

Centre d'Estudis de Risc Tecnològic
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Metodologia per a l'Anàlisi de Risc Mediambiental

Guia d'Ús del Full de Càlcul (Juny 2017)

Ignacio Montero Castro

Josep Arnaldos Viger

Índex

1	Introducció	1
2	Esquema general del mètode	2
3	Antecedents	3
4	Definició de successos iniciadors	5
5	Fonts de risc	7
6	Sistemes de Control Primari	10
7	Sistemes de Transport	13
8	Receptors Vulnerables	16
9	Resum de Resultats	18
10	Gestió de les dades	20
	Bibliografia	22

Índex de figures

2.1	Diagrama de blocs del mètode de càlcul proposat.	2
3.1	Estructura general de càlcul de la metodologia.	4

Índex de taules

4.1	Distribució de puntuacions per freqüències.	5
5.1	Equivalències entre frases R i H per substàncies perilloses pel medi ambient.	7
6.1	Sistemes de control primari més comuns en indústries químiques.	12

1. Introducció

Aquest arxiu de càlcul EXCEL permet avaluar el risc mediambiental vinculat amb una instal·lació industrial seguint els requeriments establerts pels Informes de Seguretat de manera senzilla i àgil. El càlcul proposat es basa en una metodologia obtinguda per modificació del plantejament preexistent desenvolupat per la Direcció General de Protecció Civil en 2004 [5], integrant noves propostes de quantificació i organització pels diferents apartats existents.

El present document té com finalitat descriure aquestes noves propostes i les característiques específiques de funcionament de la interfície creada per facilitar el càlcul.

L'estructura que segueix aquest document es basa en els diferents components que el procés de quantificació del risc mediambiental contempla per tractar de caracteritzar l'efecte potencial derivat de l'emissió de substàncies perilloses pel medi ambient. Les parts definides en el full EXCEL són les següents:

- Definició de successos iniciadors: Full on es defineixen les característiques generals dels successos iniciadors existents per la instal·lació industrial sotmesa a l'estudi.
- Fonts de risc: Finestra de caracterització de la substància analitzada en termes de perill pel medi ambient.
- Sistemes de control primari: Finestra de definició dels sistemes existents per tractar de reduir la fuga de contaminant.
- Sistemes de transport: Finestra pel càlcul de les distàncies d'afectació del succés estudiat.
- Receptors vulnerables: Finestra de definició de les característiques del medi afectat.
- Resum de resultats: Full resum dels resultats obtinguts pels diferents successos iniciadors avaluats.

Seguint aquesta estructura organitzada per passos i centralitzada en un únic document EXCEL, el càlcul del risc mediambiental se simplifica notablement i es permet una millora clara en la gestió de les dades generades, a més a més de reduir el temps necessaris per desenvolupar tot el procés.

