI1. 126	NR	NR							
																		No	1	Sí	0	SI1. 127	NR	NR						
																			No	1	SI1. 128	NR	NR							
										No	1,00							Sí	0	Sí	0	SI1. 129	NR	NR						
																			No	1	SI1. 130	NR	NR							
																		No	1	Sí	0	SI1. 131	NR	NR						
																			No	1	SI1. 132	NR	NR							
										No	0	Sí	0,00	Sí	0,00	Sí	0,00	Sí	0	Sí	0	SI1. 133	NR	NR						
																			No	1	SI1. 134	NR	NR							
																		No	1	Sí	0	SI1. 135	NR	NR						
																			No	1	SI1. 136	NR	NR							
																		No	1,00	Sí	0	SI1. 137	NR	NR						
																				No	1	SI1. 138	NR	NR						

Suceso iniciador	Prob.	Vol.	Actúa la contención automática	Prob.	Vol.	Actúa la contención manual	Prob.	Vol.	Actúa un sistema de contención adicional	Prob.	Vol.	Suelo	Prob.	Cauce	Prob.	Agua superficial	Prob.	Hábitat	Prob.	Especies	Prob.	Escenario	Prob.	Vol.	S	C	A	H	E	
																No	1,00	Sí	0	Sí	0	SI1. 185	NR	NR						
																				No	1	SI1. 186	NR	NR						
																No		Sí	0		0	SI1. 187	NR	NR						
																				No	1	SI1. 188	NR	NR						
														No	1,00		Sí	0	Sí	0		0	SI1. 189	NR	NR					
																				No	1	SI1. 190	NR	NR						
																No		Sí	0		0	SI1. 191	NR	NR						
																				No	1	SI1. 192	NR	NR						

Prob = Probabilidad de ocurrencia.

Vol = Volumen asociado al elemento del árbol de sucesos en m³.

NR = Escenario no relevante debido a que su probabilidad de ocurrencia, su volumen liberado o ambos se consideran nulos.

Posibles afecciones:

- Suelo (S)
- Cauce (C)
- Agua superficial (A)
- Hábitat (H)
- Especies (E)

BALSA DE AGUA ÁCIDA-Vertido desde balsa (SI2)

BALSA DE AGUA ÁCIDA							
Suceso iniciador: Vertido desde balsa	Estimador de la probabilidad	Probabilidad de ocurrencia				Puntos	
Causas		1	2	3	4		
Fallo en la gestión, error humano, lluvias, etc.	Existencia un curso de agua cercano	Existe un curso de agua cercano a la balsa o alguna conducción o canal que pudiera suponer un aporte de agua extra a la balsa				No existe un curso de agua cercano a la balsa o alguna conducción o canal que pudiera suponer un aporte de agua extra a la balsa	4
	Sistema de drenaje de la balsa	Excelente	Adecuado	Suficiente	Insuficiente/Inexistente		4
	Plan de mantenimiento del sistema de drenaje de la balsa	Excelente	Adecuado	Suficiente	Insuficiente/Inexistente		4
	Sistema de desagüe	La balsa dispone de un sistema de desagüe				La balsa no dispone de un sistema de desagüe	1
	Plan de mantenimiento del sistema de desagüe	Se dispone de un plan de mantenimiento del sistema de desagüe				No se dispone de un plan de mantenimiento del sistema de desagüe	1
	Revisiones a las canalizaciones del sistema de desagüe	Sí				No	1
	Régimen pluviométrico	Precipitación media muy inferior a la media autonómica				Precipitación media muy superior a la media autonómica	4
	Control del nivel de líquidos en la balsa	Se controla el nivel de líquidos en la balsa				No se controla el nivel de líquidos en la balsa	1
	Establecimiento de niveles de alerta y alarma para el sistema de control del nivel de líquidos en la balsa	Se han establecido niveles de alerta y alarma para el sistema de control del nivel de líquidos en la balsa				No se han establecido niveles de alerta y alarma para el sistema de control del nivel de líquidos en la balsa	1
Suma Puntos						21	
Nº Estimadores						9	
Puntuación máxima						4	
Probabilidad SI						0,58	

ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN LIBERADO DESDE Balsa DE AGUA Ácida POR DESBORDAMIENTO			
Superficie (cuena vertiente)	19,464		(m ²)
Precipitación máxima (l/m ²)	100		(l/m ²)
Escorrentía (%)	95%		
Caudal de aguas de escorrentía que llega al perímetro de la balsa	1.849		(m ³ /día)
Días de tormenta	1	1.849	(m ³ /día)
Suceso iniciador: Desbordamiento de balsa	Estimadores del volumen liberado		% Liberado
Desbordamiento por fallo en la gestión, lluvias, error humano, etc.	Sistema de drenaje en excelente estado. Se controla el nivel de líquidos. Se dispone de sistemas de alerta y alarma para el sistema de control del nivel de líquidos. Se dispone de un sistema de desagüe con un plan de mantenimiento.		5%
	Sistema de drenaje en un estado suficiente o adecuado. Se controla el nivel de líquidos. Se dispone de un sistema de desagüe.		10%
	Sistema de drenaje en un estado suficiente o adecuado.		75%
	Resto de circunstancias	X	100%
	Volumen liberado (m³)	1.849,08	

Suceso iniciador	Prob.	Vol.	Actúa la contención automática	Prob.	Vol.	Actúa la contención manual	Prob.	Vol.	Actúa un sistema de contención adicional	Prob.	Vol.	Suelo	Prob.	Cauce	Prob.	Agua superficial	Prob.	Hábitat	Prob.	Especies	Prob.	Escenario	Prob.	Vol.	S	C	A	H	E	
Vertido de 1849 m3	0,58	1849	Sí	0,95	0	Sí	0,99	0	Sí	1	0	Sí	1	Sí	1,00	Sí	0,33	Sí	0	Sí	0	SI2. 1	NR	NR						
																				No	1	SI2. 2	NR	NR						
																				Sí	0	SI2. 3	NR	NR						
																				No	1	SI2. 4	NR	NR						
																No	0,67	Sí	0	Sí	0	SI2. 5	NR	NR						
																				No	1	SI2. 6	NR	NR						
																				No	1	SI2. 7	NR	NR						
																				No	1	SI2. 8	NR	NR						
																No	0,00	Sí	0	Sí	0	SI2. 9	NR	NR						
																				No	1	SI2. 10	NR	NR						
																				No	1	SI2. 11	NR	NR						
																				No	1	SI2. 12	NR	NR						
													No	0	Sí	1,00	Sí	0,33	Sí	0	Sí	0	SI2. 13	NR	NR					
																				No	1	SI2. 14	NR	NR						
																				No	1	SI2. 15	NR	NR						
																				No	1	SI2. 16	NR	NR						
																No	0,67	Sí	0	Sí	0	SI2. 17	NR	NR						
																				No	1	SI2. 18	NR	NR						
																				No	1	SI2. 19	NR	NR						
																				No	1	SI2. 20	NR	NR						
																No	0,00	Sí	0	Sí	0	SI2. 21	NR	NR						
																				No	1	SI2. 22	NR	NR						
																				No	1	SI2. 23	NR	NR						
																				No	1	SI2. 24	NR	NR						
									No	0	0	Sí	1	Sí	1,00	Sí	0,33	Sí	0	Sí	0	SI2. 25	NR	NR						
																				No	1	SI2. 26	NR	NR						
																				No	1	SI2. 27	NR	NR						
																				No	1	SI2. 28	NR	NR						
																No	0,67	Sí	0	Sí	0	SI2. 29	NR	NR						
																				No	1	SI2. 30	NR	NR						
																				No	1	SI2. 31	NR	NR						
																				No	1	SI2. 32	NR	NR						
																No	0,00	Sí	0	Sí	0	SI2. 33	NR	NR						
																				No	1	SI2. 34	NR	NR						
																				No	1	SI2. 35	NR	NR						
																				No	1	SI2. 36	NR	NR						
																No	0	Sí	1,00	Sí	0,33	SI2. 37	NR	NR						
																				No	1	SI2. 38	NR	NR						
																				No	1	SI2. 39	NR	NR						
																				No	1	SI2. 40	NR	NR						
																No	0,67	Sí	0	Sí	0	SI2. 41	NR	NR						
																				No	1	SI2. 42	NR	NR						
																				No	1	SI2. 43	NR	NR						
																				No	1	SI2. 44	NR	NR						
																No	0,00	Sí	0	Sí	0	SI2. 45	NR	NR						
																				No	1	SI2. 46	NR	NR						
																				No	1	SI2. 47	NR	NR						
																				No	1	SI2. 48	NR	NR						
									No	0,01	0	Sí	1	Sí	1,00	Sí	0,33	Sí	0	Sí	0	SI2. 49	NR	NR						
																				No	1	SI2. 50	NR	NR						
																				No	1	SI2. 51	NR	NR						

