



Aplicación Informática CIRMA

El CD que se adjunta a esta guía contiene la aplicación informática CIRMA y su manual de usuario (archivo MU) en el que se describen las especificaciones funcionales de la aplicación, fundamentalmente para el cálculo del IGCM de un establecimiento afectado por el Real Decreto 1254/1999 (SEVESO II).

CIRMA gestiona el Cálculo del Índice de Riesgo Medioambiental de los escenarios accidentales que se definan para un establecimiento, en base a los índices globales de consecuencias medioambientales obtenidos y a sus probabilidades/frecuencias.

La aplicación informática consiste en una herramienta MsAccess 97, que puede ser utilizada en cualquier PC que tenga instalado MS Office. Es necesario disponer del programa Acrobat Reader incluido en el CD.



Caso práctico

El presente apartado constituye la aplicación práctica de la metodología de análisis del riesgo medioambiental desarrollada en puntos anteriores.

A través de un caso práctico, se procederá a la aplicación del conjunto de los criterios expuestos a lo largo de la guía, de cara a la obtención del valor o índice de riesgo medioambiental en función del índice global de consecuencias medioambientales (IGCM) y su probabilidad/frecuencia.

DESCRIPCIÓN DEL ESCENARIO ACCIDENTAL

Se ha realizado una selección de aquellos accidentes cuyos efectos y consecuencias resultan representativos dentro de los identificados para las instalaciones y unidades de un establecimiento dedicado a la síntesis química.

El escenario accidental escogido es el siguiente (véase tabla 1):

Rotura o fuga del tanque cilíndrico vertical C-O64 de acroleína perteneciente al área de almacenamiento oeste del establecimiento y derrame que alcanza el cauce fluvial cercano.

La sustancia involucrada en este escenario es la acroleína (aldehído acrílico). Se trata de un líquido incoloro muy tóxico utilizado en la síntesis química que en este caso se encuentra almacenado en un tanque cilíndrico vertical de 100 m³ de capacidad y con un grado de llenado del 80 por 100.

TABLA 1
Características del escenario accidental

Características del escenario accidental	
Modelo	Escape de líquidos
Sustancia involucrada	Acroleína
Tipo	Tanque cilíndrico vertical
Tipo de fuga	Escape a través de orificio en tanque
Volumen del tanque	100 m ³
Longitud del cilindro	10 m
Grado de llenado	80%
Sobrepresión sobre el líquido	0 bar
Diámetro del orificio	100 mm
Altura del orificio de fuga con referencia a la base del tanque	0 m
Temperatura inicial	15 °C
Coefficiente de descarga	0,62
Tiempo t tras el comienzo de la fuga	120 s

Tras la introducción de los datos anteriores en el módulo de cálculo para fugas líquidas de un modelo reconocido en el campo de simulación de accidentes, las condiciones de partida del escenario son las siguientes (véase tabla 2):

TABLA 2
Condiciones de partida del escenario accidental

Resultados	
Tasa de flujo másico en tiempo t	49,08 kg/s
Masa total fugada en tiempo t	6.157,3 kg
Grado de llenado en tiempo t	73 %
Altura del líquido en tiempo t	7,27 m
Masa total fugada	66.169 kg

A continuación se presentan los resultados de la simulación:

Project: Standard project

----- START OF SESSION 1 MODEL 1 (SCENARIO CALCULATION)-----

INPUT

Model : Liquid release from vessel or pipe (131)
 Case description : Caso Práctico-Fuga Tanque
 Chemical name : Acrolein
 Type of release : Release through hole in vessel
 Vessel volume : 100 m³
 Vessel type : Vertical cylinder
 Length cylinder : 10 m
 Filling degree : 80 %
 Overpressure above liquid : 0 Bar
 Hole diameter : 100 mm
 Height leak above tank bottom : 0 m
 Initial temperature : 15 °C
 Discharge coefficient : 0.62 -
 Time t after start release : 120 s

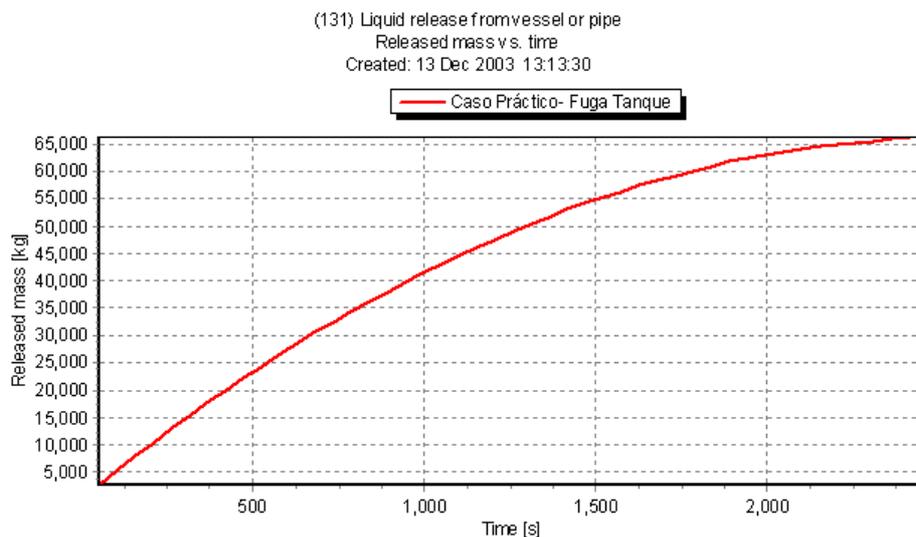
RESULTS

Mass flow rate at time t : 49.08 kg/s
 Total mass released at time t : 6157.3 kg
 Filling degree at time t : 73 %
 Height of liquid at time t : 7.27 m
 Total mass released : 66169 kg

----- END OF SESSION 1 MODEL 1 (SCENARIO CALCULATION) -----

FIGURA 1

Masa fugada (kg) en función del tiempo (s)

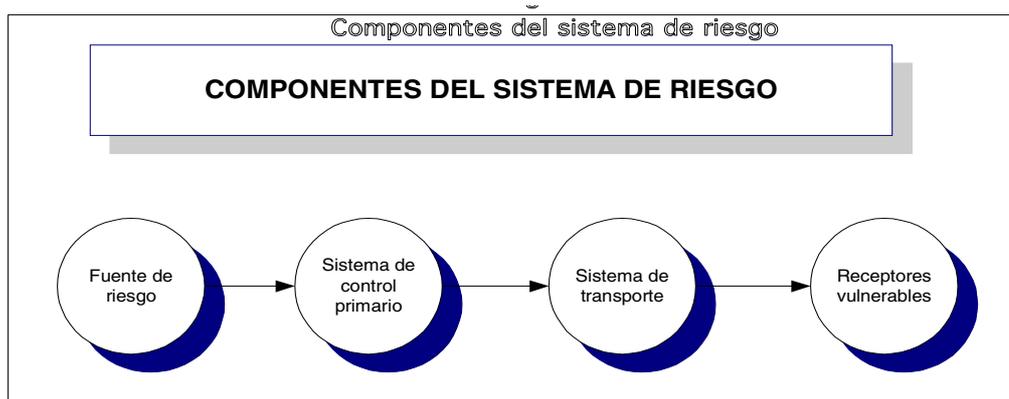


APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

Tras la descripción del escenario accidental objeto de estudio, se procede a la aplicación práctica de la metodología siguiendo cada uno de los cuatro componentes del sistema de riesgo.

