

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA



**“EVALUACIÓN Y ESTUDIOS DEL RIESGO
AMBIENTAL, ANÁLISIS DE LOS BENEFICIOS DE
LA IMPLEMENTACIÓN DE LA DIRECTRIZ
SEVESO II A LA INDUSTRIA MEXICANA DE ALTO
RIESGO.”**

TESINA POR SEMINARIO DE TITULACIÓN
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO QUÍMICO

ngela PRESENTA:
A. NANNCY TABACO ROMERO

ASESOR: I.Q. ISMAEL CAMPOS RODRÍGUEZ

MÉXICO, D.F.

JUNIO DE 2005

m352037



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES ZARAGOZA**

**JEFATURA DE LA CARRERA
DE INGENIERIA QUIMICA**

OFICIO: FESZ/JCIQ/025/05

ASUNTO: Asignación de Jurado

ALUMNO: TABACO ROMERO ANGELA NANNCY

P r e s e n t e.

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado, la jefatura a mi cargo, ha propuesto a los siguientes sinodales:

PRESIDENTE	I.Q. Francisco Javier Mandujano Ortiz
VOCAL	I.Q. Ismael Campos Rodríguez
SECRETARIO	I.Q. Gonzalo Rafael Coello García
SUPLENTE	M. en C. Néstor Noé López Castillo
SUPLENTE	I.Q. Antonio Zamora Plata

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

A t e n t a m e n t e

“POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU”

México, D.F., 27 de Mayo del 2005.

EL JEFE DE LA CARRERA

M. EN C. ANDRES AQUINO CANCHOLA

AGRADECIMIENTOS

A Dios.

A quien debo todo, por regalarme la vida y darme la oportunidad de ver culminado este sueño en compañía los seres a quien más amo.

A mi padre.

*El señor **Julián Tabaco Ortiz**, a quien admiro y respeto por su dedicación y constancia, gracias papá por confiar en mí y brindarme la oportunidad de salir adelante, sin ti no lo hubiera logrado.*

A mi madre.

*La Señora **Ninfá Romero Vidal**, por el apoyo que me has brindado durante todas las etapas de mi vida, gracias mamá por tus consejos por cuidarme y desvelarte junto conmigo, te estaré siempre agradecida.*

*A mi hermana **Julieta Tabaco Romero**, por ser mi mejor amiga y compartir conmigo tu vida, por tu apoyo y comprensión en los momentos más difíciles, ya que siempre que necesite de ti, estuviste conmigo.*

*A mis hermanos **Emmanuel, Miriam y Juan Luis**; mil gracias por su apoyo, por confiar en mí por ayudarme a salir adelante y por llenar mi vida de alegría.*

*Al **I.Q. Omar Mora Hernández**, a quien amo y admiro, gracias por tu amor y confianza, por apoyarme incondicionalmente y por ayudarme cumplir este sueño.
Te Amo.*

*A mi asesor el **I.Q. Ismael Rodríguez Campos**, ya que gracias a su apoyo y profesionalismo he logrado alcanzar esta meta.*

Con cariño:

A. Nanncy Tabaco Romero



CAPITULO I "EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL"

1.1	Términos y definiciones	1
1.2	El Riesgo Ambiental en una actividad industrial.	3
1.2.1	Causas del riesgo ambiental.	5
1.2.2	Consecuencias del riesgo ambiental.	7
1.3	Evaluación del riesgo ambiental.	10
1.3.1	Análisis de riesgo.	10
1.3.2	Métodos de evaluación del riesgo ambiental.	12
1.3.3	¿Cuándo hacer un A.R.?	13
1.3.4	Proceso general para la evaluación de riesgo.	16
1.4	Descripción de los métodos de evaluación del riesgo ambiental.	17
1.4.1	Métodos cualitativos	17
1.4.1.1	Análisis Histórico de Riesgos (AHR)	17
1.4.1.2	Análisis preliminar de riesgos	18
1.4.1.3	Lista de control	19
1.4.1.4	¿Qué pasa si?	20
1.4.1.5	Análisis HAZOP	21
1.4.1.6	Análisis de modos de fallo, efectos y criticidad FMECA	24
1.4.1.7	Índices Dow/Mond	26
1.4.2	Métodos cuantitativos	27
1.4.2.1	Análisis de árbol de fallos	27
1.5	Análisis de consecuencias	29
1.6	Vulnerabilidad	32
1.6.1	Análisis Probit	36

CAPITULO II**“LEGISLACIÓN EN MATERIA DE RIESGO AMBIENTAL”**

1	Legislación en México	42
1.1.	Legislación en materia de riesgo ambiental.	42
1.2.	Evolución del desarrollo institucional en materia de prevención de riesgos de accidentes químicos.	43
1.3.	los estudios de Riesgo Ambiental	46
1.4.	Fundamentos legales que sustentan la realización de los estudios de riesgo ambiental.	47
1.5	Niveles de estudios de riesgo ambiental	50
1.6.	metodologías de identificación y jerarquización, que se recomiendan utilizar en los estudios de riesgo ambiental	51
2.	Legislación en España	53
2.1.	Legislación europea en materia de Riesgo Ambiental	53
2.2.	Directiva SEVESO II	60
2.3.	Estudios de Seguridad (Estudios de Riesgo Ambiental)	62



CAPITULO III

"APLICACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS DE LA EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL Y REALIZACIÓN DE UN ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL APLICANDO LOS PRINCIPIOS DE LA DIRECTRIZ SEVESO II"

1.	Identificación de peligros de riesgo ambiental	66
1.1	Análisis histórico de accidentes	66
1.2.	Identificación de peligros en relación con las instalaciones y equipos	69
1.3.	Identificación de peligros en función de las sustancias	71
1.4	Peligros para el medio ambiente	76
1.5.	Identificación de peligros mediante lista de comprobación	76
1.6.	Efecto dominó	81
1.7	Cálculo de la vulnerabilidad	83
1.7.1	Vulnerabilidad a los efectos térmicos	84
1.7.2	Vulnerabilidad a los efectos mecánicos	85
1.7.3	Vulnerabilidad hacia los bienes	86
1.7.4	Vulnerabilidad sobre el medio ambiente	87
1.7.4.1	Conclusiones de los efectos sobre el medio ambiente	91
1.8.	Relación de accidentes mayores esperados	92
1.8.1.	Clasificación de accidentes	92
1.9.	Árboles de sucesos	93
1.10	Medidas de prevención, control y mitigación	96
1.11	Procedimientos previstos en el plan de autoprotección	98
1.12	Conclusiones del estudio de Riesgo Ambiental	102

CAPITULO IV

"PROPUESTA DE LA APLICACIÓN DE LA DIRECTIVA SEVESO II EN LA INDUSTRIA MEXICANA DE ALTO RIESGO"

1.	Análisis de los estudios de riesgo ambiental elaborados en México y España	105
2.	Beneficios de la aplicación de la directriz SEVESO II a la industria mexicana de alto riesgo.	106
	Conclusiones	108
	Bibliografía	



Los avances científicos y tecnológicos han aumentado de manera considerable en los últimos años; aunado ello la proliferación de novedosos productos químicos que cuales nos ofrecen un mejor nivel de vida, sin embargo también se han incrementado el número de instalaciones industriales y la generación de nuevos procesos, algunas sustancias químicas involucradas en dichos procesos pueden resultar dañinas a la salud humana y al medio ambiente debido a sus características (corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico infecciosas).

A través del tiempo se han presentado innumerables accidentes industriales, en los cuales intervienen sustancias peligrosas, las cuales han provocado daños catastróficos hacia el entorno.

Debido a la necesidad de frenar dichos accidentes y mitigar los efectos de estas sustancias hacia las personas los bienes y el medio ambiente, se introdujo la **evaluación del riesgo ambiental**, y con ello los estudios de riesgo ambiental. Actualmente en México El Estudio de Riesgo ambiental es obligatoria y de carácter legal, debe presentarse ante la creación o modificación de un nuevo proyecto industrial en el cual intervengan sustancias químicas que se encuentren reportadas en los *listados de actividades altamente riesgosas*, la finalidad de someter los procesos a la evaluación del riesgo es conocer los riesgos potenciales que se pueden presentar durante el diseño, modificación y operación de la planta, actualmente la autoridad dispone de la autorización de los proyectos los cuales debe presentar riesgos aceptables hacia el entorno. Estas son las principales razones que llevaron a la realización del presente trabajo aunado a ello la confusión que existe en la evaluación del riesgo ambiental con el riesgo industrial.

Este trabajo pretende abarcar de manera sencilla los conceptos referentes a los estudios de riesgo ambiental y su evaluación a través del análisis de riesgos conforme a las diferentes metodologías existentes y reconocidas a nivel internacional. También se hace una revisión entre la legislación y los estudios de riesgo ambiental realizados en México y España; se eligió como país de comparación a España por ser uno de los países miembros de la Comunidad Europea, el cual presenta una avanzada legislación para la evaluación del riesgo ambiental. Otro punto importante a señalar es, la aplicación de las metodologías de evaluación de riesgos ambientales en la realización de un Estudio de Riesgo Ambiental, se decidió realizar el estudio bajo los requerimientos de regulación española la cual da un peso relevante hacia el medio ambiente, en México la legislación ambiental vigente carece de este parámetro..

Para finalizar, conocidas las diferencias que existen entre ambos tipos de estudios, se hace un análisis de los beneficios que obtendría la industria mexicana de alto riesgo al evaluar el riesgo ambiental en sus instalaciones siguiendo los principios de la legislación española, en particular de la directiva Seveso II.

CAPITULO I

EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL



¿QUÉ ES EL RIESGO AMBIENTAL EN UNA ACTIVIDAD INDUSTRIAL?

Al transcurso de los años, hemos atravesado por grandes accidentes industriales a nivel mundial, que han provocado pérdidas humanas, daño a bienes como infraestructura y al mismo medio ambiente, estas catástrofes han dejado marcada a la industria química en general, el riesgo ambiental siempre ha estado presente en cada una de ellas, pero ¿Qué es el Riesgo Ambiental?, en este capítulo nos daremos a la tarea de responder esta inquietante incógnita, también conoceremos los diferentes métodos de evaluación del riesgo ambiental.

1.1. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Constantemente, se han desarrollado diferentes términos relacionados a la evaluación del riesgo ambiental, no solo en nuestro país sino a nivel mundial; por lo cual empezaremos incluyendo algunas definiciones de palabras clave, a manera de encaminarlas hacia el enfoque que buscamos definir, el **riesgo ambiental**.

Riesgo. Referido a un accidente, se define como la contingencia de sus consecuencias (o daño). Tiene carácter cuantitativo, siendo su expresión generalizada el producto de la probabilidad de ocurrencia del accidente considerado (absoluta referida a un período de tiempo determinado) por las consecuencias esperadas.

$$\text{Riesgo} = \text{Probabilidad de ocurrencia} \times \text{Probabilidad de exposición} \times \text{Severidad.}$$

De manera muy general, los riesgos de las actividades industriales están clasificados en tres categorías.

- a) **Riesgos convencionales:** Relacionados con la actividad y el equipo existentes en cualquier sector (descarga eléctrica, caídas)
- b) **Riesgos específicos:** Asociados a la utilización o manipulación de productos que, por su naturaleza, pueden ocasionar daños (productos tóxicos o radiactivos)
- c) **Riesgos mayores:** Relacionados con accidente y situaciones excepcionales. Sus consecuencias pueden presentar una especial gravedad ya que la rápida expulsión de productos peligrosos o de energía podría afectar áreas considerables (escape de gases, explosiones).

De estos tres tipos de riesgo, los dos primeros corresponden al tratamiento clásico de la seguridad e higiene en el trabajo, y por su forma de actuar son en general relativamente fáciles de prever. Por el contrario, las características especiales de los riesgos mayores los convierten probablemente en la contingencia más temible.



Actuando con una severidad a veces extrema, estos accidentes pueden tener una característica muy importante: la de ultrapasar los límites de la instalación e incidir sobre la población externa y sobre el medio ambiente. Mas adelante profundizaremos en esta característica.

Accidente mayor: Cualquier suceso, tal como una emisión, fuga, vertido, incendio o explosión, que sea consecuencia de un desarrollo incontrolado de una actividad industrial, que suponga una situación de grave riesgo, catástrofe o calamidad pública inmediata o diferida, para las personas, el medio ambiente y los bienes, bien sea en el interior o exterior de las instalaciones, y en el que estén implicadas una o varias sustancias peligrosas contempladas en las Normas Oficiales Mexicanas.

Actividad industrial: Toda operación en las instalaciones industriales en las que intervengan, o puedan intervenir, una o varias sustancias peligrosas en el sentido de la anterior definición, y en la que se pueda presentar riesgo de accidentes mayores.

Peligro: Fuente o situación con potencial de daño en términos de lesión o daño a la salud, daño a la propiedad, daño al ambiente de trabajo o la combinación de éstos.

Riesgo Ambiental en una actividad industrial: La liberación inesperada de líquidos y gases tóxicos, corrosivos, reactivos, inflamables o explosivos en procesos industriales que involucran sustancias químicas

Sustancias peligrosas: Son aquellas que por su alto índice de inflamabilidad, explosividad, toxicidad, reactividad, corrosividad, radiactividad o acción biológica, pueden ocasionar una acción significativa al medio ambiente a la población o a sus bienes.

Actividades altamente riesgosas: Son aquellas acciones, serie de pasos u operaciones de fabricación industrial, distribución y ventas, en que se encuentran presentes una o más sustancias peligrosas, en cantidades iguales o mayores a su cantidad de reporte, que al ser liberadas pro condiciones anormales de operación o externas, provocarían accidentes.

Cantidad de reporte: cantidad mínima de sustancia peligrosa en producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final existente en una instalación o medios de transporte dados que al ser liberada, por causas naturales o derivadas de la actividad humana, ocasionaría una afectación significativa al ambiente, a la población o a sus bienes.



CAPITULO I

SUSTANCIAS TOXICAS

SUSTANCIA	CANTIDAD DE REPORTE
CLORO	1 kg
CLORURO DE HIDROGENO	1 kg
AMONIACO	10 kg

SUSTANCIAS INFLAMABLES Y EXPLOSIVAS

SUSTANCIA	CANTIDAD DE REPORTE
HIDROGENO	500 kg
OXIDO DE ETILENO	500 kg
GAS L . P .	60,000 kg

1.2. EL RIESGO AMBIENTAL EN UNA ACTIVIDAD INDUSTRIAL

Bajo este enfoque, el **riesgo ambiental** se define como la probabilidad de que ocurra un evento referido a la emisión, escape, vertido, incendio o explosión de sustancias peligrosas involucradas en una actividad industrial, este evento es capaz de producir daños al medio ambiente, las personas y los bienes. Cuando alguno de estos eventos trasciende los límites de instalaciones y afecta adversamente a la población se puede decir trata de un Riesgo Ambiental.

La evaluación de dicho riesgo comprende la determinación de los alcances de los accidentes y la intensidad de los efectos adversos en diferentes radios de afectación.

Se definen brevemente a continuación los términos relativos a los principales eventos que representan un alto grado de riesgo ambiental.

Emisión.

Escape de un producto tóxico o inflamable en forma gaseosa, o bien en forma líquida en condiciones de ser vaporizado, produce una nube de gas la cual se comporta según sea la velocidad del viento. Se pueden clasificar en, instantáneas (soplo), continuas (emisiones prolongadas por el tiempo) y en régimen transitorio (emisiones limitadas en el tiempo y a menudo de caudal variable).

Derrame.

Es el escape de cualquier sustancia líquida o sólida en partículas o mezcla de ambas, de cualquier recipiente que lo contenga, como tuberías, equipos, tanques, camiones cisterna, carros tanque, fugones, etc.

Fuga.

Se presenta cuando hay un cambio de presión debido a rupturas en el recipiente que contenga el material o en la tubería que lo conduzca.



Incendio.

Es la combustión de materiales sus consecuencias pueden llegar a ser temibles ya que la radiación térmica puede afectar a otras partes de la planta y generar nuevos accidentes (explosiones o escapes). Por otra parte, el humo puede, además complicar notablemente la actuación de los equipos de intervención y someterlos a un peligro adicional (intoxicación).

Explosión.

Es la liberación de una cantidad considerable de energía en un lapso de tiempo muy corto (pocos segundos), debido a un impacto fuerte o por reacción química de ciertas sustancias.

Con respecto a la especificación anterior, se han clasificado dos categorías de riesgos ambientales, ellas son:

Categoría 1:

Aquellos accidentes en los que se prevé que habrá, como consecuencia, posibles víctimas y daños materiales en la instalación industrial. Las repercusiones en el exterior se limitan a daños leves o efectos adversos sobre el medio ambiente, en zonas limitadas.

Categoría 2:

Aquellos accidentes en los que se prevé que habrá, como consecuencia, daños materiales o alteraciones graves del medio ambiente en zonas extensas, en el exterior de la instalación industrial.

Son estas características de los riesgos ambientales, las que han contribuido esencialmente a conferir a la industria química una imagen de peligrosidad y han desarrollado un cierto sentimiento de rechazo en la sociedad.

Las actividades industriales capaces de causar un riesgo ambiental se determinan, dependiendo del tipo de proceso que se utiliza, a través del análisis de los productos que se manipulan o almacenan y sus cantidades. Las listas de sustancias clasificadas según este criterio están publicadas en los Listados de Actividades Altamente Riesgosas en los que se establecen las cantidades de reporte que definen a una actividad altamente riesgosa, por el manejo de sustancias tóxicas o inflamables.



Las empresas que pretenden realizar este tipo de actividades, en las que se presente alguna sustancia listada y que rebase sus cantidades límites, tiene la obligación de presentar ante las autoridades competentes, un Estudio de Riesgo Ambiental detallado sobre:

- Sus actividades industriales (información básica)
- Los posibles accidentes que pueden ocurrir y el alcance de sus consecuencias (ER)
- Las medidas de respuesta a las situaciones de emergencia (Planes de Emergencia).

1.2.1. CAUSAS POR LAS QUE SE PUEDEN PRESENTAR RIESGOS AMBIENTALES.

El Riesgo ambiental generado en los procesos industriales, esta ligado íntimamente a tres variables importantes:

1. Presión,
2. Temperatura
3. Volumen de las diversas sustancias peligrosas involucradas en la actividad.

A lo cual se suman otros factores tales como:

- Características del proceso, forma de transporte, diseño de los equipos.
- Condiciones de operación.
- Mantenimiento.
- Sistemas de seguridad
- Capacitación de los operadores

El impacto de los accidentes químicos y sus riesgos para la salud y el ambiente, pueden **reducirse o amplificarse**, en función de las condiciones de vulnerabilidad que prevalezcan alrededor de las actividades industriales riesgosas, entre las que destacan:



- La distancia de las poblaciones respecto de las empresas de alto riesgo o las vías de transporte de materiales peligrosos,
- La densidad poblacional,
- La infraestructura de la que se disponga para mitigar el impacto de los accidentes,
- El conocimiento y preparación de la población para comportarse de manera adecuada para proteger su salud en caso de accidentes.

Por lo cual se deben considerar las siguientes alternativas.

- ✓ Se requiere prever las posibles emisiones tóxicas en caso de accidente.
- ✓ Es necesario contar con infraestructura de laboratorios de análisis para verificar las sustancias peligrosas involucradas en una emisión accidental.
- ✓ El registro de las causas, consecuencias y forma de respuesta a los accidentes es indispensable para corregir fallas y prepararse para futuros eventos similares.
- ✓ Es preciso planear como manejar los materiales contaminados (suelos, cadáveres de animales, etc.) y su forma de disposición final.
- ✓ Los servicios de salud necesitan saber a que tipo de situaciones se pueden enfrentar en caso de accidentes químicos en su vecindad, para dar una atención médica eficaz y oportuna.
- ✓ El descontrol de los asentamientos humanos y su alta densidad cerca de las instalaciones de alto riesgo amplifica la dimensión de las consecuencias de los accidentes.
- ✓ La ignorancia de las poblaciones en riesgo acerca de cómo comportarse en caso de accidente químico aumenta su vulnerabilidad.
- ✓ La falta de políticas adecuadas y de vinculación de políticas de distintos sectores, las deficiencias jurídicas en materia de responsabilidad ante el daño, así como en materia de seguros y garantías, deja en estado de indefensión a la sociedad y pone el peso de la carga de la remediación en los gobiernos.



1.2.2. CONSECUENCIAS DEL RIESGO AMBIENTAL

El manejo inadecuado de las sustancias dentro de las industrias, causan graves alteraciones sobre la salud de las personas, el medio ambiente y desde luego sobre la propia instalación. Las principales consecuencias que se derivan al ocurrir un riesgo ambiental son costosas y en ocasiones irreversibles. La siguiente figura muestra de manera clara esta situación.

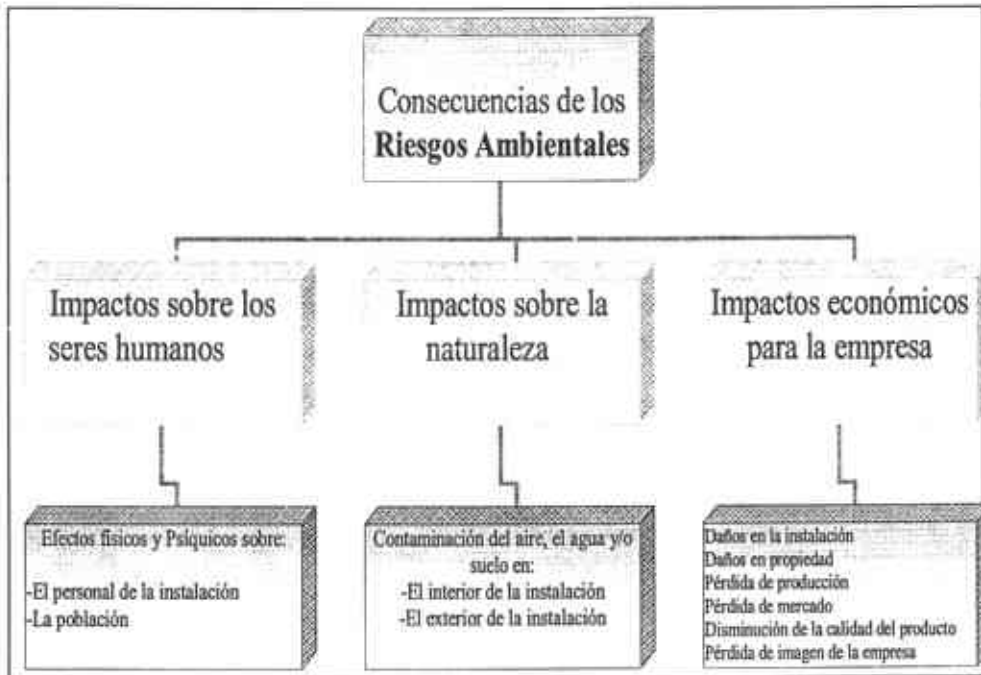


Fig. 1. Diagrama de consecuencias derivadas de accidentes que generan un riesgo ambiental.



Otros efectos que generan los riesgos ambientales están ligados directamente con la planta estos efectos son:

- Costos ambientales
- Costos económicos
- Pérdida de producción
- Pérdida de vidas humanas
- Costo social
- Costo político
- Costo de reparación
- Pérdida de imagen de la empresa

Algunos ejemplos de riesgos ambientales:

- De tipo **térmico**: Radiación térmica
- De tipo **mecánico**: Ondas de presión y proyección de fragmentos.
- De tipo **químico**: Emisión a la atmósfera o vertido incontrolado de sustancias contaminantes tóxicas o muy tóxicas. En la práctica, los estudios de riesgo orientan cálculos para analizar las situaciones de emisión hacia la atmósfera ya que, en este caso, la sustancia tóxica, una vez emitida, es de difícil control, y en pocos minutos puede ser transportada por el viento fuera de la planta y afectar a la población más cercana. En cualquier caso, en el futuro, y a causa de la problemática actual, las situaciones de vertido incontrolado también deberán ser evaluadas.
 - ❖ Vertido en caudales de corrientes naturales: cuando su concentración, 1km más abajo del punto de vertido, sobrepase algunos de los valores de toxicidad aguda que establece la legislación vigente.
 - ❖ Vertidos en lagos: cuando la concentración teórica que resulta de la dilución homogénea y completa de la sustancia en la masa total del agua en un momento determinado, sobrepase las concentraciones de toxicidad crónica previstas para determinadas especies (vertebrados, invertebrados, algas, bacterias).
 - ❖ Vertidos en aguas marinas.
 - ❖ Vertidos en el subsuelo: cuando puedan provocar una filtración o almacenamiento en el medio acuífero, o alterar las características de potabilidad de las aguas subterráneas.



Anteriormente la Industria, no daba ninguna importancia a los efectos ambientales que sus actividades provocaban, lo cual condujo a:

- Agresión mal medida y excesiva
- Rechazo creciente por ciertos sectores sociales hacia las industrias en términos políticos, no técnicos y antieconómicos.

El equilibrio **solidario** entre la industria y el entorno sólo puede recuperarse y optimizarse mediante el planteamiento de los problemas medioambientales y su resolución en términos científicos, técnicos y económicos:

- Ⓢ **Medición del impacto ambiental.**
- Ⓢ **Minimización** de la contaminación en origen: procesos y equipo.
- Ⓢ **Neutralización** de contaminantes: acopio, inertización y vertido controlado: procesos y equipo.
- Ⓢ **Reciclado** de materiales: previsión en los procesos productivos y reaprovechamiento.

Estos aspectos están regulados a través de legislación en materia de Seguridad Industrial, la cual se tratará en el capítulo II.



1.3 EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL.

1.3.1 ANALISIS DE RIESGO

El primer requisito para una evaluación y gestión correctas del riesgo industrial es la identificación de los distintos accidentes que razonablemente pueden producirse en una determinada instalación.

Las técnicas de identificación de peligros no se limitan sólo a la individualización de los accidentes mayores (riesgos ambientales), sino también a la posibilidad de que se produzcan otros incidentes relacionados con el funcionamiento del proceso. Las técnicas de identificación de peligros dan respuesta a las preguntas *¿Qué puede funcionar mal? Y ¿Por qué razón?*, la respuesta a otras cuestiones como *¿Con que frecuencia? Y ¿qué efectos tiene?*, se resuelven con otras técnicas probabilísticas y determinísticas del análisis del riesgo.

En la industria química, los accidentes suelen ser el resultado de condiciones de proceso inadecuadas para las diversas características físicas y químicas de los materiales y las sustancias. Estas condiciones, excepto en el caso de fallos de diseño, suelen ser desviaciones de las condiciones normales de funcionamiento y se presentan como problemas no siempre evidentes desde la experiencia operativa.

El proceso racional de identificación se realiza en dos fases bien diferenciadas: la primera para detectar posibles accidentes, y la segunda para la caracterización de sus causas, o sea, los sucesos o cadenas de suceso que provocan en el incidente no deseado. La primera fase es relativamente sencilla, pero debe realizarse con mucha atención ya que define el desenlace de la segunda.