2. Esquema general del mètode

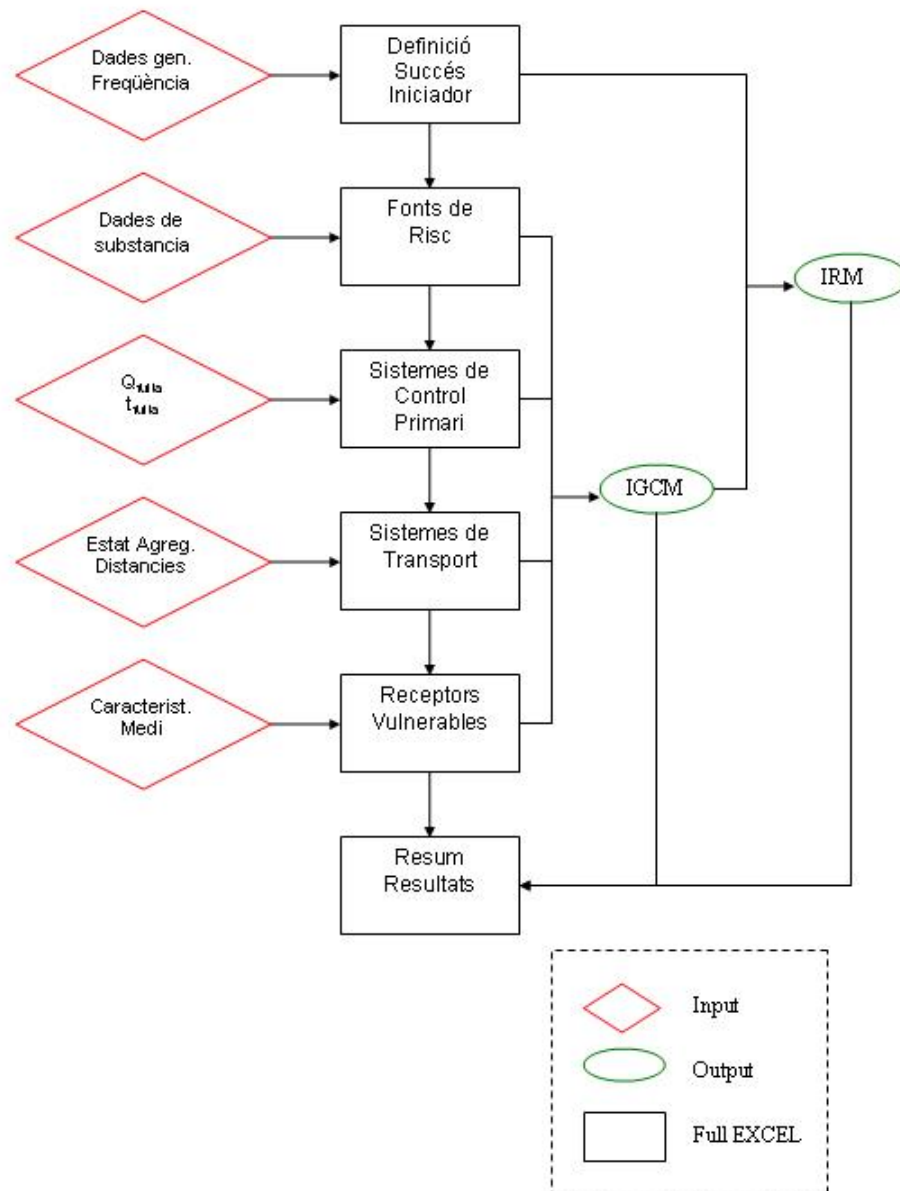


Figura 2.1: Diagrama de blocs del mètode de càlcul proposat.

3. Antecedents

El càlcul desenvolupat en el full EXCEL segueix l'estructura de la metodologia que havia plantejat la Direcció General de Protecció Civil per detallar els càlculs exigits pel Real Decret 1254/1999 [4], transposició a la legislació espanyola del marc normatiu europeu SEVESO [3].

Aquesta metodologia es basa en l'enfocament "Source-Pathway-Receptor", el més utilitzat per aquest tipus de quantificació als diferents estudis europeus. Aquest enfocament identifica tres elements a avaluar si es vol analitzar el risc mediambiental: la font de risc, tant pel que fa a les característiques de les substàncies com a les salvaguardes existents en la instal·lació; el procés de dispersió del contaminant; i el medi receptor, analitzat des del punt de vista natural com socioeconòmic.

En concret, la metodologia defineix cinc apartats i dos indicadors principals per caracteritzar el risc mediambiental: la font de risc, els sistemes de control primari, els sistemes de transport, els receptors vulnerables, amb els que es calcula l'IGCM (*Índex General de Conseqüències Mediambientals*); i la freqüència de l'esdeveniment, que es combina amb l'IGCM per obtenir l'IRM (*Índex de Risc Mediambiental*), seguint la ponderació resumida en la figura 3.1.