FIGURA 2

Componentes del sistema de riesgo



FUENTES DE RIESGO

El primero de estos elementos lo constituyen las denominadas fuentes de riesgo involucradas en el escenario accidental.

En este caso, como ha sido descrito anteriormente, la sustancia química involucrada es la acroleína (núm. CAS 107-02-8).

Se ha realizado una recopilación de información acerca de la sustancia a través de diferentes fuentes de información:

- Fichas internacionales de seguridad química. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Base de datos del programa EFFECTS de TNO.
- Fichas de intervención ante accidentes con materias peligrosas. Dirección de atención de emergencias del Departamento de Interior del Gobierno Vasco, 1997.
- **EPI suite** (<http://www.epa.gov/oppt/exposure/docs/episuitedl.htm>). Aplicación informática perteneciente a la agencia de protección medioambiental norteamericana capaz de facilitar parámetros físicos, químicos, etc. de la sustancia a partir de su número CAS.
- **SERIDA** - Safety Environmental Risk Database (<http://arch.rivm.nl/serida>). Aplicación informática desarrollada por Haskoning Consulting engineers and architectes para el Ministerio de Vivienda, Ordenación del Territorio y Medio Ambiente de Holanda y el Instituto Nacional de salud pública y medio ambiente de aquel país.

Se concluye que,

- La acroleína (aldehído acrílico) no se encuentra entre las sustancias incluidas en la parte 1 del anexo I del Real Decreto 1254/1999.
- La acroleína no se encuentra clasificada como sustancia peligrosa para el medio ambiente.

Además, en la búsqueda de información se han obtenido una serie de parámetros (véase tabla 3) que son necesarios para la obtención de las puntuaciones de este componente del sistema de riesgo:

TABLA 3
Parámetros de la sustancia química

Sustancia	Acroleína
Número CAS	000107-02-8
Fórmula molecular	C3 H4 O1
Peso Molecular	56,06
Adsorción (log Kow)	-0.01 (EPI suite)
Volatilidad (log H)	-3,913640 (EPI suite)
Bioconcentración (log BCF)	0,5 (EPI suite)
Biodegradación (BD)	3,9635 -días- (EPI suite)
Toxicidad	Muy tóxico

Aplicando los criterios (véase tabla 4) utilizados para cada uno de los aspectos de toxicidad aguda, volatilidad, bioconcentración, adsorción y biodegradación, se sigue:

TABLA 4
Criterios utilizados para cada uno de los aspectos
Toxicidad aguda, volatilidad, bioconcentración, adsorción y biodegradación

Toxicidad Aguda (LC ₅₀ ó EC ₅₀)	Puntos	Volatilidad (log H) H- constante de Henry (atm m ³ / mol)	Puntos
LC ₅₀ ó EC ₅₀ < 1 mg/l	10	Log H < -3	5
1-6 mg/l	8	-3 ≤ log H < -1	4
6-30 mg/l	6	-1 ≤ log H < 1	3
30-200 mg/l	4	1 ≤ log H < 2	2
200-1000 mg/l	2	Log H ≥ 3	1
LC ₅₀ ó EC ₅₀ > 1000 mg/l	1		
Bioconcentración (log BCF) BCF-factor de bioconcentración	Puntos	Adsorción (log Kow) Kow- coeficiente de re- parto octanol-agua	Puntos
Log BCF > 2	2	Log Kow > 2	2
1 < Log BCF ≤ 2	1	1 < Log Kow ≤ 2	1
Log BCF ≤ 1	0	Log Kow ≤ 1	0

Biodegradación (BD)	Puntos	Toxicidad (a)	Puntos
BD < 2 (meses ó periodos de tiempo mayores)	2	Muy Tóxico	10
2 ≤ BD < 2.5 (meses/semanas)	1,5	Tóxico	6
2.5 ≤ BD < 3.5 (semanas/días)	1	Nocivo	3
3.5 ≤ BD < 4.5 (días/horas)	0,5	Irritante, Corrosivo	1
BD ≥ 4.5 (horas)	0		

Con lo que la puntuación parcial de fuentes de riesgo-sustancias resulta (véase tabla 5):

TABLA 5

Puntuación parcial de fuentes de riesgo-sustancias

Propiedad	Puntos
Adsorción (log Kow)	0
Volatilidad (log H)	5
Bioconcentración (log BCF)	0
Biodegradación (BD)	0,5
Toxicidad	10
Puntuación fuentes de riesgo – sustancia (2-21)	15,5

En este caso no existe mezcla de sustancias y no se han constatado efectos sinérgicos, con lo cual la puntuación de fuentes de riesgo-sustancias obtenida y transformada es de 4,55 puntos.

En las siguientes figuras se puede observar, a título de ejemplo, la información de referencia utilizada.

FIGURA 3

Fichas de intervención ante accidentes con materias peligrosas (Gobierno vasco, 1997)