Asumida de forma racional la existencia de riesgos, es función y obligación de los profesionales implicados en la actividad industrial actuar de las formas siguientes.

- A) Detectar los riesgos
- B) Identificarlos en sus orígenes y consecuencias posibles y probables
- C) Medirlos
- D) Mitigarlos (eliminar o atenuar), reduciendo su frecuencia (probabilidad) y su severidad mediante la prevención en el proyecto y la operación
- E) Compararlos con niveles aceptados
- F) Eliminar o atenuar sus consecuencias

Los métodos para análisis y evaluación de riesgos son una herramienta valiosa para abordar las acciones mencionadas de forma racional, científica y técnica. En su desarrollo deben cumplirse los siguientes objetivos generales:



1. **Compleitud:** que no deje de considerarse ningún riesgo significativo ni ninguna mejora viable. Ello suele requerir de trabajo de grupos multidisciplinarios.
2. **Complementariedad:** incide en el párrafo anterior. Además, deben tenerse en cuenta, de manera coordinada, factores procedentes del equipo material (aparatos, sistemas de control, etc.) y la intervención humana relacionada con la operación del mismo.
3. **Aceptabilidad:** establecer se el equipo y su operación comportan riesgos aceptables o no. En este último caso se deben plantear alternativas aceptables.
4. **Reducción escalonada de riesgos:** una vez establecida la aceptación, se trata de reducir los riesgos medidos por orden de importancia y dentro de los márgenes de viabilidad

Objetivos más concretos de los estudios de riesgo son:

1. Identificar y medir los riesgos que representa una instalación industrial para personas, bienes, servicios y el medio ambiente.
2. Definir riesgos ambientales que sean posibles y con un riesgo (probabilidad x severidad) significativo.
3. Determinar el alcance, en el espacio, de los accidentes citados en B) zonas vulnerables y daños probables
4. Análisis de las causas de los accidentes
5. Discernir la aceptabilidad o no, en términos objetivos, de instalaciones y operaciones propias de la planta que se estudió, así como de su ubicación y distribución en planta.
6. Definir medidas de prevención y protección (activa o pasiva) para evitar la ocurrencia y/o mitigar consecuencias: disminución de la probabilidad y /o la severidad de los accidentes.
7. Cumplir requisitos legales que regulen las actividades industriales desarrolladas, tendentes a los mismos objetivos.

¿Por que hacer un análisis de Riesgo Ambiental?

Las principales causas se enlistan a continuación:

- Conocer de forma objetiva los riesgos de una instalación industrial.
- Comparar los riesgos con las de otras instalaciones similares.
- Desarrollo del plan de emergencias (formación, recursos, actuación).
- Como herramienta en la administración para conocer, controlar y planificar las medidas de protección a la población.
- Cumplir con la Normatividad vigente.



1.3.2. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL

Existen dos tipos de métodos de evaluación de riesgos:

1) Métodos cualitativos

Se trata de técnicas de análisis crítico que no recurren al análisis numérico, su objetivo principal es identificar:

- a) Riesgos
- b) Efectos: incidentes y accidentes cuando se materializan los riesgos.
- c) Causas: orígenes o fuentes de los riesgos.

Emplean diferentes herramientas lógicas y auxiliares. Algunos de ellos establecen estructuras lógicas secuenciales, causas/riesgos/efectos que además de identificar, sirven como base para análisis cuantitativos posteriores por lo que es importante su calidad.

En otros casos el barrido sistemático de causas/riesgos/efectos conduce a detectar parte de los sistemas (de proceso, de instrumentación de equipo, etc.) que, por ser complejas o delicadas, requieren el análisis mediante métodos más penetrantes o más cuantitativos.

Técnicas de análisis Cualitativos

- Análisis histórico de accidentes
- Análisis preliminar de riesgo
- Listados de control (Check list)
- ¿Qué pasa sí? (what if)
- Análisis de peligro y operabilidad (HAZOP)
- Análisis de Modo Falla y Efecto (FMEA) con Árbol de Eventos;

2) Métodos Cuantitativos

Se trata de técnicas de análisis crítico que emplean índices globales del potencial de riesgo estimados a partir de las estadísticas. Estas pueden ser de disposiciones generales o procedentes de la experiencia de las compañías en el diseño y la operación de plantas semejantes a las que se evalúan.



Objetivo de estos métodos:

- 1.- Determinar que secciones de dichas instalaciones deben ser objeto de análisis más profundos
- 2.- Determinar que secciones deben o pueden ser objeto de mejoras

Tipos de técnicas.

- Árbol de Fallas
- Índice Mond
- Índice Dow

1.3.3. ¿CUANDO HACER UN ESTUDIO DE ANÁLISIS DE RIESGO?

Existen diferentes razones por las cuales se debe realizar un estudio de riesgo entre ellas se mencionan las siguientes:

- ✓ En el diseño de una nueva unidad
- ✓ En la investigación de un incidente de pérdida
- ✓ En modificaciones a las unidades existentes (equipos, materia prima, procedimientos de operación, instrumentación, dispositivos de seguridad, ...)
- ✓ Determinación del grado de seguridad de una unidad
- ✓ Después de un periodo de tiempo



	Análisis de seguridad	Lista de verificación	Clasificación de jerarquización	Análisis preliminar de riesgo	Que pasa si ...	Análisis de riesgo y probabilidad	Que pasa si / lista de verificación	Análisis de modo de falla y efectos	Análisis de árbol de fallas	Análisis de árbol de eventos	Análisis de causa - consecuencia	Análisis de confiabilidad humana
Construcción / Inicio	●	●	○	○	●	●	○	○	○	○	○	●
Operación de rutina	●	●	○	○	●	●	●	●	●	●	●	●
Expansión o modificación	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Investigación de accidentes	○	○	○	○	●	●	●	●	●	●	●	●
Desmantelamiento	●	●	○	○	●	●	○	○	○	○	○	○

Fig. 2 Técnicas aplicables a la evaluación de riesgos en un proyecto desde sus inicios.

	Análisis de seguridad	Lista de verificación	Clasificación de jerarquización	Análisis preliminar de riesgo	Que pasa si ...	Análisis de riesgo y probabilidad	Que pasa si / lista de verificación	Análisis de modo de falla y efectos	Análisis de árbol de fallas	Análisis de árbol de eventos	Análisis de causa - consecuencia	Análisis de confiabilidad humana
Investigación y desarrollo	○	○	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○
Diseño conceptual	○	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○
Operación de planta piloto	○	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Ingeniería de detalle	○	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Fig. 3 Técnicas de evaluación de riesgos en las diferentes fases del proyecto.

"EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL"



FES-Z

CAPITULO I

En la siguiente tabla se muestra otra alternativa utilizada para elegir el método de evaluación de Riesgos adecuado, en función de la fase del proceso.

Método	FASE DEL PROCESO	OBJETO	TIPO DE RIESGO	COMPLEJIDAD DEL RIESGO	TIPO DE INFORMACIÓN	TIPO DE COSTO	TIPO DE ESPECIALISTA
EVALUACION RIESGOS	D: Diseño C: Construcción O: Operación	T: Fallos Técnicos P: Procedimiento Operación H: Fallos Humanos C: Consecuencias	QL: Cualitativos QN: Cuantitativos RR: Reducción riesgo	S: Simple M: Medio C: Complejo	G: Globales D: Detallados E: Entrevistas	B: Relativamente bajo M: Medio A: Relativamente alto	P: Especialistas Planta S: Especialista Seguridad
CHEKHLIST	D/C/O	T/P	QL	S/N	G	B	P
REVISIONES SEGURIDAD	D/O	P	QL/RR	S/N/C	D	N/A	P/S
DOW / MOND	D/O	T/C	QL/QN	S/N	G	B	P
ANALISIS PRELIMINAR	D	T/C	QL/RR	S/N/C	G	B	P
WHAT-IF	D/ Arranque	T/P/H/C	QL/RR	S/N	D/E	B/N	P/S
HAZOP	D/O	T/O	QL/RR	N/C	D(*)	A	P/S
EMECA	D/C/O	T	QL	N/C	D	N/A	P
ARBOL FALLOS	D/O	T/H/C	QL/QN	N/C	D D	N/A	S
CAUSAS/CONSECUENCIAS	D/O	T/P/H/C	QL/QN	S/N/C	D	N/A	S
ERRORES HUMANOS	D/C/O	H/C	QL/RR/ QN	N/C	D/E	N/A	S

Tabla 1. Selección de métodos de evaluación de riesgos



FACTORES QUE INFLUYEN EN LA SELECCIÓN DE TÉCNICAS

- ☉ Motivos para la realización del estudio
- ☉ Tipo de resultados requeridos
- ☉ Tipo de información disponible
- ☉ Características del problema de análisis
- ☉ Riesgos detectados asociados con el proceso o actividad
- ☉ Recursos disponibles

1.3.4. PROCESO GENERAL PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGOS

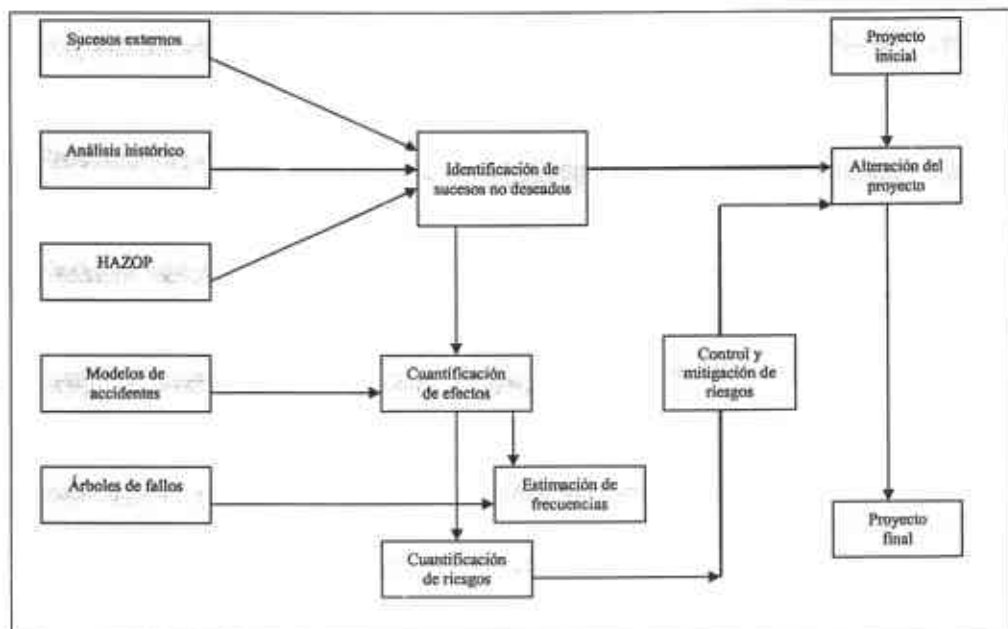


Fig.4 Análisis de riesgo



1.4. DESCRIPCIÓN DE LOS MÉTODOS DE EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL.

1.4.1. MÉTODOS CUALITATIVOS

1.4.1.1. ANÁLISIS HISTÓRICO DE RIESGOS (AHR)

Descripción

Estudia los accidentes descritos en los bancos de datos, considerando sus causas, consecuencias y parámetros, estadísticos simples, extraer conclusiones y recomendaciones. Con estas se pueden tomar medidas preventivas sobre las causas, materiales y operativas, así como medidas de minimización de los efectos.

Entre los bancos de datos actuales más importantes destacan los siguientes:

MHIDAS	Con más de 7.000 accidentes de todo el mundo, comercializado en formato CD ROM (MHID93)
FACTS	Con los 15,000 accidentes más graves de los últimos 60 años, disponible en disquetes.
SONATA	Con un número inferior de accidentes, es menos detallado que el MHIDAS, pero más que el FACTS en aspectos descriptivos.

Objetivos

1. Detectar directamente aquellos elementos de las instalaciones y operaciones que han determinado accidente en el pasado.
2. Estudiar dichos elementos de manera particularmente detallada
3. Proponer medidas concretas que aumenten la funcionalidad de los elementos mencionados en (1) con la reducción correspondiente⁴ del riesgo asociado a los mismos
4. Proponer medidas para mitigar efectos parecidos a los de accidentes ocurridos y estudiados.

Fuentes

Información y datos en bancos de datos.

Informes de incidentes y accidentes dentro de la propia compañía y/o instalación.



CARACTERÍSTICAS

PUNTOS FUERTES (PF)

- 1.- Basado en casos reales
- 2.- Simple y barato
- 3.- Directo a sus causas importantes

PUNTOS DÉBILES (PD)

- 1.- Sólo casos reales más importantes
- 2.- La documentación de los casos incluidos puede ser incompleta
- 3.- Puede haber causas críticas que no se han manifestado en los accidentes estudiados o que no se han detectado.

1.4.1.2. ANÁLISIS PRELIMINAR DE RIESGOS (APR/PHA)

Descripción

Este método se parece mucho al anterior, aunque no hace uso de informes sobre accidentes. Esto es porque no suelen existir cuando se contemplan el desarrollo y el proyecto de procesos y/o equipos nuevos (sin antecedentes).

Objetivos

- Detectar directamente aquellos elementos de las instalaciones y de las operaciones de los que se sospecha la posibilidad de originar riesgo y accidentes.
- Estudiar dichos elementos de manera particularmente detallada
- Proponer medidas concretas que aumenten la fiabilidad de los elementos mencionados en 1) con la reducción correspondiente del riesgo asociado a los mismos
- Proponer medidas para mitigar efectos

PF

1. Simple y barato
2. Directo a causa importantes

PD

1. No es sistemático; puede no considerar algunas causas importantes pero poco aparentes
2. Depende mucho de los conocimientos y experiencia de los ejecutantes
3. Absolutamente cualitativo y desestructurado



1.4.1.3. LISTA DE CONTROL (CHECK LIST)

Descripción

Se utilizan para comprobar cumplimiento con Procedimientos Standard. Es de fácil utilización y puede ser utilizada en cualquier etapa de la planta, particularmente útil para la aplicación por ingenieros no expertos, si bien, la preparación del checklist deberá realizarla un ingeniero experto familiarizado con el funcionamiento de la planta y sea conocedor de los procedimientos.

Una vez realizada las listas deberán auditarse (a Comentarios) y actualizarse

Objetivo

- Identificar peligros simples y asegurar cumplimiento de la Normatividad vigente.

Cuando

En todas las etapas de la planta

Diseño

Rápido y simple identificación de los peligros involucrados y medidas apropiadas respecto a los mismos.

Construcción: Cumplimiento con las especificaciones de diseño.

- Arranque
- Operación: Cumplimiento con Estándares
- Paro

Resultados

Identificación de peligros simples y cumplimientos con Standard (Si/No). Identificación de situaciones que requieren una evaluación detallada.

Naturaleza de resultados:

Cualitativos, Decisiones tipo si/no Cumplimiento

Información necesaria:

Lista de Verificación, Normas y Estándares, y conocimiento de la Planta/Sistema

Medios humanos:

Checklist realizado por expertos. La complementación del mismo puede realizarse por ingenieros. Posteriormente un técnico experto revisará los resultados y decidirá próximas acciones.

Tiempo / costo:

Dada la facilidad de utilización es relativamente rápido.

Es uno de los métodos de identificación de peligros más rápidos y baratos



1.4.1.4. ¿QUE PASA SÍ? (*WHAT IF?*/QPS)

Descripción

Pregunta ¿Qué pasa si.....?

- Las materias primas (cada una de ellas) son de mala calidad?
- Las concentraciones (cada una de ellas) son incorrectas?
- Fallan o se interrumpen las corrientes (cada una de ellas), de materias primas, productos, servicios en el proceso?
- Fallan (cada uno de ellos) los sistemas de instrumentación y control?
- Etc.,

Objetivo

- Detección y análisis cualitativo de las desviaciones, respecto de su comportamiento normal previsto, del proceso y sus variables, dando lugar a sucesos indeseables. También se analizan éstos, así como sus consecuencias adversas y los medios (cambios, modificaciones, prevenciones) destinados a neutralizar o a reducir el riesgo que manifiestan.

Características

PF

- Creativo. Espontáneo e intuitivo
- Variado: considera riesgos de orígenes varios
- Económico en tiempo y medios
- Muy útil para entrenar al personal técnico en la identificación de riesgos
- Eficaz para el análisis cualitativo inicial: proporciona pistas relativas a los asuntos que deben ser objeto de estudios mediante métodos más sofisticados.

PD

- Al ser desestructurado: tensión para dirigir y centrar el debate constantemente hacia los objetivos de cada etapa
- Pueden pasar desapercibidos riesgos ocultos procedentes de causas análogos
- Depende mucho de la experiencia de los integrantes
- Como método único de estudio sólo sirve par instalaciones y procesos muy sencillos



1.4.1.5. ANALISIS HAZOP (HAZARD AND OPERABILITY)

Descripción

Un estudio HAZOP identifica los peligros asociados con la operación del sistema, investigando las desviaciones posibles de la planta de la operación normal. Es muy importante aclarar que un estudio HAZOP no tiene como objetivo encontrar soluciones a los problemas encontrados. Estas se harán si son sencillas y están de acuerdo los miembros del equipo, pero nunca se detendrá el estudio para buscar soluciones complejas. El principal objetivo de un HAZOP es la identificación de peligros.

Aunque el estudio HAZOP fue desarrollado para suplir la experiencia y los códigos y normas cuando aparecía un nuevo diseño o tecnología, su utilización se ha ido ampliando a todas las fases de la vida de la planta.

La metodología HAZOP está basada en el principio de la actuación conjunta de varios expertos en diferentes campos, con el fin de identificar muchos más problemas de los que aparecían, si trabajara desordenadamente.

CONCEPTO

Un HAZOP consiste en revisar la planta en una serie de reuniones durante las cuales un equipo multidisciplinar realiza un "brainstorming" (lluvia de ideas) bajo un método, sobre el diseño de la planta.

La gran ventaja de este método es que genera muchas ideas como resultado de la interacción de las distintas experiencias de los técnicos que forman el Equipo HAZOP.

El líder del equipo realiza inicialmente una identificación de nodos. De cada uno de estos nodos se estudian las desviaciones en los parámetros de proceso, utilizando las palabras - guía. Con esto se asegura que el diseño se explora en todas las vías concebibles. El equipo por tanto debe identificar un gran número de desviaciones, cada una de las cuales serán estudiadas, se identificarán sus causas, sus consecuencias y las acciones a tomar en caso de que éstas no sean problemáticas.

El momento idóneo para realizar un estudio HAZOP es cuando el diseño sea definitivo ya que estará suficientemente definido para trabajar sobre él y posibles cambios de diseño para trabajar sobre él y posibles cambios de diseño derivados del estudio podrán realizarse sin grandes costos. Sin embargo puede realizarse en cualquier fase como por ejemplo para modernizar sistemas de instrumentación y control en plantas antiguas (hay una relación especial entre en estudio HAZOP y el control de la planta).



A grandes rasgos el éxito/fracaso del HAZOP depende de varios factores:

- Información disponible (DTI'S, datos de planta, etc.).
- La elección del equipo.
- La habilidad del equipo.

Se anexa una tabla que contiene palabras guía para el estudio HAZOP

"EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL"



FES-Z

CAPITULO I

PALABRA GUIA	SIGNIFICADO	COMENTARIOS	POSIBLES DESVIACIONES (EJEMPLOS)	POSIBLES CAUSAS	POSIBLES CONSECUENCIAS
NO (NO OR NOT)	Negación de la intención prevista.	Ninguna de las previsiones del diseño se logra.	Ausencia de flujo.	Falla de válvula de control, falla operador, etc.	Calentamiento del motor de la bomba.
MÁS (MORE)	Aumento cuantitativo de lo previsto.	Referido a propiedades cuantitativas como flujo, presión o actividades como transmisión de calor o velocidad de una reacción, etc.	Aumento de temperatura.	Falta del agua de enfriamiento.	Paralización de la bomba.
MENOS (LESS)	Disminución cuantitativa de lo previsto.	Referido a propiedades cuantitativas como flujo, presión o actividades como transmisión de calor o velocidad de una reacción, etc.	Disminución de flujo.	Falla en la conexión de la tubería.	Derrame de material.
ADEMAS DE (AS WELL AS)	Aumento cualitativo.	Se logran todas las previsiones de diseño, pero además ocurren desviaciones adicionales.	Presencia de impurezas.	Falla en el control de calidad de las materias primas.	Envenenamiento del catalizador común.
PARTE DE (PART OF)	Disminución cualitativa.	Sólo se logran parte de las previsiones de diseño.	Cambio en la composición del flujo.	Falla en el control de intertránsito.	Presencia de agua en la reacción.
INVERSO (REVERSE)	Lo opuesto a lo previsto en el diseño.	Aplicable básicamente a actividades como flujo inverso reacción química invertida.	Flujo inverso.	Ausencia de válvulas de retención.	Golpes de ariete, rítmicos.
OTRO QUE (OTHER THAN)	Todo lo que pueda ocurrir fuera de las condiciones de operación.	Ocurrir algo totalmente distinto.	Mantenimiento, paradas, arranques.	Falta de algún equipo, fuga, cambio de catalizador.	Costos de producción, tiempo.

Tabla 2. Tabla de Palabras Guía HAZOP



1.4.1.6. ANALISIS DE MODOS DE FALLO, EFECTOS Y CRITICIDAD FMECA

Descripción

El análisis FMECA es una tabulación de los equipos de la planta / sistema, sus modos de fallo, efecto que acompaña a cada modo de fallo y un ranking de criticidad de todos los modos de fallo. El modo de fallo es una descripción de como falla el equipo (a abierto, a cerrado, arranque, paro fugas, etc.) .El efecto del modo de fallo es la respuesta del sistema o el accidente resultante de fallo.El análisis FMECA normalmente no examina el posible error humano del operador sin embargo los efectos de una operación incorrecta son habitualmente descritos como un modo de fallo del equipo. El análisis FMECA no es efectivo para identificar combinaciones de fallos que den lugar al accidente.

OBJETO

- Identificar los modos de fallo de los equipos / sistemas y los efectos potenciales de cada uno de ellos.

CUANDO

Diseño:

FMECA puede ser utilizado para identificar medidas de protección adicionales que pueden ser incorporadas al diseño.

Construcción: FMECA es válido para evaluar cambios de equipos resultantes de modificaciones en campo.

Operación: FMECA se utiliza para identificar la existencia de simples fallos que puedan generar accidentes.

TIPO DE RESULTADOS

Lista de equipos de planta / sistema, modos de fallo y sus efectos. Esta lista puede ponerse fácilmente al día por modificaciones en la planta / sistema o cambios de diseño.

NATURALEZA DE LOS RESULTADOS

Cualitativos. Ranking relativo de fallos de equipos basados en frecuencias de fallos estimados y / o severidad de los riesgos.

INFORMACION NECESARIA

Lista de equipos / componentes

Manuales de equipos (funcionamiento)

Manuales de operación de la planta / sistema



MEDIOS HUMANOS

Depende fuertemente del tamaño del sistema pero para una evaluación lo ideal es disponer de dos analistas. Es fundamental el perfecto conocimiento del sistema para poder evaluar la evolución del mismo tras el fallo.

TIEMPO / COSTO

De la misma forma que los medios humanos éste depende del tamaño del sistema y el número de ellos. De media a una hora es suficiente para realizar entre 2 y 4 evaluaciones por analista. Para la estimación de tiempos es importante conocer las similitudes entre los distintos sistemas ya que lógicamente se reduce el trabajo.

FORMATO TIPICO DE ANALISIS FMECA

Fecha _____
Planta _____
Sistema _____

Pág. _____ de _____
Referencia _____

ITEM	IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCION	MODO FALLO	EFECTOS	CRITICIDAD



1.4.1.7. INDICES DOW/MOND

Descripción

Los índices Dow/Mond son un útil método que proporciona un ranking relativo de los riesgos inherentes a la planta en cuestión. Ambos métodos están basados en la idea de asignar penalizaciones y bonificaciones según las características de la planta. Las penalizaciones se asignan a condiciones de la unidad/planta que puede contribuir a la aparición de un accidente: características de la reacción, severidad de parámetros de operación: P, T, cantidad de producto involucrado, efectos dominó, etc. Las bonificaciones se asignan a las características de la unidad que puedan mitigar los posibles accidentes: condiciones de seguridad de la unidad: Sistema de emergencia, control, contención, protección contra incendios, etc.

Objetivo

- Proporcionar un ranking de unidades en función del índice de riesgo obtenido.

En etapas de diseño (para identificar áreas vulnerables y medidas de protección) y en operación.

RESULTADOS:

Ranking de las unidades de la planta basada en el Índice de Riesgo.

NATURALEZA DE LOS RESULTADOS:

Cuantitativos en cuanto a Ranking además de cualitativos en cuanto a deficiencias de la unidad y tipología de los accidentes.

INFORMACIÓN NECESARIA:

Conocimientos precisos de las condiciones de operación de la unidad. Además hay que conocer perfectamente los métodos así como los gráficos, tablas y fórmulas disponibles. (Manuales de usuario).

EQUIPO HUMANO:

Es necesario un ingeniero familiarizado con la química del proceso. Es importante que todas las unidades que vayan a formar parte del Ranking final estén evaluados por el mismo técnico.

TIEMPO / COSTO:

Depende del número de unidades escogidas para la evaluación. La evaluación de cada unidad conlleva entre uno y tres días dependiendo de la información recibida.



1.4.2. MÉTODOS CUANTITATIVOS

1.4.2.1. ANALISIS DE ARBOL DE FALLOS (FTA)

Descripción

El análisis del árbol de fallos (o errores) es una técnica deductiva que fija un particular suceso / accidente y a partir del mismo el analista va identificando sus causas. El FTA por tanto es un análisis gráfico que representa las combinaciones de fallos de equipos / errores etc. que pueden dar como resultado el “top event”.

La potencia del método como herramienta cuantitativa está en permitir al analista dar directrices de medidas preventivas para evitar el accidente.

Objetivo

- Identificar combinaciones de fallos de equipo y errores humanos que pueden dar como resultado el accidente.

CUANDO

Se puede utilizar tanto en la etapa de diseño como en operación.

TIPO DE RESULTADOS

Relación de combinación de fallos / errores que puede originar el accidente. Aunque el resultado es cualitativo presenta la posibilidad de utilizar como evaluación cuantitativa (datos de tasas de fallo).

INFORMACION REQUERIDA

Se debe de tener una descripción del sistema y conocimiento de fallo y efectos. Esta información puede obtenerse con un análisis HAZOP o FMECA previos.

MEDIOS HUMANOS

En general un analista será responsable de la construcción de un solo árbol de fallos complejos, es aconsejable la creación de un equipo asignado a cada miembro de una parte del mismo y la coordinación entre ellos a un experto en el tema.