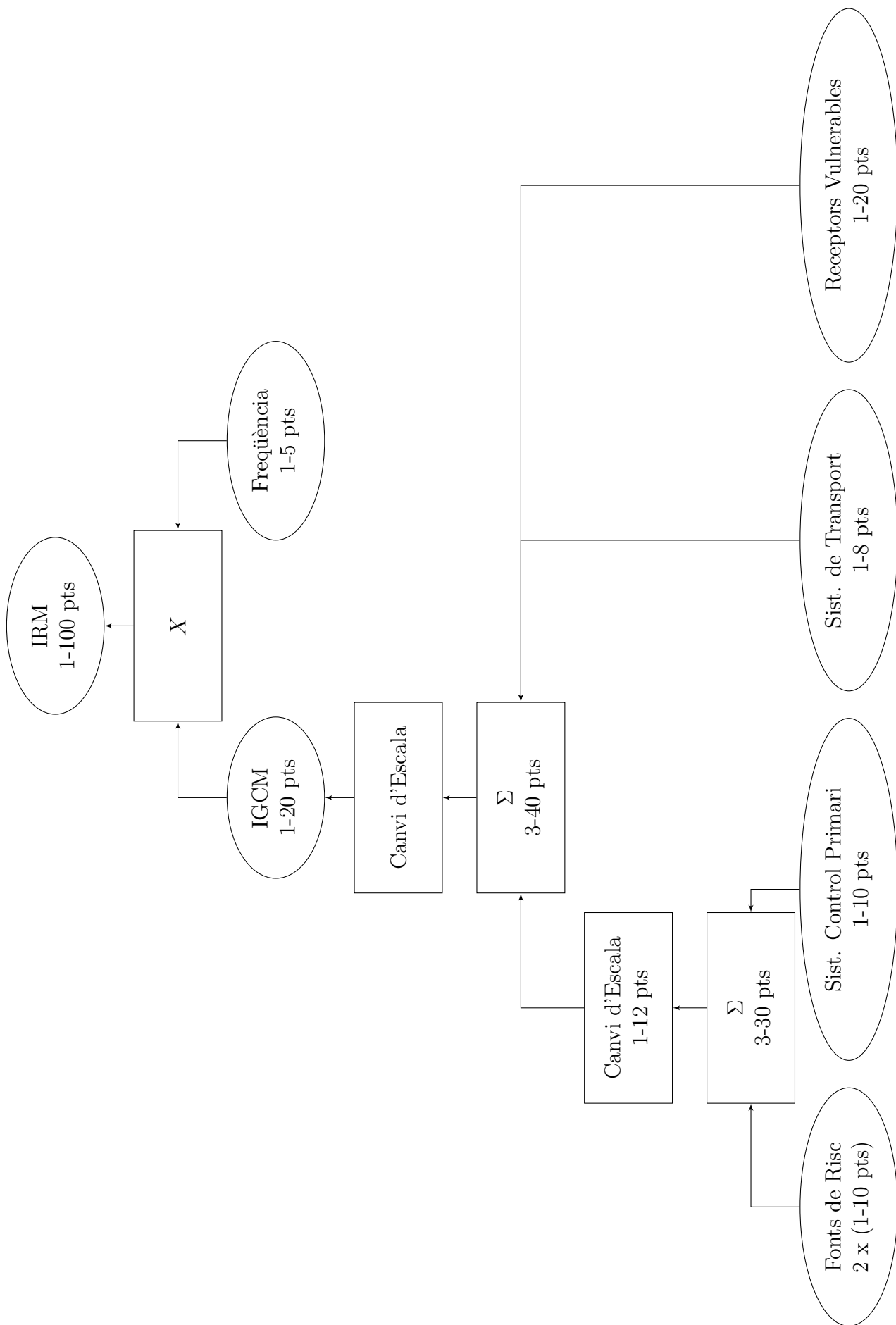


Figura 3.1: Estructura general de càlcul de la metodologia.

4. Definició de successos iniciadors

Descripció de l'operativa

Al full de "Definició de successos iniciadors" s'identifiquen tots els successos iniciadors que s'analitzaran per a la instal·lació industrial sotmesa a estudi. Per tal de definir cadascun d'ells, l'usuari ha d'introduir un nom, un codi identificador i la freqüència característica del tipus de fuga estudiat. Addicionalment existeix la possibilitat d'incloure el procés i la unitat on té lloc l'abocament.

Per a tal de definir aquesta freqüència se selecciona com referència base el plantejament desenvolupat pel TNO holandès, reflectit en detall al Purple Book [12] i resumit al BEVI 3.2 [10], on s'assignen valors de freqüència base pels accidents més comuns en la indústria química, modificables per característiques específiques del succés avaluat en cada cas. Pel cas concret dels recipients mòbils, el càlcul de la freqüència del succés iniciador ha de seguir el procediment indicat a l'Exemple 1 (Trencament total d'un recipient mòbil de propilenimina), desenvolupat a la pàgina 34 de la Instrucció 11/2010 SIE [7].

D'altra banda, la distribució de puntuacions per freqüències que segueix el full de càlcul és el que es mostra a la taula següent:

Taula 4.1: Distribució de puntuacions per freqüències.

Freqüència	Puntuació
$X > 10^{-3}$	5
$10^{-4} < X \leq 10^{-3}$	4
$10^{-6} < X \leq 10^{-4}$	3
$10^{-8} < X \leq 10^{-6}$	2
$X \leq 10^{-8}$	1

Nota: El format dels valors de freqüència ha de seguir notació científica (X , $XE \pm X$).

Dades d'entrada

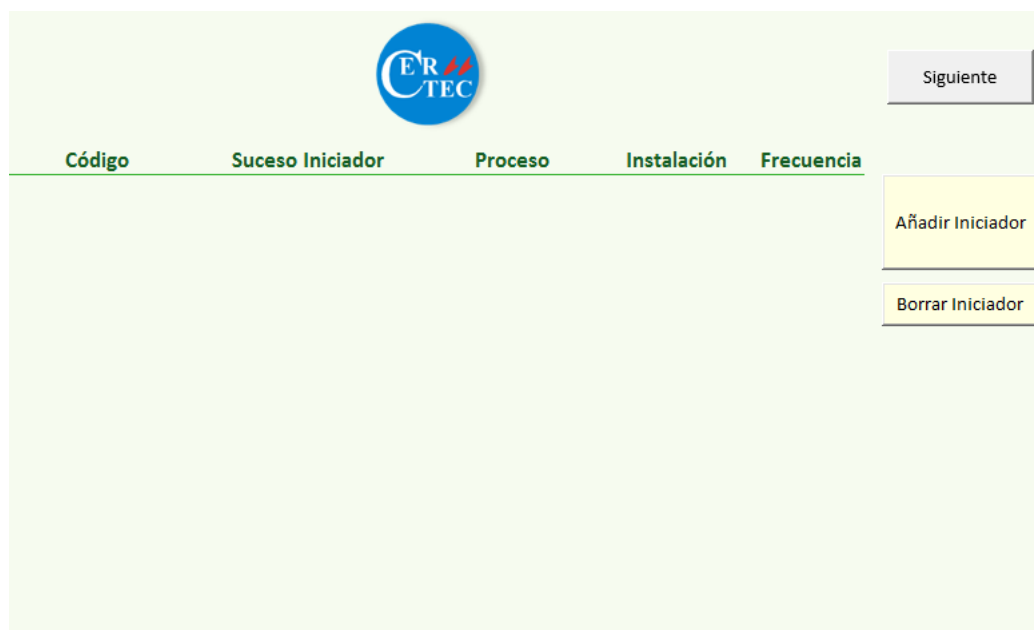
- Codi identificador.