663		ACROLEINA			
1092	Nº de ficha: 66	Nº CAS: 107-02-8	Fórmula: C3H4O	Ayuda	Imprimir
Sinónimos y marcas comerciales:		Características importantes:			
Propenal 2-propenal Aldehído acrílico Acrilaldehído Alilo aldehído Aldehído de etileno Aqualin NSC 8819 Prop-2-en-1-ona Alimicida Biocida Trans-acroleina Acquitina Croelano Magnicida H Acrolein Acroleine		LIQUIDO INCOLORO con olor FUERTE, DESAGRADABLE. MUY TOXICO por inhalacion, ingestion y contacto. PRODUCTO MUY PELIGROSO PARA LA SALUD. INFLAMABLE. PRODUCTO ESTABILIZADO. MUY VOLATIL. VAPOR MAS PESADO QUE EL AIRE. EL FUEGO puede INICIARSE a cierta DISTANCIA de la FUGA. BASTANTE SOLUBLE en AGUA. FLOTA. POLIMERIZA por exposicion a la luz, bases, acidos fuertes y temperaturas altas. RIESGO DE EXPLOSION. INCOMPATIBLE con bases, zinc y cadmio. EVITAR exposicion a la luz, chispas, llamas, calor y otras fuentes de ignicion. ATACA a plasticos. Se utiliza en sintesis quimica, como herbicida y como agente antibacteriano. Transporte en estado liquido.			
Estado físico: Líquido		Reacción con el agua: No reacciona			
Toxicidad: Alta		Combustión: Sin importancia			
Corrosividad: Nula		Aumento de la temperatura: Polimeriza			
Inflamabilidad: Alta					
Umbral de olor: 1,8 ppm		IPVS: 2 ppm		3,66 mg/m3	
Límite inferior-superior de inflamabilidad: 2,8 - 31 % vol.		Mínima energía de ignición: 0,13 mJ			
Temperatura de inflamación: -26 °C		Temperatura de autoignición: 220 °C			
Calor de combustión: -6950 kcal/kg		Velocidad de combustión: 3,8 mm/min			
Densidad relativa del líquido (agua=1): 0,8389		Solubilidad en el agua: 20,6 g/100g Bastante soluble			
Densidad relativa del gas (aire=1): 1,9		Solubilidad en otros productos:			
Densidad relativa de la mezcla saturada (aire=1): 1,27		Alcohol, dietil éter, éter de petróleo, acetona.			
Presión de vapor: 214 mmHg Muy volátil		Detección:			
Punto de fusión: -88 °C		Detección en aire por tubos colorimétricos.			
Punto de ebullición: 52,5 °C		Material necesario: tubo colorimétrico y bomba. Tubo colorimétrico para dimetil sulfuro.			
Peso molecular: 44,06 g/mol		Rangos de medida a 20° C y 1 atm/ número de emboladas/ tiempo de medida (minutos)			
Conductividad eléctrica: 1,2E+08 pS/m		De 1 a 15 ppm/20/15			
Otras propiedades:		Comentarios:			
		Factor de conversión a 25° C Presión de vapor a 20° C			

FIGURA 3 (CONT.)

Fichas de intervención ante accidentes con materias peligrosas (Gobierno vasco, 1997)

663	ACROLEINA				
1092	Nº de ficha: <input type="text" value="66"/>	Nº CAS: <input type="text" value="107-02-8"/>	Fórmula: <input type="text" value="C3H4O"/>	<input type="button" value="Ayuda"/>	<input type="button" value="Imprimir"/>



nº 3
Líquidos inflamables



nº 6.1
Tóxicas

Almacenamiento y transporte:

Estado físico del transporte: líquido.
INHIBIDOR: 1% de hidroquinona.

Almacenar en áreas frías, secas, bien ventiladas, alejadas de la radiación solar y de fuentes de calor e ignición.
Almacenar alejado de agentes oxidantes, bases y otras materias incompatibles.
Almacenar en recipientes irrompibles de materiales compatibles.
Cerrar los contenedores herméticamente.
TRASVASE
Emplear contenedores y equipos adecuados para líquidos inflamables (bomba de acero inoxidable y conducciones de EPR).
Para evitar descargas eléctricas, contenedores y conducciones se conectarán entre sí y a tierra.

Clasificación ADR:

6.1.8.a

Frases R(riesgos):

R11	Fácilmente inflamable.
R25	Tóxico por ingestión.
R26	Muy tóxico por inhalación.
R34	Provoca quemaduras.

Frases S(consejos):

S1/2	Consérvese bajo llave y manténgase fuera del alcance de los niños.
S3/9/14	Consérvese en lugar fresco y bien ventilado y lejos de ... (materiales incompatibles, a especificar por el fabricante)
S26	En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico.
S36/37	Usen indumentaria y guantes de protección adecuados.
S36/39	Usen indumentaria adecuada y protección para los ojos/la cara.

FIGURA 4

EPI Suite (Agencia de protección americana, US EPA)

EPI v3.11

File Edit Functions BatchMode ShowStructure Output Fugacity Other Help

Enter SMILES:
000107-02-8

Enter NAME:

Henry LC (atm-m3/mole): Wat Sol (mg/L): MP:

Vap Pr (mm Hg): BP:

Water Depth (meters):	1	River:	1	Log Kow :	10000.0
Wind Velocity (m/sec):	5	Lake:	0.5	Bio P (hr):	10000.0
Current Velocity(m/sec):	1		0.05	Bio A (hr):	10000.0
				Bio S (hr):	10000.0

Output

Summary

Full

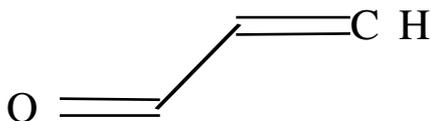


The EPI (Estimation Programs Interface) Suite™ was developed by the EPA's Office of Pollution Prevention Toxics and Syracuse Research Corporation (SRC). Important information on the application of the individual models contained within the EPI Suite™ is included in the EPI Suite™ User's Guide.

© 2000 U.S. Environmental Protection Agency

A continuación se presentan los resultados obtenidos con el programa EPI Suite v.3.10 para la sustancia química acroleína:

SMILES : O=CC=C
 CHEM : 2-Propenal
 CAS NU : 000107-02-8
 MOL FOR : C3 H4 O1
 MOL WT : 56.06



MolWt: 56.06 C3 H4 O1
 000107-02-8 2-Propenal

----- EPI SUMMARY (v3.11) -----

Physical Property Inputs:

Water Solubility (mg/L) :
 Vapor Pressure (mm Hg) :
 Henry LC (atm-m³/mole):
 Log Kow (octanol-water):
 Boiling Point (deg C) :
 Melting Point (deg C) :

Log Octanol-Water Partition Coef (SRC):

Log Kow (KOWWIN v1.67 estimate) = 0.19
Log Kow (Exper. database match) = -0.01
 Exper. Ref: Hansch,C et al. (1995)

Boiling Pt, Melting Pt, Vapor Pressure Estimations (MPBPWIN v1.41):

Boiling Pt (deg C) : 57.87 (Adapted Stein & Brown method)
 Melting Pt (deg C) : -94.61 (Mean or Weighted MP)
 VP(mm Hg,25 deg C): 264 (Mean VP of Antoine & Grain methods)
 MP (exp database) : -87.7 deg C
 BP (exp database) : 52.6 deg C
 VP (exp database) : 2.74E+02 mm Hg at 25 deg C

Water Solubility Estimate from Log Kow (WSKOW v1.41):

Water Solubility at 25 deg C (mg/L): 1.397e+005
 log Kow used: -0.01 (expkow database)
 no-melting pt equation used
 Water Sol (Exper. database match) = 2.12e+005 mg/L (25 deg C)
 Exper. Ref: SEIDELL,A (1941)

Water Sol Estimate from Fragments:

Wat Sol (v1.01 est) = 1.8227e+005 mg/L
 Wat Sol (Exper. database match) = 212000.00
 Exper. Ref: SEIDELL,A (1941)

ECOSAR Class Program (ECOSAR v0.99g):

Class(es) found:
 Aldehydes

Henry's Law Constant (25 deg C) [HENRYWIN v3.10]:

Bond Method : 3.58E-005 atm-m³/mole

Group Method : 1.94E-005 atm-m³/mole

Exper Database: 1.22E-04 atm-m³/mole

Henry's LC [VP/WSol estimate using EPI values]: 1.394E-004 atm-m³/mole

Probability of Rapid Biodegradation (BIOWIN v4.01):

Linear Model : 1.0055

Non-Linear Model : 0.9999

Expert Survey Biodegradation Results:

Ultimate Survey Model: 3.0976 (weeks)

Primary Survey Model : 3.9635 (days)

Readily Biodegradable Probability (MITI Model):

Linear Model : 0.9753

Non-Linear Model : 0.9767

Atmospheric Oxidation (25 deg C) [AopWin v1.91]:

Hydroxyl Radicals Reaction:

OVERALL OH Rate Constant = 25.8200 E-12 cm³/molecule-sec

Half-Life = 0.414 Days (12-hr day; 1.5E6 OH/cm³)

Half-Life = 4.971 Hrs

Ozone Reaction:

OVERALL Ozone Rate Constant = 0.028000 E-17 cm³/molecule-sec

Half-Life = 40.929 Days (at 7E11 mol/cm³)

Soil Adsorption Coefficient (PCKOCWIN v1.66):

Koc : 2.763

Log Koc: 0.441

Aqueous Base/Acid-Catalyzed Hydrolysis (25 deg C) [HYDROWIN v1.67]:

Rate constants can NOT be estimated for this structure!

BCF Estimate from Log Kow (BCFWIN v2.15):

Log BCF = 0.500 (BCF = 3.162)

log Kow used: -0.01 (expkow database)

Volatilization from Water:

Henry LC: 0.000122 atm-m³/mole (Henry experimental database)

Half-Life from Model River: 4.357 hours

Half-Life from Model Lake : 110.3 hours (4.596 days)

Removal In Wastewater Treatment (recommended maximum 99%):

Total removal: 7.57 percent

Total biodegradation: 0.09 percent

Total sludge adsorption: 1.67 percent

Total to Air: 5.81 percent

Level III Fugacity Model:

	Mass Amount (percent)	Half-Life (hr)	Emissions (kg/hr)
Air	4.52	12.7	1000
Water	55.9	360	1000
Soil	39.4	360	1000
Sediment	0.094	1.44e+003	0
Persistence Time: 188 hr			

SISTEMAS DE CONTROL PRIMARIO

De la cantidad de sustancia química involucrada en el escenario accidental, los sistemas de control primario existentes, han sido capaces de retener aproximadamente un 10 por 100 de la *masa total fugada* (66.169 kg).

Los sistemas de control primario en este caso estaban formados por el cubeto de retención del tanque cilíndrico y una serie de drenajes que han sido capaces de retener aproximadamente 6.600 kg de acroleína.

De este modo, la cantidad efectiva implicada en el escenario accidental de la fuga es 59,552 Tm.

TABLA 6

Criterios utilizados para la cantidad efectiva involucrada

Cantidad involucrada en el accidente (Tm)	Puntos
> 500	10
50-500	7
5-49	5
0,5-4,9	3
< 0,5	1

Aplicando los criterios (véase tabla 6) establecidos en la metodología, la puntuación correspondiente es (véase tabla 7):

TABLA 7

Puntuación parcial fuentes de riesgo-cantidad involucrada

Cantidad involucrada	Puntos
59,552 Tm	7

La puntuación parcial de fuentes de riesgo-cantidad involucrada es de siete puntos.

La puntuación del componente fuentes de riesgo será el resultado de introducir las puntuaciones obtenidas dentro del esquema representado por la figura 5.

SISTEMAS DE TRANSPORTE

El establecimiento Seveso II protagonista del escenario accidental se encuentra a orillas de un cauce fluvial que sufre las consecuencias inmediatas del vertido de aproximadamente 59 Tm de acroleína.

La simulación de este vertido requiere de un modelo de dispersión sobre aguas superficiales que relacione la concentración de la sustancia en función de la distancia al origen del punto de vertido.

La figura 6 muestra una modelización topográfica del terreno donde se desarrolla el escenario accidental.

FIGURA 5

Puntuación del componente fuentes de riesgo

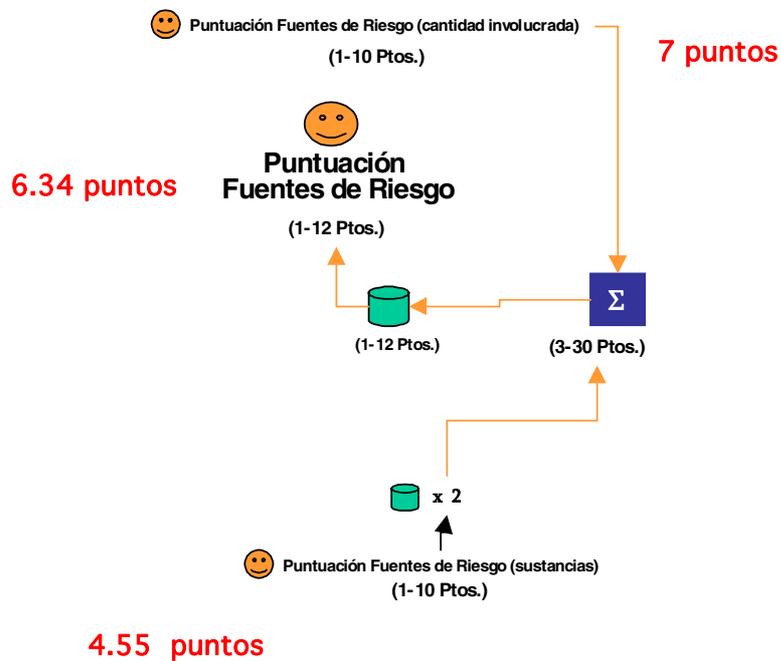
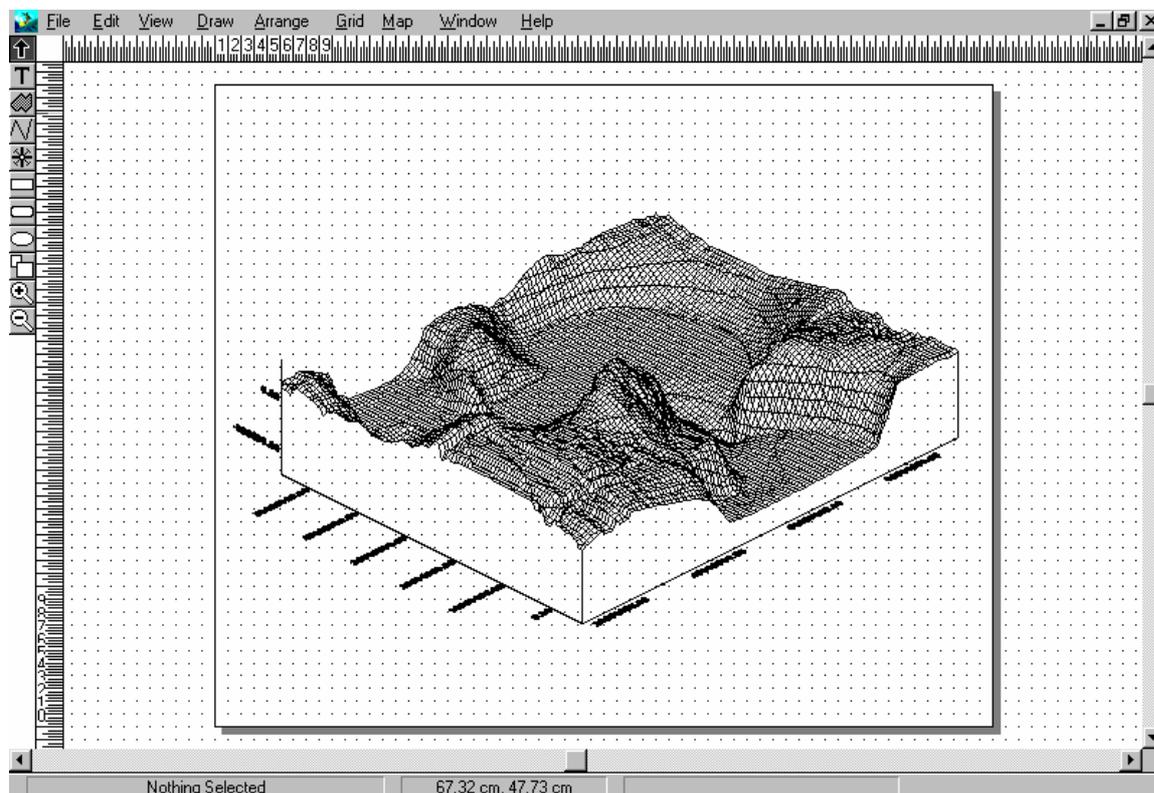