TIEMPO / COSTO

Depende de la complejidad del sistema. Para dar una idea, una unidad de proceso puede llevar 1 día para cada árbol de fallos. Para sistemas complejos semanas, incluso para un equipo de experiencia.



SIMBOLOS LOGICOS FTA

	Puerta O :	A ocurre si ocurre B ó C
	Puerta Y :	A ocurre si ocurre B y C
	Puerta inhibit :	El problema se produce en el salida si se da un problema en el entrada y se satisface la Condición de inhibición.
	puerta DELAY :	El suceso se produce en la salida cuando también se ha dado un problema en la entrada y ha pasado el tiempo de demora especificado.
	Suceso BÁSICO :	Fallo básico que no requiere más desarrollo.
	Suceso INTERMEDIO :	Representa un error producto de la interrelación de otros errores anteriores a través de las puertas lógicas.
	suceso NÓ DESARROLLADO :	Suceso no desarrollado bien por falta de información, bien por consecuencias poco importantes.
	Símbolo TRANSFERENCIA :	Pasa a otro esquema.



1.5. ANALISIS DE CONSECUENCIAS

La elaboración de un análisis de consecuencias consiste en la evaluación de las magnitudes de los fenómenos peligrosos que pueden provocar los accidentes susceptibles de ocurrir en la instalación considerada, determinando cuándo y dónde los elementos vulnerables situados en el ámbito territorial con posibilidad de ser afectado, están sometidos a dosis de dichas magnitudes superiores a ciertos niveles umbral.

La metodología para la evaluación de consecuencias consistirá pues, en el análisis, mediante modelos matemáticos, de los fenómenos antes enumerados; es decir, tomando como origen las fugas de sustancias peligrosas, en su expresión más general (incluyendo estallidos), y su evolución según sus características y el entorno y circunstancias concretas de la instalación: concatenando, en el caso de sustancias inflamables, dichas fugas con los fenómenos de incendio o explosión.

Los modelos que actualmente se utilizan para la evaluación de consecuencias, son entre otros, los siguientes:

PHAST
TRACE
SCRI
ARCHIE
SPILL
ALPHA
TSCREEN

La figura 4 muestra las etapas del cálculo de los fenómenos peligrosos debido a un escape de un fluido peligroso o al estallido de un contenedor. Para cada una de las etapas de la evolución de la fuga se puede elaborar un modelo independiente. De esta forma, empleando los modelos secuencialmente, es posible la simulación numérica completa hasta sus últimas consecuencias, de un accidente debido a una sustancia peligrosa.

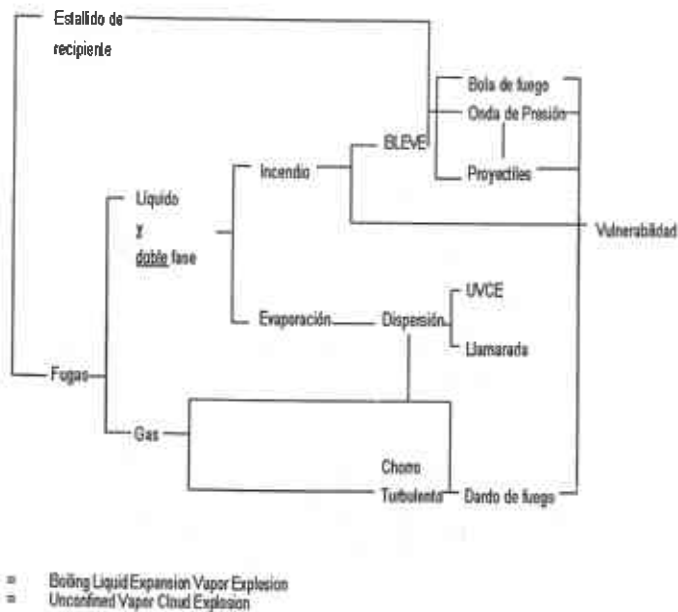


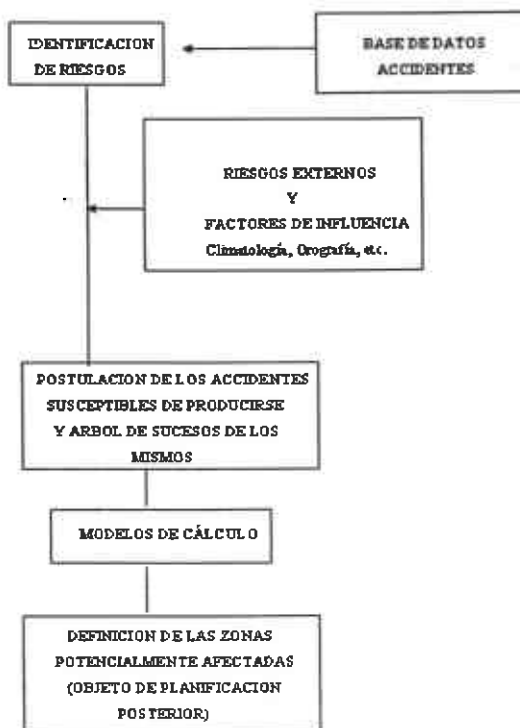
Figura 4. Etapas del cálculo de los fenómenos peligrosos debido a un escape de un fluido.



Los modelos precisos, correspondientes a cada tipo de fenómeno que puede darse durante un accidente, son:

- a) Fugas.
- b) Extensión y evaporación de líquidos.
- c) Difusión y transporte atmosférico.
- d) Incendios.
- e) Explosiones.
- f) proyectiles.

Sin embargo, para obtener resultados válidos, estos modelos se han de utilizar dentro de un contexto como el indicado en la figura 5, que asegure que los cálculos se ajustarán razonablemente a la realidad y que se han tenido en cuenta todos los elementos y factores que intervienen en el problema concreto.





1.6. VULNERABILIDAD

Una vez conocidos los efectos de un accidente -radiación térmica, onda de choque, evolución de la concentración de una sustancia tóxica- debemos conocer sus consecuencias; es decir, debemos realizar una estimación de lo que pasará cuando estos efectos actúen sobre las personas, el medio ambiente o sobre los edificios, equipo, etc. Esta estimación puede realizarse mediante una serie de datos tabulados y gráficos, o mediante los denominados modelos de vulnerabilidad.

Los diferentes tipos de accidentes a considerar pueden producir los siguientes fenómenos peligrosos para personas, bienes y medio ambiente:

1. De tipo químico: Fuga o vertido incontrolado de sustancias tóxicas
2. De tipo térmico: Radiación térmica
3. De tipo mecánico: Ondas de presión y proyectiles.

a) EFECTOS CAUSADOS POR SUSTANCIAS TÓXICAS

La vulnerabilidad de las personas a la inhalación de sustancias tóxicas está relacionada con la naturaleza de la sustancia y su dosis o, sea, depende de la concentración y del tiempo durante el cual la sustancia es inhalada.

b) EFECTOS CAUSADOS POR RADIACIÓN TÉRMICA

Estos fenómenos se originan por la inflamación de sustancias combustibles, produciendo llama (estacionaria como jet fires y pool fires o progresivas como bola de fuego) generando, por tanto, radiación térmica en el entorno.

Si la materia sobre la que incide un flujo de radiación térmica no puede disiparlo a la misma velocidad que lo recibe, se provoca en la misma un aumento de temperatura.

Las consecuencias de la radiación térmica sobre la piel son las quemaduras, cuya gravedad depende de la intensidad de la radiación (kw m^{-2}) y de la dosis recibida. Según sea su profundidad, los daños causados se muestran en la siguiente tabla.



RADIACION TERMICA (kW/m ²)	EFFECTOS OBSERVADOS
37.5	Suficiente para causar daño a equipos de proceso
25	Energía mínima requerida para quemar la madera sin presencia de flama
12.5	Energía mínima requerida para quemar la madera mediante la presencia de flama
9.5	Se alcanza el limite umbral de dolor después de 8 segundos. Quemaduras de segundo grado después de una exposición de 20 segundos.
4	Suficiente para causar dolor en personas si no se alcanza a cubrir en un lapso de 20 segundos pudiendo probablemente originar ampollas en la piel (quemaduras de segundo grado)
1.6	Radiación tolerable sin sensación de incomodidad durante periodos de tiempo relativamente prolongados
1.0	Intensidad de radiación que recibimos procedente del sol

Tabla 3. Efectos de la radiación térmica.

• EVALUACIÓN DE LA RADIACIÓN TÉRMICA

Objetivos:

- * Estimar daños a personas y objetos
- * Estimar distancias de seguridad
- * Evaluar necesidades de agua de refrigeración
- * Comprobar resistencias de materiales e instalaciones de emergencia

La radiación térmica depende de:

- * Condiciones atmosféricas (temperatura ambiente, humedad relativa)
- * Geometría de la flama (diámetro, altura e inclinación)
- * Características físico químicas del producto incendiado



c) EFECTOS CAUSADOS POR SOBREPRESIONES

Los daños causados por las explosiones pueden clasificarse en dos grupos:

- Daños directos debidos a la sobrepresión
- Daños indirectos:
 - Debidos a fragmentos
 - Debidos al desplazamiento del cuerpo
 - Debidos al hundimiento de viviendas

La siguiente tabla muestra los daños causados por sobrepresión.

Sobrepresión (psi)	Tipo de daño
0.03	Rotura ocasional de cristales grandes sometidos a tensiones.
0.04	Ruido fuerte. Rotura de cristales por onda sonora.
0.1	Rotura de cristales pequeños sometidos a tensión
0.3	Límite de proyectiles, 95% de probabilidades de no sufrir daños importantes. Daños menores a techos de casas. Rotura del 10% de los cristales.
0.5-1.0	Destrucción de ventanas, con daño a los marcos.
0.7	Daños estructurales menores en las casas.
1.0	Demolición parcial de casas, que quedan inhabitables.
1-2	Fallo de paneles y mamparas de madera, aluminio, etc.
2	Colapso parcial de paredes y techos de casas.
2-3	Destrucción de paredes de cemento de 20 a 30 cm. de grosor.
2.4	Umbral (1%) de ruptura de tímpano.
2.5	Destrucción del 50% de la obra de ladrillo en edificaciones. Distorsiones en estructuras de acero.
3-4	Ruptura de tanques de almacenamiento.
5-7	Destrucción prácticamente completa de casas.
7	Vuelcan vagones de tren cargados.
7-8	Rotura de paredes de ladrillo de 20 a 30 cm. de grosor.
10	Probable destrucción total de edificios. Máquinas pesadas (3,500 Kg) desplazadas y fuertemente dañadas.
12.2	90% de probabilidad de ruptura de tímpano.
14.5	Umbral 1% de probabilidad de muerte por hemorragia pulmonar.
25.5	90% de probabilidad de muerte por hemorragia pulmonar.
280	Formación de cráter

Tabla. 4. Efectos causados por la sobrepresión.

Entre los modelos de vulnerabilidad se destaca el método probit, que es un método estadístico que nos da una relación entre la función de probabilidad y una determinada carga de exposición a un riesgo.



1.6.1 ANÁLISIS PROBIT

En este método se parte de una manifestación física de un incidente (por ejemplo, la concentración tóxica y tiempo de exposición en una cierta área geográfica) y nos da como resultado una previsión de los daños a las personas expuestas al incidente (es decir, número de heridos, número de víctimas, etc.).

La fórmula empleada para este modelo de vulnerabilidad se basa en una función matemática lineal de carácter empírico extraída de estudios experimentales.

$$Pr = a + b \ln V (1)$$

Donde:

Pr = *Probit* o función de probabilidad de daño sobre la población expuesta.

a = Constante dependiente del tipo de lesión y tipo de carga de exposición.

b = Constante dependiente del tipo de carga de exposición.

V = Variable que representa la carga de exposición.

El valor «probit» permite determinar el porcentaje de la población expuesta que se verá afectada a un determinado nivel de lesiones o por muerte a causa de una carga de exposición determinada (tabla 5).

Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%
0	0	3,72	10	4,16	20	4,48	30	4,75	40	5,00	50	5,25	60	5,52	70	5,84	80	6,28	90	7,33	99,0
2,67	1	3,77	11	4,19	21	4,50	31	4,77	41	5,03	51	5,28	61	5,55	71	5,88	81	6,34	91	7,37	99,1
2,85	2	3,82	12	4,23	22	4,53	32	4,80	42	5,05	52	5,31	62	5,58	72	5,92	82	6,41	92	7,41	99,2
3,12	3	3,87	13	4,26	23	4,56	33	4,82	43	5,08	53	5,33	63	5,61	73	5,95	83	6,48	93	7,46	99,3
3,25	4	3,92	14	4,29	24	4,59	34	4,85	44	5,10	54	5,36	64	5,64	74	5,99	84	6,55	94	7,51	99,4
3,36	5	3,96	15	4,33	25	4,61	35	4,87	45	5,13	55	5,39	65	5,67	75	6,04	85	6,64	95	7,58	99,5
3,45	6	4,01	16	4,36	26	4,64	36	4,90	46	5,15	56	5,41	66	5,71	76	6,08	86	6,75	96	7,65	99,6
3,52	7	4,05	17	4,39	27	4,67	37	4,92	47	5,18	57	5,44	67	5,74	77	6,13	87	6,88	97	7,75	99,7
3,59	8	4,08	18	4,42	28	4,69	38	4,95	48	5,20	58	5,47	68	5,77	78	6,18	88	7,05	98	7,88	99,8
3,66	9	4,12	19	4,45	29	4,72	39	4,97	49	5,23	59	5,50	69	5,81	79	6,23	89	7,33	99	8,09	99,9

Tabla 5: Equivalencia entre valores "probit" y porcentaje de población afectada



La variable dependiente Pr se ha establecido como una variable aleatoria según una distribución estadística normal con un valor medio de 5 y una desviación tipo (desviación estándar) de 1, lo cual significa que a un porcentaje del 50% corresponde un valor del «probit» = 5.

Este método se puede emplear para determinar el porcentaje de personas afectadas por intoxicación, por radiación térmica y por sobrepresión.

Método «Probit» de vulnerabilidad a la inhalación de sustancias tóxicas

Para determinar el porcentaje de personas afectadas por intoxicación ocasionada por inhalación de una sustancia tóxica se utiliza la función (1) sustituyendo el valor V por la expresión:

$$V = c^n t$$

Siendo:

c = Concentración (ppm = partes por millón).

t = Tiempo de exposición (minutos).

n = Exponente (sin dimensiones 0.6 - 3).

Con lo que:

$$Pr = a + b \ln (c^n t)$$

Para las sustancias muy tóxicas y más comunes se dispone en la bibliografía especializada de los valores de a, b y n de la ecuación «Probit» relativas a intoxicaciones letales (tabla 6).



SUSTANCIA	a (ppm)	b (ppm)	n (min)
ACRILONITRILLO	-29,42	3,008	1,43
ACROLEINA	- 9,931	2,049	1
AMONIACO	-36,9	1,65	2
BENCENO	- 109,78	5,3	2
BROMO	- 3,04	0,92	2
BROMURO DE METILO	-56,81	5,27	1,00
CIANURO DE HIDROGENO	-29,42	3,008	1,43
CLORO	- 4,29	0,02	2
CLORURO DE HIDROGENO	- 16,65	2,00	1,00
DIOXIDO DE AZUFRE	- 15,67	2,10	1,00
DIOXIDO DE NITROGENO	- 13,78	1,4	2
FLUORURO DE HIDROGENO	-35,07	3,354	1,00
FORMALDEHIDO	- 12,24	1,3	2
FOSGENO	-19,27	3,696	1
ISOCIANATO DE METILO	- 5,642	1,637	0,653
MONÓXIDO DE CARBONO	-37,88	3,7	1
OXIDO DE PROPILENO	- 7,415	0,509	2,00
SULFURO DE HIDROGENO	-31,42	3,008	1,43
TETRACLORURO DE CARBONO	-6,29	0,408	2,50
TOLUENO	- 6,794	0,408	2,50

Tabla 6: Constantes de toxicidad letal para la ecuación "probit"

La ecuación probit no es aplicable para concentraciones relativamente bajas y tiempos de exposición muy prolongados, cuyos métodos de valoración serían otros. Su uso está restringido al análisis de consecuencias agudas e inmediatas.

Debe tenerse en cuenta que, dada una cierta concentración tóxica en una zona poblada, la población que efectivamente está en riesgo es la ubicada en exteriores. Los individuos en lugares cerrados se pueden considerar al abrigo de los efectos letales excepto en el caso de una duración excepcional del impacto tóxico en la zona.

En caso de mezclas de gases no se dispone de los parámetros a introducir en la ecuación «probit», por lo que hasta el momento el método sólo sirve para las sustancias puras referenciadas.



Método «Probit» de vulnerabilidad a radiaciones térmicas

Se emplea para determinar el porcentaje de personas afectadas por los efectos de las radiaciones térmicas en función de la intensidad de irradiación recibida y del tiempo de exposición (dosis de radiación calorífica recibida).

En el caso de fugas de líquidos y gases inflamables y con una ignición inmediata, se podrá generar un charco ardiendo, una explosión BLEVE o un chorro con llamarada. Las lesiones ocasionadas serán causadas principalmente por radiaciones térmicas.

Si el gas no se enciende inmediatamente, se dispersará en la atmósfera. Si la nube de gas formada se encuentra con un foco de ignición en sus proximidades, se supone que cualquier persona presente dentro de la nube de gas ardiendo morirá a consecuencia de quemaduras y asfixia. En la zona externa a la nube de gas, aunque la duración de la radiación térmica generalmente será breve, los daños estarán en función de la distancia y habrán de ser evaluados en cada caso.

La ecuación «Probit» desarrollada por Eisenberg para evaluar el porcentaje de mortalidad por radiación térmica es la siguiente:

$$Pr = -4,9 + 2,58 \ln \left(\frac{t l^{4/3}}{10^4} \right)$$

Donde:

t = Tiempo de exposición en segundos.

l = Intensidad de irradiación térmica en W/m².

Estas ecuaciones son útiles para incendios de tipo fognazo (flash fire) de corta duración, como en el incendio de la bola de fuego ocasionada por una BLEVE y que no da tiempo a escapar, y también para incendios de derrames que forman un charco en llamas en los cuales se intenta escapar y buscar protección detrás de obstáculos. En este último caso se determina el tiempo de exposición efectivo mediante la expresión propuesta por TNO:

$$t_{ef} = t_r + \frac{3}{5} \cdot \frac{x_0}{\mu} \left[1 - \left(1 + \frac{\mu}{x_0} \cdot t_v \right)^{-5/3} \right]$$



Donde:

t_{er} = Tiempo de exposición efectivo (s).

t_r = Tiempo de reacción (5 segundos).

x_o = Distancia al centro del incendio (m).

μ = Velocidad de escape de una persona (m/s).

t_v = Tiempo en llegar a la distancia en la que la intensidad de irradiación sea 1 kW/m^2 (S).

Método Probit de vulnerabilidad a explosiones

Los modelos de consecuencias de explosiones predicen el impacto de la sobrepresión originada por la explosión y la proyección de fragmentos volantes sobre las personas y objetos.

Al considerar las consecuencias sobre las personas se debe hacer distinción entre consecuencias directas e indirectas de una explosión. Entre las primeras están las lesiones de los pulmones y los tímpanos. Entre las segundas se encuentran las lesiones ocasionadas por proyección de fragmentos y por impacto del cuerpo contra obstáculos.

Las ecuaciones «probit» para estas consecuencias se han tomado de Eisenberg et al. (1975) y se desglosan a continuación:

Muerte por lesiones pulmonares

La ecuación «probit» para determinar el porcentaje de muertes por hemorragia pulmonar es la siguiente:

$$Pr = -77.1 + 6.91 \ln P$$

P = sobrepresión máxima (N/m^2)

Rotura de tímpano

El porcentaje de afectados por rotura de tímpano se determina por la ecuación:

$$Pr = -15.6 + 1.93 \ln P$$

P = sobrepresión máxima (N/m^2)

CAPITULO II

*LEGISLACIÓN EN MATERIA
DE RIESGO AMBIENTAL.*



PANORAMA DE LA LEGISLACIÓN EN MATERIA DE RIESGO AMBIENTAL.

En los últimos años el crecimiento de la industria química en general a contribuido al aumento de la elaboración de productos químicos lo cual contribuye en cierta medida a la generación de materiales peligrosos, a medida que se desarrolla la industria química la probabilidad de ocurrencia de un riesgo ambiental se encuentra presente en todo momento.

Recordemos que el riesgo ambiental se define como la probabilidad de que ocurran accidentes mayores que involucren a los materiales peligrosos que se manejan en las actividades altamente riesgosas, que puedan trascender los límites de sus instalaciones y afectar adversamente a la población, los bienes, al ambiente y los ecosistemas.

Debido a esta situación las plantas industriales actualmente no pueden dejar de lado la gestión de la seguridad en la planta, pues deben controlar y reducir la cantidad de riesgos ambientales que se puedan llegar a producir, lo cual se logra a través del cumplimiento de Leyes, reglamentos, normas, códigos de diseño, etc., que regulan las actividades riesgosas; no solo en el diseño de una nueva planta sino durante todas las etapas del proyecto.

La gestión pretende la **optimización** entre todos los factores que determinan la utilidad de la propia actividad industrial. Dicha optimización requiere de medios humanos, económicos, de equipo y de conocimientos adecuados, en calidad y cantidad, a las características de la actividad industrial concreta y a las del entorno en que la misma se desarrolla.

La misión de la optimización entre estos factores debe estar dirigida a la minimización de costos sociales como son:

- a) Agresión aceptable al medio ambiente.
- b) Obtener un riesgo aceptable en la instalación y operación de un proceso.

Dado que la relación entre Seguridad Industrial y Medio Ambiente esta presente en las actividades industriales, la legislación presentada hace referencia a ambas, en su afán de alentar y promover la mejora continúa en los procesos industriales.

La Seguridad Industrial en general demanda el cumplimiento de ciertas actividades que deben estar encaminadas, entre otros factores a la prevención de **riesgos ambientales**, como son:

- Acción preventiva inicial y continua, incluyendo la preparación para una actuación eficiente contra un siniestro eventual.
- Cobertura de todas las instalaciones y procesos industriales
- Cobertura de todas las etapas y vertientes (diseño, construcción, operación, mantenimiento, gestión, etc.) de la actividad industrial.
- Un enfoque particular para cada una de las etapas del proceso
- Estimulo de actitudes que favorecen la Seguridad, entre el personal implicado en la actividad industrial.
- Conciencia de la relación entre riesgo, responsabilidad y seguridad
- Política explícita y coherente, relativa a la Seguridad Industrial, en la gestión general de la empresa.



Por lo tanto para asegurar el cumplimiento de las actividades ya mencionadas, existe Legislación mexicana e internacional encargada de regular las actividades que pueden considerarse como riesgosas, de la misma manera existen Organizaciones Competentes que se dedican especialmente a evaluar el desempeño las actividades que pueden generar riesgos ambientales. En este capítulo se hará mención de la legislación en materia de riesgo ambiental que se encuentra vigente en México y en España, así como los requisitos que deben cumplir los Estudios de Riesgo Ambiental en ambos países.

1. CASO MÉXICO

1.1 LEGISLACIÓN EN MATERIA DE RIESGO AMBIENTAL.

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos establece las bases sobre las que se estructura el sistema jurídico de gestión (prevención, respuesta, mitigación) de los accidentes en los que se involucran las sustancias químicas peligrosas. Estas disposiciones se encuentran en la Constitución y son referidas a aspectos ambientales, que involucran determinadas actividades que pueden generar efectos negativos al medio ambiente, la salud humana, los recursos naturales y bienes inmuebles entre otros.

La Constitución prevé y define los órganos administrativos encargados de ejercer y vigilar el cumplimiento de las disposiciones legales que de ella emane; la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal establece las responsabilidades de los organismos de Ejecutivo Federal que, regulan y actúan en las diferentes fases y aspectos del Riesgo Ambiental.

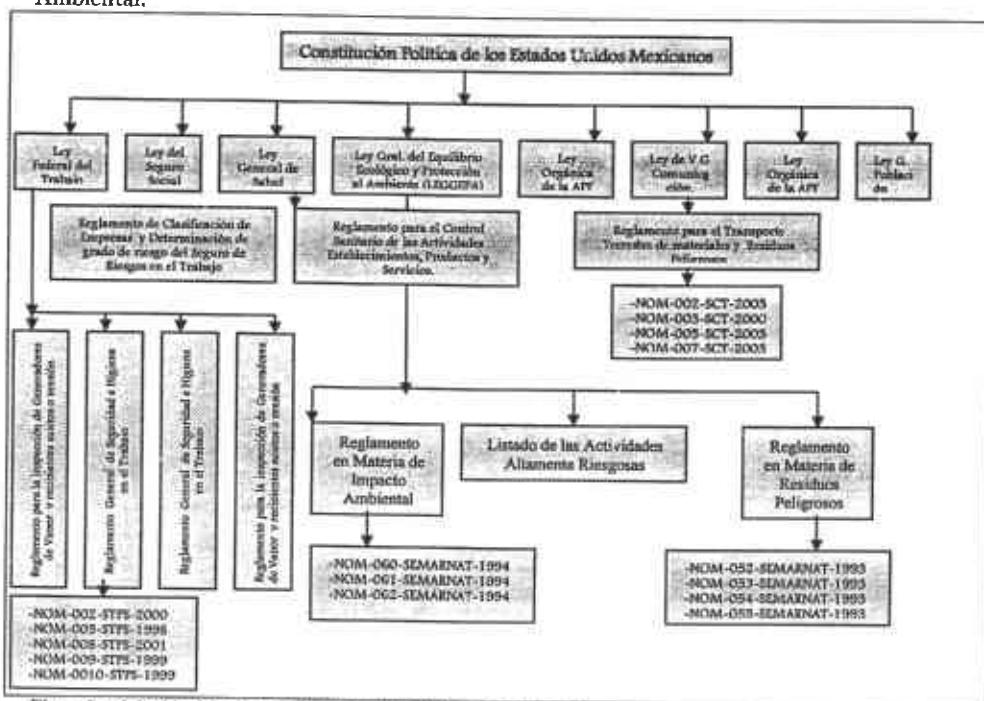


Fig. 1 Legislación Mexicana en materia de Riesgo Ambiental



1.2. EVOLUCIÓN DEL DESARROLLO INSTITUCIONAL EN MATERIA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS DE ACCIDENTES QUÍMICOS.

Los principales sucesos relacionados con la gestión ambiental, en 1983 en que se crea el primer organismo público, la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (Sedue), que integra las políticas, actividades y acciones relacionadas con la protección al medio ambiente.