Suceso iniciador	Prob.	Vol.	Actúa la contención automática	Prob.	Vol.	Actúa la contención manual	Prob.	Vol.	Actúa un sistema de contención adicional	Prob.	Vol.	Suelo	Prob.	Cauce	Prob.	Agua superficial	Prob.	Hábitat	Prob.	Especies	Prob.	Escenario	Prob.	Vol.	S	C	A	H	E
																				No	1	SI2. 104	NR	NR					
										No	0,00							Sí	0	Sí	0	SI2. 105	NR	NR					
																				No	1	SI2. 106	NR	NR					
																				No	1	SI2. 107	NR	NR					
																				No	1	SI2. 108	NR	NR					
									No	0	Sí	1,00	Sí	0,33	Sí	0	Sí	0	Sí	0	SI2. 109	NR	NR						
																				No	1	SI2. 110	NR	NR					
																				No	1	SI2. 111	NR	NR					
																				No	1	SI2. 112	NR	NR					
																No	0,67	Sí	0	Sí	0	SI2. 113	NR	NR					
																				No	1	SI2. 114	NR	NR					
																				No	1	SI2. 115	NR	NR					
																				No	1	SI2. 116	NR	NR					
										No	0,00									Sí	0	SI2. 117	NR	NR					
																				No	1	SI2. 118	NR	NR					
																				No	1	SI2. 119	NR	NR					
																				No	1	SI2. 120	NR	NR					
						No	0	0	Sí	1	Sí	1,00	Sí	0,33	Sí	0	Sí	0	Sí	0	SI2. 121	NR	NR						
																				No	1	SI2. 122	NR	NR					
																				No	1	SI2. 123	NR	NR					
																				No	1	SI2. 124	NR	NR					
																				No	0,67	SI2. 125	NR	NR					
																				No	1	SI2. 126	NR	NR					
																				No	1	SI2. 127	NR	NR					
																				No	1	SI2. 128	NR	NR					
										No	0,00									Sí	0	SI2. 129	NR	NR					
																				No	1	SI2. 130	NR	NR					
																				No	1	SI2. 131	NR	NR					
																				No	1	SI2. 132	NR	NR					
									No	0	Sí	1,00	Sí	0,33	Sí	0	Sí	0	Sí	0	SI2. 133	NR	NR						
																				No	1	SI2. 134	NR	NR					
																				No	1	SI2. 135	NR	NR					
																				No	1	SI2. 136	NR	NR					
																				No	0,67	SI2. 137	NR	NR					
																				No	1	SI2. 138	NR	NR					
																				No	1	SI2. 139	NR	NR					
																				No	1	SI2. 140	NR	NR					
										No	0,00									Sí	0	SI2. 141	NR	NR					
																				No	1	SI2. 142	NR	NR					
																				No	1	SI2. 143	NR	NR					
																				No	1	SI2. 144	NR	NR					
						No	0,01	1849	Sí	1	0	Sí	1	Sí	1,00	Sí	0,33	Sí	0	Sí	0	SI2. 145	NR	NR					
																				No	1	SI2. 146	NR	NR					
																				No	1	SI2. 147	NR	NR					
																				No	1	SI2. 148	9,63E-05	1849	X	X	X		
																				No	0,67	SI2. 149	NR	NR					
																				No	1	SI2. 150	NR	NR					
																				No	1	SI2. 151	NR	NR					
																				No	1	SI2. 152	1,95E-04	1849	X	X			
										No	0,00									Sí	0	SI2. 153	NR	NR					
																				No	1	SI2. 154	NR	NR					
																				No	1	SI2. 155	NR	NR					

ZONA DE PROCESAMIENTO DE MINERAL-Vertido desde depósito (SI3)

ZONA DE PROCESAMIENTO DE MINERAL						
Suceso iniciador: Vertido desde depósito	Estimador de la probabilidad	Probabilidad de ocurrencia				Puntos
Causas		1	2	3	4	
Fuga o rotura de depósito por impacto de objeto móvil, desgaste del material, error humano, etc. Desbordamiento de depósito	Experiencia de los empleados a cargo de la operación	Los empleados tienen más de 5 años de experiencia en la operación	Los empleados tienen de 3 a 5 años de experiencia en la operación	Los empleados tienen de 1 a 3 años de experiencia en la operación	Los empleados tienen menos de 1 año de experiencia en la operación	2
	Formación de los empleados a cargo de la operación	Los empleados han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación, la cual es actualizada cuando cambian las condiciones			Los empleados no reciben formación sobre los riesgos que conlleva la operación	1
	Planes de inspección y mantenimiento	Se aplica un plan de mantenimiento correctivo y preventivo propio basado en la experiencia propia y en los requisitos del fabricante; se realizan revisiones periódicas con registro de todo ello	Se aplica un plan de mantenimiento correctivo y preventivo propio basado en la experiencia propia y en los requisitos del fabricante pero no hay registro de todo ello	Se hace un mantenimiento de acuerdo a mínimos del fabricante pero no se hacen revisiones periódicas	Sólo se aplica mantenimiento correctivo en caso de avería. No se hacen revisiones periódicas	1
	Antigüedad de los depósitos	Los depósitos tienen una antigüedad media inferior al 33% de su vida útil	Los depósitos tienen una antigüedad media comprendida entre el 33% y el 66% de su vida útil	Los depósitos tienen una antigüedad media superior al 66% de su vida útil	Los depósitos tienen una antigüedad media superior a su vida útil	1
	Tipo de depósitos	Doble pared			Pared simple	1
	Frecuencia de las revisiones a los depósitos	La frecuencia de las revisiones es superior a la mínima establecida por la normativa			La frecuencia de las revisiones es igual a la mínima establecida por la normativa	1
	Señalización de las zonas de paso y carga y descarga	La señalización de las zonas de paso y carga y descarga es adecuada			La señalización de las zonas de paso y carga y descarga no es adecuada	1
	Incidentes históricos asociados a vertido	Menos de un incidente al año	Entre 1 y 3 incidentes al año	Entre 3 y 5 incidentes al año	> 5 incidentes al año	2
					Suma Puntos	8
					Nº Estimadores	7
					Puntuación máxima	4
					Probabilidad SI	0,29

ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN LIBERADO DESDE ZONA DE PROCESAMIENTO DE MINERAL			
Capacidad del mayor depósito		5,00	(m ³)
Volumen contenido		3,75	(m ³)
Suceso iniciador: Vertido desde depósito	Estimadores del volumen liberado	% Liberado	
Fuga o rotura de depósito por impacto de objeto móvil, desgaste del material, sobrepresión, error humano, etc.	Depósito con sustancia de viscosidad alta		50%
	Depósito con sustancia de viscosidad media	x	75%
Desbordamiento de depósito	Depósito con sustancia de viscosidad baja		100%
		Volumen liberado (m ³)	2,8125

Suceso iniciador	Prob.	Vol.	Actúa la contención automática	Prob.	Vol.	Actúa la contención manual	Prob.	Vol.	Actúa un sistema de contención adicional	Prob.	Vol.	Suelo	P	Cauce	P	Asup	P	Hábitat	P	Especies	P	Escenario	Prob.	Vol.	S	C	A	H	E
Vertido de 2,8125 m3	0,2857	2,81	Sí	0,99	0	Sí	0,99	0	Sí	0,99	0	Sí	0	Sí	0,00	Sí	0,00	Sí	0	Sí	0	SI3.1	NR	NR					
																			No	1	No	1	SI3.2	NR	NR				
																			No	1	Sí	0	SI3.3	NR	NR				
																			No	1	No	1	SI3.4	NR	NR				
														No	1,00	Sí	0	Sí	0	Sí	0	SI3.5	NR	NR					
																			No	1	No	1	SI3.6	NR	NR				
																			No	1	Sí	0	SI3.7	NR	NR				
																			No	1	No	1	SI3.8	NR	NR				
														No	1,00	Sí	0	Sí	0	Sí	0	SI3.9	NR	NR					
																			No	1	No	1	SI3.10	NR	NR				
																			No	1	Sí	0	SI3.11	NR	NR				
																			No	1	No	1	SI3.12	NR	NR				
									No	1	Sí	0,00	Sí	0,00	Sí	0,00	Sí	0	Sí	0	Sí	0	SI3.13	NR	NR				
																			No	1	No	1	SI3.14	NR	NR				
																			No	1	Sí	0	SI3.15	NR	NR				
																			No	1	No	1	SI3.16	NR	NR				
														No	1,00	Sí	0	Sí	0	Sí	0	SI3.17	NR	NR					
																			No	1	No	1	SI3.18	NR	NR				
																			No	1	Sí	0	SI3.19	NR	NR				
																			No	1	No	1	SI3.20	NR	NR				
														No	1,00	Sí	0	Sí	0	Sí	0	SI3.21	NR	NR					
																			No	1	No	1	SI3.22	NR	NR				
																			No	1	Sí	0	SI3.23	NR	NR				
																			No	1	No	1	SI3.24	NR	NR				
									No	0,01	0	Sí	0	Sí	0,00	Sí	0,00	Sí	0	Sí	0	SI3.25	NR	NR					
																			No	1	No	1	SI3.26	NR	NR				
																			No	1	Sí	0	SI3.27	NR	NR				
																			No	1	No	1	SI3.28	NR	NR				
														No	1,00	Sí	0	Sí	0	Sí	0	SI3.29	NR	NR					
																			No	1	No	1	SI3.30	NR	NR				
																			No	1	Sí	0	SI3.31	NR	NR				
																			No	1	No	1	SI3.32	NR	NR				
														No	1,00	Sí	0	Sí	0	Sí	0	SI3.33	NR	NR					
																			No	1	No	1	SI3.34	NR	NR				
																			No	1	Sí	0	SI3.35	NR	NR				
																			No	1	No	1	SI3.36	NR	NR				
									No	1	Sí	0,00	Sí	0,00	Sí	0,00	Sí	0	Sí	0	Sí	0	SI3.37	NR	NR				
																			No	1	No	1	SI3.38	NR	NR				
																			No	1	Sí	0	SI3.39	NR	NR				
																			No	1	No	1	SI3.40	NR	NR				
														No	1,00	Sí	0	Sí	0	Sí	0	SI3.41	NR	NR					
																			No	1	No	1	SI3.42	NR	NR				
																			No	1	Sí	0	SI3.43	NR	NR				
																			No	1	No	1	SI3.44	NR	NR				
														No	1,00	Sí	0	Sí	0	Sí	0	SI3.45	NR	NR					
																			No	1	No	1	SI3.46	NR	NR				
																			No	1	Sí	0	SI3.47	NR	NR				
																			No	1	No	1	SI3.48	NR	NR				
									No	0,01	0	Sí	0	Sí	0,00	Sí	0,00	Sí	0	Sí	0	SI3.49	NR	NR					
																			No	1	No	1	SI3.50	NR	NR				
																			No	1	Sí	0	SI3.51	NR	NR				
																			No	1	No	1	SI3.52	NR	NR				

Suceso iniciador	Prob.	Vol.	Actúa la contención automática	Prob.	Vol.	Actúa la contención manual	Prob.	Vol.	Actúa un sistema de contención adicional	Prob.	Vol.	Suelo	P	Cauce	P	Asup	P	Hábitat	P	Especies	P	Escenario	Prob.	Vol.	S	C	A	H	E		
														No	0,00			Sí	0	Sí	0	SI3. 105	NR	NR							
																			No	1	SI3. 106	NR	NR								
																		No	1	Sí	0	SI3. 107	NR	NR							
																			No	1	SI3. 108	NR	NR								
									No	0	Sí	0,00	Sí	0,00	Sí	0	Sí	0	Sí	0	SI3. 109	NR	NR								
																			No	1	SI3. 110	NR	NR								
																		No	1	Sí	0	SI3. 111	NR	NR							
																		No	1	SI3. 112	NR	NR									
														No	1,00	Sí	0	Sí	0	SI3. 113	NR	NR									
																			No	1	SI3. 114	NR	NR								
														No	1	Sí	0	SI3. 115	NR	NR											
																		No	1	SI3. 116	NR	NR									
									No	1,00		Sí	0	Sí	0	SI3. 117	NR	NR													
																		No	1	SI3. 118	NR	NR									
																		No	1	Sí	0	SI3. 119	NR	NR							
																		No	1	SI3. 120	NR	NR									
						No	0,01	0,533	Sí	1	Sí	1,00	Sí	0,00	Sí	0	Sí	0	Sí	0	SI3. 121	NR	NR								
																			No	1	SI3. 122	NR	NR								
														No	1	Sí	0	SI3. 123	NR	NR											
														No	1	SI3. 124	NR	NR													
														No	1,00	Sí	0	Sí	0	SI3. 125	NR	NR									
																			No	1	SI3. 126	NR	NR								
														No	1	Sí	0	SI3. 127	NR	NR											
																		No	1	SI3. 128	2,83E-05	0,53	X	X							
														No	0,00	Sí	0	Sí	0	SI3. 129	NR	NR									
																		No	1	SI3. 130	NR	NR									
														No	1	Sí	0	SI3. 131	NR	NR											
																		No	1	SI3. 132	NR	NR									
									No	0	Sí	0,00	Sí	0,00	Sí	0	Sí	0	Sí	0	SI3. 133	NR	NR								
																			No	1	SI3. 134	NR	NR								
														No	1	Sí	0	SI3. 135	NR	NR											
														No	1	SI3. 136	NR	NR													
														No	1,00	Sí	0	Sí	0	SI3. 137	NR	NR									
																			No	1	SI3. 138	NR	NR								
														No	1	Sí	0	SI3. 139	NR	NR											
																		No	1	SI3. 140	NR	NR									
									No	1,00		Sí	0	Sí	0	SI3. 141	NR	NR													
																		No	1	SI3. 142	NR	NR									
														No	1	Sí	0	SI3. 143	NR	NR											
																		No	1	SI3. 144	NR	NR									
						No	0,01	2,813	Sí		0,99	0	Sí	1	Sí	1,00	Sí	0,00	Sí	0	SI3. 145	NR	NR								
																			No	1	SI3. 146	NR	NR								
														No	1	Sí	0	SI3. 147	NR	NR											
														No	1	SI3. 148	NR	NR													
														No	1,00	Sí	0	Sí	0	SI3. 149	NR	NR									
																			No	1	SI3. 150	NR	NR								
														No	1	Sí	0	SI3. 151	NR	NR											
																		No	1	SI3. 152	NR	NR									
									No	0,00		Sí	0	Sí	0	SI3. 153	NR	NR													
																		No	1	SI3. 154	NR	NR									
														No	1	Sí	0	SI3. 155	NR	NR											
																		No	1	SI3. 156	NR	NR									