FIGURA 6

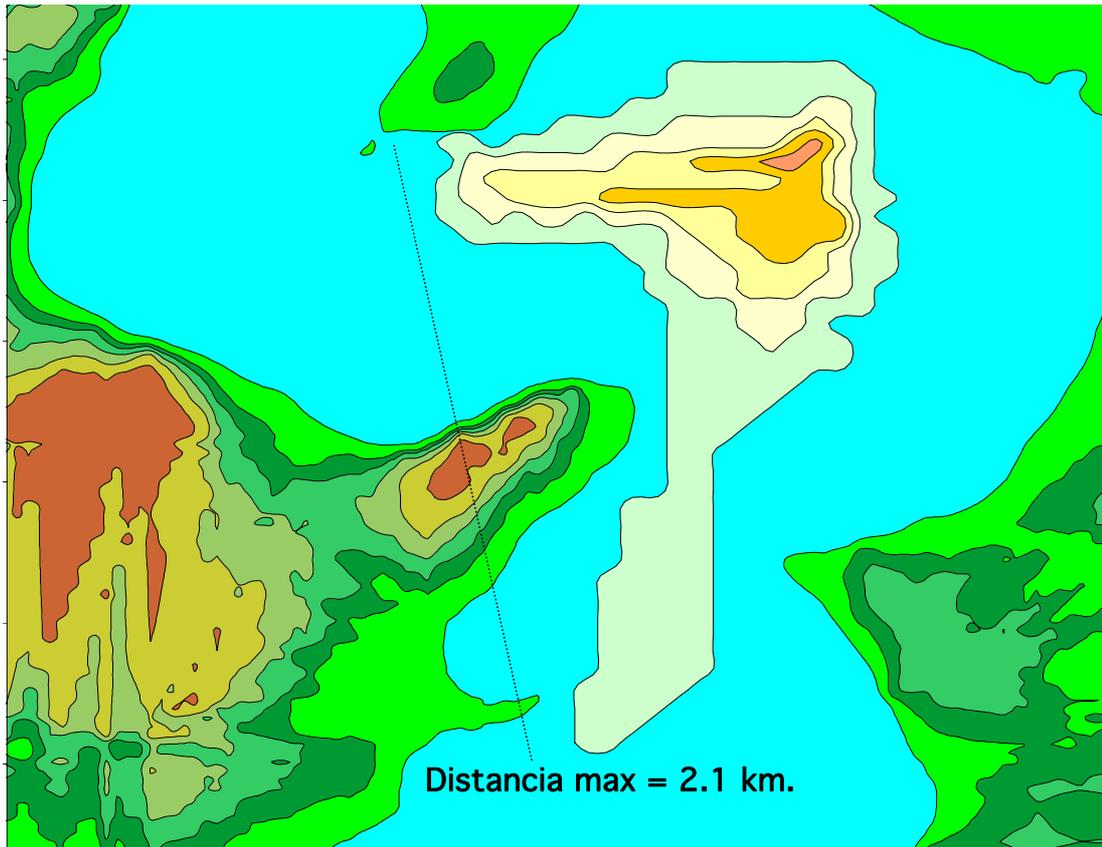
Modelización de la topográfica del terreno



Los resultados ofrecidos por el modelo muestran las diferentes plumas de concentración aguas abajo del punto de vertido (véase figura 7).

FIGURA 7

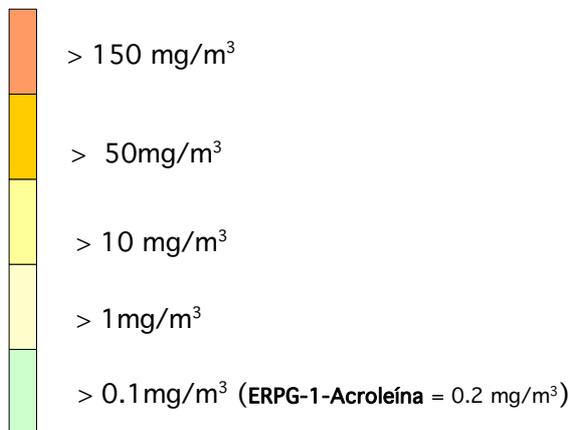
Salida gráfica del modelo (Concentración- mg/m^3 en función distancia -km, $t = 4\text{h}$)



Concentraciones de Acroleína (mg/m^3)



1 km



Con los datos proporcionados por el modelo, la puntuación de sistemas de transporte obtenida siguiendo los criterios de la tabla 8 se sitúa en torno a siete puntos (véase tabla 9).

En este caso se ha considerado una interpolación de tipo logarítmico [$y = a + b \cdot \log_{10}(x)$] al considerarse que la relación extensión-puntuación sistema de transporte no obedece a un criterio lineal.