Reseña histórica de la gestión ambiental de las actividades altamente riesgosas y la prevención de accidentes de alto riesgo ambiental

Año	Suceso
1983	<ul style="list-style-type: none"> • Creación de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (Sedue). • Primer Procedimiento de Impacto Ambiental de la Ley Federal de Protección al Ambiente en el que se incluye el concepto de riesgo.
1984	<ul style="list-style-type: none"> • Explosión de gas en San Juan Ixhuatepec.
1986	<ul style="list-style-type: none"> • Creación de la Subdirección de Riesgo de la Sedue. • Desarrollo del Procedimiento para Evaluar Proyectos de Instalaciones que Manejen Sustancias Peligrosas.
1988	<ul style="list-style-type: none"> • Publicación de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. • Publicación del Reglamento en Materia de Impacto Ambiental que preve la realización de Estudios de Riesgo y la elaboración de Programas para la Prevención de Accidentes. • Creación del Comité de Actividades Altamente Riesgosas.
1989	<ul style="list-style-type: none"> • Creación del Comité de Análisis y Aprobación de los Programas para la Prevención de Accidentes (COAAPP).
1990	<ul style="list-style-type: none"> • Publicación del Primer Listado de Actividades Altamente Riesgosas (por manejo de sustancias tóxicas)
1992	<ul style="list-style-type: none"> • Creación del Instituto Nacional de Ecología en la Secretaría de Desarrollo Social. • Creación de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. • Introducción de las Auditorías Ambientales. • Explosión del drenaje en la ciudad de Guadalajara. • Establecimiento del Programa Nacional para la Prevención de Accidentes de Alto Riesgo Ambiental (PRONAPAARA).



CAPITULO II

	<ul style="list-style-type: none">• Creación de los Comités Ciudadanos de Información y Apoyo para Casos de Prevención y Atención de Riesgos Ambientales.
1992	<ul style="list-style-type: none">• Publicación del Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas (por manejo de sustancias explosivas e inflamables).
1994	<ul style="list-style-type: none">• Creación de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.
1996	<ul style="list-style-type: none">• Publicación de la nueva Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.
1998	<ul style="list-style-type: none">• Creación de la Dirección de Riesgo Ambiental en la SEMARNAP.• Creación de la Subdirección de Aprobación de Programas para la Prevención de Accidentes.• Creación de la Subdirección de Evaluación de Estudios de Riesgo Ambiental de la Industria Paraestatal.• Creación de la Subdirección de Evaluación de Estudios de Riesgo Ambiental de la Industria Privada.

Leyes y Reglamentos aplicables a la Evaluación del Riesgo Ambiental.

- Artículo 5º, fracción VI; artículos 28, 30, 145, 146, 147 y 148 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
- Reglamento de la Ley en Materia de Impacto Ambiental
- Primer y segundo listado de actividades altamente riesgosas
- Reglamento de la LGEEPA en materia de Impacto Ambiental
- Reglamento de la LGEEPA en materia de Residuos Peligrosos
- Reglamento de la LGEEPA en materia de Prevención y Control de la Contaminación

Normas Oficiales Mexicanas aplicables a la evaluación del Riesgo Ambiental

- Normas STPS
- Normas SSA
- Normas CNA
- Normas SEMARNAT
- Normas SCT
- Normas ENER

Normas Oficiales Mexicanas para la Protección Ambiental

- Normas para control de la Contaminación Atmosférica



CAPÍTULO II

- Normas para control de Residuos peligrosos
- Normas para control de la Contaminación del Agua
- Normas para la conservación de los Recursos Naturales
- Normas de Ordenamiento Ecológico e impacto Ambiental
- Normas para control de la emisión de Ruido

Institución competente de la Evaluación del Riesgo Ambiental

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (**SEMARNAT**)
- Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas (**DGGIMAR**)
- Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Procuraduría Federal de Protección Ambiental. (**PROFEPA**)



1.3. LOS ESTUDIOS DE RIESGO AMBIENTAL

El Estudio de Riesgo Ambiental (ERA), es concebido como un instrumento de la política ambiental, analítico y de alcance preventivo, permite integrar al ambiente un proyecto o una actividad determinada; en esta concepción el procedimiento ofrece un conjunto de ventajas para proteger al ambiente, invariablemente, esas ventajas sólo son apreciables después de largos periodos de tiempo y se concretan en las inversiones y los costos de las obras, en diseños más completos e integrados al ambiente y en una mayor aceptación social de las iniciativas de inversión.

A nivel nacional los primeros intentos por evaluar el Riesgo Ambiental surgen en 1983, año en el que la Ley Federal de Protección al Ambiente introduce por primera vez los Estudios de Riesgo Ambiental, como parte del procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental de los proyectos industriales. En tanto que la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), publicada en 1988 y sus modificaciones publicadas en 1996 y 2001, amplían el concepto para incorporar la obligación por parte de las Actividades Altamente Riesgosas que se proyecten, de elaborar e instrumentar programas para la prevención de accidentes que incluyan planes externos para la respuesta a emergencias.

La Evaluación del Riesgo Ambiental es un herramienta de carácter preventiva mediante la aplicación sistemática de políticas, procedimientos y prácticas de manejo a las tareas de análisis, evaluación y control de riesgos con el fin de proteger a la sociedad y al ambiente anticipando la posibilidad de liberaciones accidentales de sustancias consideradas como peligrosas por sus características CRETIB en las instalaciones y evalúa su impacto potencial, de manera tal que éste pueda prevenirse o mitigarse .



Fig. 2 Muestra las características CRETIB de una sustancia.



Mínimos requerimientos:

- Reconocimiento de posibles riesgos.
- Evaluación de posibles eventos peligrosos y la mitigación de sus consecuencias.
- Determinación de medidas apropiadas para la reducción de estos riesgos.

Con lo anterior el estudio debe permitir establecer propuestas de acciones de protección al ambiente y de prevención de accidentes que pudieran producirse.

Los estudios de riesgo no tan sólo deben comprender la evaluación de la probabilidad de que ocurran accidentes que involucren a los materiales peligrosos, sino también la determinación de las medidas para prevenirlos, así como un plan de emergencia interno.

El objetivo inmediato de la Evaluación del Riesgo Ambiental es servir de ayuda en la toma de decisiones. Para ello sus resultados habrán de presentarse con un orden lógico, de forma objetiva y fácilmente comprensible, de manera tal que los evaluadores que analicen el documento, encargados de sustentar la decisión de la autoridad, determinen la conveniencia, o no, de que el proyecto estudiado, sea autorizado por la Institución competente (SEMARNAT). Además de identificar, prevenir e interpretar los efectos que un proyecto puede tener en la sociedad y el ambiente.

El objetivo fundamental de la Evaluación del Riesgo Ambiental, es definir y proponer la adopción de un conjunto de medidas preventivas que permitan prevenir o incluso evitar los riesgos a la sociedad y el ambiente.

Un estudio de riesgo está compuesto por dos partes; aquella en donde se emplean una serie de metodologías de tipo cualitativo y cuantitativo para identificar y jerarquizar riesgos; y la otra parte conocida como análisis de consecuencias en donde se utilizan modelos matemáticos de simulación para cuantificar y estimar dichas consecuencias. En síntesis, este proceso multidisciplinario debe constituir la etapa previa (con bases científicas, técnicas, socioculturales, económicas y jurídicas), a la toma de decisiones acerca de la puesta en operación de un proyecto determinado.

Artículos de LGGEPA aplicables a materia de Riesgo Ambiental.

Artículo 5º, fracción VI; artículos 28, 30, 145, 146, 147 y 148 de la Ley

1.4. FUNDAMENTOS LEGALES QUE SUSTENTAN LA REALIZACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE RIESGO AMBIENTAL.

El fundamento legal y técnico básico que se emplea para determinar si se requiere de un estudio de riesgo, está contenido en el Título Cuarto, Protección al Ambiente, del Capítulo V Actividades Consideradas como Altamente Riesgosas de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, principalmente en los siguientes artículos:



Artículo 145.- La Secretaría promoverá que en la determinación de los usos de suelo se especifiquen las zonas en las que se permita el establecimiento de industrias, comercios o servicios considerados riesgosos por la gravedad de los efectos que puedan generar en los ecosistemas o en el ambiente, tomándose en consideración:

- I. Las condiciones topográficas, meteorológicas, climatológicas, geológicas y sísmicas de las zonas;
- II. Su proximidad a centros de población, previniendo las tendencias de expansión del respectivo asentamiento y la creación de nuevos asentamientos;
- III. Los impactos que tendría un posible evento extraordinario de la industria, comercio o servicio de que se trate;
- IV. La compatibilidad con otras actividades de las zonas;
- V. La infraestructura existente y necesaria para la atención de emergencias ecológicas, y
- VI. La infraestructura para la dotación de servicios básicos.

Artículo 146.- La Secretaría, previa opinión de las Secretarías de Energía, de Economía, de Salud, de Gobernación y del Trabajo y Previsión Social, conforme al Reglamento que para tal efecto se expida, establecerá la clasificación de las actividades que deban considerarse altamente riesgosas en virtud de las características, corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológicoinfecciosas para el equilibrio ecológico o el ambiente, de los materiales que se generen o manejen en los establecimientos industriales, comerciales o de servicios, considerando, además, los volúmenes de manejo y la ubicación del establecimiento.

Derivado de ello, el 28 de marzo de 1990 se publicó en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el Primer Listado de Actividades Altamente Riesgosas, enfocado a sustancias tóxicas. De igual manera el 4 de mayo de 1992 se publicó en el DOF el Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas enfocado a sustancias inflamables y explosivas.

Artículo 147.- La realización de actividades industriales, comerciales o de servicios altamente riesgosas, se llevarán a cabo con apego a lo dispuesto por esta Ley, las disposiciones reglamentarias que de ella emanen y las normas oficiales mexicanas a que se refiere el artículo anterior. Quienes realicen actividades altamente riesgosas, en los términos del Reglamento correspondiente, deberán formular y presentar a la Secretaría un estudio de riesgo ambiental, así como someter a la aprobación de dicha dependencia y de las Secretarías de Gobernación, de Energía, de Economía, de Salud, y del Trabajo y Previsión Social, los programas para la prevención de accidentes en la realización de tales actividades, que puedan causar graves desequilibrios ecológicos.

Adicionalmente fortalece este fundamento el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, con los siguientes artículos:



Artículo 17. El promovente deberá presentar a la Secretaría la solicitud de autorización en materia de Impacto Ambiental, anexando:

I. La Manifestación de Impacto Ambiental;

II. Un resumen del contenido de la Manifestación de Impacto Ambiental, presentado en disquete,

III. Una copia sellada de la constancia del pago de derechos correspondientes.

IV. Cuando se trate de Actividades Altamente Riesgosas en los términos de la Ley, deberá incluirse un Estudio de Riesgo.

Artículo 18. El Estudio de Riesgo a que se refiere el Artículo anterior, consistirá en incorporar a la Manifestación de Impacto Ambiental la siguiente información:

I. Escenarios y medidas preventivas resultantes del análisis de los riesgos ambientales relacionados con el proyecto;

II. Descripción de las zonas de protección en torno a las instalaciones, en su caso, y

III. Señalamiento de las medidas de seguridad en materia ambiental.

La Secretaría publicará, en el Diario Oficial de la Federación y en la Gaceta Ecológica, las guías que faciliten la presentación y entrega del Estudio de Riesgo.



1.5 NIVELES DE ESTUDIOS DE RIESGO AMBIENTAL

Determinación del nivel del estudio

Nivel 0 Ductos terrestres

Aplica para cualquier proyecto que maneje sustancias consideradas como peligrosas en virtud de sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas o inflamables a través de ductos que presenten alguna de las siguientes características:

- a) Longitud igual o mayor de un kilómetro; diámetro nominal igual o mayor de 10.16 centímetros; y presión de operación igual o mayor de 10 kg/cm² antes de la caseta de regulación. En virtud de que el riesgo ambiental inherente de un ducto se incrementa proporcionalmente a la longitud, diámetro nominal, y presión de operación del mismo.
- b) En su trayectoria cruza con zonas habitacionales o áreas naturales protegidas.
- c) Independientemente de las condiciones anteriores, el ducto transportará ácido fluorhídrico, cloruro de hidrógeno, ácido cianhídrico, cloro, amoníaco, óxido de etileno, butadieno, cloruro de etileno o propileno.

Nivel 1 Informe preliminar de riesgo

Aplica para cualquier proyecto en el que se pretenda almacenar, filtrar o mezclar alguna sustancia considerada como peligrosa en virtud de sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico – infecciosas, en cantidad igual mayor a la establecida en el Primer o Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas publicados en el DOF; a presión atmosférica y temperatura ambiente, en sitios donde el uso de suelo sea exclusivamente agrícola, industrial o rural sin uso.

Nivel 2 Análisis de riesgo

Aplica para cualquier proyecto en el que se maneje alguna sustancia en cantidad mayor a la establecida en el Primer o Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas publicados en el DOF; que presente hasta cuatro de las características siguientes:

- a) El tipo de operación que se realiza es: destilación, refrigeración, y/o extracción con solventes o absorción.
- b) El almacenamiento se realiza en tanques presurizados.
- c) Existe reacción química, intercambio de calor y/o energía, presiones diferentes a la atmosférica o temperaturas diferentes a la ambiental.
- d) Se pretenda ubicar en zona de reserva ecológica o donde el uso del suelo sea habitacional o mixto.
- e) La zona donde se pretende ubicar sea susceptible a sismos, hundimientos o fenómenos hidrológicos y meteorológicos adversos.



Nivel 3 Análisis detallado de riesgo

Aplica para cualquier proyecto en el que se maneje alguna sustancia en cantidad mayor a la establecida en el Primer o Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas Publicados en el DOF; que presente todas las características siguientes:

- a) El tipo de operación que se realiza es destilación o refrigeración o extracción con solventes o absorción.
- b) El almacenamiento se realiza en tanques presurizados.
- c) Existe reacción química, intercambio de calor y/o energía, presiones diferentes a la atmosférica o temperaturas diferentes a la ambiental.
- d) Se pretenda ubicar en zona de reserva ecológica o donde el uso del suelo sea habitacional o mixto.
- e) La zona donde se pretende ubicar sea susceptible a sismos, hundimientos o fenómenos hidrológicos y meteorológicos adversos.

De lo contrario, con alguna de las características siguientes:

- a) Se trata de complejos químicos o petroquímicos con dos o más plantas.
- b) En alguna de las etapas del proceso de producción se genere alguna sustancia o producto caracterizado por su alta toxicidad y/o su efecto residual, acumulativo y letal para el ser humano y la biota del sitio.
- c) Cuando se trata de una actividad que esta interconectada con otra actividad altamente riesgosa ubicada en predio colindante, a través de tuberías en las que se maneje algunos de los materiales reportados en los Listados de Actividades Altamente Riesgosas.

1.6 METODOLOGÍAS DE IDENTIFICACIÓN Y JERARQUIZACIÓN, QUE SE RECOMIENDAN UTILIZAR EN LOS ESTUDIOS DE RIESGO AMBIENTAL.

Con base en los Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI's) de la ingeniería de detalle, se identifican y jerarquizan los riesgos en cada una de las áreas de proceso, almacenamiento y transporte, mediante la utilización de alguna de las siguientes metodologías:

- Análisis de Riesgo y Operabilidad (HAZOP);
- Análisis de Modo Falla y Efecto (FMEA) con Árbol de Eventos;
- Árbol de Fallas
- Índice Mond
- Índice Dow
- Análisis What if.

O alguna otra con características similares a las anteriores y/o la combinación de éstas, debiéndose aplicar la metodología de acuerdo a las especificaciones propias de la misma. En caso de modificar dicha aplicación, deberá sustentarse técnicamente.

Bajo el mismo contexto, se deben indicar los criterios de selección de la(s) metodología(s) utilizadas para la identificación de riesgos; asimismo, anexas el o los procedimientos y la(s) memoria(s) descriptiva(s) de la(s) metodología(s) empleada(s).



En la aplicación de la(s) metodología(s) utilizada(s), deberá considerarse todos los aspectos de riesgo de cada una de las áreas que conforman el proyecto.

Para la jerarquización de riesgos se podrá utilizar: Matriz de Riesgos, ó metodologías cuantitativas de identificación de riesgos, o bien aplicar criterios de peligrosidad de los materiales en función de los gastos, condiciones de operación y/o características CRETIB, o algún otro método que justifique técnicamente dicha jerarquización.

Uno de los conceptos centrales de la administración del riesgo de las sustancias peligrosas, es la noción de la imposibilidad de reducir los riesgos a cero, confirma lo anterior el hecho de que no existe una universalidad en la metodología para la Evaluación del Riesgo Ambiental; es decir, no existe un método general que resulte el más propicio para ser aplicado a la mayoría de los proyectos, debido a varios factores como los siguientes: la amplia gama de sustancias peligrosas, el manejo de las mismas, los procesos, la ubicación de las instalaciones, los factores humanos, entre otros.

Tales factores hacen tan diversas las características de un proyecto que impide establecer un esquema de metodología única, por lo que para identificar, evaluar y jerarquizar riesgos de forma integral, se sugiere implementar métodos cualitativos y cuantitativos y la aplicación de modelos matemáticos de simulación de riesgos.



2. CASO ESPAÑA

2.1. LEGISLACIÓN EUROPEA

La comunidad Europea influye en la legislación española industrial por dos vías.

1.- **Directivas.** Que deben ser traspuestas, antes de tener fuerza legal en España, mediante la legislación española correspondiente que debe publicarse en el BOE.

2.- **Reglamentos.** Que tienen fuerza legal, tras su publicación en el Diario Oficial de la comunidad Europea, sin que se requiere la transposición.

Otra fuente supranacional de la legislación española son los acuerdos internacionales a los que se adhiere España y que republican en el BOE. La legislación española se materializa en vario escalones legislativos.

a) **Leyes.** Suelen incluir declaraciones de principio, asignación de atribuciones, etc., y encomendar los detalles técnicos, de trámites, inspecciones y autorizaciones a los Reglamentos.

b) **Reglamentos.** Suelen incluir dos tipos de documentos

b.1) **Reales Decretos.** (Anteriormente Decretos)

- Objeto
- Campo de aplicación
- Asignación de funciones y competencias
- Documentación preceptiva
- Autorizaciones
- Inspecciones periódicas
- Normas (general)
- Infracciones, sanciones y recursos
- Regímenes transitorios
- Derogación

b.2) **Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC):** integran la parte de mayor trascendencia técnica.

- Objeto
- Campo de aplicación (particular)
- Definiciones
- Preceptos de proyecto, construcción y explotación
- Obligaciones y responsabilidades

Los Reglamentos citan normas (UNE, CEN, ISO) que, por el hecho de estar citadas, se hacen de cumplimiento obligado.

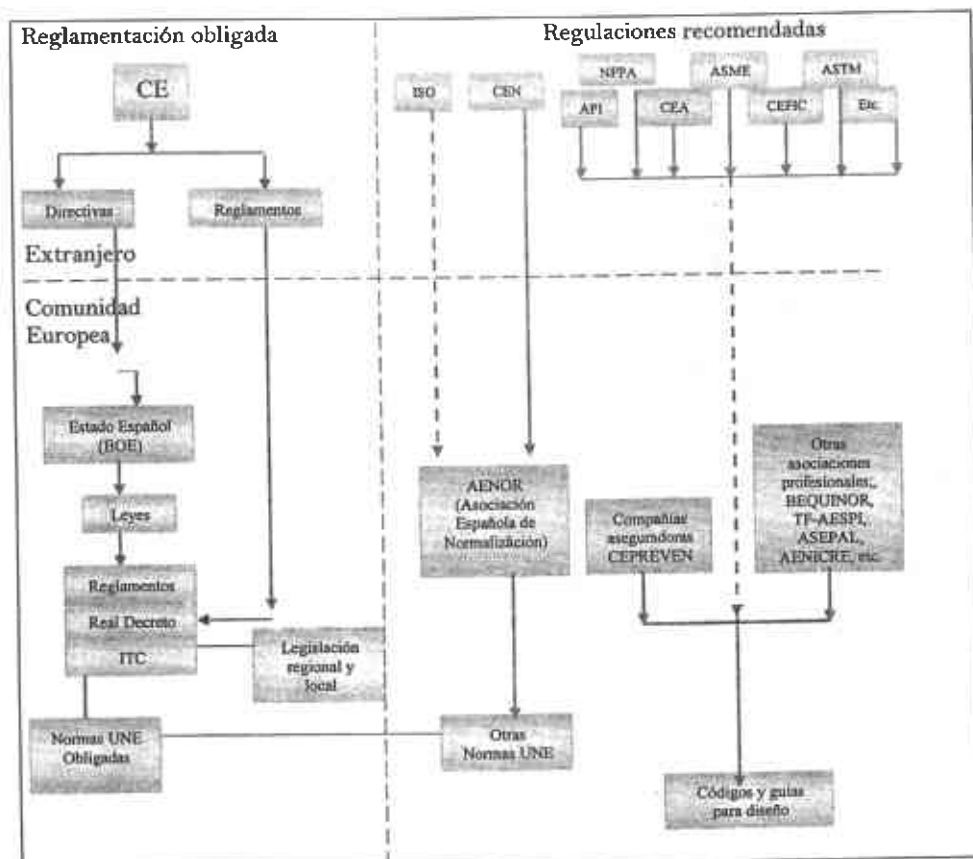


Fig. 1 Panorama de la legislación Industrial en España.

En los diagramas que continuación se presentan se amplía la visión de la legislación española, en la fig. 2 muestra la legislación de Protección Civil, en la fig. 3 se observa la correspondiente a la industria y en la fig. 4 la competente hacia el al medio ambiente.

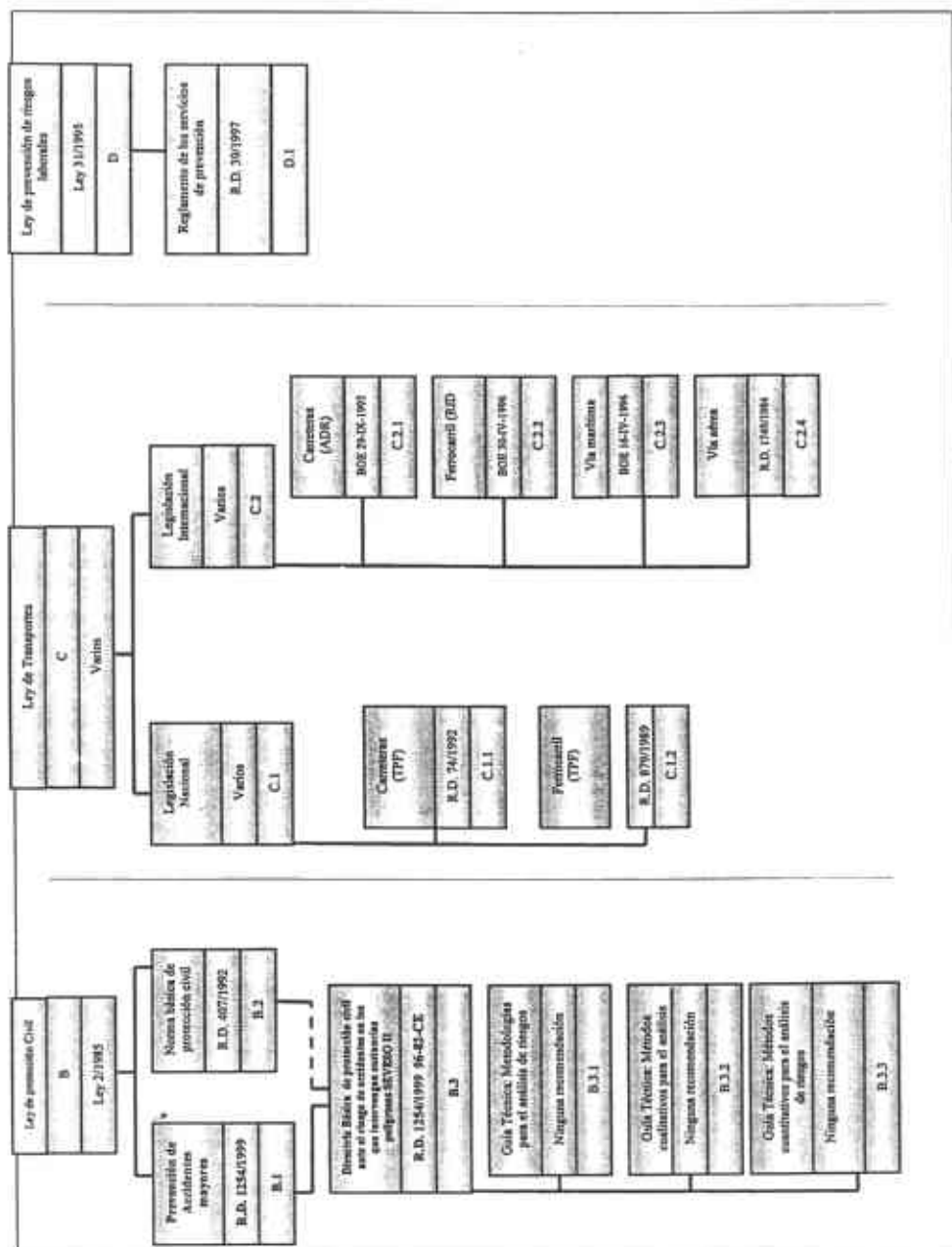


Fig. 2 Legislación Española en general.