ZONA DE PROCESAMIENTO DE MINERAL-Vertido desde conducción (SI4)

ZONA DE PROCESAMIENTO DE MINERAL						
Suceso iniciador: Vertido desde conducción	Estimador de la probabilidad	Probabilidad de ocurrencia				
Causas		1	2	3	4	Puntos
Fuga o rotura de conducción por impacto de objeto móvil, desgaste del material, error humano, etc.	Experiencia de los empleados a cargo de la operación	Los empleados tienen más de 5 años de experiencia en la operación	Los empleados tienen de 3 a 5 años de experiencia en la operación	Los empleados tienen de 1 a 3 años de experiencia en la operación	Los empleados tienen menos de 1 año de experiencia en la operación	2
	Formación de los empleados a cargo de la operación	Los empleados han recibido formación sobre los riesgos que conlleva la operación, la cual es actualizada cuando cambian las condiciones			Los empleados no reciben formación sobre los riesgos que conlleva la operación	1
	Planes de inspección y mantenimiento	Se aplica un plan de mantenimiento correctivo y preventivo propio basado en la experiencia propia y en los requisitos del fabricante; se realizan revisiones periódicas con registro de todo ello	Se aplica un plan de mantenimiento correctivo y preventivo propio basado en la experiencia propia y en los requisitos del fabricante pero no hay registro de todo ello	Se hace un mantenimiento de acuerdo a mínimos del fabricante pero no se hacen revisiones periódicas	Sólo se aplica mantenimiento correctivo en caso de avería. No se hacen revisiones periódicas	1
	Antigüedad de las conducciones	Las conducciones tienen una antigüedad media inferior al 33% de su vida útil	Las conducciones tienen una antigüedad media comprendida entre el 33% y el 66% de su vida útil	Las conducciones tienen una antigüedad media superior al 66% de su vida útil	Las conducciones tienen una antigüedad media superior a su vida útil	1
	Frecuencia de las revisiones a las conducciones	La frecuencia de las revisiones es superior a la mínima establecida por la normativa			La frecuencia de las revisiones es igual a la mínima establecida por la normativa	1
	Incidentes históricos asociados a vertido	Menos de un incidente al año	Entre 1 y 3 incidentes al año	Entre 3 y 5 incidentes al año	> 5 incidentes al año	2
	Señalización de las zonas de paso y carga y descarga	La señalización de las zonas de paso y carga y descarga es adecuada			La señalización de las zonas de paso y carga y descarga no es adecuada	1
					Suma Puntos	9
					Nº Estimadores	7
					Puntuación máxima	4
					Probabilidad SI	0,32

ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN LIBERADO DESDE CONDUCCIÓN		
Caudal máximo transportado por la conducción	53,18	(m ³ /h)
Tiempo	3	(h)

Volumen liberado (m³)	159,543
---	----------------

Suceso iniciador	Prob.	Vol.	Actúa la contención automática	Prob.	Vol.	Actúa la contención manual	Prob.	Vol.	Actúa un Sistema de contención adicional	Prob.	Vol.	Suelo	P	Cauce	P	Agua superficial	P	Hábitat	P	Especies	P	Escenario	Prob.	Vol.	S	C	A	H	E
Vertido de 159,543 m3	0,32	159,54	Sí	0,99	0	Sí	0,99	0	Sí	0,9	0	Sí	1	Sí	1,00	Sí	0,50	Sí	0	Sí	0	SI4. 1	NR	NR					
																				No	1	SI4. 2	NR	NR					
																				No	1	SI4. 3	NR	NR					
																				No	1	SI4. 4	NR	NR					
																No	0,50	Sí	0	Sí	0	SI4. 5	NR	NR					
																				No	1	SI4. 6	NR	NR					
																				No	1	SI4. 7	NR	NR					
																				No	1	SI4. 8	NR	NR					
														No	0,00			Sí	0	Sí	0	SI4. 9	NR	NR					
																				No	1	SI4. 10	NR	NR					
																				No	1	SI4. 11	NR	NR					
																				No	1	SI4. 12	NR	NR					
									No	0	0	Sí	1	Sí	1,00	Sí	0,50	Sí	0	Sí	0	SI4. 13	NR	NR					
																				No	1	SI4. 14	NR	NR					
																				No	1	SI4. 15	NR	NR					
																				No	1	SI4. 16	NR	NR					
																				No	0,50	Sí	0	SI4. 17	NR	NR			
																				No	1	SI4. 18	NR	NR					
																				No	1	SI4. 19	NR	NR					
																				No	1	SI4. 20	NR	NR					
														No	0,00			Sí	0	Sí	0	SI4. 21	NR	NR					
																				No	1	SI4. 22	NR	NR					
																				No	1	SI4. 23	NR	NR					
																				No	1	SI4. 24	NR	NR					
									No	0,1	0	Sí	1	Sí	1,00	Sí	0,50	Sí	0	Sí	0	SI4. 25	NR	NR					
																				No	1	SI4. 26	NR	NR					
																				No	1	SI4. 27	NR	NR					
																				No	1	SI4. 28	NR	NR					
																				No	0,50	Sí	0	SI4. 29	NR	NR			
																				No	1	SI4. 30	NR	NR					
																				No	1	SI4. 31	NR	NR					
																				No	1	SI4. 32	NR	NR					
														No	0,00			Sí	0	Sí	0	SI4. 33	NR	NR					
																				No	1	SI4. 34	NR	NR					
																				No	1	SI4. 35	NR	NR					
																				No	1	SI4. 36	NR	NR					
									No	0	0	Sí	1	Sí	1,00	Sí	0,50	Sí	0	Sí	0	SI4. 37	NR	NR					
																				No	1	SI4. 38	NR	NR					
																				No	1	SI4. 39	NR	NR					
																				No	1	SI4. 40	NR	NR					
																				No	0,50	Sí	0	SI4. 41	NR	NR			
																				No	1	SI4. 42	NR	NR					
																				No	1	SI4. 43	NR	NR					
																				No	1	SI4. 44	NR	NR					
														No	0,00			Sí	0	Sí	0	SI4. 45	NR	NR					
																				No	1	SI4. 46	NR	NR					
																				No	1	SI4. 47	NR	NR					
																				No	1	SI4. 48	NR	NR					
						No	0,01	0	Sí	0,9	0	Sí	1	Sí	1,00	Sí	0,50	Sí	0	Sí	0	SI4. 49	NR	NR					
																				No	1	SI4. 50	NR	NR					
																				No	1	SI4. 51	NR	NR					
																				No	1	SI4. 52	NR	NR					