TABLA 8
Criterios utilizados para el aspecto de extensión del daño

Puntos	Tipo de medio afectado y extensión		
	Medio no acuático (incluyendo aguas subterráneas)	Medio acuático	
		Corrientes de aguas superficiales (ej. río, canal, riachuelo, etc.)	Otros tipos (ej. lago, estanque, delta, estuario, zonas marítimo-costeras)
10	Mayor o igual que 10 hectáreas	Mayor o igual que 10 Km	Mayor o igual que 2 hectáreas
↑ ↓	Relación logarítmica decimal del tipo [$y = a + b \cdot \log_{10}(x)$]		
1	Dentro de los límites del emplazamiento		

TABLA 9
Puntuación sistemas de transporte

Sistemas de transporte (extensión)	Puntos
2,1 km	7

RECEPTORES VULNERABLES

La puntuación asociada a receptores vulnerables requiere de un conocimiento de la zona de influencia, que en gran parte queda recogido en la información básica para la elaboración de planes de emergencia exterior⁵⁰.

En este caso práctico, tras la determinación de las coordenadas UTM del establecimiento, se procede a la solicitud de información a la Dirección General de Conservación de la Naturaleza (Ministerio de Medio Ambiente) sobre la cartografía existente del inventario nacional de hábitat para esas coordenadas UTM (véase tabla 10 y fig. 8).

⁵⁰ Información básica (IBA) mencionada en el artículo 4 del Real Decreto 1196/2003, de 19 de septiembre, por el que se aprueba la Directriz básica de protección civil para el control y planificación ante el riesgo de accidentes graves en los que intervienen sustancias peligrosas

TABLA 10

Extracto del inventario nacional de hábitat. Directiva 92/43 CEE

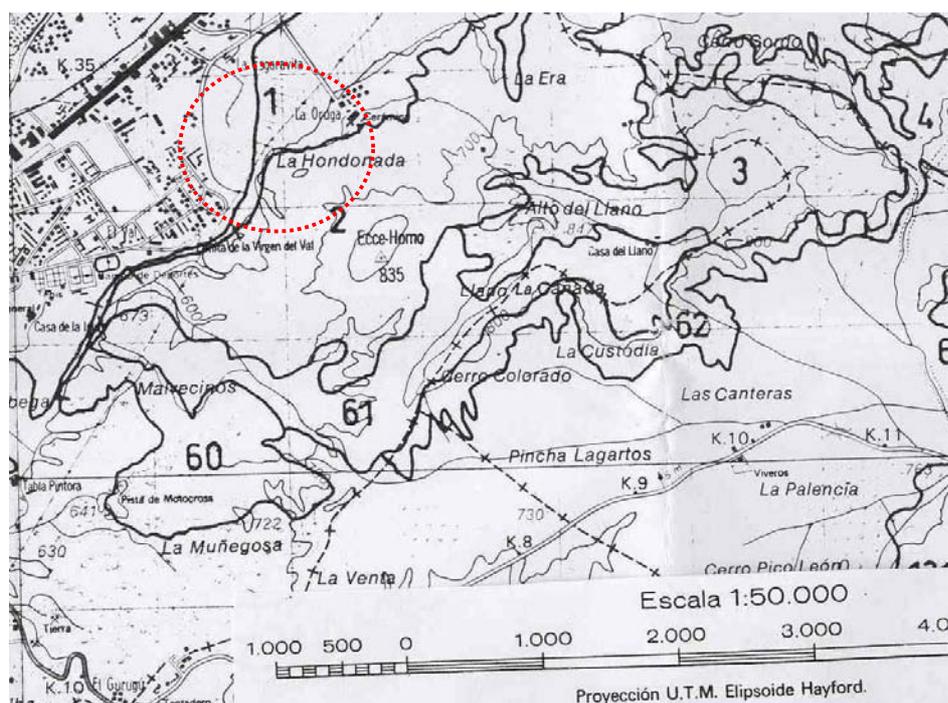
Hoja 1:50000 Servicio Geográfico del Ejército (SGE)

Código	Códigos hábitat	Hábitat	EC	Cobertura — Porcentaje
20220001	82 A 034 (92A0)	+Rubio tinctorum-Populetum albae+ Br.-Bl. & O. Bolòs 1958	3	40
20220001	215050 (3150)	\$Potamion pectinati\$ (W. Koch 1926) Oberdorfer 1957	2	5
20220001	228014 (3280)	+Ranunculo scelerati-Paspaleum paspalodis+ Rivas Goday 1964 corr. Peinado & Bartolomé 1987	2	5
20220001	82D013 (92D0)	+Tamaricetum gallicae+ Br.-Bl. & O. Bolòs 1958	2	10
20220001	82*061 (92A0)	+Salicetum discoloro-angustifoliae+ Rivas-Martínez ex G. López 1976 corr. Alcaraz, Sánchez Gómez, De la Torre, Ríos & Alvarez Rogel 1991	2	10

* Hábitat prioritario. (XXXX) Código Anexo I. \$ Alianza. + Asociación vegetal.
 EC = Estado de conservación, equivalente al índice de naturalidad (3-Excelente, 2-Bueno, 1-Medio).

FIGURA 8

Cartografía existente del inventario nacional de hábitat para las coordenadas UTM del caso práctico



Tras la recepción de la cartografía 1:50000, se comprueba que las coordenadas del establecimiento coinciden con un polígono inventariado (20220001, correspondiente al núm. 1 en la cartografía de la fig. 8) del cual es posible obtener tanto el índice de naturalidad como el tipo de cobertura.

Siguiendo con el desarrollo de la metodología, se escoge el hábitat 82 A 034 (92A0) por ser el de mayor cobertura en el polígono (véase tabla 10).

La puntuación parcial receptores vulnerables obtenida según los criterios (véase tabla 11) utilizados por la metodología es de nueve puntos.

TABLA 11

Criterios utilizados para el componente de receptores vulnerables

Puntuación	Hábitat	Índice de naturalidad	Hábitat prioritario	Observaciones/recomendaciones
1	Código J	–	–	Código J1, Código J3, Código J4, Código J6
2	Hábitat de desarrollos industriales y otros tipos de hábitat (<i>Constructed industrial and other artificial habitats</i>)	–	–	Código J2, Código J5
3	Código I	–	–	Código I2
4	Hábitat agrícolas, hortícolas regular o recientemente cultivados (<i>Regularly or recently cultivated agricultural, horticultural and domestic habitats</i>)	–	–	Código I1
5	Hábitat clasificados dentro del anexo I de la Directiva 92/43/CEE, de hábitat	1	No	–
6		1	Sí	–
7		2	No	–
8		2	Sí	–
9		3	No	–
10		3	Sí	–

A continuación se procede a recopilar la información para todos y cada uno de los factores condicionantes a considerar:

ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS

Previa consulta a la Consejería de Medio Ambiente de la Comunidad Autónoma, se constata la ausencia de espacios naturales protegidos en un radio de 10 km a partir del punto de vertido.