- Nom del succés iniciador.
- Procés.
- Unitat.
- Freqüència.

Connexió amb altres pantalles

Amb la confirmació de cadascun dels successos es genera automàticament un nou full identificat amb el codi afegit. És en aquest full on es desenvoluparan tots els càlculs específics del cas avaluat, millorant l'organització de la informació generada.

Captura de pantalla



5. Fonts de risc

Descripció de l'operativa

En la pestanya de Fonts de Risc es defineix la substància implicada a l'accident estudiat seguint criteris de risc mediambiental. Prioritàriament es quantifica la influència de substàncies incloses al llistat de la directiva 2012/18/UE [14].

En cas de què la substància no estigui inclosa en aquest llistat i hagi constància del seu perill mediambiental, es pot classificar segons cinc paràmetres: toxicitat, amb las seves frases R o H¹ o, en cas de què no tingui, caracteritzant-la amb el seu valor de toxicitat aguda (LC50 o EC50) o fent una estimació qualitativa; volatilitat, avaluat segons el valor del logaritme de la constant d'Henry ($\log H$); bioconcentració, en forma de logaritme del factor de bioconcentració ($\log BCF$)²; adsorció, avaluat amb el logaritme del coeficient de repartiment octanol-aigua ($\log K_{ow}$); i biodegradació (BD).

Taula 5.1: Equivalències entre frases R i H per substàncies perilloses pel medi ambient.

Frase R	Frase H	Puntuació
R50	H400	10
R50/R53	H410	10
-	H401	8
R51/R53	H411	8
-	H402	5
R52/R53	H412	5
R53	H410	5

Adicionalment es defineixen factors correctors pel valor de puntuació derivat de la caracterització de la substància en cas de què hagi barreja de substàncies i/o efectes sinèrgics.

Per facilitar l'estimació d'aquestes propietats, es defineix EPI Suite com software de referència (EPI Suite Webpage).

¹En l'actualitat ens trobem en procés de substitució de les frases R (regulades per les normatives DSD[2]/DPD[13]) per frases H (regulat per la normativa CLP[15]). Aquest arxiu EXCEL treballa amb frases R, però en aquesta guia s'inclou una taula d'equivalències (taula 5.1).

²La bioconcentració mesura la capacitat d'un producte químic d'acumular-se en teixits vius en quantitats per sobre de les existents al medi ambient.

Dades d'entrada

- Nom de la substància.
- Toxicitat
 - Frases R/H.
 - Toxicitat aguda.
 - Estimació qualitativa.
- Volatilitat [$\log H$].
- Bioconcentració [$\log BCF$].
- Adsorció [$\log K_{ow}$].
- Biodegradació (BD).
- Barreja de substàncies.
- Sinergia entre substàncies.

Dades de sortida

- Puntuació de Fonts de Risc.

Connexió amb altres pantalles

Un cop estigui caracteritzat el risc associat a la substància vessada, s'ha d'avaluar la quantitat efectiva involucrada tenint en compte els sistemes de control primari, per després continuar amb l'anàlisi del succés iniciador seleccionat.

Captura de pantalla

Nombre Sustancia:

¿Sustancia incluida en la Parte I del Anexo I de la Directiva 96/82/CE? Sí No

Puntuación:

Otras Sustancias

Toxicidad

Con Frases R

Acuático

No Acuático

Sin Frases R

Toxicidad Aguda

Estimación Toxicidad

Volatilidad (log H)

Bioconcentración (log BFC)

Adsorción (log Kow)

Biodegradación (BD)

Existe Mezcla de Sustancias Existen Efectos Sinérgicos

6. Sistemes de Control Primari

Descripció de l'operativa

La caracterització dels sistemes de control primari serveix per calcular la reducció de la quantitat vessada estimada, amb la que es calcula la puntuació d'aquest apartat, complementant la informació respecte a la font de risc obtinguda al pas anterior.

Els sistemes de control primari contemplats en aquesta metodologia son els més comuns dins d'una instal·lació de la indústria química, classificats en quatre tipus principals de sistemes: de bloqueig, de mitigació activa, de mitigació passiva i de prevenció. Tots els quatre es caracteritzen per una efectivitat per reduir el cabal fugat. A més a més els sistemes de bloqueig i de mitigació activa necessiten afegir dades del temps d'accionament. A la taula 6.1 es indiquen valors genèrics pels sistemes més habituals¹.

Un cop caracteritzada la instal·lació es realitza el càlcul del percentatge de reducció de fuita i, en conseqüència, s'obté la quantitat vessada corregida amb la que es calcula la puntuació final d'aquest apartat. Per fer aquest càlcul s'han de definir el cabal de fuita (Q_f), la densitat de la substància vessada (ρ) i el volum efectiu (V_{ef}) de la unitat afectada. Aquest volum ha de tenir en compte el volum total de la unitat i el grau d'ompliment considerat.