ZONA DE ESCOMBRERA DE ESTÉRILES DE MINA-Vertido de lixiviados desde escombrera (SI5)

ESCOMBRERA DE ESTÉRILES DE MINA						
Suceso iniciador: Vertido de lixiviados desde escombrera	Estimador de la probabilidad	Probabilidad de ocurrencia				
Causas		1	2	3	4	Puntos
Desbordamiento del sistema de drenaje Lluvias	Sistema de drenaje	La escombrera dispone de un sistema de drenaje			La escombrera no dispone de un sistema de drenaje	1
	Plan de mantenimiento del sistema de drenaje	Se dispone un plan de mantenimiento del sistema de drenaje			No se dispone un plan de mantenimiento del sistema de drenaje	4
	Revisiones del sistema de drenaje	Se realizan revisiones			No se realizan revisiones	4
	Incidentes históricos asociados a vertido de lixiviados	Menos de un incidente al año	Entre 1 y 3 incidentes al año	Entre 3 y 5 incidentes al año	> 5 incidentes al año	1
	Régimen pluviométrico	Precipitación media muy inferior a la media autonómica			Precipitación media muy superior a la media autonómica	4
Suma Puntos						14
Nº Estimadores						5
Puntuación Máxima						4
Probabilidad SI						0,70

ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN LIBERADO DESDE ESCOMBRERA DE ESTÉRILES DE MINA		
Superficie vertiente a la escombrera	28.672	(m ²)
Precipitación de referencia	100	(l/m ²)
Volmen vertido	2867200	(l)
Volumen liberado (m3)	2.867,20	

Suceso iniciador	Prob.	Vol.	Actúa la contención automática	Prob.	Vol.	Actúa la contención manual	Prob.	Vol.	Actúa un sistema de contención adicional	Prob.	Vol.	Suelo	Prob.	Cauce	Prob.	Agua superficial	Prob.	Hábitat	Prob.	Especies	Prob.	Escenario	Prob.	Vol.	S	C	A	H	E			
Vertido de 2867,2 M3	0,7	2867,2	Sí	0,98	2567,2	Sí	0,99	0	Sí	1	0	Sí	1	Sí	1,00	Sí	0,33	Sí	0	Sí	0	SI5. 1	NR	NR								
																				No	1	SI5. 2	NR	NR								
																			No	1	Sí	0	SI5. 3	NR	NR							
																			No	1	No	1	SI5. 4	NR	NR							
																No	0,67	Sí	0	Sí	0	SI5. 5	NR	NR								
																			No	1	No	1	SI5. 6	NR	NR							
																			No	1	Sí	0	SI5. 7	NR	NR							
																			No	1	No	1	SI5. 8	NR	NR							
														No	0,00	Sí	0	Sí	0	SI5. 9	NR	NR										
																			No	1	No	1	SI5. 10	NR	NR							
																			No	1	Sí	0	SI5. 11	NR	NR							
																			No	1	No	1	SI5. 12	NR	NR							
									No	0	0	Sí	1	Sí	1,00	Sí	0,33	Sí	0	Sí	0	SI5. 13	NR	NR								
																			No	1	No	1	SI5. 14	NR	NR							
																			No	1	Sí	0	SI5. 15	NR	NR							
																			No	1	No	1	SI5. 16	NR	NR							
																No	0,67	Sí	0	Sí	0	SI5. 17	NR	NR								
																			No	1	No	1	SI5. 18	NR	NR							
																			No	1	Sí	0	SI5. 19	NR	NR							
																			No	1	No	1	SI5. 20	NR	NR							
														No	0,00	Sí	0	Sí	0	SI5. 21	NR	NR										
																			No	1	No	1	SI5. 22	NR	NR							
																			No	1	Sí	0	SI5. 23	NR	NR							
																			No	1	No	1	SI5. 24	NR	NR							
									No	0	0	Sí	1	Sí	1,00	Sí	0,33	Sí	0	Sí	0	SI5. 25	NR	NR								
																			No	1	No	1	SI5. 26	NR	NR							
																			No	1	Sí	0	SI5. 27	NR	NR							
																			No	1	No	1	SI5. 28	NR	NR							
																			No	0,67	Sí	0	SI5. 29	NR	NR							
																			No	1	No	1	SI5. 30	NR	NR							
																			No	1	Sí	0	SI5. 31	NR	NR							
																			No	1	No	1	SI5. 32	NR	NR							
																			No	0,00	Sí	0	SI5. 33	NR	NR							
																			No	1	No	1	SI5. 34	NR	NR							
																			No	1	Sí	0	SI5. 35	NR	NR							
																			No	1	No	1	SI5. 36	NR	NR							
																			No	0	Sí	1,00	SI5. 37	NR	NR							
																			No	1	No	1	SI5. 38	NR	NR							
																			No	1	Sí	0	SI5. 39	NR	NR							
																			No	1	No	1	SI5. 40	NR	NR							
																			No	0,67	Sí	0	SI5. 41	NR	NR							
																			No	1	No	1	SI5. 42	NR	NR							
																			No	1	Sí	0	SI5. 43	NR	NR							
																			No	1	No	1	SI5. 44	NR	NR							
																			No	0,00	Sí	0	SI5. 45	NR	NR							
																			No	1	No	1	SI5. 46	NR	NR							
																			No	1	Sí	0	SI5. 47	NR	NR							
																			No	1	No	1	SI5. 48	NR	NR							
									No	0,01	2567,2	Sí	1	Sí	1,00	Sí	0,33	Sí	0	Sí	0	SI5. 49	NR	NR								
																			No	1	No	1	SI5. 50	NR	NR							
																			No	1	Sí	0	SI5. 51	NR	NR							
																			No	1	No	1	SI5. 52	2,26E-03	2567,2	X	X	X				