Ley de la Industria

Ley 21/1992

A

Reglamento de Instalaciones Particulares	Reglamento de almacenamiento de productos Químicos	Reglamento de Aparatos a presión	Pro. Instalaciones de protección contra incendios	Reglamento de Instalaciones para bajo tensión	Reglamentación de Gases Combustibles	Otros Reglamentos
R.D. 2085/1994	R.D. 668/1980	R.D. 1244/1979	R.D. 1942/1993	R.D. 2415/1973	Varios	Varios
A.1	A.2	A.3	A.4	A.5	A.6	A.7
ITC MI-IP-01 REFERENCIAS	ITC MI-AP-Q-001 Almacén. De los inflamables y combustibles	ITC MI-AP-3 Calderas y otros aparatos de vapor de agua		ITC MI-OT-004 Paso. Por. Int. De locales con riesgo de incendio a edificios	Adiciones al material de combustibles gaseosos	
R.D. 2085/1994	O.M.18/03/91	O.M.17/03/91		O.M.11/10/73	Ley 10/1987	
A.1.1	A.2.1	A.3.1		A.5.1	A.6.1	
ITC MI-IP-02 Paseos de abastos Particulares	ITC MI-AP-Q-002 Almacenamiento de aceite de diésel	ITC MI-AP-2 Tomas giratorias fijas o móviles		ITC MI-OT-039 Puerta a tierra	Regl. gen. del uso de gases combustibles	
R.D. 2083/1994	O.M.12/03/92	O.M.A/03/90		O.M.11/10/73	O.1012/1973	
A.1.2	A.2.2	A.3.2		A.5.2	A.6.2	
ITC MI-IP-03 Instalaciones Particulares y sus propios BOMBARDOS	ITC MI-AP-Q-003 Almacenamiento de otros	ITC MI-AP-3 Estaciones fijas		OTRAS ITC	Regl. de uso a gas en locales destinados a habit. o comerciales	
BOMBARDOS	O.M.10/3/94	O.M.31/03/92		Varios	R.D.1613/1993	
A.1.3	A.2.3	A.3.3		A.5.3	A.6.3	
ITC MI-IP-04 Inst. Esq. para dar al por menor combustible de venta al público	ITC MI-AP-Q-004 Almacenamiento de servicios aéreos	ITC MI-AP-4 Reductos de presión y plantas			Regl. de uso de Combustibles gaseos	
R.D. 2201/1993	O.M.20/06/97	O.M.10/04/92			O.M.18/11/76	
A.1.4	A.2.4	A.3.4			A.6.4	
	ITC MI-AP-Q-005 Almacenamiento de líquidos corrosivos	ITC MI-AP-10 Depositos Compositos			Regl. de aprovisionamiento de otros gases combustibles	
	R.D. 1830/1995	O.M.07/11/93			R.D.494/1988	
	A.2.5	A.3.5			A.6.5	
Otras ITC		ITC MI-AP-15 Inst. De GNL en Depósitos verticales a pres.			Regl. de abastecimiento de GLP en Aparatos fijos	
Varios		O.M.22/04/98			O.M.20/01/93	
A.1.6		A.3.6			A.6.6	
		ITC MI-AP-17 Inst. De refrigeración y abastec. De gas Comprimido			Regl. de abastecimiento de GLP en hornos	
		O.M.26/06/98			O.M.23/01/86	
		A.3.7			A.6.6	
		Otras ITC			Otras Disposiciones	

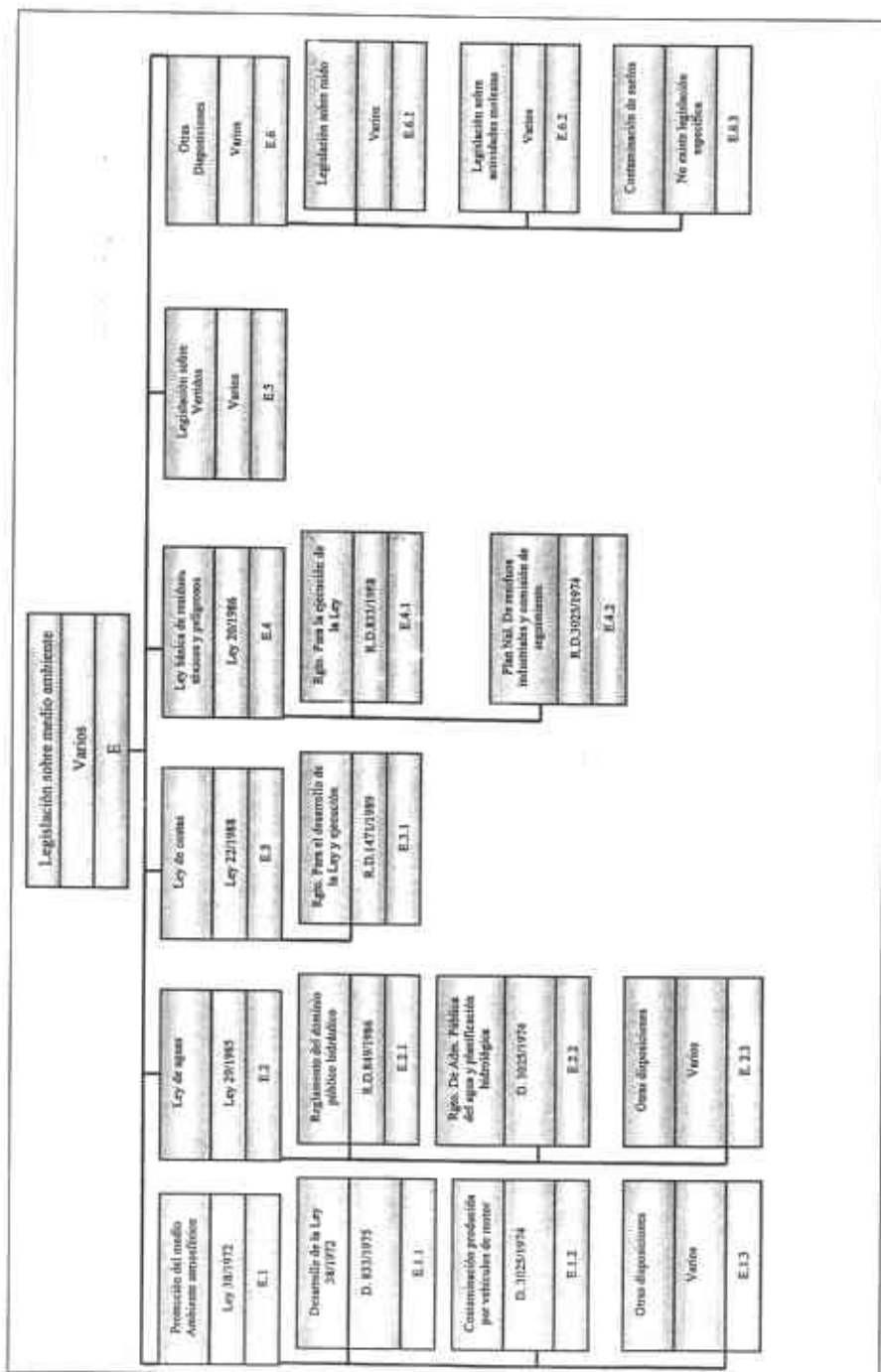


Fig. 4. Legislación en materia de medio ambiente.



A continuación se observa la orientación previa al diseño, la cual requiere de cierto adiestramiento: no es difícil encontrar dificultades por:

- a) Olvido de algún aspecto del diseño que esté regulado
- b) Contradicciones y/o lagunas en algunos documentos

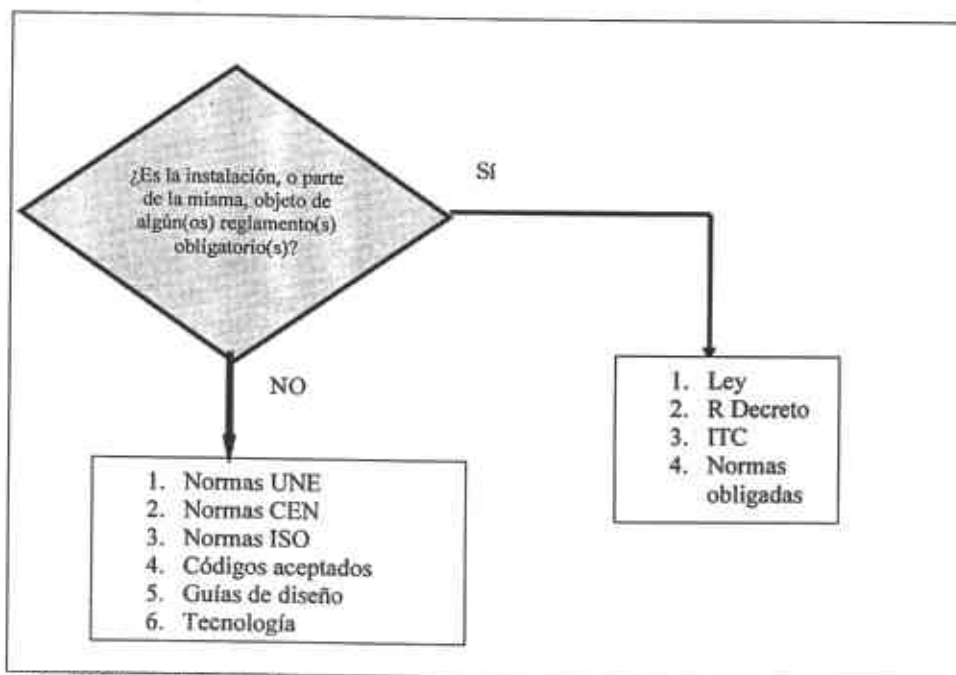


Fig. 4. Guía reglamentaria



2.2. DIRECTIVA SEVESO II

Seveso nace en la Comunidad Económica Europea debido a un accidente mayor: La fuga de dioxinas en la planta Italiana en 1976. Por lo cual se adopta la directiva conocida como Seveso (Directiva 82/501/CEE), relativa a los riesgos de accidentes industriales importantes, que obligaba los Estados miembros a identificar las empresas peligrosas, los riesgos que estos lugares pudieran comportar y las medidas de prevención necesarias a tal efecto. En 1996 una nueva directiva endureció las obligaciones industriales y se amplió el campo de actividades. La llamada SEVESO II (Directiva 96/82/CE) tiene por objeto mejorar y reforzar el dispositivo de prevención de los riesgos industriales graves establecidos por la directiva de 1982. Prevé, en particular: La definición por cada uno de los establecimientos en cuestión de un política de prevención de accidentes graves; la presentación por cada establecimiento en el que estén presentes cantidades importantes de sustancias peligrosas, de informes de seguridad que demuestren, en particular, que han sido identificados los peligros de accidente grave, que la concepción, la construcción, la explotación y el mantenimiento de las instalaciones presentan una seguridad suficiente y que se han establecido planes de emergencia; la consideración, en las políticas de asignación y de utilización de los suelos, de los objetivos de prevención de accidentes graves y de limitación de sus consecuencias así como la mejora de la información y de la consulta del público.

Se han efectuado cambios importantes e introducido nuevos conceptos. Hace hincapié en la protección del medio ambiente, introduciendo, por primera vez, en su campo de aplicación las sustancias consideradas peligrosas para el medio ambiente (sobre todo las sustancias acuatóxicas).

Esta Directiva se ha implantado en el Estado Español mediante el Real Decreto 1254/1997 (BOE del 9 de octubre de 2003).

Este es sin duda el esfuerzo legislativo más importante realizado en la mayoría de los países de la Comunidad Europea para afrontar los riesgos mayores, y ha significado un avance muy importante tanto en la metodología como en la filosofía con que se trata el problema del riesgo ambiental. En conjunto, es un buen instrumento que, bien utilizado, representa un importante paso delante de la obligada tarea de controlar el riesgo.

La Directiva 96/82/CE se ha adoptó anticipando la aprobación por parte de la Comunidad del Convenio sobre los efectos transfronterizos de los accidentes industriales de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas. La aprobación tuvo lugar el 23 de marzo de 1998, mediante la Decisión del Consejo relativa a la celebración del Convenio sobre los efectos transfronterizos de los accidentes industriales (Decisión 98/685/CE). La Directiva 96/82/CE constituye el instrumento para la incorporación de los compromisos del Convenio a la normativa comunitaria.



Tras los accidentes industriales producidos en Bahía Mare (Rumanía) en enero de 2000 (vertido de cianuro en el río Tisa), Enschede (Países Bajos) en mayo de 2001 (explosión en un almacén de productos pirotécnicos) y Toulouse (Francia) en septiembre de 2001 (explosión en una fábrica de abonos), el Parlamento y el Consejo adoptaron la Directiva 2003/105/CE, por la que se modifica la Directiva «Seveso II» sobre todo para lo siguiente:

- Ampliar el ámbito de aplicación de la Directiva »SEVESO II«
- Mejorar la definición de los productos pirotécnicos y los explosivos,
- Incluir los materiales desechados durante la fabricación o devueltos al fabricante (denominados materiales «fuera de especificación») en las categorías de nitrato de amonio y de abonos a base de nitrato de amonio contemplados en

REFERENCIAS

Acto	Entrada en vigor	Diario Oficial
Directiva <u>96/82/CE</u>	3.2.1997	DO L 10 de 14.1.1997
Acto(s) modificativo(s)	Entrada en vigor	Diario Oficial
Directiva <u>2003/105/CE</u>	31.12.2003	DO L 345 de 31.12.2003

Real Decreto 1254/1997

El citado Real Decreto tiene por objeto la prevención de accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas, así como la limitación de sus consecuencias con la finalidad de proteger a las personas, los bienes y el medio ambiente. Además contiene el anexo i que se aplica a la presencia de sustancias peligrosas en todo establecimiento, con arreglo a lo dispuesto en el artículo 3 del presente Real Decreto.

En su artículo 9 hace referencia a los estudios de seguridad, en los cuales se debe hacer un análisis de riesgos.



2.3. ESTUDIOS DE SEGURIDAD (Estudios de Riesgo Ambiental)

El **Estudio de Riesgo Ambiental** deberá incluir según Seveso II, información suficiente sobre el establecimiento, su entorno, instalaciones y sustancias, con el fin de permitir a la autoridad competente conocer su finalidad, características de ubicación, actividades y peligros intrínsecos, así como los servicios y equipos técnicos para su funcionamiento seguro. Así mismo, esta información debe clarificar en lo posible las interrelaciones entre las diferentes instalaciones y sistemas dentro del establecimiento tanto en cuanto a los servicios comunes como en lo que se refiere a su gestión global.

La información deberá ser suficiente para permitir a la autoridad competente evaluar la idoneidad de los controles.

Incluirá los siguientes contenidos

- Información básica para la elaboración de planes de emergencia exteriores (IBA)
- Información sobre la política de prevención de accidentes graves y el sistema de gestión de seguridad
- Análisis de riesgo

Informe de seguridad Artículo 9 RD 1254/1999

1. Los industriales de establecimientos en los que estén presentes sustancias peligrosas en cantidades iguales o superiores a las especificadas en la columna 3 de las partes 1 y 2 que se encuentran en el anexo I están obligados a elaborar un informe de seguridad, que tenga por objeto:

- a. Demostrar que se ha establecido una política de prevención de accidentes graves y un sistema de gestión de la seguridad para su aplicación de conformidad con los elementos que figuran en el anexo III;
- b. Demostrar que se han identificado y evaluado los riesgos de accidentes, con especial rigor en los casos en los que éstos puedan generar consecuencias graves, y que se han tomado las medidas necesarias para prevenirlos y para limitar sus consecuencias para las personas, los bienes y el medio ambiente;
- c. Demostrar que el diseño, a construcción, la explotación y el mantenimiento de toda instalación, zona de almacenamiento, equipos e infraestructura ligada a su funcionamiento, que estén relacionados con el riesgo de accidente grave en el establecimiento, presentan una seguridad y fiabilidad suficientes;
- d. Demostrar que se han elaborado planes de emergencia interior y facilitar los datos necesarios que posibiliten la elaboración del plan de emergencia exterior a fin de tomar las medidas necesarias en caso de accidente grave;
- e. Proporcionar información suficiente a las autoridades competentes para que puedan tomar decisiones en materia de implantación de nuevos establecimientos o de



autorización de otro tipo de proyectos en las proximidades de los establecimientos existentes.

La legislación mencionada anteriormente, establece los contenidos y las principales condiciones técnicas que deben ser tomados en cuenta en la redacción de los Estudios de Riesgo Ambiental y en la interpretación de los datos resultantes de aplicar modelos de simulación de consecuencias. Con lo cual en concreto, los Estudios de Riesgo Ambiental, en España deben responder a los siguientes apartados básicos.

- ✓ Identificación del Riesgo Ambiental
- ✓ Análisis de consecuencias
- ✓ Zonas de riesgo, (zona de intervención y zona de alerta), atendiendo a los umbrales establecidos por la directriz SEVESO II
- ✓ Relación de riesgos ambientales



Con el objetivo de facilitar la comprensión del informe y establecer la relación entre la magnitud de las variables físicas peligrosas y los efectos esperados sobre las personas que puedan resultar expuestas a las mismas, la siguiente tabla resume los principales valores umbrales que se deben considerar en la planificación oficial.

FENÓMENOS PELIGROSOS	VARIABLES FÍSICAS PELIGROSAS	UMBRALES PELIGROSOS
De tipo térmico	Radiación Térmica (kW/m ²)	40 Destrucción equipos/tanques
		12.5 Ignición de recubrimientos plásticos. Extensión del incendio
		8 Umbral de letalidad ² (1% de afectación) por incendio, para un tiempo de exposición de 1 min.
		5 Máx. soportable por personas protegidas con trajes especiales y tiempo limitado. <i>Zona de intervención</i>
		3 <i>Zona de alerta</i>
		1.5 Máx. soportable por personas con vestimentas normales y un tiempo prolongado
De tipo mecánico	Ondas de presión: sobrepresión (mbar) Otras variables físicas peligrosas: Impulso mecánico de la onda de presión (mbar s) Impulso mecánico de los proyectiles	1000 Umbral de letalidad (1% de afectación) por efectos directos de la sobrepresión sobre el cuerpo humano
		700 Demolición casi total de los edificios.
		400 Demolición casi completa de casas
		250 Rotura de tanques. Daño de maquinaria industrial pesada. Distorsión de estructuras y cimientos.
		125 Dislocación/colapso de paneles, paredes y techos. <i>Zona de intervención</i>
		10 Daños estructurales de pequeña magnitud en caso <i>Zona de alerta</i>
De tipo químico	Concentración con efectos tóxicos agudos (efectos evidentes sobre la salud en corto periodo de tiempo).	50 Rotura de vidrios
		10 Concentración inmediatamente peligrosa para la vida y la salud para una exposición de 30 min. (IPVS) en ppm o mg/m ³ . <i>Zona de intervención</i> . El valor umbral varía para cada sustancia. En caso de exposiciones menos prolongadas cabe corregir el umbral.

CAPITULO III

*APLICACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS DE LA
EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL Y
REALIZACIÓN DE UN ESTUDIO DE RIESGO
AMBIENTAL APLICANDO LOS PRINCIPIOS DE LA
DIRECTRIZ SEVESO II.*



CAPÍTULO III

Una vez definido el concepto de **Riesgo Ambiental** (Capítulo I) y las bases de Legales nacionales e internacionales que lo sustentan (Capítulo II); este capítulo será dedicado a la aplicación de los conocimientos ya mencionados. Se presenta a continuación la elaboración de un Estudio de Riesgo Ambiental, el cual se realizó siguiendo los parámetros que se encuentran delimitados dentro de la Directriz SEVESO II, puesto que una vez examinada la legislación en materia de Riesgo Ambiental entre los países de México y España se han detectado grandes diferencias, si bien es cierto que los contenidos de los Estudios de Riesgo Ambiental siguen las mismas metodologías, la Directriz SEVESO II, limita las repercusiones de los accidentes graves en las personas y pone especial cuidado a las sustancias perjudiciales exclusivamente al medio ambiente, además cuenta con niveles elevados de protección hacia la comunidad en general.

• **ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL**

El presente estudio de riesgo ambiental, fue realizado a una instalación industrial dedicada a la elaboración de productos fitosanitarios.

Cabe mencionar que el nombre de la empresa en cuestión, se ha omitido y a su vez la información referente a los procesos de producción debido a razones de confidencialidad industrial y en apego al los artículos 210 y 211 del Código penal, para el Distrito Federal por lo cual la información que se presenta tiene exclusivamente la finalidad de mostrar la aplicación técnica de los métodos y parámetros para la realización de un Estudio de Riesgo Ambiental.



ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL

1. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS DE RIESGO AMBIENTAL

En el Análisis de Riesgos el primer punto es la identificación de aquellas situaciones en las que exista un riesgo grave para las personas, los equipos y el medio ambiente en las instalaciones de estudio. Esta identificación se ha realizado en base a las siguientes metodologías:

- Análisis histórico de accidentes
- Análisis de la peligrosidad de las sustancias que se manejan en las instalaciones.
- Análisis de las instalaciones y equipos.
- Aplicación de lista de comprobación para identificación de peligros

1.1 ANÁLISIS HISTÓRICO DE ACCIDENTES

En este punto se describe el Análisis Histórico realizado de los accidentes ocurridos con pesticidas en plantas de producción durante las operaciones de proceso y almacenamiento.

Con este Análisis se tiene la posibilidad de estudiar y analizar accidentes con el fin de identificar situaciones de riesgo (causas y consecuencias), que pudieran tener lugar en la instalación a estudio.

Para el análisis se ha empleado la Base de Datos MHIDAS que contiene entre otros accidentes, los que se han visto involucrados productos fitosanitarios (sustancias peligrosas clasificadas que se manejan en la empresa ejemplo).

La información que presenta MHIDAS, está dividida en diferentes apartados (tipo de mercancía peligrosa, actividad, causas, etc.) pudiendo clasificarlos y realizar búsquedas por ellos.

Resultados de la base de datos MHIDAS

En la Base de Datos MHIDAS, se han identificado un total de 69 accidentes con las condiciones de búsqueda introducidas (accidentes con pesticidas en las operaciones de almacenamiento y proceso).

A continuación se describe el análisis de las variables más importantes.

Según el lugar/ actividad desarrollada, el número de accidentes encontrado es el siguiente:

Almacenamiento:.....	36
Proceso:.....	26



De los datos anteriores hay que indicar que una gran parte de los de proceso se refieren a la fabricación del principio activo (mayor peligrosidad dadas las condiciones en las que se deben efectuar –procesos químicos–) y no del formulado, como se hace en la empresa ejemplo (procesos físicos básicamente).

Según el **tipo de accidente**, el número de registros encontrado es el siguiente (en algunos casos puede que se hayan producido dos o más fenómenos de manera secuencial, por ejemplo incendio seguido de explosión):

Incendios:.....	31
Fugas:.....	43
(13 de ellas en forma de nubes de gas)	
Explosiones:.....	25

Según las **causas generales**, el número de registros encontrado es el siguiente:

Externas:.....	8
Impacto:.....	1
Humano:.....	11
Mecánico:.....	10
Reacción violenta:.....	10
Condiciones de proceso:.....	3

Las causas externas pueden ser sabotaje (1), inundación (1), temperaturas extremas (1), fuego externo (2), explosión externa (2) y erosión (1)

En relación con los fallos humanos han sido mantenimiento (3), error de operación (3), procedimientos erróneos (4) y fallos de gestión (1).

Los fallos mecánicos: corrosión (2), sobrecalentamiento (3), sobrepresión (5), fallo material (1) y fallo brida de conexión (1).

En el caso de impactos, la causa principal fue la caída de un objeto pesado, sobre las tuberías u otros equipos.

Conclusiones

Las sustancias utilizadas en el proceso de formulación de productos fitosanitarios, tienen una alta toxicidad, cualidad natural de la sustancia, debido a que el mismo efecto o acción que causan en las plagas que atacan los cultivos, lo ejercen sobre el organismo humano.



CAPÍTULO III

Se ha de tener en cuenta que la producción de accidentes, por las cualidades intrínsecas de dichas sustancias, depende en gran parte, de la forma en que se usen y de una serie de factores susceptibles de ser controlados.

Las fugas de estos productos, si no se produce incendio no tienen grandes repercusiones dada su baja volatilidad a no ser que los vertidos vayan a parar a cauces de agua, lo que puede producir un gran efecto negativo al provocar la muerte de los seres vivos acuáticos que pueden encontrarse.

Si se produce un incendio (atribuido principalmente al disolvente inflamable del preparado), debido a las características de las sustancias (principio activo), se pueden producir nubes tóxicas que, en determinadas circunstancias pueden abarcar zonas relativamente importantes. En estos casos puede ser necesario evacuar las zonas alrededor de las instalaciones (en función de la cantidad de pesticida que pueda arder).

De entre los accidentes identificados por medio de la Base de Datos MHIDAS, cabe destacar que un 58,1% de los accidentes, han tenido lugar en la actividad de Almacenamiento de dichos productos y un 41,9% en Proceso.

Esto nos lleva a la conclusión, de que el almacenamiento de productos fitosanitarios (tanto de materias primas como de producto elaborado), es un punto a tener en cuenta, debido a que en un espacio reducido como puede ser un almacén, se haya una alta concentración de productos tóxicos e inflamables. En cuanto a los accidentes registrados en actividades de proceso cabe indicar que la mayor parte son producidos durante la fase de fabricación de los principios activos (reacciones químicas) y no tanto en la formulación o simple mezcla de sustancias donde las condiciones de procesado son mucho menos energéticas (prácticamente a presión atmosférica y temperatura ambiente).

Según el tipo de accidentes podemos sacar la conclusión de que el 43,4% son fugas, siendo el 30,2% de este 43,4% en forma de nubes de gas. El 31,3% son incendios y el 25,2% son explosiones.

Las causas generales que llevan a dichos accidentes son en su mayoría por fallo humano, mecánico y causas externas, ocurriendo en menor proporción por impactos o condiciones de proceso.

En relación con los efectos sobre los seres vivos se puede observar que no se ha registrado un número muy importante de víctimas mortales en los diferentes accidentes y que estos han sido debidos principalmente a los efectos de explosiones e incendios iniciales.

Sin embargo si se han producido una cantidad significativa de heridos en algunos accidentes causados preferentemente por los efectos de los gases tóxicos formados. Además, los efectos causados por los vertidos de pesticidas en cauces



CAPÍTULO III

de agua si han sido notables provocando la mortandad de peces y daños al ecosistema.

1.2. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS EN RELACIÓN CON LAS INSTALACIONES Y EQUIPOS

A continuación se describen una serie de peligros que pueden presentar los diferentes equipos e instalaciones que se encuentran en la empresa ejemplo y sus causas.

Básicamente, las instalaciones constan de tanques de almacenamiento subterráneos, reactores/ tanques de mezcla, tanques y recipientes de distintas capacidades (máximo 1,000 l), para las materias primas y producto acabado, puntos de descarga de materias primas, unos pequeños tramos de tuberías para la conducción de disolventes (xileno y ciclohexanona), necesarios para el proceso de producción y para el envasado de producto final y equipos de envío (bombas).

Los peligros se derivan básicamente de pérdidas de contención de los productos almacenados o transportados. La magnitud de cada accidente desencadenado dependerá fundamentalmente de la cantidad fugada.

A continuación se indican las principales causas que podrían generar la pérdida de contención de los equipos.

a) **Recipientes (Tanques de almacenamiento subterráneo, Reactores/ Tanques de mezcla, almacenamiento de producto y recipientes móviles)**

Los fallos de los recipientes fijos, que pueden desencadenar accidentes graves pueden venir provocados por las siguientes causas:

- Fallo del material por defecto mecánico, ya sea por corrosión o por fatiga.
- Rotura por impacto de un móvil con suficiente energía. (Aunque la probabilidad es pequeña, cabe la posibilidad de que un montacargas colisione accidentalmente en una nave con un tanque de mezcla)
- Explosión interna de los vapores inflamables.
- Rebase de producto por sobrellenado.
- Caída de palet de estantería por deterioro del mismo o fallo del soporte de la estantería.
- En determinados casos puede darse sobrepresión (debido a fuego externo, fallo en dispositivos de venteo durante la carga o transferencia a zona de formulación).



b) Tuberías

La pérdida de contención del producto en el transporte por tuberías puede surgir como consecuencias de los siguientes efectos:

- Dado que las tuberías son aéreas, la probabilidad de colisión de vehículos que se desplazan próximos a las tuberías, es reducida, aunque cabe la posibilidad de que una carreta choque.
- Los disolventes transportados no son muy corrosivos, pero cabe una cierta posibilidad de fugas por corrosiones.
- Corrosión externa, relacionada con las condiciones atmosféricas locales.
- Rotura de uniones soldadas, debido a defectos de las soldaduras o falta de inspecciones periódicas
- Rotura de juntas que se encuentran en las uniones entre las tuberías y equipos.

c) Equipos de impulsión: bombas

Los equipos de impulsión son elementos críticos en una instalación ya que, representan fuentes potenciales de pérdida de producto (a través de los sellos, juntas, etc.)