Pel cas de càlculs on estiguin involucrats recipients mòbils, el cabal de fuita es pot assimilar al d'un vessament instantani on la massa total continguda al recipient és alliberada en un període de temps d'un minut.

Dades d'entrada

- Sistemes de control primari existents:
 - Sistemes de bloqueig.
 - Sistemes de mitigació activa.
 - Sistemes de mitigació passiva.
 - Sistemes de prevenció.

¹No s'inclouen dades de temps d'accionament pels sistemes de mitigació activa per la gran dependència que els mateixos tenen en funció de la instal·lació on s'instal·lin.

- Cabal fugat [Q_f].
- Volum efectiu [V_{ef}].
- Densitat (ρ)

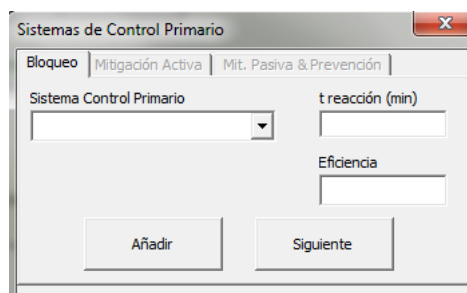
Dades de sortida

- Percentatge de correcció de fuga.
- Quantitat vessada corregida.
- Puntuació de Sistemes de Control Primari.

Connexió amb altres pantalles

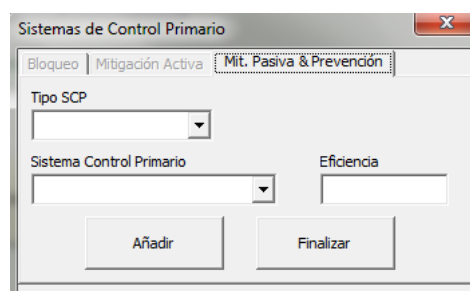
La puntuació de sortida d'aquest apartat s'afegeix a la de l'apartat de Fonts de Risc, representat el 30% del valor final de l'IGCM. A continuació s'han de calcular els altres dos apartats (Sistemes de Transport i Receptors Vulnerables) per definir completament el risc mediambiental del succés iniciador avaluat.

Captura de pantalla



The screenshot shows a window titled "Sistemas de Control Primario" with a close button (X) in the top right corner. The "Mitigación Activa" tab is selected. The window contains the following elements:

- Three tabs: "Bloqueo", "Mitigación Activa", and "Mit. Pasiva & Prevención".
- A dropdown menu labeled "Sistema Control Primario".
- A text input field labeled "t reacción (min)".
- A text input field labeled "Eficiencia".
- Two buttons: "Añadir" and "Siguiente".



The screenshot shows the same window "Sistemas de Control Primario" with the "Mit. Pasiva & Prevención" tab selected. The window contains the following elements:

- Three tabs: "Bloqueo", "Mitigación Activa", and "Mit. Pasiva & Prevención".
- A dropdown menu labeled "Tipo SCP".
- A dropdown menu labeled "Sistema Control Primario".
- A text input field labeled "Eficiencia".
- Two buttons: "Añadir" and "Finalizar".

Taula 6.1: Sistemes de control primari més comuns en indústries químiques.

Sistemes de bloqueig		
Sistema SCP	Efectivitat (η)	t [min]
Automàtic	0,999	2
Control a Distància	0,99	10
Manual	0,99	30
Sistemes de mitigació activa		
Sistema SCP	Efectivitat (η)	t [min]
Sistemes d'espumògen	0,95	-
Sistema de ruixadors	0,90	-
Sistemes contra incendis	0,85	-
Sistemes de ventilació	0,75	-
Discos de ruptura	0,55	-
Equipament d'intervenció	0,50	-
Equipament de contenció i absorció	0,50	-
Sistemes de mitigació passiva		
Sistema SCP	Efectivitat (η_{MP})	
Cubetes de seguretat, reixes de retenció, airejament, zones de pavimentació de contenció, impermeabilització, arquetes, etc.	0,20	
Sistemes de prevenció		
Sistema SCP	Efectivitat (η_P)	
Zones ATEX	0,15	
Inertització del sistema	0,10	
Inst. bombeig y emmagatzematge alternatiu	0,10	
Equipament de protecció	0,05	
Instruccions o proc. operatius establerts	0,05	
Optim. ús de recipients mòbils	0,05	
Minimització de brides i connexions	0,025	
Metodologies d'etiquetatge/identificació	0,025	
Recobriments aïllants	0,025	
Sist. de videovigilància	0,025	

7. Sistemes de Transport

Descripció de l'operativa

Per estimar el transport del contaminant caracteritzat abans es defineixen tres alternatives de dispersió: gas-gas, líquid-líquid i líquid-sòlid. Dins d'aquestes es dona una eina d'estimació per cadascuna d'elles tractant que doni valors de dispersió maximitzats, deixant al criteri del tècnic l'aplicació d'eines de simulació més potents en cas de què es consideri necessari.