TABLA 12

Δ (%) Factor condicionante espacios naturales protegidos

Factor condicionante espacios naturales protegidos	Δ (%)	
¿Existen espacios naturales protegidos en el área de influencia del escenario accidental?	Sí	30
	No	0

CATEGORÍAS DE PROTECCIÓN DE ESPECIES

Previa consulta a la Consejería de Medio Ambiente de la Comunidad Autónoma, se constata la existencia de las siguientes especies de flora y fauna sometidas a alguna figura de protección:

TABLA 13
Especies de flora y fauna sometidas a figuras de protección

Nombre científico	Nombre común	Ecosistema	Categoría de protección
<i>Glycyrrhiza glabra</i>	Regaliz	Riberas	De interés especial
<i>Culebra viperina</i>	Natrix maura	Riberas y lagunas	De interés especial

De esta forma, la aplicación de este factor quedaría según:

TABLA 14
 Δ (%) Factor condicionante protección de especies

Categoría de protección	Δ (%)
En peligro de extinción	10
Sensibles a la alteración de su hábitat	8
Vulnerables	5
De interés especial	2
Sin categoría de protección	0

PATRIMONIO HISTÓRICO ARTÍSTICO

Previa consulta en la página web de la Dirección General de Bellas Artes y Bienes Culturales (Secretaría de Estado de Cultura, Ministerio de Educación y Ciencia) se constata la existencia de dos bienes inmuebles con la categoría de bien de interés cultural dentro de los límites del municipio situado a 1 km aguas abajo del punto de vertido.

Los bienes de interés cultural son:

- Yacimiento neolítico villa romana del Vado.
- Zona arqueológica de Veracruz.

De esta forma, la aplicación de este factor quedaría según:

TABLA 15
 Δ (%) Factor condicionante patrimonio histórico-artístico

Patrimonio histórico-artístico	Δ (%)
Bienes inmuebles con la categoría de bien de interés cultural	10
Bienes inmuebles con cualquier otro tipo de categoría de protección	5
Ninguna de las anteriores	0

REVERSIBILIDAD DEL DAÑO/RECUPERACIÓN

Se estima que el tiempo de recuperación estimado del río se enmarca dentro de un plazo que oscila entre semanas y un año según datos del programa EPI Suite v.3.10 para la sustancia química acroleína.

Probability of Rapid Biodegradation (BIOWIN v4.01):

Linear Model : 1.0055

Non-Linear Model : 0.9999

Expert Survey Biodegradation Results:

Ultimate Survey Model: 3.0976 (weeks)

Primary Survey Model : 3.9635 (days)

Readily Biodegradable Probability (MITI Model):

Linear Model : 0.9753

Non-Linear Model : 0.9767

De esta forma, la aplicación de este factor quedaría según:

TABLA 16

Δ (%) Factor condicionante reversibilidad del daño/recuperación

Tiempo de recuperación	Años	Δ (%)
Posible daño permanente	50	10
De 5 a 20 años	20	
De 1 a 5 años	5	
De semanas a 1 año	1	5
Días	0,1	

IMPACTO SOCIOECONÓMICO ASOCIADO A LA ALTERACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES

En base a la información básica recopilada para la elaboración de planes de emergencia exterior, se estima que la materialización de este escenario accidental supondría la alteración de las siguientes actividades económicas e infraestructuras:

- Actividad económica agrícola.
- Actividad económica industrial.
- Infraestructuras relacionadas con el suministro de agua y sistemas locales de depuración.

De esta forma, la aplicación de este factor quedaría según:

TABLA 17

Δ (%) Factor condicionante impacto socioeconómico asociado a la alteración de los recursos naturales

Impacto socioeconómico asociado a la alteración de los recursos naturales	Operador lógico	Impacto socioeconómico asociado a la alteración de los recursos naturales	Δ (%)
Alteración de más de una actividad económica recogida en el punto A Alteración significativa de una actividad económica recogida en el punto A	y	Afección a alguno de los tipos de infraestructuras recogidas en el punto B	40
Alteración de más de una actividad económica recogida en el punto A Alteración significativa de una actividad económica recogida en el punto A	o	Afección a alguno de los tipos de infraestructuras recogidas en el punto B	20
Ninguna de las anteriores			0

Con todo lo anterior, la puntuación receptores vulnerables quedaría del siguiente modo:

TABLA 18

Puntuación receptores vulnerables

Puntuación receptores vulnerables	Puntos
Puntuación parcial receptores vulnerables	9
Δ (%) Espacios naturales protegidos	0 %
Δ (%) Categorías de protección de especies	2 %
Δ (%) Patrimonio histórico-artístico	10 %
Δ (%) Reversibilidad daño/recuperación	5 %
Δ (%) Impacto socioeconómico asociado a la alteración de los recursos naturales	40 %
Puntuación receptores vulnerables (Σ)	14,13

El sumatorio de Δ (%) supone un 57 por 100 sobre la puntuación parcial receptores vulnerables (9).

La puntuación para el componente receptores vulnerables será de 14,13 puntos.

VALOR O ÍNDICE DE RIESGO MEDIOAMBIENTAL DEL ESCENARIO ACCIDENTAL

Una vez determinado el índice global de consecuencias (véase figura 9) a través de las puntuaciones asociadas a cada uno de los componentes del sistema de riesgo y sus transformaciones correspondientes, es necesario proceder al cálculo del valor o índice de riesgo medioambiental.

El valor o índice de riesgo medioambiental se obtiene mediante la multiplicación del IGCM y la frecuencia/probabilidad asociada al escenario accidental objeto de estudio (véase tabla 19).

TABLA 19
Resumen de puntuaciones

Componente del sistema de riesgo	Puntuación
Fuentes de riesgo + Sistemas de control primario	6,34
Sistemas de transporte	5,66
Receptores vulnerables	14,13
<i>I.G.C.M. (1-20)</i>	12,88
<i>Probabilidad/Frecuencia</i>	3
<i>Valor o índice de riesgo medioambiental (1-100)</i>	38,64