Los riesgos que presentan estos equipos pueden venir provocados por:

- Rotura de los ejes de la bomba.
- Pérdida de contención en los sellos mecánicos (caso de que la bomba disponga de estos mecanismos).
- Sobrepresiones por válvulas de impulsión cerrada.
- Fallo en la operación presentándose tres casos típicos:
 - Cavitación, provocando el deterioramiento del rodete.
 - Válvula de impulsión cerrada.
 - Funcionamiento en vacío, por falta de alimentación.
- Defectos en las piezas de las bombas, debido a un desalineamiento, desequilibrio, o falta de lubricación.
- Pérdida de producto a través del cierre.



d) **Zonas de descarga**

Las principales causas que pueden dar lugar a fugas de productos en zonas de descarga son las siguientes:

- Deficiencias en las mangueras de descarga.
- Fugas por fallos en la operación (mala conexión, apertura de válvulas equivocadas, etc.)
- Colisión de vehículos o movimiento de los mismos estando en operaciones de descarga con rotura de manguera de descarga o rotura de cisternas.
- Fallos por fatiga del material.

1.3. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS EN FUNCIÓN DE LAS SUSTANCIAS

La empresa ejemplo tiene en sus instalaciones una gran cantidad de sustancias consideradas como peligrosas, tanto tóxicas como inflamables y corrosivas. Una gran cantidad de productos activos son tóxicos y muy tóxicos aunque no son volátiles y su dispersión, por tanto es difícil (son sólidos no inflamables ni explosivos).

Por tanto, la principal peligrosidad de los mismos, de cara a la generación de que accidentes graves, como se ha indicado anteriormente, no estriba en los propios productos si no en la generación de humos tóxicos debido a incendios o descomposición incrementado por el hecho de que una proporción de los productos fitosanitarios corresponde a disolventes inflamables.

INFLAMABILIDAD

En los procesos de fabricación no se utilizan gases inflamables lo que reduce el riesgo de incendio y explosión. En relación a los sólidos se identifica el azufre como sustancia inflamable que incluso puede llegar a ser explosiva en determinadas condiciones (polvo fino en suspensión). El resto de sustancias son líquidas de diferente punto de inflamación.

La variedad de sustancias y preparados es muy amplia, almacenándose en recipientes móviles de capacidades comprendidas entre los 5 litros y los 1,000 litros. Prácticamente la totalidad de las operaciones con sustancias inflamables son a temperatura ambiente y presión atmosférica.

La relación no exhaustiva de los productos inflamables (materias primas y productos finales) se incluye a continuación:



CAPTULO III

NOMBRE SUSTANCIA	
XILENO	CIBELTE 10 LE
CICLOHEXANONA	CLORIFOS 48 EC
ACETONA	HERBICIDA C PROBELTE
ACIDO ACETICO	KAMKAZE
ALCOHOL ISOPROPILICO	MALATHION PROBELTE 50 E
CLOROFORMATO DE ISOPROPILO	METOPRON
EMULGENTE NO IÓNICO: DESHCOFIX 952/954	METROPRON 20 LS
DESHCOFIX 954	OTRJA 25 CE
DESHCOFIX 956	PROBEL DOBLE
DESHCOFIX 958	PROBEL G-20 LE
EMPIGEN	PROBEL S-50
ETANOL	PROBELTE 40 R
ETILENDIAMINA	PRODIMENOL 25 LE
ISOPROPILAMINA 70% ACUOSA	PROPAFLOR 48
NANSA EVM 70/B	PROSMET 20 LE
DISOLVENTE 160/180	PROTODAN 35
ACARELTE 40	PROZINON 60
ACARELTE FORTE	PULL-UP
BEMECTINE	

Las medidas de control para reducir la peligrosidad de las sustancias son:

- Control de derrames y de pérdidas de contención de equipos (mantenimiento y diseño)
- Control de puntos de ignición
- Protección contra incendios

TOXICIDAD

Las sustancias que encontramos en nuestro estudio son productos sólidos (principios activos y productos fitosanitarios) y líquidos (productos fitosanitarios) lo cual indica que escapes de estos productos no causaran accidentes graves. A continuación se identifican los productos clasificados como muy tóxicos y tóxicos:

Nombre sustancia	
ABAMECTINA	METROPON 30% LS
PROBEL G-20 PM	ESTERMILO
PROTODAN 35	EUROZIM 50
METOMILO	PROTURON 50
ENDOSULFAN	WINGTIP
ACARELTE 40	CARBOSULFAN
CLORIFOS 48 EC	CLORPIRIFOS
DINOBTION TECNICO	DELTAMETRINA



CAPÍTULO III

<i>Nombre sustancia</i>	
KAMIKAZE	DINOSEB
METOPRON	FORMOL 40%
METROPRON 25%PM	

Otro peligro destacable de los productos tóxicos e inflamables es su ignición ya que generan humos tóxicos de diferentes composiciones. No obstante, la alta temperatura de los humos hace que se dispersen con una componente vertical muy acusada diluyéndose de manera acusada a niveles de superficie en áreas relativamente próximas.

Las medidas de control para reducir la peligrosidad de las sustancias son:

- Control de derrames y de pérdidas de contención de equipos (mantenimiento y diseño)
- Defensa contra incendios (limitación de producción de humos tóxicos)

En la siguiente tabla se indican las principales materias primas, los productos tóxicos y los disolventes y las sustancias que pueden ser generadas en caso de incendio

"APLICACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS DE LA EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL Y REALIZACIÓN DE UN ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL APLICANDO LOS PRINCIPIOS DE LA DIRECTRIZ SEVESO II"



FES-Z

CAPÍTULO III

MATERIAS PRIMAS	PELIGROSIDAD	REACTIVIDAD	RESIDUOS Y GASES
DINOSEB	Tóxico y dañino para el medio ambiente	Descomposición exotérmica rápida a > 190°C. A temperaturas superiores a 60°C, el producto se descompone. Riesgo importante de incendio y explosión si se expone a llamas o fuentes de ignición	Descomposición térmica: NO ₂ y CO ₂ . Combustión: NO ₂ y CO ₂
FORMOLIN 40%	Tóxico por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel. Provoca quemaduras. Posibilidad de efectos irreversibles. Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel.	Estable en condiciones normales de almacenamiento. Evitar temperaturas de almacenamientos superiores a 50°C, chispas y llamas.	Combustión: CO Descomposición térmica: Formaldehído gas
METANOL	Fácilmente inflamable: Punto de inflamación 10°C Tóxico	Estable en condiciones normales de manipulación y almacenamiento No exponer al calor ni a llamas desnudas o chispas Los vapores pueden formar mezclas explosivas con el aire	Incendio: CO y formaldehído Contacto con metales alcalinos: hidrogeno
ABAMECTINA	Tóxico	---	---
CLORFIRIPOS	Tóxico. Peligrosidad para la fauna terrestre y acuícola	Estable en condiciones normales de presión y temperatura. Evitar temperaturas >50°C. El producto comienza a descomposición exotérmica a 130°C, lo que puede aumentar la temperatura y descomponerse violentamente.	Descomposición por calor: NO ₂ , HCl, etil y dietil sulfide.
DINOBUTON	Tóxico y dañino para el medio ambiente	Descomposición exotérmica rápida a > 190°C. A temperaturas superiores a 60°C, el producto se descompone. Riesgo importante de incendio y explosión si se expone a llamas o fuentes de ignición	Descomposición térmica: NO ₂ y CO ₂ Combustión: NO ₂ y CO ₂
ENDOSULFAN	Tóxico. Peligrosidad para la fauna terrestre y acuícola	Estable. Evitar calor o llama abierta	Descomposición por calor: Humos tóxicos de azufre, CO, HCl
METOMILO	Tóxico	Estable en condiciones normales Evitar altas temperaturas, luz solar o exposición al aire y medios alcalinos	
AZUL SUDAN	Nocivo para el ser humano y dañino para el medio ambiente.	Evitar temperaturas superiores a 60°C	Ningún producto de descomposición peligroso
NOMI, FENOL	Nocivo por ingestión. Puede provocar irritación en la boca y en el tracto digestivo superior. Puede causar importante irritación en la piel si la exposición es repetida. Irritación ocular El vertido de producto no tratado y/ o de sus metabolitos puede suponer un peligro para el medio ambiente acuático	Puede reaccionar con oxidantes fuertes	Por encima del punto de ebullición podrían liberarse componentes inflamables
VERDE MALAQUITA	Riesgo crítico para el hombre y el ambiente. Irritante para la piel, los ojos y vías respiratorias. Nocivo por ingestión	Es estable a temperaturas normales	Descomposición por combustión: gases tóxicos CO ₂ y Nitrógeno

"APLICACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS DE LA EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL Y REALIZACIÓN DE UN ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL APLICANDO LOS PRINCIPIOS DE LA DIRECTRIZ SEVESO II"



FES-Z

CAPÍTULO III

PROPIEDADES	TOXICIDAD	REACTIVIDAD	RESIDUOS Y GASES
ALCARELTE 40	Inflamable Nocivo por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel	Evitar productos alcalinos	Productos de descomposición peligrosos: como consecuencias de altas temperaturas, se pueden producir NO ₂ y CO
METOPRON	Inflamable. Nocivo por ingestión y en contacto con la piel Tóxico por ingestión Irrita la piel Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel	Estable. Evitar el calor ya que se pueden desprender vapores que pueden inflamarse. Evitar materiales oxidantes, básicos o ácidos fuertes	Descomposición: cianuro de hidrógeno, dióxido de azufre e izo cianato de metilo y cloruro de hidrógeno Los vapores pueden formar una mezcla explosiva con el aire
METOPRON 30% LS	Fácilmente inflamable Tóxico por ingestión	Estable. Evitar el calor ya que se pueden desprender vapores que pueden inflamarse	Descomposición: cianuro de hidrógeno, dióxido de azufre e isocianato de metilo. Los vapores pueden formar una mezcla explosiva con el aire.
METOPRON 25% PM	Tóxico por ingestión	Evitar el calor ya que se pueden desprender vapores que pueden inflamarse.	Descomposición: cianuro de hidrógeno, dióxido de azufre e isocianato de metilo. Los vapores pueden formar mezcla explosiva con el aire.
PROBEL G - 20 PM	Tóxico por inhalación, ingestión y en contacto con la piel	Estable en condiciones normales. Evitar la exposición a llamas y temperaturas superiores a 40°C. Incompatible con oxidantes fuertes, ácidos y álcalis.	El producto se descompone a altas temperaturas emitiendo humos tóxicos. Productos de combustión: CO ₂ , H ₂ O, CO (en defecto de aire), NO ₂ , SO y humos de ácido fosfórico
PROTODAN 35	Inflamable. Nocivo por inhalación. Tóxico en contacto con la piel y por ingestión. Irrita los ojos y la piel	Evitar la humedad y temperatura por encima de 50°C o por debajo de 10°C. Se deben tomar precauciones contra explosiones.	Combustión: Humos tóxicos como SO, ClO ₂ y ClH
CLORIFOS 48 EC	Tóxico.	Estable en condiciones normales de presión y temperatura. Evitar temperaturas >75°C, proteger del sol directo y calor excesivo. Evitar oxidantes, ácidos y alcalinos fuertes	Descomposición de productos peligrosos: por calor, CO, CO ₂ , SO, NO ₂ , PO ₂ , HCl y otros. No ocurre polimerización peligrosa.
DISOLVENTES	PELIGROSIDAD	REACTIVIDAD	RESIDUOS Y GASES
XILENO	Inflamable y moderadamente tóxico por vía intraperitoneal y subcutánea. Mediamente tóxico por ingestión e inhalación	Evitar exposición a calor o llama pudiendo reaccionar con materiales oxidantes.	-----
CICLOHEXANONA	Inflamable y moderadamente tóxico por ingestión, inhalación y vías subcutáneas, intravenosa e intraperitoneal	Evitar exponer a calor o llama. Puede reaccionar violentamente con materiales oxidantes. Ligero riesgo de explosión en forma de vapor, cuando se expone a llama. Reacción explosiva con ácido nítrico a 75°C. Reacciona con peróxido de hidrógeno más ácido nítrico, formándose un peróxido explosivo	Descomposición al calor: emisión de humos cáusticos y vapores irritantes



CAPÍTULO III

PROPIEDADES	EFECTOS	RIESGOS	REACCIONES Y DAÑOS
CLOROFORMO ATO DE ISOPROPILO	Producto altamente inflamable, corrosivo, inestable y nocivo	Inestable a temperatura ambiente Reacciona violentamente con los productos alcalinos, agua, aminas y alcohol	Se descompone produciendo Ac. clorhídrico y fosgeno

1.4 PELIGROS PARA EL MEDIO AMBIENTE

En las instalaciones de la empresa también se almacenan y manipulan productos clasificados como peligrosos para el medio ambiente (SEVESOII)

La principal peligrosidad de estos productos es su vertido a zonas con presencia de agua tanto superficiales como subterráneas ya que podrían dar lugar a contaminación de las mismas con posibles daños medioambientales por lo que se establecen medidas de contención y control de derrames.

Otro riesgo medioambiental a destacar es el vertido de las aguas de incendios de pesticidas ya que pueden arrastrar productos también contaminantes a zonas sensibles.

<i>Nombre químico</i>
NONIL FENOL
VERDE MALAQUITA
AZUL SUDÁN

Las medidas de control para reducir la peligrosidad de las sustancias son el control de derrames y de pérdidas de contención de equipos (mantenimiento y diseño)

1.5. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS MEDIANTE LISTA DE COMPROBACIÓN

Una vez analizadas de manera somera los peligros de las sustancias manejadas y equipos presentes en las instalaciones, se emplearon listas de chequeo para la identificación de peligros. Con la utilización de las listas se pretendió llevar a cabo un análisis de identificación de causas que pudieran conducir a accidentes graves dadas las actividades, equipos y sustancias de la instalación.

La lista se dividió en las siguientes áreas de análisis:

- Instalaciones
- Procesos
- Causas externas
- Fuentes de ignición
- Errores de operación
- Sustancias peligrosas

A continuación se incluye dicha lista:



LISTA DE CHEQUEO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS POSIBLES CAUSAS DE ACCIDENTES MAYORES		
POSIBLE CAUSA	Causa identificada (SI/NO)	Comentarios
INSTALACIONES:		
Recipientes		
Defecto mecánico (corrosión o fatiga)	SI	Aunque con baja probabilidad puede existir riesgo de fallos de contención por estas causas. Los materiales son adecuados.
Impacto de móvil	SI	Limitado. Los tanques de almacenamiento son enterrados. Los tanques de reacciones o contenedores con producto pueden ser golpeados por carretillas móviles o movimiento de equipos
Estallidos	NO	No se llevan a cabo procesos a alta presión
Explosiones internas	SI	Posibilidad de explosiones en molienda de azufre aunque se disponen de sistemas de control (inertización y medición de oxígeno). Explosiones en mezcladores con sustancias inflamables (zona protegida)
Derrame de producto por sobrellenado	SI	Posibilidad de vertido por sobrellenado de producto. No son previsibles consecuencias importantes. Todas las naves disponen de depósitos para contención de producto o zanjas a la entrada para evitar en la medida de lo posible la extensión del derrame.
Sobrepresiones	NO	Las sobrepresiones que se pueden originar no parece que sean fuente de peligro
Válvula de seguridad inadecuada	NO	Los equipos no son a presión por lo que no disponen de válvula de seguridad.
Exceso de temperatura	NO	No se prevén excesos de temperatura considerables en el proceso que puedan ocasionar fallos en equipos
Fallo por baja temperatura	NO	No se prevén bajas temperaturas
Calda de recipiente	SI	Los productos se transportan en contenedores mediante carretilla y en algunas ocasiones se almacenan sobre estanterías. Existe la posibilidad de caída con rotura y vertido
Tuberías y mangueras		
Impacto / colisión de vehículos	SI	Aunque la posibilidad es baja ya que la mayor parte de las tuberías con productos peligrosos son aéreas.
Corrosión interna	SI	Posible corrosión. Los efectos se prevén pequeños.
Corrosión externa	SI	Posible corrosión. Los efectos se prevén pequeños.
Tensiones en tuberías y mangueras	SI	Posible rotura de manguera durante los procesos de descarga de productos desde sistema
Rotura de uniones soldadas por defectos	SI	Los posibles efectos previstos son pequeños.
Sobrepresiones	NO	No es de esperar, dadas las condiciones de operación, fallos de tuberías por sobre presión
Equipos de impulsión		
Rotura de ejes de bomba	NO	Se descarta esta posibilidad por ser muy remota
Pérdidas de contención de sellos mecánicos	SI	La rotura / fallo de sello mecánico puede provocar el vertido de producto. Aunque la cantidad vertida no sería muy importante.
Sobre presiones por válvula de impulsión cerrada	SI	En casos extremos podría producir sobre presiones y calentamientos en la bomba
Cavitaciones	SI	Posibles cavitaciones por no estar cebada la bomba o evaporación de líquido (posibles calentamientos). Las consecuencias no se prevén muy graves
PROCESOS		
Descomposición espontánea	SI	Riesgos de incendio y explosión en varios productos al poderse descomponer. Se identifica riesgo principalmente en el calentamiento de tanques o como consecuencia de incendios exteriores
Polimerización espontánea	NO	
Reacción debido a contaminación	NO	
Reacción debida a incorrecta mezcla de reaccionantes	NO	



CAPTULO III

LISTA DE CHEQUEO PARA LA IDENTIFICACION DE PELIGROS		
Fallo de servicios generales (electricidad, agua de refrigeración...)	NO	
CAUSAS EXTERNAS		
Incendios	SI	Riesgo bajo. Próxima a la instalación no existe ninguna industria de alto riesgo o zona de arbolado.
Inundaciones	NO	No es previsible la inundación al estar las instalaciones en un alto.
Derrumbamiento	NO	No hay instalaciones próximas que puedan derrumbarse
Alta/baja temperatura ambiental	NO	No se espera daños por estas causas
Terremoto	SI	Aunque mmoto siempre se considera como causa
Fuertes vientos	NO	Dadas las características de las instalaciones no es de esperar accidentes por esta causa.
Rayos	SI	Se dispone de pararrayos para su control
Infraestructuras	SI	Accidente con mercancías peligrosas tóxicas (efecto sobre los trabajadores)
Sabotaje	SI	Se dispone de presencia permanente de personal en instalaciones
FUENTES DE IGNICION		
Puntos de ignición posibles	SI	Pero ocasionadas por descuidos o fallos únicamente
ERRORES DE OPERACION		
Errores operativos	SI	Descarga de producto, sobrellenados, rotura de recipientes, etc.
SUSTANCIAS PELIGROSAS		
Inflamables	SI	Manejo de sustancias inflamables. Tanto de materias primas como de productos terminados.
Auto descomposición	SI	En caso de alta temperatura pueden generar incendio, explosiones con generación de productos tóxicos
Tóxicas	SI	Manipulación de sustancias tóxicas aunque no volátiles ni gases. El principal peligro es la generación de sustancias tóxicas a partir de incendios.
Vertidos	SI	Aunque este riesgo, dadas las medidas adoptadas parece controlado.
Fugas	SI	Los productos no son muy volátiles. No se esperan accidentes graves.
Incendios/explosiones	SI	Posibilidad e incendio de las sustancias manejadas. Formación de gases tóxicos.



Las principales conclusiones al análisis efectuado fueron las siguientes:

Vertido incontrolado de productos peligrosos

Si bien se pueden producir vertidos de productos tóxicos y/o inflamables y/o corrosivos por pérdidas de contención de recipientes o tuberías la magnitud de los vertidos serían controlados por los motivos que se señalan a continuación:

- ✓ No existe una conexión con la red de alcantarillado por lo que el vertido a la misma es imposible.
- ✓ Además se ha dispuesto en todas las naves de zanjas para contención de producto en caso de vertido o de aguas contra incendios
- ✓ Las naves de fabricación y envasado de productos líquidos disponen de fosas de almacenamiento de producto.
- ✓ Las naves de formulado con producto líquido tienen los suelos impermeabilizados para evitar filtraciones en caso de derrames. Las naves de almacenamiento tienen diques.
- ✓ Las cantidades de producto que manejan en cada operación, son pequeñas.
- ✓ No hay cauces de agua próximos a la fábrica.

Incendios y explosiones

En las instalaciones se manejan una cantidad relativamente importante de sustancias inflamables (materias primas, disolventes y preparados) por lo que existe un cierto riesgo de incendios y explosiones a partir de estas.

Además, también se han identificado diferentes sustancias que pueden sufrir descomposición si se calientan por encima de una temperatura determinada. Estas descomposiciones pueden ser violentas (explosivas) con generación de llamas.

Dadas las características químicas de algunas sustancias, en caso de arder, producirían gases de combustión tóxicos (NO₂, SO, HCl etc.), lo que hace aumentar la peligrosidad de los mismos.

En determinadas condiciones, de confinamiento principalmente, podrían producirse también explosiones de dichos productos aunque es de esperar que de manera localizada.

Las zonas donde hay presencia de sustancias inflamables son:

- Cámaras frigoríficas donde se almacenan productos de bajo punto de ebullición e inflamación.
- Nave 5 de síntesis y emulsionates
- Nave 6 dada la existencia de los depósitos intermedios de formulaciones y tuberías con producto.
- Nave 7 de envasado de preparaciones
- Almacén 3 de líquidos inflamables y corrosivos
- Almacén 6 de azufre galleta y triturado de azufre



CAPÍTULO III

- Nave 10 de molienda y ensacado de azufre
- Almacén 5 de espolvoreo y azufre
- Recorrido exterior de tuberías de disolvente
- Colector de gas natural
- Depósitos enterrados de disolventes

Además, con menor peligro debido a las cantidades y peligrosidad de productos manipulados y almacenados:

- Nave 14 gránulo de impregnación
- Almacén 1 y 2 de materias primas y producto final.
- Almacenamiento de aceites (combustible -punto de inflamación > 150°C-)

Con menores efectos negativos también podrían darse:

- Incendios en equipos técnicos (transformador, motores, cuadros eléctricos, etc.)
- Incendios convencionales (incendios en oficinas, palets, cajas de embalaje, mobiliario, etc.).
- Estallidos en equipos a presión (depósito acumulador de aire comprimido, recipiente de laboratorio, planta enfriadora y bomba de calor).

Riesgos especiales del proceso

Los riesgos de los procesos que se llevan a cabo en las instalaciones son los inherentes a la manipulación de productos inflamables, tóxicos y corrosivos. Las condiciones de proceso son bajas; presión atmosférica y temperatura ambiente en la mayoría de procesos (en algunos casos temperaturas en torno a los 70-100°C).

Adicionalmente a los comentados anteriormente, existen otros puntos de riesgos que cabe destacar.

Molienda de Azufre

Dadas las características del azufre, en el proceso de molienda (galleta) es posible que se produzcan explosiones al poder producirse chispas o aumento considerable de temperatura en ambiente propicio (polvo en suspensión).

Debido a que el molino está abierto no es de esperar fragmentación. El posterior incendio provocaría el desprendimiento de gases tóxicos, corrosivos e irritantes.

Para reducir dicho riesgo se trabaja con atmósfera inerte (N₂) y con una sonda de detección de oxígeno para mantener el nivel de éste por debajo del rango de inflamabilidad.



Proceso de calentamiento de tanques

Ciertos productos necesitan ser fundidos para poder utilizarlos en los procesos de formulación. Algunos son inestables por encima de cierta temperatura lo que puede provocar la explosión, incendio y emisión de gases tóxicos.

Para ello se cuenta con un armario calienta tanques situado en el exterior de las instalaciones dotado de termostato y doble sonda de temperatura con apagado automático en caso de aumento no deseado. Los tanques son de 200 l.

Infracción, vandalismo y amenaza de bomba

La instalación se encuentra vallada perimetralmente por muro de obra con cerca metálica con acceso controlado por personal de la instalación o vigilante (turnos de no actividad) con lo que se reduce el riesgo de intrusión y vandalismo.

Aun con todo se identifica la posibilidad de que las instalaciones reciban amenazas de bomba/ atentado terrorista.

Riesgos de la naturaleza

Respecto a las condiciones meteorológicas de la zona, debe tenerse en cuenta la posibilidad de grandes tormentas (fuertes vientos, rayos etc.) si bien las repercusiones no parecen muy negativas.

Las instalaciones se encuentran en un alto por lo que el riesgo de inundación es bajo.

Para evitar los posibles efectos negativos de los rayos (incendios principalmente) se dispone de pararrayos.

Finalmente indicar que si bien se encuentra en una zona de relativo riesgo sísmico, las instalaciones al no disponer de tanques de almacenamiento de gran capacidad ni equipos de gran altura no parece que puedan generar riesgo de accidente grave.

1.6. EFECTO DOMINÓ

Dadas las características reducidas del establecimiento, en principio este puede considerarse como una única instalación. Éste ocupa toda una parcela del polígono lindando con viales en todos sus lados.

La organización de la actividad se ha establecido de tal manera que los procesos se llevan a cabo en varias naves. Por sus características constructivas, compuesto por diferentes naves separadas por muros no es de esperar la propagación de un incendio entre las naves previendo una respuesta de los medios de intervención internos y externos. Además donde existe posibilidad de extensión de derrames se han construido zanjas para evitarlo. En caso de remota posibilidad de explosiones, las sobrepresiones generadas serían aliviadas a través de los techos.



CAPÍTULO III

En el caso de que se produjera un incendio en el exterior accidental, no se afectarían instalaciones vecinas

Los elementos constructivos que se presentan en la instalación tienen las siguientes resistencias:

Tipo revestimiento	Espesor de la fábrica en cm con ladrillo hueco	
	4-6	8-10
Cubierta		
Por la cara expuesta al fuego (RF)	15	60
Por las dos caras (RF)	30	90
Revestido		
Por la cara expuesta al fuego (RF)	60	120
Por las dos caras (RF)	90	180

Los datos se expresan en minutos.

Por tanto, los daños que se pudieran producir quedarían reclusos en los equipos de las naves donde se produjeran los incendios, no produciendo efecto dominó a instalaciones vecinas. En el hipotético caso de incendios de gran tamaño los equipos quedarían dentro del propio incendio.