Suceso iniciador	Prob.	Vol.	Actúa la contención automática	Prob.	Vol.	Actúa la contención manual	Prob.	Vol.	Actúa un sistema de contención adicional	Prob.	Vol.	Suelo	Prob.	Cauce	Prob.	Agua superficial	Prob.	Hábitat	Prob.	Especies	Prob.	Escenario	Prob.	Vol.	S	C	A	H	E
																No	0,67	Sí	0	Sí	0	SI5. 53	NR	NR					
																				No	1	SI5. 54	NR	NR					
																No	1	Sí	0	SI5. 55	NR	NR							
																			No	1	SI5. 56	4,60E-03	2567,2	X	X				
															No	0,00		Sí	0	SI5. 57	NR	NR							
																			No	1	SI5. 58	NR	NR						
															No	1	Sí	0	SI5. 59	NR	NR								
																			No	1	SI5. 60	NR	NR						
									No	0	Sí	1,00	Sí	0,33	Sí	0	SI5. 61	NR	NR										
																			No	1	SI5. 62	NR	NR						
															No	1	Sí	0	SI5. 63	NR	NR								
																			No	1	SI5. 64	NR	NR						
															No	0,67	Sí	0	SI5. 65	NR	NR								
																			No	1	SI5. 66	NR	NR						
															No	1	Sí	0	SI5. 67	NR	NR								
															No	0,00		Sí	0	SI5. 69	NR	NR							
																			No	1	SI5. 70	NR	NR						
															No	1	Sí	0	SI5. 71	NR	NR								
																			No	1	SI5. 72	NR	NR						
									No	0	2567	Sí	1	Sí	1,00	Sí	0,33	Sí	0	SI5. 73	NR	NR							
																			No	1	SI5. 74	NR	NR						
																			No	1	SI5. 75	NR	NR						
																			No	1	SI5. 76	NR	NR						
															No	0,67	Sí	0	SI5. 77	NR	NR								
																			No	1	SI5. 78	NR	NR						
															No	1	Sí	0	SI5. 79	NR	NR								
																			No	1	SI5. 80	NR	NR						
															No	0,00		Sí	0	SI5. 81	NR	NR							
																			No	1	SI5. 82	NR	NR						
															No	1	Sí	0	SI5. 83	NR	NR								
																			No	1	SI5. 84	NR	NR						
									No	0	Sí	1,00	Sí	0,33	Sí	0	SI5. 85	NR	NR										
																			No	1	SI5. 86	NR	NR						
																			No	1	SI5. 87	NR	NR						
																			No	1	SI5. 88	NR	NR						
															No	0,67	Sí	0	SI5. 89	NR	NR								
																			No	1	SI5. 90	NR	NR						
															No	1	Sí	0	SI5. 91	NR	NR								
																			No	1	SI5. 92	NR	NR						
															No	0,00		Sí	0	SI5. 93	NR	NR							
																			No	1	SI5. 94	NR	NR						
																			No	1	SI5. 95	NR	NR						
																			No	1	SI5. 96	NR	NR						
			No	0,02	2867,2	Sí	0,99	0	Sí	1	0	Sí	1	Sí	1,00	Sí	0,33	Sí	0	SI5. 97	NR	NR							
																			No	1	SI5. 98	NR	NR						
																			No	1	SI5. 99	NR	NR						
																			No	1	SI5. 100	NR	NR						
															No	0,67	Sí	0	SI5. 101	NR	NR								
																			No	1	SI5. 102	NR	NR						
																			No	1	SI5. 103	NR	NR						
																			No	1	SI5. 104	NR	NR						

Suceso iniciador	Prob.	Vol.	Actúa la contención automática	Prob.	Vol.	Actúa la contención manual	Prob.	Vol.	Actúa un sistema de contención adicional	Prob.	Vol.	Suelo	Prob.	Cauce	Prob.	Agua superficial	Prob.	Hábitat	Prob.	Especies	Prob.	Escenario	Prob.	Vol.	S	C	A	H	E
									No	0	2867	Sí	1	Sí	1,00	Sí	0,33	Sí	0	Sí	0	SI5. 157	NR	NR					
																				No	1	SI5. 158	NR	NR					
																				No	1	SI5. 159	NR	NR					
																				No	1	SI5. 160	NR	NR					
									No	0,67										Sí	0	SI5. 161	NR	NR					
																				No	1	SI5. 162	NR	NR					
																				No	1	SI5. 163	NR	NR					
																				No	1	SI5. 164	NR	NR					
									No	0,00										Sí	0	SI5. 165	NR	NR					
																				No	1	SI5. 166	NR	NR					
																				No	1	SI5. 167	NR	NR					
																				No	1	SI5. 168	NR	NR					
									No	0	2867	Sí	1	Sí	1,00	Sí	0,33	Sí	0	Sí	0	SI5. 169	NR	NR					
																				No	1	SI5. 170	NR	NR					
																				No	1	SI5. 171	NR	NR					
																				No	1	SI5. 172	NR	NR					
									No	0,67										Sí	0	SI5. 173	NR	NR					
																				No	1	SI5. 174	NR	NR					
																				No	1	SI5. 175	NR	NR					
																				No	1	SI5. 176	NR	NR					
									No	0,00										Sí	0	SI5. 177	NR	NR					
																				No	1	SI5. 178	NR	NR					
																				No	1	SI5. 179	NR	NR					
																				No	1	SI5. 180	NR	NR					
									No	0	2867	Sí	1	Sí	1,00	Sí	0,33	Sí	0	Sí	0	SI5. 181	NR	NR					
																				No	1	SI5. 182	NR	NR					
																				No	1	SI5. 183	NR	NR					
																				No	1	SI5. 184	NR	NR					
									No	0,67										Sí	0	SI5. 185	NR	NR					
																				No	1	SI5. 186	NR	NR					
																				No	1	SI5. 187	NR	NR					
																				No	1	SI5. 188	NR	NR					
									No	0,00										Sí	0	SI5. 189	NR	NR					
																				No	1	SI5. 190	NR	NR					
																				No	1	SI5. 191	NR	NR					
																				No	1	SI5. 192	NR	NR					

Prob = Probabilidad de ocurrencia.

Vol = Volumen asociado al elemento del árbol de sucesos en m³.

NR = Escenario no relevante debido a que su probabilidad de ocurrencia, su volumen liberado o ambos se consideran nulos.

Posibles afecciones:

- Suelo (S)
- Cauce (C)
- Agua superficial (A)
- Hábitat (H)
- Especies (E)

ANEJO III: Características de los agentes químicos

FICHAS DE SUSTANCIAS QUÍMICAS

IDENTIFICACIÓN DE AGENTES CAUSANTES DE DAÑO	
Información general-Agentes químicos	
Código de ficha	1
Nombre del agente	Sustancia 1
Toxicología	
PNEC	-
LC50	33,2-69 mg/l (Peces 96h)
Propiedades físico-químicas	
Estado físico	Líquido
Punto de ebullición	-
Volatilidad	-
Temperatura de fusión	-
Temperatura de inflamación	El producto no arde por sí mismo
Densidad	1,68 g/cm ³
pH	3,6
Solubilidad en agua/Miscibilidad	Total
Viscosidad	3.500 cp
Biodegradabilidad	Si

IDENTIFICACIÓN DE AGENTES CAUSANTES DE DAÑO	
Información general-Agentes químicos	
Código de ficha	2
Nombre del agente	Sustancia 2
Toxicología	
PNEC	-
LC50	-
Propiedades físico-químicas	
Estado físico	Líquido
Punto de ebullición	-
Volatilidad	-
Temperatura de fusión	-
Temperatura de inflamación	-
Densidad	-
pH	≈ 2,7
Solubilidad en agua/Miscibilidad	-
Viscosidad	Poco viscosa
Biodegradabilidad	-