Pel que fa a la dispersió gas-gas s'implementa un model gaussià, on els requeriments per a l'usuari es limiten a referir l'estació meteorològica més adequada, seleccionant-la d'un llistat compost per totes les existents en territori català i vinculat amb les dades d'estabilitat meteorològica i velocitat del vent majoritàries. En cas de treballar amb gasos pesats, s'ha de fer servir un software alternatiu per realitzar el càlcul¹.

La dispersió líquid- líquid segueix una estimació molt general, assumint que el contaminant es desplaça unidireccionalment amb el corrent, sense tenir en compte cap altra tipus de dispersió. A tal efecte, s'ha de seleccionar el riu on s'aboca el contaminant per establir la velocitat del corrent.

Per estimar la dispersió líquid-sòlid, generalment molt complexa per la multiplicitat de factors s'han de tenir en compte, s'ha seleccionat la llei de Darcy unidireccional, tractant d'arribar a obtenir resultats ràpids, però suficientment fiables. Es requereixen dades de pendent i del tipus de terreny, amb la qual s'assumeix un valor de conductivitat hidràulica.

La dada de distància al límit d'establiment requerida en tots els models de dispersió es defineix com la distància mínima entre el equip on té lloc la fuga i el límit del establiment industrial estudiat, garantint el criteri de pitjor cas possible quan es calcula el abast d'afectació del vessament.

Dades d'entrada

- Estat d'agregació.

¹En aquesta guia es recomana el programa ALOHA, desenvolupat per l'EPA nord-americana (ALOHA Webpage)

- Distància al límit d'establiment.
- Dades per dispersió gas-gas:
 - Estació meteorològica de referència.
- Dades per dispersió líquid-sòlid:
 - Pendent terreny.
 - Tipus de sòl.
 - Distància a aigües.
- Dades per dispersió líquid-líquid:
 - Riu (classificat per conca hidrogràfica).

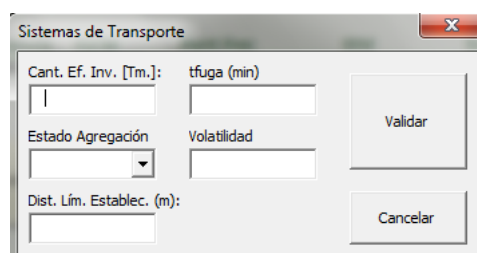
Dades de sortida

- Abast de dispersió estimat.
- Puntuació de Sistemes de Transport.

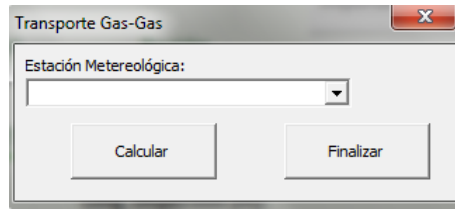
Connexió amb altres pantalles

L'aportació d'aquest apartat al càlcul de l'IGCM és del 20%, passant a la caracterització dels receptors vulnerables per terminar els càlculs requerits pel succés iniciador estudiat i obtenir l'IGCM característic.

Captura de pantalla



La imatge mostra una finestra de diàleg amb el títol "Sistemas de Transporte". A l'interior, hi ha tres camps d'entrada: "Cant. Ef. Inv. [Tm.]" amb el valor "1", "tfuga (min)" amb el valor "1", i "Dist. Lím. Establec. (m)" amb el valor "1". A més, hi ha un menú desplegable "Estado Agregación" i un camp "Volatilidad". A la dreta, hi ha dos botons: "Validar" i "Cancelar".

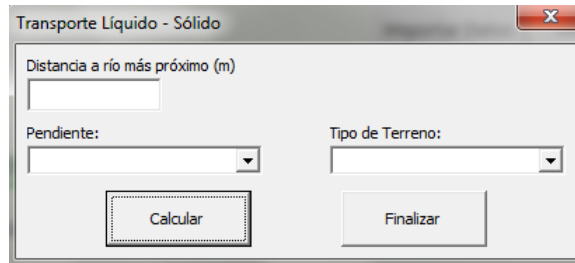


Transporte Gas-Gas

Estación Metereológica:

Calcular Finalizar

This dialog box is titled "Transporte Gas-Gas". It features a dropdown menu labeled "Estación Metereológica:" with a downward arrow. Below the menu are two buttons: "Calcular" and "Finalizar".



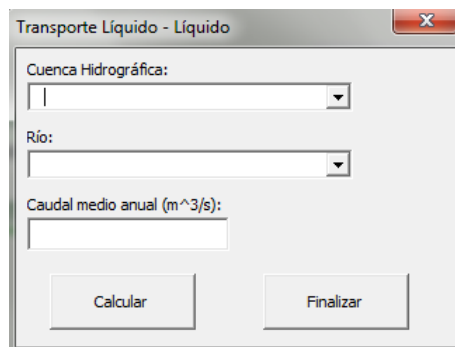
Transporte Líquido - Sólido

Distancia a río más próximo (m)

Pendiente: Tipo de Terreno:

Calcular Finalizar

This dialog box is titled "Transporte Líquido - Sólido". It contains a text input field for "Distancia a río más próximo (m)". Below this are two dropdown menus: "Pendiente:" and "Tipo de Terreno:". At the bottom are two buttons: "Calcular" and "Finalizar".