En resumen las áreas y equipos afectados serían las siguientes:

ACCIDENTE	DAÑOS POR EFECTO DOMINO
Incendio en nave 5 (síntesis y emulsiones)	Equipos y estructuras de la nave 5 (reactores y mezclas).
Incendio en nave 6	Daños en depósitos intermedios para nave de envasado y tuberías de transferencia en nave 6.
Incendio en almacén 3 (líquidos inflamables y corrosivos)	Daños en sector del incendio (se cuenta con detección automática e inundación por espuma)
Incendio en nave 11 (flujos herbicidas)	Daños en equipos de nave 11, posible extensión a nave 12 inmediata.
Incendio en almacén de materias primas	Los recipientes almacenados son pequeños no obstante si el incendio es prolongado puede extenderse el incendio. Posible propagación a almacén producto final.
Incendio en almacén de producto final	Los recipientes almacenados son pequeños no obstante si el incendio es prolongado puede extenderse el incendio. Posible propagación a almacén de materias primas.
Incendio en zona descarga disolventes	Daños en tanques de aceite de la zona. Los tanques de disolventes al estar enterrados se encuentran protegidos.

1.7 CÁLCULO DE LA VULNERABILIDAD

Una vez considerado el efecto domino para cada accidente grave, se lleva a cabo un análisis de la vulnerabilidad que estos valores suponen para las personas, los bienes y el medio ambiente. En el siguiente cuadro se presenta una descripción de la tipología de las posibles consecuencias para los principales elementos vulnerables, personas, bienes y medio ambiente, según hablemos de efectos térmicos, mecánicos o tóxicos.

Tipología de las posibles consecuencias

TÉRMICO	Contacto	Líquidos calientes Líquidos criogénicos Gases licuados	Quemaduras de diverso grado	No significativo	No significativo
	Radlación térmica	Incendios	Quemaduras de diverso grado.	Debilitamiento estructural. Ignición materiales combustibles	No significativo
	Combustión	Deflagraciones	Quemaduras graves	No significativo	No significativo
MECÁNICOS	Proyectiles primarios	Explosiones Internas. BLEVEs	Lesiones graves	Daño estructural	No significativo
	Proyectiles secundarios	Ondas de presión explosiones.	Lesiones	Daño estructural (normalmente poco significativo)	No significativo
	Onda de presión	Explosiones confinadas Deflagraciones explosivas no confinadas	Daños tímpanos y pulmonares Lesiones por Impacto debido desplazamiento del cuerpo	Daños estructurales	No significativo
QUÍMICO	Sustancias tóxicas (gas/vapor)	Fuga / evaporación de sustancias tóxicas	Intoxicación (vía inhalación)	No significativo	Intoxicación vía inhalación aves, animales terrestres y anfibios (puede ser intensa aunque no persistente)
	Sustancias tóxicas polvo	Dispersión de polvo. Solidificación de nieblas	Intoxicación (vía inhalación)	Afección por deposición a cultivos agrícolas con valor económico	Intoxicación vía inhalación aves, animales terrestres y anfibios (puede ser intensa aunque no persistente) Contaminación de suelos y aguas
	Humos y gases de combustión	Incendios	Intoxicación (vía inhalación)	No significativo	Intoxicación vía inhalación aves, animales terrestres y anfibios (puede ser intensa aunque no persistente)



CAPÍTULO III

	MEDIO AMBIENTE				
	Deficiencia de oxígeno	Deflagraciones. Formación vapores líquidos hirvientes	Azfixia	No significativo	No significativo
	Líquidos tóxicos	Derrames de producto	Intoxicación (vía cutánea, normalmente localizada)	Afección por deposición a cultivos con valor económico	Posible contaminación aguas y suelo

1.7.1 Vulnerabilidad a los Efectos Térmicos

En cuanto a la vulnerabilidad a los efectos térmicos, cabe resaltar, que la radiación térmica procedente de un incendio puede causar efectos adversos a las personas, produciendo quemaduras de diverso grado (primer, segundo y tercer grado) e incluso producir la muerte a partir de ciertos valores de la intensidad de la radiación recibida y el tiempo de exposición.

Para reflejar los efectos que produce la radiación sobre las personas, a continuación se muestran los porcentajes de mortalidad en función de algunos tiempos de exposición y el nivel de radiación recibida:

Porcentajes de mortalidad en función del tiempo/radiación

NIVEL DE RADIACIÓN (kW/m ²)	SEGUNDOS DE EXPOSICIÓN PARA % DE MORTALIDAD		
	1%	50%	99%
3	100	250	620
5	50	130	310
8	28	70	165

Por ejemplo, para una distancia a 100 metros del origen del incendio con un nivel de radiación de 3 kW/ m² y con un tiempo de exposición de 10 minutos, 600 segundos, el porcentaje de mortalidad sería del 99%, ya que el tiempo de exposición es muy grande. Sin embargo para un tiempo de exposición de 4 minutos, 240 segundos, el porcentaje se reduce a la mitad (50%) y por último para una exposición de un minuto y medio el porcentaje se rebajaría hasta el 1%.

En la siguiente tabla se detallan los daños que las quemaduras producen en la piel dependiendo de los niveles de radiación y el tiempo de exposición:



Daños quemaduras función radiación/tiempo exposición

NIVEL DE RADIACIÓN (kW/m ²)	DAÑOS
0,7	Enrojecimiento y quemaduras en la piel cuando hay una exposición prolongada.
1,75	Límite de dolor alcanzado después de 60 segundos.
6,4	Límite de dolor después de 8 segundos Quemaduras de segundo grado después de 20 segundos.
9,5	Límite de dolor después de 6 segundos.
16,0	Quemaduras graves después de 5 segundos
5,0	Límite de dolor después de 15 segundos

1.7.2 Vulnerabilidad efectos Mecánicos

Como ya se comentó, las zonas con riesgo de explosión, están confinadas en el interior de edificios y presentan medidas de control y de alivio de explosión que evitarían la propagación de los daños a otras áreas de la empresa o a instalaciones vecinas.

En el caso de presentarse un incendio en zona no confinada, en el accidente no se producen suficiente concentración de sustancia inflamable para que se dé explosiones.

Por lo tanto no se considera la vulnerabilidad a las sobrepresiones, ya que no se producen en los accidentes considerados y en el resto, los daños quedarían recluidos a la zona donde se producen o aliviados a zonas sin riesgo (por el techo de las instalaciones).

1.7.3 Vulnerabilidad sobre los bienes

Los daños sobre los bienes materiales son producidos en caso de accidente por los efectos térmicos o las sobrepresiones. Sin embargo, en algún caso de fuga tóxica, se puede producir también afección de algún bien produciendo una pérdida económica (cultivos).

Los efectos de la radiación térmica en edificios y estructuras, son obviamente diferentes para estructuras de distinta naturaleza. La incidencia de la radiación térmica sobre las estructuras combustibles puede causar la ignición y combustión de las mismas. Sin embargo, en materiales no combustibles, como por ejemplo estructuras metálicas, el efecto más peligroso es el hecho de rebajar la resistencia del material, con el consiguiente riesgo de colapso de la estructura.

A la hora de evaluar el daño a edificios y estructuras, es muy importante determinar si ocurre la ignición del material considerado. A este respecto, es de notar que los tratamientos superficiales de los distintos materiales pueden modificar fuertemente sus características de ignición.



CAPÍTULO III

Como ya se comentó en el efecto dominó, los efectos térmicos y mecánicos de los accidentes que se pueden dar en las instalaciones quedarían reclusos en las naves o zonas donde ocurren debido a las medidas de control como zanjas o alivijs. Esto hace que los efectos sobre los bienes se limiten a los daños en las instalaciones de la empresa.

No es previsible que los efectos tóxicos debido a las nubes de humo produzcan daño alguno para los bienes.

A continuación, se refleja los bienes afectados para distintos accidentes:

ACCIDENTE	DAÑOS PREVISTOS A LOS BIENES
Incendio en nave 5 (síntesis y emulsiones)	Equipos y estructuras de la nave 5 (reactores y mezclas).
Incendio en nave 6	Daños en depósitos intermedios para nave de envasado y tuberías de transferencia en nave 6.
Incendio en almacén 3 (líquidos inflamables y corrosivos)	Daños en sector del incendio (se cuenta con detección automática e inundación por espuma)
Incendio en nave 11 (flujos herbicidas)	Daños en equipos de nave 11, posible extensión a nave 12 inmediata.
Incendio en almacén de materias primas	Los recipientes almacenados son pequeños no obstante si el incendio es prolongado puede extenderse el incendio. Posible propagación a almacén producto final.
Incendio en almacén de producto final	Los recipientes almacenados son pequeños no obstante si el incendio es prolongado puede extenderse el incendio. Posible propagación a almacén de materias primas
Incendio en zona descarga disolventes	Daños en tanques de aceite de la zona. Los tanques de disolventes al estar enterrados se encuentran protegidos.



CAPÍTULO III

1.7.4. VULNERABILIDAD SOBRE EL MEDIO AMBIENTE

Reseña sobre la metodología de análisis aplicada

Con objeto de analizar la vulnerabilidad del medio ambiente para el control y planificación ante el riesgo ambiental se ha aplicado una metodología que se basa en la evaluación y parametrización de los cuatro componentes que constituyen el sistema de riesgo:

1. Fuentes de riesgo.
2. Sistemas de control primario.
3. Sistemas de transporte.
4. Receptores vulnerables.

La metodología aplicada, se define un proceso para especificar criterios de identificación, análisis y evaluación del riesgo medioambiental, definido éste como el caso particular del riesgo en el que se valora el peligro de causar daños al medio ambiente, o a las personas o los bienes, como consecuencia del daño al medio ambiente.

Se ha tenido en cuenta la siguiente correspondencia:

$$\text{Gravedad sobre el entorno natural} = \text{cantidad} + 2 \times \text{peligrosidad} + \text{extensión} + \text{calidad del medio}$$

Para cada uno de los cuatro elementos considerados en la evaluación de la gravedad se establece una valoración de 1 a 4.

De esta manera se obtiene una valoración de la gravedad de las consecuencias (entre 5 y 20) de acuerdo con lo siguiente:

Crítico entre	20-18
Grave entre	17-15
Moderado entre	14-11
Leve entre	10-8
No relevante entre	7-5

A fin de alcanzar un mayor grado de profundidad en el análisis de las consecuencias potenciales sobre el medio ambiente se ha dividido éste en diferentes compartimentos específicos: superficie del agua, atmósfera, masa del agua, fondo del agua, litoral y suelo obteniendo un índice de valoración para cada uno. Éste hecho, va a permitir identificar la zona del medio que puede verse más afectada si ocurre el evento en cuestión. A partir de los índices de los distintos compartimentos, se obtiene un índice global de las consecuencias asociadas a un suceso determinado.

Descripción del entorno

La instalación se encuentra situada en un polígono industrial, ocupando toda una superficie del mismo y lindando directamente sólo con caminos.



CAPÍTULO III

- Geología

La zona donde esta dentro del inmenso dominio ocupado por los depósitos neógenos y cuaternarios de la depresión del bajo la ciudad.

En general, pues, los materiales originales de los suelos que el presente estudio abarca son piedra caliza y margocalizas sedimentadas en el seno del mar miocénico,

Se trata pues de materiales muy ricos en carbonato cálcico y en arcilla, con algo de yeso y de sales más solubles, no consolidado, pero extraordinariamente compacto e impermeable que, cuando no han sufrido los procesos de meteorización, se presentan como piedras de margas.

- Edafología

Los suelos están formados a partir de materiales no consolidados, generalmente son piedra caliza de distinta edad y composición. Se trata, por lo tanto, de suelos muy escasamente evolucionados, con perfil muy sencillo, es demasiado pobre en materia orgánica.

Aunque el material original más general es de naturaleza francamente caliza y muy arcillosa, puesto que corresponde a piedra caliza de distinta composición y edad, su escasa permeabilidad constituye un serio obstáculo para el lavado del carbonato cálcico hacia horizontes de profundidad y la consiguiente diferenciación del perfil.

- Hidrología

La red hidrológica superficial tiene en un río, el cauce principal y único de la zona de estudio, distanciado en su punto más cercano a la planta en 2,5 Km. El inventario se completaría con los cauces.

La calidad de las aguas del río son bajas debido a la presión antrópica de industrias y cultivos de la zona.

- Fauna y Vegetación

La zona en estudio esta enmarcada dentro de una amplia zona dedicada a cultivos de frutales en regadío, y que por tanto esta totalmente degradada por la labor a la que ha sido sometida. Como consecuencia de las características climáticas de la zona y de la utilización que de esta tierra se hace, predominan las especies típicas de terrenos cultivados

- Atmósfera

La zona soporta una calidad del aire baja debido al tráfico, a la fuerte actividad industrial y a sus condiciones meteorológicas.

En particular, se encuentra no sólo la zona industrial donde se encuentra la instalación, sino que un gran foco de emisión de precursores de ozono y contaminantes secundarios se localiza a lo largo de la carretera que soporta una gran densidad de tráfico ligero y vehículos pesados.

Valoración de la calidad del entorno

Para la evaluación del riesgo se han empleado los siguientes valores de calidad, teniendo en cuenta la descripción del entorno. Se ha tenido en cuenta tanto el entorno industrial, al estar incluida la instalación en un polígono, como la proximidad de elementos naturales sensibles (rangos de 1 a 4, 1 baja calidad, 4 alta).



CAPÍTULO III

Superficie agua	2
Atmósfera	2
Masa de agua	2
Fondo del agua	2
Litoral / ribera	2
Suelo	2

Estos índices de calidad del medio se emplean para calcular el índice global de riesgo para cada accidente.

Criterios empleados

En la aplicación de la metodología tendremos en cuenta las siguientes apreciaciones:

- Los accidentes para los que se estimarán las consecuencias medioambientales serán para los accidentes identificados en las fases previas de éste análisis de riesgo.
- Los daños a la atmósfera contemplan los efectos debidos a la formación de nubes tóxicas de posibles humos de combustión en incendios.
- Se han tenido en cuenta las medidas de contención existentes como depósitos, suelos impermeables y la red de drenaje.

Las naves de proceso y almacenamiento están dimensionadas como depósitos, mediante zanjas para contener en el interior de la nave derrames, con suelos impermeabilizados. En las naves de proceso además se disponen de sub depósitos o pozos de captura de derrames.

La planta cuenta con una red de pluviales para capturar las aguas de lluvia de la planta, y las canaliza a una balsa en la instalación, evitando que éstas escapen de la planta.

No existen conexiones a red de alcantarillado que pudieran conducir aguas de lluvia, limpieza o de proceso a la red del polígono.

Las primeras aguas de incendio quedarían contenidas en las naves debido a los zanjas que hacen las veces de depósito o pueden contenerse en la balsa de captura de aguas pluviales, ya que serían interceptadas antes de salir de planta. Es de destacar que los principales medios de extinción de la planta son mediante espuma, con lo que el volumen de agua a emplear en un hipotético incendio sería menor.

Por todo lo anterior, la masa de productos que podrían alcanzar los el suelo o las aguas debido al derrame o a las aguas de extinción de incendio se considera despreciable, debido a la capacidad de la planta para contener los derrames, al contar con red de pluviales, tarja de contención de pluviales y naves ubicadas mediante zanjas.

Los resultados finales de la valoración se presentan a continuación en una tabla.

"APLICACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS DE LA EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL Y REALIZACIÓN DE UN ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL APLICANDO LOS PRINCIPIOS DE LA DIRECTRIZ SEVESO II"



FES-Z

CAPITULO III

Nº	Escenario	Accidente	Superficie del agua	Atmósfera	Masa de agua	Fuente de agua	Liberal	Suelo			
1	Rotura flexible durante descarga de xileno con charco inflamado	Charco incendiado	0.0 Nulo	2 Insignificante	0.0 Nulo	0.0 Nulo	0.0 Nulo	3 insignificante	3	Insignificante	Suelo
2.1	Incendio de un derrame contenido en depósito contención (Incendio de 1,5 m ²)	Dispersión: Efectos tóxicos	0.0 Nulo	7.6 No relevante	0.0 Nulo	0.0 Nulo	0.0 Nulo	0.0 Nulo	8	Leve	Atmósfera
2.2	Incendio de un derrame moderado, no contenido o sobrepasando capacidad depósito (Incendio de 100 m ²)	Dispersión: Efectos tóxicos	0.0 Nulo	11.6 Moderado	0.0 Nulo	0.0 Nulo	0.0 Nulo	0.0 Nulo	12	Moderado	Atmósfera
2.3	Incendio de un gran derrame no contenido o sobrepasando capacidad depósito (Incendio de 200 m ²)	Dispersión: Efectos tóxicos	0.0 Nulo	12.2 Moderado	0.0 Nulo	0.0 Nulo	0.0 Nulo	0.0 Nulo	12	Moderado	Atmósfera
3.1	Incendio de un derrame contenido en depósito contención (Incendio de 1,5 m ²)	Dispersión: Efectos tóxicos	0.0 Nulo	7,4 No relevante	0.0 Nulo	0.0 Nulo	0.0 Nulo	0.0 Nulo	7	No relevante	Atmósfera
3.2	Incendio de un derrame moderado, no contenido o sobrepasando capacidad depósito (Incendio de 100 m ²)	Dispersión: Efectos tóxicos	0.0 Nulo	11,5 Moderado	0.0 Nulo	0.0 Nulo	0.0 Nulo	0.0 Nulo	12	Moderado	Atmósfera
3.3	Incendio de un gran derrame no contenido o sobrepasando capacidad depósito (Incendio de 200 m ²)	Dispersión: Efectos tóxicos	0.0 Nulo	12,1 Moderado	0.0 Nulo	0.0 Nulo	0.0 Nulo	0.0 Nulo	12	Moderado	Atmósfera

1.7.4.1 Conclusiones de los efectos sobre el medio ambiente

En base a los resultados obtenidos en el análisis de los accidentes identificados para la instalación se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Los resultados de la valoración muestran que las consecuencias previsibles para los accidentes identificados sobre el medio ambiente son moderados o no relevantes.
- Los accidentes tienen afecciones a la Atmósfera principalmente, debido a que se produce una nube tóxica de los humos de combustión.
- Éstas afecciones son poco relevantes debido a la cantidad fugada y a la calidad del entorno (entorno netamente industrial).

La instalación dispone de red de captura de pluviales y de contención de derrames en las naves de proceso y almacenamiento. Las afecciones a las aguas o al suelo sólo se producirían en los accidentes considerados si la planta no se encontrase en condiciones operativas óptimas, por ejemplo si se produjese una cantidad elevada de aguas de incendio que superase la capacidad de recogida en las naves y adicionalmente la balsa de contención de pluviales se encontrase llena, evitando que esta sirviese como contención de las aguas de incendio.



Distribución de la Planta



1.8. RELACION DE ACCIDENTES MAYORES ESPERADOS

1.8.1. CLASIFICACIÓN DE ACCIDENTES

En el punto anterior se ha realizado la evaluación de las consecuencias de una serie de accidentes considerados en las instalaciones de la empresa.

En las tablas siguientes se presenta la relación de los accidentes indicando su categoría según el análisis y las principales zonas en que pueden producirse:

LOCALIZACIÓN	PRODUCTO/ACCIDENTE IDENTIFICADO (derrame y posterior incendio)	CATEGORÍA DE ACCIDENTE	MEDIDAS CORRECTIVAS
NAVE 5 (sintesis y emulsionantes)	Incendio y emisión de gases tóxicos por incendio de: <ul style="list-style-type: none"> • Clorifos 48 EC • Protodán 35 • Probel G-20 LE • Metoprón 20 LS • Otros 	1-2-3	Zanjas en entrada nave Confinamiento de derrame por medio de pozas de recoplación Sistema de detección incendios Extintores Formación de personal Plan de autoprotección
NAVE 6 (aceite)	Incendio de y emisión de gases tóxicos por incendio de: <ul style="list-style-type: none"> • Productos base aceite • Depósitos pulmón para envasado con (Clorifos 48 EC, Protodán 35, Probel G-20) 	1-2-3	Zanjas en entrada nave Confinamiento de derrame por medio de pozas de acumulación Sistema de detección incendios Extintores Formación de personal Plan de autoprotección
NAVE 7 (envasadores)	Incendio de y emisión de gases tóxicos por incendio de: <ul style="list-style-type: none"> • Clorifos 48 EC • Protodán 35 • Probel G-20 LE • Metoprón 20 LS • Otros 	1-2-3	Zanjas en entrada nave Confinamiento de derrame por medio de pozas de acumulación Sistema de detección incendios Extintores Formación de personal Plan de autoprotección
ALMACEN 3 (líquidos inflamables y corrosivos)	Incendio de y emisión de gases tóxicos por incendio de: <ul style="list-style-type: none"> • Clorifos 48 EC • Protodán 35 • Probel G-20 LE • Metoprón 20 LS • Otros 	1-2-3	Zanjas en entrada nave Aislamiento de instalación mediante puertas RF de cierre automático Detectores de incendio Sistema automático por inundación de espuma. Extintores Formación de personal Plan de autoprotección
ZONA DESCARGA DE DISOLVENTES	Descarga y posterior incendio de: <ul style="list-style-type: none"> Xileno Ciclohexanona 	1-2	Zanjas y depósito de acumulación de derrame Formación de personal Plan de autoprotección



1.9. ÁRBOLES DE SUCESOS

Los accidentes relacionados en el punto anterior son el resultado final al que es posible llegar a partir de un suceso iniciador o evento origen (fuga, rotura, etc.), cuya evolución viene condicionada por determinados factores que se pueden agrupar relacionados con el “entorno de la fuga” y las “posibilidades de mitigación externas”.

A continuación se presentan los diferentes árboles de sucesos que conducen a los accidentes que se han considerado de la siguiente manera:

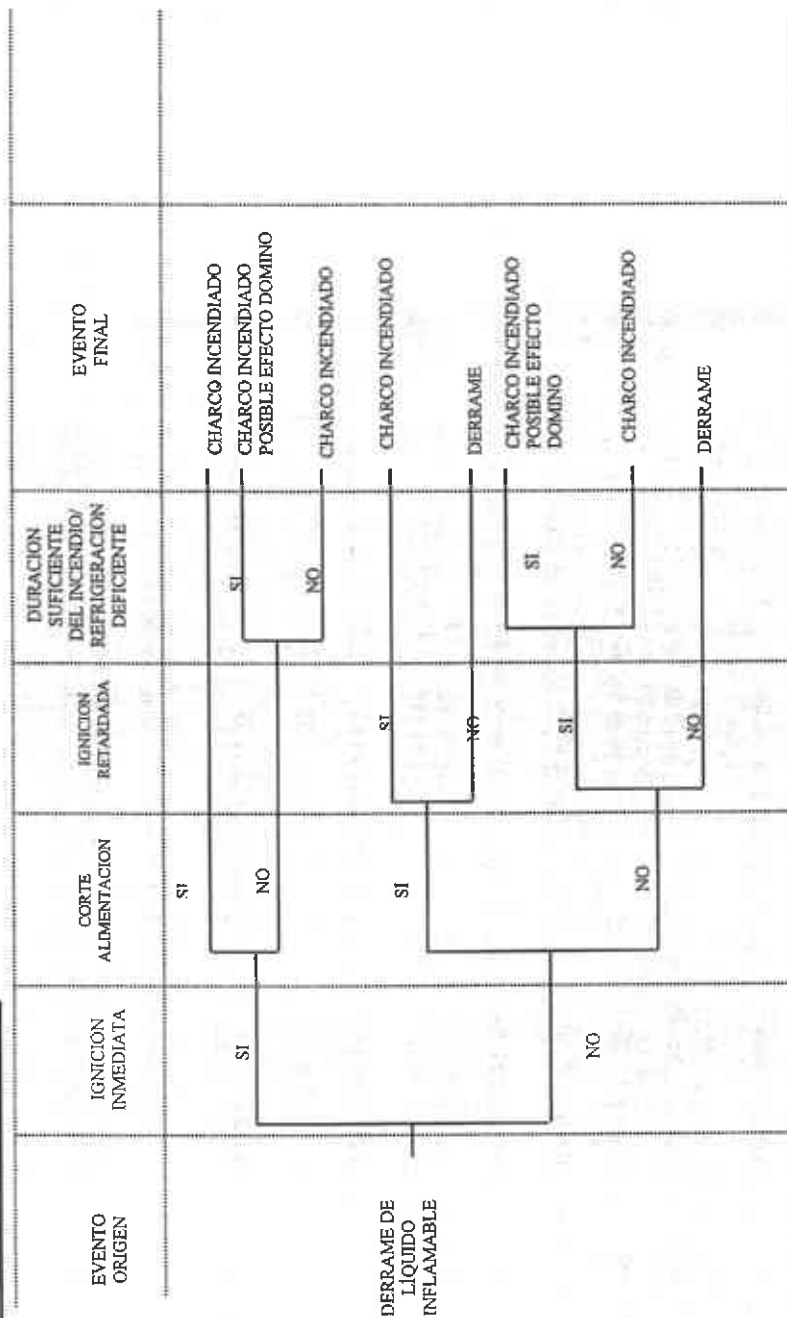
- ↳ **Derrame de líquido inflamable:** Muestra la evolución de los diferentes accidentes que pueden ocurrir tras pérdida de contención de continente con líquido inflamable: Rotura de manguera durante descarga de cisternas, rotura de cierre de bomba, rotura de tubería.
- ↳ **Derrame de líquido inflamable y tóxico:** Muestra la evolución de los diferentes accidentes que pueden ocurrir tras pérdida de contención en continente con líquido inflamable y tóxico (preparado): Rotura contenedor o cuba.

El análisis cuantitativo de riesgo se analizan las frecuencias de ocurrencia para un árbol de sucesos específico de los accidentes considerados en el estudio.