IDENTIFICACIÓN DE AGENTES CAUSANTES DE DAÑO	
Información general-Agentes químicos	
Código de ficha	3
Nombre del agente	Sustancia 3
Toxicología	
PNEC	-
LC50	-
Propiedades físico-químicas	
Estado físico	Semisólido
Punto de ebullición	-
Volatilidad	
Temperatura de fusión	-
Temperatura de inflamación	-
Densidad	2,2 g/cm ³
pH	-
Solubilidad en agua/Miscibilidad	-
Viscosidad	Medianamente viscosa (2.000 cp)
Biodegradabilidad	No

ANEJO IV: Cálculo del IDM de cada escenario

Escenario	Sustancia	Grupo IDM	Sustancia IDM		Recurso IDM	Parámetros IDM						Modificadores M _B						Modificadores M _C			Acceso		IDM Combinación	IDM Escenario		
						Ecf	Ecu	α	Ec	Ecr	Ecc	M _{B1}	M _{B5}	M _{B8}	M _{B11}	M _{B12}	M _{B14}	M _{B17}	M _{B18}	B	M _{C1}	M _{C3}			C	β
SI1. 180	Sustancia 1	9	Químicos	Inorgánicos	Suelo	0	105	0,10	1	887	0,03	0,90		1,50			1,25	1,00	1,00	1,69	1,25	1,25	0	6,14	1.160,49	1.160,49
SI2. 148	Sustancia 2	2	Químicos	Inorgánicos	Agua continental superficial	100.000	15	1.183,36	2	1.934	0,03	1,00	1,00		1,25	0,80			1,00	1,00	1,25	1,25	0	6,14	142.055,85	311.922,00
		9	Químicos	Inorgánicos	Suelo	0	105	665,64	1	887	0,03	1,00		1,50			1,25	1,25	1,00	2,34	1,25	1,25	0	6,14	169.866,15	
SI2. 152	Sustancia 2	2	Químicos	Inorgánicos	Agua continental superficial	100.000	15	1.183,36	2	1.934	0,03	1,00	1,00		1,25	0,80			1,00	1,00	1,25	1,25	0	6,14	142.055,85	311.922,00
		9	Químicos	Inorgánicos	Suelo	0	105	665,64	1	887	0,03	1,00		1,50			1,25	1,25	1,00	2,34	1,25	1,25	0	6,14	169.866,15	
SI3. 128	Sustancia 3	9	Químicos	Inorgánicos	Suelo	0	105	0,53	1	887	0,03	1,00		1,50			1,25	1,10	1,00	2,06	1,25	1,25	0	6,14	1.260,79	1.260,79
SI3. 176	Sustancia 3	9	Químicos	Inorgánicos	Suelo	0	105	2,81	1	887	0,03	1,00		1,50			1,25	1,10	1,00	2,06	1,25	1,25	0	6,14	1.769,37	1.769,37
SI4. 124	Sustancia 3	2	Químicos	Inorgánicos	Agua continental superficial	100.000	15	80,20	2	1.934	0,03	1,00	1,00		1,25	1,00			1,00	1,25	1,25	1,25	0	6,14	108.587,91	126.918,63
		9	Químicos	Inorgánicos	Suelo	0	105	77,06	1	887	0,03	1,00		1,50			1,25	1,10	1,00	2,06	1,25	1,25	0	6,14	18.330,72	
SI4. 128	Sustancia 3	9	Químicos	Inorgánicos	Suelo	0	105	157,26	1	887	0,03	1,00		1,50			1,25	1,10	1,00	2,06	1,25	1,25	0	6,14	36.221,00	36.221,00
SI4. 172	Sustancia 3	2	Químicos	Inorgánicos	Agua continental superficial	100.000	15	81,37	2	1.934	0,03	1,00	1,00		1,25	1,00			1,00	1,25	1,25	1,25	0	6,14	108.632,82	127.212,74
		9	Químicos	Inorgánicos	Suelo	0	105	78,18	1	887	0,03	1,00		1,50			1,25	1,10	1,00	2,06	1,25	1,25	0	6,14	18.579,92	
SI4. 176	Sustancia 3	9	Químicos	Inorgánicos	Suelo	0	105	159,54	1	887	0,03	1,00		1,50			1,25	1,10	1,00	2,06	1,25	1,25	0	6,14	36.729,57	36.729,57
SI5. 52	Sustancia 2	2	Químicos	Inorgánicos	Agua continental superficial	100.000	15	1.643,01	2	1.934	0,03	1,00	1,00		1,25	0,80			1,00	1,00	1,25	1,25	0	6,14	156.258,97	391.662,00
		9	Químicos	Inorgánicos	Suelo	0	105	924,19	1	887	0,03	1,00		1,50			1,25	1,25	1,00	2,34	1,25	1,25	0	6,14	235.403,02	
SI5. 56	Sustancia 2	2	Químicos	Inorgánicos	Agua continental superficial	100.000	15	1.643,01	2	1.934	0,03	1,00	1,00		1,25	0,80			1,00	1,00	1,25	1,25	0	6,14	156.258,97	391.662,00
		9	Químicos	Inorgánicos	Suelo	0	105	924,19	1	887	0,03	1,00		1,50			1,25	1,25	1,00	2,34	1,25	1,25	0	6,14	235.403,02	
SI5. 148	Sustancia 2	2	Químicos	Inorgánicos	Agua continental superficial	100.000	15	1.835,01	2	1.934	0,03	1,00	1,00		1,25	0,80			1,00	1,00	1,25	1,25	0	6,14	162.191,77	424.970,26
		9	Químicos	Inorgánicos	Suelo	0	105	1.032,19	1	887	0,03	1,00		1,50			1,25	1,25	1,00	2,34	1,25	1,25	0	6,14	262.778,49	
SI5. 152	Sustancia 2	2	Químicos	Inorgánicos	Agua continental superficial	100.000	15	1.835,01	2	1.934	0,03	1,00	1,00		1,25	0,80			1,00	1,00	1,25	1,25	0	6,14	162.191,77	424.970,26
		9	Químicos	Inorgánicos	Suelo	0	105	1.032,19	1	887	0,03	1,00		1,50			1,25	1,25	1,00	2,34	1,25	1,25	0	6,14	262.778,49	

**ANEJO V: Informe de la aplicación informática MORA para el
escenario de referencia**

INFORME DE COSTES DE REPARACIÓN

Datos generales

<u>Nombre</u>	Caso practico GM2019		
<u>Fecha de realización</u>	<input type="text"/>	<u>Versión</u>	v2011/1
<u>Operador</u>	<input type="text"/>		

Datos de localización

<u>Coordenada X</u>	<input type="text"/>	<u>Coordenada Y</u>	<input type="text"/>	<u>SRS</u>	UTM-ETRS 1989-
---------------------	----------------------	---------------------	----------------------	------------	----------------

Parámetros

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

Daño

Agente	Recurso	Cantidad dañada	Reversibilidad
Sustancias inorgánicas no biodegradables	Suelo	14.838,00 t	Sí