Transporte Líquido - Líquido

Cuenca Hidrográfica:

Río:

Caudal medio anual (m³/s):

Calcular Finalizar

This dialog box is titled "Transporte Líquido - Líquido". It includes three dropdown menus: "Cuenca Hidrográfica:", "Río:", and "Caudal medio anual (m³/s):". At the bottom are two buttons: "Calcular" and "Finalizar".

8. Receptors Vulnerables

Descripció de l'operativa

En aquest apartat es tracta de caracteritzar el medi que es pot veure afectat pel succés accidental avaluat. Aquesta caracterització es basa en la identificació de la vulnerabilitat del medi, ja sigui fent servir l'annex I de la Directiva 92/43/CEE d'Hàbitat o, en cas de què no estigui inclòs en aquest annex, es fa servir la classificació EUNIS.

A més a més d'aquesta classificació del medi, s'inclouen un grup de factors condicionants per ajudar a caracteritzar en més detall el sistema. El primer d'ells és la presència d'espais naturals protegits, regits per la Llei 42/2007 [1]. El segon avalua la possible presència d'espècies protegides, agafant el nivell de l'espècie amb el perill més alt. El tercer avalua la potencial afectació de patrimoni històric-artístic. Un quart condicionant és la capacitat de reversibilitat del dany/recuperació del medi estudiat, seguint les indicacions de l'estudi 'Environmental Sampling after a Chemical Accident' d'AEA Technology [11]. Per últim, s'avalua l'impacte socioeconòmic d'una potencial alteració del medi natural, identificant les activitats econòmiques i infraestructures existents.

Dades d'entrada

- Criteris de vulnerabilitat:
 - Classificat en Directiva 92/43/CEE d'Hàbitat: índex de naturalitat i consideració d'hàbitat prioritari.
 - Classificació EUNIS.
- Altres factors condicionants:
 - Espais naturals protegits.
 - Protecció d'espècies.
 - Patrimoni històric-artístic.
 - Reversibilitat dany/recuperació.
 - Impacte socioeconòmic: activitat econòmica i infraestructures.

Dades de sortida

- Puntuació de Receptors Vulnerables.

Connexió amb altres pantalles

Aquest és l'últim element necessari per a tal de calcular l'IGCM, representant un pes relatiu del 50%, per a tal de calcular l'IGCM.

Amb tots els quatre apartats complimentats i la freqüència definida, el full calcula el valor d'IRM i defineix la regió de risc que correspongui, podent exportar els resultats obtinguts al full de 'Resum de Resultats' fent servir el botó 'Exportar a resum'.

Captura de pantalla

The screenshot shows a window titled 'Receptores Vulnerables' with two tabs: 'Vulnerabilidad del Medio' and 'Factores Condicionantes'. The 'Factores Condicionantes' tab is active. It contains the following elements:

- A question: '¿Hábitat Clasificado dentro del Anexo I de la Directiva 92/43/CEE de Hábitat?' with radio buttons for 'Sí' and 'No'.
- Two columns for habitat classification:
 - Hábitat Clasificado:** Includes 'Índice de Naturalidad' with radio buttons for 1, 2, and 3, and a checkbox for 'Hábitat prioritario'.
 - Hábitat No Clasificado:** Includes two dropdown menus: 'Hábitat agrícolas, hortícolas regular o recientemente cultivados' and 'Hábitat de desarrollos industriales y otros tipos de hábitat'. A small green icon is visible at the bottom right of this section.
- A 'Siguiete' button at the bottom center.

The screenshot shows the same window as above, but with different options selected in the 'Factores Condicionantes' tab:

- A checkbox for 'Existen Espacios Naturales protegidos en el Área de Influencia' is checked.
- Three dropdown menus are filled with text: 'Categoría de Protección de Especies', 'Patrimonio Histórico Artístico', and 'Reversibilidad Daño/ Recuperación'.
- Under 'Impacto Socioeconómico', two checkboxes are checked:
 - 'Afecta a alguna de las Actividades Económicas.'
 - 'Afecta a alguna de las Infraestructuras.'
- Two buttons are at the bottom: 'Añadir' and 'Finalizar'.

9. Resum de Resultats

Descripció de l'operativa

En aquest full es recull un resum dels resultats obtinguts per tots els successos iniciadors avaluats per una instal·lació, caracteritzats pels seus valors d'IGCM, freqüència i IRM, així com per la regió de risc on es troben.