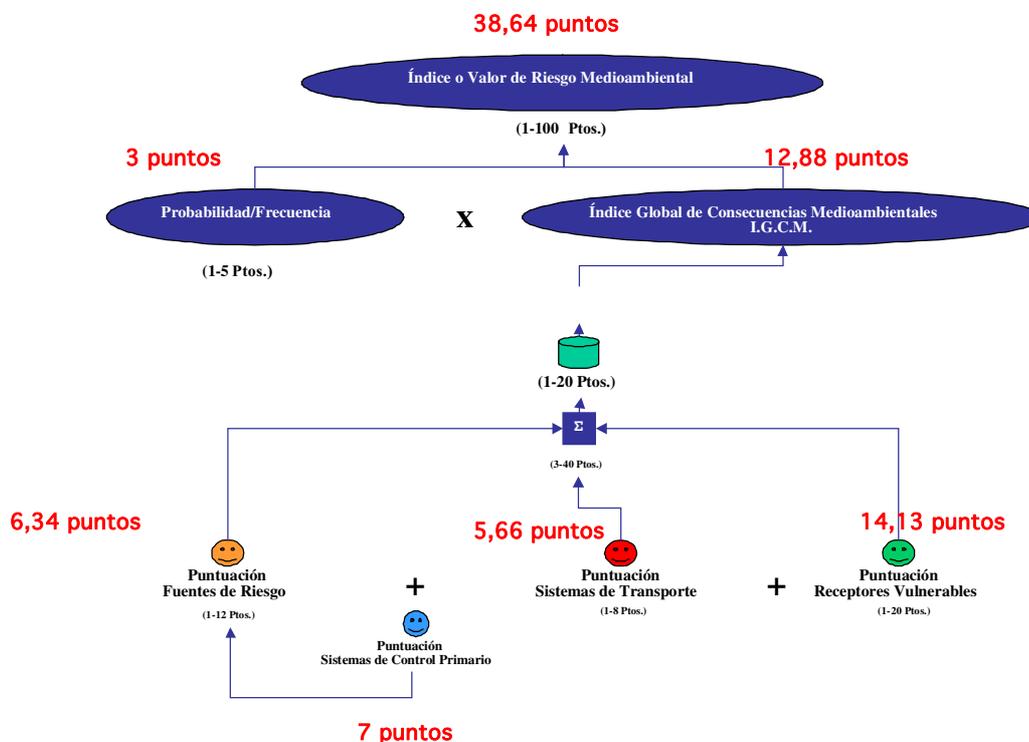
En este caso, al carecer de análisis cuantitativos del riesgo previos en el establecimiento, se ha estimado (utilizando bases de datos sobre accidentes graves) que la frecuencia de un escenario de estas características estaría *entre una vez cada veinticinco años y una vez cada cincuenta años*. Por tanto, el valor de probabilidad/frecuencia adoptado es 3 (véase tabla 20).

TABLA 20
Criterios para el factor frecuencia

Frecuencia	Puntuación
Entre una vez al año y una vez cada 5 años	5
Entre una vez cada 5 años y una vez cada 25 años	4
Entre una vez cada 25 años y una vez cada 50 años	3
Entre una vez cada 50 años y una vez cada 100 años	2
Entre una vez cada 100 años y una vez cada 500 años	1

FIGURA 9

Valor o índice de riesgo medioambiental



CONCLUSIONES

La figura 10 muestra el *escenario accidental estudiado* en el gráfico de evaluación y tolerabilidad del riesgo.

Como se observa en la figura, el valor o índice de riesgo medioambiental se sitúa en la región ALARP (*As low as reasonably practicable*). El riesgo medioambiental delimitado por esta región, pese a ser tolerable, debería ser reducido hasta los niveles más bajos que sea factible, sin incurrir en costes desproporcionados.

Entre las medidas a considerar estarían, entre otras, las encaminadas a:

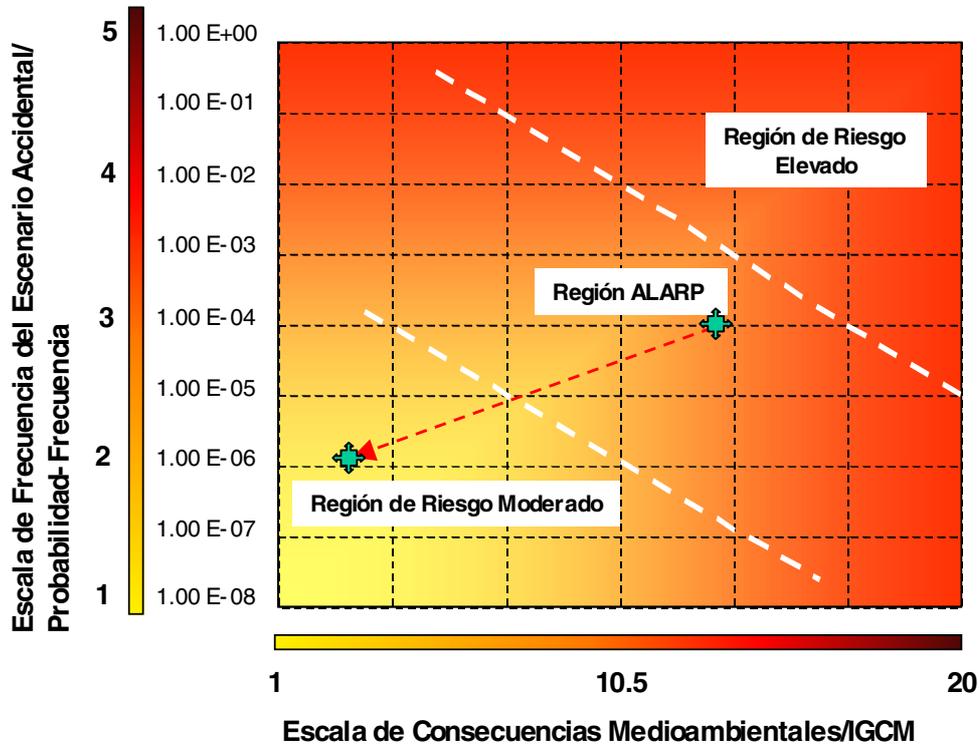
- Reducir la cantidad efectiva de sustancia química involucrada por medio del aumento de la capacidad de retención de cubetos.
- Instalación de una balsa de desastres de 5 m³ de capacidad.
- Aumento de la frecuencia de inspecciones a las que el tanque se ve sometido de cara a disminuir el valor de la probabilidad/frecuencia asociada al escenario accidental.

La tabla 21 muestra las puntuaciones para el mismo escenario y las siguientes condiciones:

- Reducción en un 95 por 100 de la cantidad involucrada en el accidente (cantidad fugada en torno a 3,3 Tm).
- Contención dentro de los límites del establecimiento (hábitat afectado del tipo J1 y afección a la actividad económica industrial).
- Reducción de la frecuencia asociada al escenario a entre una vez cada cincuenta años y una vez cada cien años (frecuencia 2).

FIGURA 10

Evaluación y tolerabilidad del riesgo medioambiental.



La figura 10 muestra el *escenario accidental corregido* en el gráfico de evaluación y tolerabilidad del riesgo.

TABLA 21

Resumen de puntuaciones

Componente del sistema de riesgo	Puntuación
Fuentes de riesgo + Sistemas de control primario	4,71
Sistemas de transporte	1
Receptores vulnerables	1,25
<i>IGCM (1-20)</i>	3,03
<i>Probabilidad/frecuencia</i>	2
<i>Valor o índice de riesgo medioambiental (1-100)</i>	6,06