Reparaciones

Reparación

<u>Nº de unidades físicas a reparar</u>	14.838,00t
---	------------

Tiempo de espera

6 Meses

Técnica de reparación

Solidificación/Estabilización

Datos relacionados con la técnica de reparación

Concepto	Valor	Valor original
Técnica seleccionada	Solidificación/Estabilización	Solidificación/Estabilización
Coste Unitario	129,24	
Coste fijo	0,00	
Multiplicador	0,00	
Exponente	0,00	
Tiempo de recuperación	3	
Unidad de tiempo	Meses	
Tipo de eficacia	Demostrada	

Presupuesto de la reparación primaria

Nombre	%	Importe (€)	% Original	Imp. Original (€)
Total Reparación		2.874.050,19		2.874.050,19
Total Aplicación Técnica		2.784.446,85		2.784.446,85
% IVA	21,00	483.251,11	21,00	483.251,11
%Seguridad por contingencia	20,00	383.532,62	20,00	383.532,62
PEC Aplicación Técnica		1.917.663,12		1.917.663,12
Total Consultoría		86.891,01		86.891,01
%IVA	21,00	15.080,26	21,00	15.080,26
%Seguridad por contingencia	20,00	11.968,46	20,00	11.968,46
PEC Consultoría		59.842,29		59.842,29
Total Revisión y Control		2.712,34		2.712,34
%IVA	21,00	470,74	21,00	470,74

Nombre	%	Importe (€)	% Original	Imp. Original (€)
%Seguridad por contingencia	20,00	373,60	20,00	373,60
PEC Revisión y Control		1.868,00		1.868,00

Reparación compensatoria

Nº de unidades físicas a reparar	276,63t
----------------------------------	---------

Tiempo de espera

6 Meses

Tasa de descuento

3,00

Técnica de reparación

Solidificación/Estabilización

Datos relacionados con la técnica de reparación

Concepto	Valor	Valor original
Técnica seleccionada	Solidificación/Estabilización	Solidificación/Estabilización
Coste Unitario	129,24	
Coste fijo	0,00	
Multiplicador	0,00	
Exponente	0,00	
Tiempo de recuperación	3	
Unidad de tiempo	Meses	
Tipo de eficacia	Demostrada	

Presupuesto de la reparación compensatoria

Nombre	%	Importe (€)	% Original	Imp. Original (€)
Total Reparación		63.993,24		63.993,24
Total Aplicación Técnica		51.911,41		51.911,41
% IVA	21,00	9.009,42	21,00	9.009,42

Nombre	%	Importe (€)	% Original	Imp. Original (€)
%Seguridad por contingencia	20,00	7.150,33	20,00	7.150,33
PEC Aplicación Técnica		35.751,66		35.751,66
Total Consultoría		9.369,49		9.369,49
%IVA	21,00	1.626,11	21,00	1.626,11
%Seguridad por contingencia	20,00	1.290,56	20,00	1.290,56
PEC Consultoría		6.452,82		6.452,82
Total Revisión y Control		2.712,34		2.712,34
%IVA	21,00	470,74	21,00	470,74
%Seguridad por contingencia	20,00	373,60	20,00	373,60
PEC Revisión y Control		1.868,00		1.868,00

Daño

Agente	Recurso	Cantidad dañada	Reversibilidad
Sustancias inorgánicas no biodegradables	Agua superficial continental	2.568,00 m3	Sí

Reparaciones

Reparación

Nº de unidades físicas a reparar	2.568,00m3
----------------------------------	------------

Tiempo de espera

1 Años

Técnica de reparación

Adsorción / Absorción

Datos relacionados con la técnica de reparación

Concepto	Valor	Valor original
Técnica seleccionada	Adsorción / Absorción	Adsorción / Absorción

Concepto	Valor	Valor original
Coste Unitario	63,20	
Coste fijo	36.688,00	
Multiplicador	0,00	
Exponente	0,00	
Tiempo de recuperación	10	
Unidad de tiempo	Años	
Tipo de eficacia	Demostrada	

Presupuesto de la reparación primaria

Nombre	%	Importe (€)	% Original	Imp. Original (€)
Total Reparación		306.661,51		306.661,51
Total Aplicación Técnica		288.927,09		288.927,09
% IVA	21,00	50.144,37	21,00	50.144,37
%Seguridad por contingencia	20,00	39.797,12	20,00	39.797,12
PEC Aplicación Técnica		198.985,60		198.985,60
Total Consultoría		11.818,98		11.818,98
%IVA	21,00	2.051,23	21,00	2.051,23
%Seguridad por contingencia	20,00	1.627,96	20,00	1.627,96
PEC Consultoría		8.139,79		8.139,79
Total Revisión y Control		5.915,45		5.915,45
%IVA	21,00	1.026,65	21,00	1.026,65
%Seguridad por contingencia	20,00	814,80	20,00	814,80
PEC Revisión y Control		4.074,00		4.074,00

Reparación compensatoria

Nº de unidades físicas a reparar	486,97 m3
----------------------------------	-----------

Tiempo de espera

1 Años

Tasa de descuento

3,00

Técnica de reparación

Adsorción / Absorción

Datos relacionados con la técnica de reparación

Concepto	Valor	Valor original
Técnica seleccionada	Adsorción / Absorción	Adsorción / Absorción
Coste Unitario	63,20	
Coste fijo	36.688,00	
Multiplicador	0,00	
Exponente	0,00	
Tiempo de recuperación	10	
Unidad de tiempo	Años	
Tipo de eficacia	Demostrada	

Presupuesto de la reparación compensatoria

Nombre	%	Importe (€)	% Original	Imp. Original (€)
Total Reparación		113.243,40		113.243,40
Total Aplicación Técnica		97.958,45		97.958,45
% IVA	21,00	17.001,05	21,00	17.001,05
%Seguridad por contingencia	20,00	13.492,90	20,00	13.492,90
PEC Aplicación Técnica		67.464,50		67.464,50
Total Consultoría		9.369,49		9.369,49
%IVA	21,00	1.626,11	21,00	1.626,11
%Seguridad por contingencia	20,00	1.290,56	20,00	1.290,56

Nombre	%	Importe (€)	% Original	Imp. Original (€)
PEC Consultoría		6.452,82		6.452,82
Total Revisión y Control		5.915,45		5.915,45
%IVA	21,00	1.026,65	21,00	1.026,65
%Seguridad por contingencia	20,00	814,80	20,00	814,80
PEC Revisión y Control		4.074,00		4.074,00

Presupuesto camino

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

Resumen reparaciones

Combinaciones agente-recurso del escenario	Tipo de medida	Importe (€)
Sustancias inorgánicas no biodegradables en Suelo	Reparación primaria	2.874.050,19
	Reparación compensatoria	63.993,24
	Reparación complementaria	0,00
	Subtotal	2.938.043,43

Combinaciones agente-recurso del escenario	Tipo de medida	Importe (€)
Sustancias inorgánicas no biodegradables en Agua superficial continental	Reparación primaria	306.661,51
	Reparación compensatoria	113.243,40
	Reparación complementaria	0,00
	Subtotal	419.904,91
Presupuesto Construcción Camino		0,00
Total reparación primaria (incluyendo construcción de camino)		3.180.711,70
Total reparación compensatoria (sin incluir construcción de camino)		177.236,64
Total reparación complementaria (sin incluir construcción de camino)		0,00
Total reparación		3.357.948,34



COMISIÓN TÉCNICA DE PREVENCIÓN Y REPARACIÓN DE DAÑOS MEDIOAMBIENTALES