TIPO DE ACCIDENTE: Derrame líquido inflamable

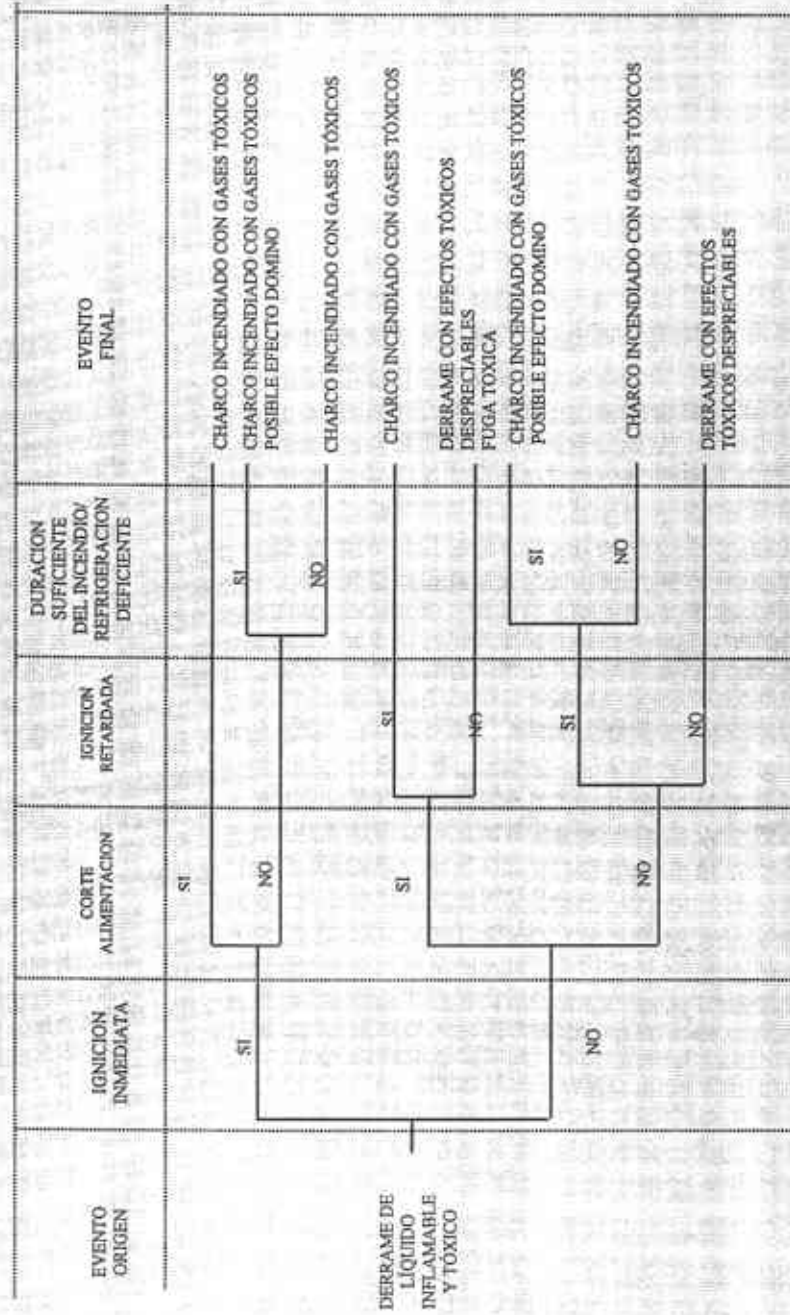
ÁRBOL DE SUCESOS





ÁRBOL DE SUCESOS

TIPO DE ACCIDENTE: Derrame líquido inflamable y tóxico





1.10. MEDIDAS DE PREVENCIÓN, CONTROL Y MITIGACIÓN

PROTECCIONES TECNOLÓGICAS

Como protecciones tecnológicas se entienden todas aquellas medidas de prevención y mitigación existentes en la instalación, encaminadas a evitar que un accidente se produzca y si éste se ha producido, que sus consecuencias de estos riesgos ambientales sean lo menos graves posibles.

Como medidas preventivas de las que dispone la instalación, se pueden citar:

Medios para la detección de incendios

- Todas las zonas cuentan con detectores de incendios con señalización en centralita (preaviso y alarma). De esta manera es posible identificar la zona donde se produce la alarma.
- Se han instalado diferentes tipos de detectores en función de las características de los productos almacenados o manipulados: detectores iónicos, termovelocimétricos, ópticos y barreras infrarrojas
- En caso de detección se activarían las sirenas de emergencia audibles desde cualquier punto de las instalaciones.

Medios para la prevención/contención de incendios

- Solo está permitido fumar en la zona de oficinas, comedor, vestuarios y aseos.
- Conexión a tierra tuberías disolventes inflamables y operaciones de descarga
- Separación en naves de las diferentes zonas de fabricación y almacenamiento por muros.
- Los techos son de material no combustible.
- Los tanques de almacenamiento y la zona de almacenamiento de líquidos inflamables de recipientes móviles cumplen con la reglamentación aplicable
- Se dispone de cámaras frigoríficas para el almacenamiento de líquidos de bajo punto de inflamación y ebullición.
- La instalación eléctrica en zonas inflamables es apropiada
- Los molinos de azufre cuentan con inertización con nitrógeno, refrigeración con agua y sondas de detección de nivel de oxígeno con alarma.



- La nave de almacenamiento de líquidos inflamables cuenta con puerta cortafuegos de accionamiento de cierre automático en caso de incendios
- Todas las puertas de emergencias son RF-60 y disponen de barra antipánico.
- Las carretillas diesel disponen de apagachispas.

Medios disponibles para la comunicación de accidentes tipo 1,2 y 3

- Líneas telefónica
- Teléfonos móviles
- Una línea para fax (independiente)

Medios disponibles para la extinción de incendios

- Sistema de extinción automático por inundación total por espuma en el almacén de líquidos inflamables.
- Sistema de extinción automático por CO₂ en el centro de transformación
- Sistema de extinción automático por CO₂ en las cámaras frigoríficas.
- Extintores distribuidos por las instalaciones
- Hidrantes y grupo de presión

Equipos de protección personal e intervención

- Mascarillas de celulosa para la protección frente a polvo.
- Máscaras faciales completas con filtros mixtos.
- Trajes de protección química con equipos de respiración autónomos.

Medios disponibles en caso de vertido incontrolado

- Las naves de procesado donde intervienen líquidos cuentan con impermeabilización del suelo y depósito de acumulación de derrames.
- Se dispone en todas las entradas de las zonas de fabricación y almacenamiento de zanjas de 10 cm de altura para retención de posibles derrames de líquidos.
- Aspiradoras industriales para la colección de polvo
- Sepiolita para absorción y contención de derrames.

Medios disponibles para movimiento de productos ante un siniestro

- 7 gruas elevadoras (3 eléctricas y 4 de gasoil)

Accesos

- 3 accesos suficientemente anchos para la entrada y salida de vehículos pesados.
- Salidas de paso y emergencia distribuidas por la instalación.

Otros

- Sistema de gestión de Seguridad para la Prevención de Accidentes Graves.
- Instrucciones operativas para tareas críticas (Calentamiento de recipientes)
- Etiquetado de recipientes
- Señalización de naves y peligros
- Plan de Autoprotección.
- Fichas de seguridad de productos

1.11. PROCEDIMIENTOS PREVISTOS EN EL PLAN DE AUTOPROTECCIÓN

La instalación, dispone de un Plan de Emergencia Interior en el que están contemplados los Procedimientos de Actuación en caso de emergencia.

El procedimiento general de actuación será el siguiente:

- 1° Activación de la alarma
- 2° Alerta
- 3° Notificación
- 4° Intervención
- 5° Evacuación
- 6° Solicitud ayuda externa.

Los casos de emergencia más importantes posibles que se pueden plantear debido a las características de las sustancias son incendios y vertidos (derrames). En el PEI también se contemplan otro tipo de emergencias como explosiones, amenaza de bomba, etc.)



Las actuaciones serán las siguientes:

Incendio

- 1º- Avisar del incendio tan pronto como se descubra. Este aviso puede ser realizado a través de detectores automáticos, pulsadores de alarma o de viva voz.
- 2º- Si el incendio es de pequeñas dimensiones y sin poner en peligro su vida, la persona o personas que se encuentren en las proximidades intentarán sofocarlo haciendo uso de los extintores.
Si lo anterior no es posible evacuarán la zona a lugar seguro hasta la llegada del Jefe de Intervención.
- 3º- Una vez determinado el lugar de la emergencia, el Jefe de Intervención se dirigirá a la misma y evaluará su magnitud convocando si es necesario al Equipo de Intervención.
- 4º- Se notificará la emergencia al Director de Emergencia y al Jefe de Intervención.
- 5º- El Director de la Emergencia, una vez evaluada la situación, notificará la misma (categoría de accidente 1, 2 ó 3) al CENTRO DE CONTROL DE EMERGENCIAS según el protocolo establecido.
- 6º- Se tratará de impedir la difusión del fuego a otros lugares. Si es de reducidas dimensiones se utilizarán extintores. Si no es posible controlar el incendio por este medio se empleará el resto de equipos (hidrantes, equipos de producción de espuma...).

Siempre que sea posible y sin arriesgar las vidas, se tratará de retirar material combustible de los alrededores para evitar que el incendio se extienda.

Solo se permitirá el ataque del fuego si el personal de intervención va convenientemente equipado (en interior de locales se deberá utilizar equipo de respiración autónomo con máscara facial).

- 7º El Director de la Emergencia junto con el Jefe de Intervención y el Comité de Seguridad determinarán la necesidad de ayuda exterior y, si es necesario, ordenarán la evacuación de la zona del siniestro. Al abandonar la zona se cerrarán puertas para aislar lo máximo posible el incendio.



CAPÍTULO III

- 8º- Toda persona afectada de los vapores o humos debe ser liberada de sus funciones y reconocida por un médico, de posible intoxicación.
- 9º- A la llegada de los servicios externos de intervención (bomberos, Protección Civil, etc.), el personal de la empresa colaborará activamente con ellos cediéndoles el mando.
- 10º- Se evitará que las aguas de extinción salgan fuera de las instalaciones contaminando zonas externas. Si es necesario se construirá una barrera de tierra y sacos de arena para contener el escape de estas aguas o de líquidos.

Tras el incendio y la extinción del mismo se pondrá en marcha el procedimiento de limpieza.

Durante las operaciones de limpieza hay que poner mucho cuidado en utilizar medios de protección personal adecuados e impedir la contaminación de la zona.

Derrame incontrolado de productos peligrosos

- 1º- Parar todo trabajo que se este llevando a cabo. Acotar la zona afectada.

En caso de producto inflamable se evitará la producción de llamas, chispas o cualquier fuente de ignición. Se cortará la energía eléctrica.

Si la fuga es en una tubería de conducción se pararán las bombas y se cerrarán válvulas. Evacuar la nave o zona afectada. El personal dedicado a labores de recolección utilizará en todo momento las mascarar completas con filtro polivalente.

- 3º- Todos los derrames deberán ser comunicados al Director de la Emergencia quien determinará la necesidad de comunicar el incidente al Centro de Control de Emergencias
- 4º- Si el derrame es líquido, rodearlo con material absorbente, para que no se extienda o dirigirlo a los pozos de recolección de vertido. Si no es posible cubrir todo el derrame con sepiolita o tierra para absorberlo.
- 5º- Los polvos y granulados pueden colectarse con una aspiradora industrial o con escoba y pala. En este último caso es conveniente cubrirlo con arena húmeda para evitar la formación de polvo.



CAPÍTULO III

- 6º- Minimizar el contacto humano con los materiales contaminados. No levantar polvo; humedecer la carga o cubrirla con materiales no reutilizables si el polvo presenta problemas.
- 7º- Se prohibirá el paso a la zona de toda persona no implicada en las labores de recolección, para evitar que se pise el producto y se disperse a más zonas.
- 8º- El producto colectado se transferirá a recipientes o a sacos de plástico resistentes para ser enviados a gestor autorizado para su eliminación.
- 9º- El piso contaminado, una vez recogido el material peligroso, se lavará con agua tratando que se extienda lo mínimo posible, para lo cual la zona se rodeará de material absorbente



1.12. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO.

El presente estudio se ha elaborado mediante la aplicación de la Directriz Básica SEVESO II. Se ha realizado una identificación de diferentes peligros que pueden conducir, en determinadas circunstancias a accidentes graves estimándose sus consecuencias.

El establecimiento, se dedica básicamente a la formulación de productos fitosanitarios tanto líquidos como sólidos, es decir a la mezcla de los productos activos que son adquiridos en el exterior con diferentes disolventes e inertes.

Cabe destacar que el principal peligro estriba en la inflamabilidad de los preparados al llevar dentro de su composición disolventes. El incendio de estos preparados genera la formación de gases tóxicos producto de la combustión. Todos los humos generados deben considerarse como peligrosos. Sin embargo al estar calientes ascienden rápidamente lo que favorece su dilución hasta concentraciones por debajo de niveles de mortalidad, aunque concentraciones no tóxicas, pero molestas, pueden detectarse a mayor distancia.

En principio, las zonas más peligrosas del establecimiento son la nave de producción (nave 5), la nave de envasado (nave 7) y el almacén 3 de productos líquidos inflamables (esta cuenta con extinción de incendios automático) que es donde se acumula más material peligroso.

Otros procesos singulares que pueden presentar riesgos son la molienda de azufre galleta (peligro de explosión) aunque no se espera repercusiones externas, y el calentamiento de bidones para la fusión de los productos (peligro de descomposición explosiva con formación de gases tóxicos).

Al no haber conexiones con el alcantarillado ni presencia de corrientes de agua cercana, el peligro de que los derrames afecten al medio ambiente es limitado. Por otro lado, el agua que se utilizase en hipotéticos incendios estaría contaminada por lo que se debería utilizar el mínimo posible para evitar contaminar la zona alrededor del establecimiento.

CAPITULO IV

*PROPUESTA DE LA APLICACIÓN
DE LA DIRECTIVA SEVESO II EN LA
INDUSTRIA MEXICANA DE
ALTO RIESGO.*



1. BREVE ANÁLISIS DE LOS ESTUDIOS DE RIESGO AMBIENTAL ELABORADOS EN MÉXICO Y ESPAÑA.

En los capítulos anteriores se han revisado algunas de las metodologías existentes para la evaluación del Riesgo Ambiental tanto a nivel nacional como internacional, así como la legislación vigente que lo sustenta de manera particular en México y España.

Una vez analizados los contenidos correspondientes a ambas legislaciones se derivan diferencias significativas que se consideran relevantes para la evaluación del riesgo ambiental, ya que en nuestro país aun existe cierta confusión generada al evaluar el riesgo generado por un proyecto en el que este presente el riesgo ambiental, dado que se tiende a confundir con el riesgo industrial, en la revisión de ambas legislaciones se encontró que la legislación Española presenta singular ventaja en materia de Riesgo Ambiental, en comparación a la nuestra, puesto que la elaboración de los estudios de riesgo que esta persigue son mucho más detallados en cuanto al impacto hacia el medio ambiente y le minimización y eliminación de accidentes mayores a toda la comunidad en general; a comparación de los estudios que se elaboran actualmente en México.

Otra ventaja relevante es; que en España se acaba de hacer una modificación a la legislación correspondiente a la evaluación del riesgo ambiental en este caso a la Directiva Seveso II (2003) fue recientemente modificada dentro de sus principales ventajas se toma en cuenta el enfoque que da hacia el medio ambiente ya que por primera vez aparecen sustancias peligrosas específicas hacia el medio ambiente, como son sustancias acuatóxicas, por tal motivo dicha Directiva parece ser el modelo de legislación ambiental mas completo a seguir; Seveso II esta actualmente implementándose en la Comunidad Europea.

Los estudios de riesgo ambiental que se generan en nuestro país, han causado insatisfacción ante la autoridad competente que los regula (SEMARNAT), puesto que ante esta institución se argumenta que en dichos estudios se evalúa el riesgo industrial y no el riesgo ambiental como debiera ser, una de las razones claves para que esta situación exista, es la confusión que causa la legislación; ya que no existe alguna norma, ley o reglamento que regule de manera específica la elaboración de los Estudios de Riesgo. También se le atribuye un peso importante a las guías de realización de dicho estudio que expide SEMARNAT, dado que los mismos industriales argumentan que estas llegan a ser confusas.

Actualmente toda actividad industrial en la cual se implique el uso de sustancias químicas y que se encuentren presentes dentro de los listados de actividades altamente riesgosas deben ser evaluados en materia de impacto y riesgo ambiental por la autoridad competente.



El Estudio de Riesgo Ambiental, es un tramite obligatorio que deben presentar todas las industrias a nivel nacional e internacional en caso de que el tipo de sustancias que manejen en sus procesos puedan causar daños a las personas a los bienes o al medio ambiente, este trámite es presentado ante la autoridad competente de cada país para obtener la autorización de operación del proyecto con autorización de carácter legal; veamos el contenido que integra a los estudios de riesgo en ambos países.

Contenido de requerimientos de los Estudios de Riesgo	
México	España
1. Datos Generales	1. Consideraciones Generales
2. Descripción general de proyecto	2. Información Básica para la elaboración de planes de emergencia exterior
3. Aspectos del medio natural y socioeconómicos	3. Información sobre el sistema de gestión de seguridad y política de prevención del riesgo ambiental
4. Integración de proyectos a las políticas marcada en los programas de desarrollo urbano	4. Análisis de riesgos
5. Descripción del proceso	4.1 Identificación de peligros de riesgos ambientales
6. Análisis y evaluación de riesgos medidas preventivas	4.2 Calculo de consecuencias
7. Resumen	4.3 Cálculo de vulnerabilidad
8. Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan la información en el estudio de riesgo ambiental	4.4. Análisis cuantitativo de riesgos
	4.5 Relación de accidentes graves
	4.6 Medidas de prevención, control y mitigación
	5. Evaluación del informe de seguridad
	6 Exención de contenido en el informe de seguridad
	7. Información pública y confidencialidad

Tabla 1. Comparación de los estudios de Riesgo Ambiental.



Como se puede apreciar los estudios de riesgo presentados, coinciden en ciertos puntos, sin embargo también difieren en puntos que se han tomado por trascendentales, como ejemplo retomaremos el punto 3 correspondiente a los estudios de riesgo en España, en el cual se debe informar a la población cercana ala instalación sobre los posible riesgos que se puedan presentar en cualquier momento dentro o fuera de la instalación, además contar con la elaboración de programas de emergencia interior y exterior, a comparación de México, estos planes se presentan una vez que se ha autorizado el proyecto y se solicitan como una condicionante posterior a la autorización del proyecto.

El Estudio de Riesgo que se presenta en España tiene por objetivo:

- Demostrar que se ha establecido una política de prevención de accidentes graves y un sistema de gestión de la seguridad.
- Demostrar que se han identificado los peligros de accidente grave y que se han tomado las medidas necesarias para prevenirlos y para limitar sus consecuencias para las personas y el medio ambiente.
- Demostrar que el diseño, la construcción, la explotación y el mantenimiento de toda instalación, zona de almacenamiento, equipos e infraestructura ligados a su funcionamiento y que estén relacionados con el peligro de accidente grave en el establecimiento, presentan una seguridad y fiabilidad suficientes.
- Demostrar que se han elaborado planes de emergencia internos y facilitar los elementos que posibiliten la elaboración del plan externo a fin de tomar las medidas necesarias en caso de accidente grave.
- Proporcionar información suficiente a las autoridades competente para que puedan tomar decisiones en materia de implantación de nuevas actividades o de ejecución de obras en las proximidades de los establecimientos existentes.



2. BENEFICIOS DE LA APLICACIÓN DE LA DIRECTRIZ SEVESO II A LA INDUSTRIA MEXICANA DE ALTO RIESGO.

Los Estudios de Análisis de Riesgo Ambiental como ya vimos anteriormente son de carácter obligatorio, los cuales deben ser realizados por expertos en el área de seguridad industrial y medio ambiente, sin embargo al realizarlos se obtienen altos *beneficios*, puesto que, por una parte aumenta la seguridad de la planta y con ello se reduce o elimina el costo de los accidentes (muy elevado), por otra parte, permite aumentar la optimización del proceso, se eliminan los paros totales de producción incrementando así la productividad y aunado a estos beneficios se protege la calidad del medio ambiente.

Es verdad que, paralelamente, el análisis de riesgo implica asimismo un costo añadido: en primer lugar el costo del equipo humano que realiza el estudio, que variará en función de su extensión; en segundo lugar, hay que tener en cuenta que el análisis de riesgo origina casi siempre un costo adicional para el proyecto o la instalación, debido a las modificaciones y al aumento de instrumentación, elementos, etc.

No obstante, las mejoras debidas al incremento de la productividad, la reducción del número y la magnitud de los accidentes de un costo económico muy elevado, además del costo social son, generalmente, muy superiores; añadiendo a esto el cumplimiento de la legislación en materia de riesgo e impacto ambiental. Esto supone que incluso desde el punto de vista puramente económico, el análisis de riesgos sea una metodología aconsejable para muchas instalaciones además de ser como ya se ha venido mencionando obligatoria para algunas industrias.

Dado lo anterior, se propone que en México se implemente el modelo de la Directiva Seveso II para realizar los análisis de riesgo y su estudio, puesto que se considera que, al aplicar los principios de dicha legislación se obtendrían grandes beneficios, ya que el objetivo de la Directiva es "La realización de un Estudio que permita evaluar, de forma integrada, los riesgos de seguridad y riesgos ambientales, más significativos de la Planta en estudio con el fin último de proponer actuaciones de minimización, reducción y/o eliminación de los mismos."

Para poder implementar las bases de la Directriz Seveso II citada, se debe hacer una revisión y corrección hacia la normatividad vigente nacional, por otro lado los Estudios de Riesgo serían mas completos y eficientes, al garantizar el cumplimiento de eliminación de Riesgos Ambientales presentes en las plantas o proyectos, este tipo de estudios se recomienda ampliamente a la industria mexicana de alto riesgo para la limitación o eliminación de riesgos ambientales como son las plantas y complejos petroquímicos (Derrames recientes de PEMEX), la industria extractiva y farmacéutica entre otras.



A manera de ejemplo, PEMEX ha atravesado por riesgos ambientales importantes como son los vertidos de crudo a cuerpos de agua y al subsuelo dicho evento se reporto a finales del año pasado; sin embargo a la fecha son ya tres los incidentes de este tipo que se han registrado en los últimos meses en Veracruz en el Golfo de México. En estos casos no se contaba con los planes de emergencia que son obligatorios para la Directiva Seveso II, estos planes tienen como objetivo primordial contener y controlar los incidentes de modo que sus efectos se reduzcan al mínimo, así como limitar los perjuicios para las personas, el medio ambiente y los bienes; aplicar las medidas necesarias para proteger a las personas y al medio ambiente de los efectos de accidentes graves y comunicar la información pertinente a la población y a los servicios o autoridades interesados en la zona.

Dentro de los beneficios obtenidos al realizar Estudios de Riesgo Ambiental, bajo el enfoque que se ha venido tratando se encuentran entre otros la reducción o eliminación de los siguientes parámetros.

- Costos económicos (ocasionados por accidentes)
- Costos ambientales
- Pérdida de producción
- Pérdida de vidas humanas
- Costo social
- Costo político
- Costo de reparación
- Perdida de imagen de la empresa

No olvidemos que la normatividad mexicana debe ser revisada cada cinco años, por lo cual no parece imposible que la alternativa que se ha tratado en este trabajo se de a conocer en México en poco tiempo, es solo que no hay que esperar a que la ley sea mas estricta en materia ambiental, hay que generar conciencia entre todos los industriales de que los proyectos que elaboren deben presentar riesgos aceptables además de contar con 3 características esenciales:

- Rentables
- Aceptados socialmente
- Ambientalmente viables.



Cumpliendo con el primer objetivo se definió el riesgo ambiental y se dieron a conocer las diferentes metodologías para su evaluación. Una vez analizados los requerimientos legales para la realización del Estudio de Riesgo en México y España en los que se encontró que los estudios de Riesgo que se elaboran actualmente en España son más completos y específicos que los que se generan en México, por lo que se aplicaron las metodologías de evaluación de riesgos en un caso práctico realizado en base a la Directriz SEVESO II, en el que se encontró que el principal riesgo que se tiene en la planta es el de presentar incendio por la naturaleza de las sustancias que se manejan dentro de la instalación.

Los beneficios que se alcanzarían la industria mexicana de alto riesgo al aplicar los principios de Seveso II son varios, pues esta tiene por objetivo que una vez que se han encontrado los riesgos estos no deben ocurrir, lo cual daría imagen de confianza a la empresa, se evitarían gastos elevadísimos que se generan cuando una instalación sufre un accidente relacionado con el riesgo ambiental, en este, no solo se obtienen pérdidas materiales en cuanto al equipo de proceso y al paro de la planta, sino a las altas indemnizaciones del personal así como sanciones por instituciones ambientales y una de las más importantes la imagen pública de la empresa que se genera.

Por último se recomienda considerar por parte de la coordinación de la carrera introducir los métodos de análisis de riesgo ambiental en las asignaturas de ingeniería química, puesto que el perfil del alumno de la carrera lo prepara para diseñar procesos industriales con lo que se considera pertinente que el I.Q. egresado conozca los riesgos ambientales que un proceso puede llegar a presentar.

BIBLOGRAFIA

- **ANÁLISIS DEL RIESGO EN INSTALACIONES INDUSTRIALES.**
Joaquim Casal, Helena Montiel, Eulàlia Planas, Juana A. Vilchez.
- **MANUAL DE SEGURIDAD INDUSTRIAL EN PLANTAS QUÍMICAS Y PETROLERAS.** Fundamentos, Evaluación de riesgos y Diseño. *J.M. Storch de Gracia, editorial Mac Graw hill*
- **STEEL, J.** "Risk Estimation", *The Safety and health practitioner.* 20 de Junio, 1990.
- **KNOWLTON, R, E.** *Hazard and operability studies. Chemetics International Ltd Vancouver. Febrero 1981.*
- **HAUPTMANN, U.** *Análisis de árboles de fallos. Ed. Bellaterra. Barcelona, 1986.*
- **PIQUÉ, T., CEJALVO, A.** "Análisis probabilístico de riesgos: Metodología del Árbol de fallos y errores". *Notas Técnicas de Prevención NTP333-1994. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. Barcelona, 1994*
- **CCPS.** *Hazard Evaluation Procedures. American Institute of chemical Engineer. Nueva York, 1992.*
- "Fire and Explosion Index. Hazard Classification guide", 7º ed. Corporate Safety, Loss Prevention, and Security Publications. *Dow Center. Midland, 1994.*
- "Índice de incendio y explosión. Guía. Para la clasificación de riesgos", 5º. Ed. ISBN84-500-9062-8 centro nacional de Condiciones de Trabajo (CNCT), Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo (INSHT). Barcelona, 1983.
- **KING, R,** "Safety in the process Industries", ISBN 0-7506-1019-0. Butterworth-Heinemann. Londres, 1990.
- **SANTAMARIA J. M., BRAÑA P. A.** "Análisis y reducción de riesgos en la industria químico", ISBN 84-7100-969-2. Editorial MAPFRE. Madrid, 1994

MARCO LEGAL

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.
- Primer y Segundo lista de actividades altamente riesgosas.
- Guía para la presentación del estudio de riesgo ambiental nivel 0, 1, 2, y 3.
- RD1196/2003, 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.
- RD1254/1999, 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.
- 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
- RD 886/1988 sobre prevención de accidentes mayores en determinadas actividades industriales (BOE de 5 de agosto de 1988).
- RD 952/1990 por el se modifican y complementan las disposiciones del RD 886/1988 sobre prevención de accidentes mayores en determinadas actividades industriales(BOE de 21 de Junio 1990).
- RD 886/88. "Prevención de accidentes mayores en determinadas actividades industriales". BOE núm.187, 24285,24292. Madrid, 21 de agosto de 1988.
- DIRECTIVA de 24 de junio de 1982, 82/501/CEE, "Riesgos de accidentes en determinadas actividades Industriales "Diario Oficial de las Comunidades Europeas n° L230 de 5. 8. 82, 228-244, Directiva "Seveso-I".
- REAL DECRETO 886/88, "Prevención de accidentes mayores en determinadas actividades industriales". BOE núm. 187,24285-24292. Madrid, 5 de agosto de 1988.