La regió de risc relaciona el valor d'IGCM amb la freqüència, establint dos rectes que divideixen l'espai en tres regions que avaluen el grau de perillositat del succés iniciador estudiat. La regió de menys risc és la coneguda com zona de risc moderat, on el risc és considerat negligible i els costos potencials per reduir-ho serien massa elevats. La regió intermèdia es coneix com regió ALARP i en ella aplica el concepte desenvolupat per l'HSE britànic [6], on el risc és considerat tolerable, però hauria de ser reduït a valors inferiors sense que s'incorri en costos excessius. La regió de risc més alt és la coneguda com regió de risc elevat, on noves mesures de seguretat son necessàries per tal de reduir el risc.

Connexió amb altres pantalles

Aquest és el full final que serveix per compilar tots els resultats obtinguts als fulls específics de cadascun dels successos iniciadors, facilitant la visió general de l'estat de la instal·lació avaluada pel que fa al risc mediambiental en termes globals.

Captura de pantalla



10. Gestió de les dades

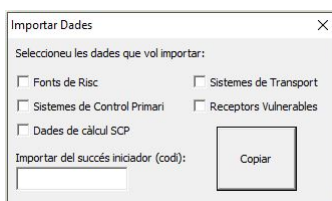
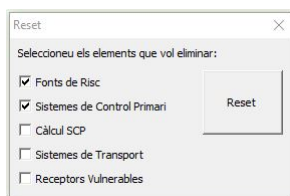
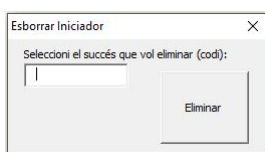
Descripció de l'operativa

Aquest arxiu Excel permet eliminar successos iniciadors un cop han sigut generats mitjançant el botó Esborrar Iniciador del full Definició Successos Iniciadors. S'ha de tenir en compte que aquesta eliminació és definitiva, no podent recuperar la informació afegida.

Per a tal de facilitar la modificació dels successos ja calculats i exportats al "Resum de Resultats", existeix la possibilitat de tornar endarrere amb el botó Anterior i fer servir l'opció de Reset, on es pot eliminar la informació d'alguns dels apartats ja omplerts. Cal tenir en compte que en esborrar algun dels apartats, el succés és eliminat del full de "Resum de Resultats", sent necessari tornar a exportar-lo quan les modificacions s'hagin finalitzat.

Per últim, l'aplicació permet importar apartats de càlcul ja desenvolupats a altres successos iniciadors, havent de seleccionar els apartats concrets a afegir i el codi del succés d'origen d'aquests.

Captura de pantalla



Bibliografía

- [1] Gobierno de España. Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. *Boletín Oficial del Estado* núm. 299, pages 51275–51327. 16
- [2] Consejo de la Comunidad Económica Europea. Directiva 67/548/CEE del Consejo, de 27 de junio de 1967, relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas en materia de clasificación, embalaje y etiquetado de las sustancias peligrosas. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas L 13 Vol. 1*, pages 50–148. 7
- [3] Consejo de la Unión Europea. Directiva 96/82/CE del Consejo, de 9 de diciembre de 1996, relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas L 10*, pages 13–33. 3
- [4] Ministerio de Presidencia. Gobierno de España. Real Decreto 1254/1999, de 16 de julio, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas. *Boletín Oficial del Estado* núm. 172, pages 27167–27180. 3
- [5] Dirección General de Protección Civil. *Metodología para el Análisis de Riesgos Ambientales en el marco de la Directiva Comunitaria 96/82/CE SEVESO II*, 1999. 1
- [6] DETR. *Management of harm to the environment: criteria for the management of unplanned releases*, 1998. 18
- [7] Secretaria d'Indústria i Empresa. Generalitat de Catalunya. *Instrucció 11/2010 SIE. Criteris per l'elaboració i l'avaluació de l'informe de seguretat a prestat pels establiments afectats en nivell alt per la legislació vigent en matèria d'accidents greus.*, 2010. 5
- [8] Health and Safety Executive (HSE). Página web, consultada en febrero de 2015.
- [9] I. Montero-Castro. TAD: Análisis de riesgos de accidentes medioambientales aplicado a la industria, 2014.
- [10] National Institut of Public Health and Environment (RIVM). *BEVI Risk Assessment. Version 3.2.*, 2009. 5

- [11] AEA Technology. Environmental sampling after a chemical accident. Technical report, 1999. 16
- [12] TNO. *Guidelines for Quantitative Risk Assessment ("Purple Book")*. 1st Edition, 1999. 5
- [13] Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. Directiva 1999/45/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 31 de mayo de 1999, sobre la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros relativas a la clasificación, el envasado y el etiquetado de preparados peligrosos. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas L 200*, pages 1–68. 7
- [14] Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. Directiva 2012/18/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 4 de julio de 2012, relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas y por la que se modifica y ulteriormente deroga la Directiva 96/82/CE. *Diario Oficial de Unión Europea L 197*, pages 1–37. 7
- [15] Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. Reglamento(CE) nº 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, y por el que se modifican y derogan las Directivas 67/548/CEE y 1999/45/CE y se modifica el Reglamento (CE) nº 1907/2006. *Diario Oficial de Unión Europea L 353*, pages 1–1355. 7