



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

144
201

FACULTAD DE QUIMICA

EXAMEN DE TITULACION
EN QUIMICA

ANALISIS DE RIESGO:
SITUACION ACTUAL,
TENDENCIAS Y PROPUESTA

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERA QUIMICA
P R E S E N T A

WIEDEMANN RAMOS LINDY GERALDINE



MEXICO, D. F.

1996

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



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.

JURADO ASIGNADO

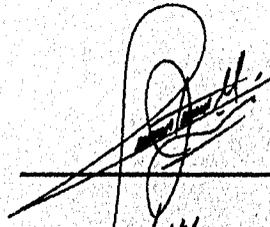
- Presidente Prof. Anaya Durand Alajandro
- Vocal Prof. Texta Mena José Agustín
- Secretario Prof. Torres Barrera Rodolfo
- 1^{er} Suplente Prof. Pérez Camacho Mariano
- 2^o Suplente Prof. Ramírez Burgos Landy Irene

Sitio donde se desarrollo el tema:

Instituto Mexicano del Petróleo

I.Q. José Agustín Texta Mena

Asesor



I.Q. Víctor Hugo García Morales

Supervisor Técnico



Lindy Geraldine Wiedemann Ramos

Sustentante



AGRADECIMIENTOS

Siguiendo la tradición de realizar agradecimientos y dedicatorias en los trabajos de titulación, procederé a establecer las correspondientes:

Ya que para llegar lograr tener una tesis,
uno tiene que primeramente haber nacido,
tendría que agradecer desde el principio de mi origen,
cosa que resultaría en una lista con tendencia a infinito.

Me limitaré a agradecer en general
a todas las personas que a lo largo de mi vida
me han complacido con su compañía .

Aquellas personas que me han dejado ser,
que me han hecho reír, han soportado mis despiantes y caprichos,
las que han llenado esos espacios de soledad,
las que me han hecho soñar, las que colman mis fantasías,
las que me impresionan y me inspiran, las que me escuchan y respetan ,
y sobre todo a las que me muestran su alma ,
conocimientos y experiencias, su manera de ver la vida,
las que me miran y comparten conmigo .
esa maliciosa sonrisa...

Quiero hacer una mención especial en este trabajo,
hacia la persona que siempre me acompaña y cuida,
el dueño del uno de los cromosomas X que me dio la vida,
my father.

L.Q. W.R.

CONTENIDO

Lista de Tablas	i
Lista de Figuras	ii
Glosario	iii
Abreviaturas.....	v

INTRODUCCION.....	1
-------------------	---

1. CONTEXTO DEL ANALISIS DE RIESGOS

1.1 Accidentes Industriales.....	4
1.2 Los inicios	6
1.3 Términos Relacionados a AR.....	7
1.4 Algunas Definiciones.....	9
1.5 Definición de Análisis de Riesgo a Considerar.....	10
1.6 Definición del Problema	11
1.7 Definición de los Objetivos.....	12
1.8 Información Requerida	14

2. MARCO JURIDICO

2.1 Legislación de los Estados Unidos de América	16
2.1.1 Antecedentes	16
2.1.2 Los Programas de la OSHA y la EPA.....	17
2.2 Legislación de la Comunidad Europea	21
2.2.1 Antecedentes.....	21
2.2.2 Los Reglamentos.....	22
2.3 Legislación de los Estados Unidos Mexicanos	23
2.3.1 Antecedentes	23
2.3.2 Impacto Ambiental	24
2.3.2.1 Procedimiento de Impacto Ambiental	25
2.3.2.2 Actualidad de los PIA	26
2.3.3 El Estudio de Riesgo	26
2.3.3.1 Normatividad del Riesgo.....	28
2.3.4 Procedimiento para Efectuar Estudios de Riesgo en México	29
2.3.4.1 Resultados del Análisis de Riesgo.....	32

3. TECNICAS DE ANALISIS DE RIESGO

3.1	Introducción.....	33
3.2	Métodos de Identificación	35
3.2.1	Revisiones de Seguridad	35
3.2.2	Análisis de Peligros Preliminar	36
3.2.3	Listas de Verificación (Checklist)	37
3.2.4	¿ Qué pasa si...? (What if...?)	38
3.2.5	Listas de Verificación / ¿ Qué pasa si...?	39
3.2.6	Ranking Relativo	40
	3.2.6.1 Índice Dow	41
	3.2.6.2 Índice Mond	41
	3.2.6.3 Índice de Exposición Química	42
3.2.7	HAZOP	42
3.2.8	FMEA	43
3.2.9	FMECA	44
3.2.10	Análisis de Confiabilidad Humana	44
3.3	Evaluación del Riesgo	45
3.3.1	Arbol de Fallas	45
3.3.2	Arbol de Eventos	46
3.3.3	Análisis Causa-Consecuencia	47
3.4	Los Programas de Análisis de Consecuencias	48

4. SELECCION DE LAS TECNICAS DE ANALISIS DE RIESGO

4.1	Factores de Influencia en la Selección de las Técnicas de AR.....	49
-----	---	----

5. APLICACION DE UN AR A UNA INSTALACION DE PROCESO

5.1	Selección del Proceso y de las Técnicas de AR.....	55
5.2	Descripción del Proceso.....	56
5.3	Aplicación del Análisis de Riesgo.....	60
5.3.1	Identificación de Peligros.....	60
5.3.2	Evaluación de Riesgos.....	71
5.3.3	Evaluación de Consecuencias.....	71

6. PLANIFICACION DE EMERGENCIAS

6.1	¿Qué es una Emergencia?	74
6.2	Reglamentación de las Emergencias	76
6.3	Partes Involucradas en una Emergencia	77
6.4	Cooperación para la Actuación ante una Emergencia	78
6.5	Proceso de Planeación de Emergencias	79
6.6	Análisis de Consecuencias	80
6.6.1	Modelo de la Fuente	81
6.6.2	Modelo de Dispersión	82
6.7	Protección Civil	82
6.8	Programas de Prevención de Accidentes	84

7. PROPUESTA DE MEJORA A LA SITUACION ACTUAL

7.1	Resumen	86
7.2	El Concepto de AR	86
7.3	Legislación Básica Necesaria para AR	87
7.4	Conocimientos Selección de las Técnicas de AR	88
7.5	Administración de Riesgos de Proceso	88
7.5.1	Identificación de Peligros	90
7.5.2	Evaluación de Riesgo y Evaluación de Consecuencias	93
7.5.3	Reducción del Riesgo	93
7.5.4	Manejo de Riesgos Residuales	94
7.5.5	Administración de Riesgos durante Emergencias	94
7.5.6	Fomento para la adopción de medidas similares de Administración de Riesgos	95
7.5.7	Selección de negocios con Riesgo Aceptable	95

8. CONCLUSIONES.....96

9. REFERENCIAS.....98

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla</i>	<i>Página</i>
1.1 Ejemplos selectos de accidentes en varios países, 1970-1989.	5
1.2 Objetivos típicos de una evaluación de peligro en las diferentes etapas de vida de un proceso.....	13
2.1 CFR 1910.119	18
2.2 Componentes del programa de prevención de la EPA y del proceso administrativo de OSHA	20
2.3 Comparación de los requerimientos del PSM y el RMPR.....	21
2.4 Artículos de la LGEEPA aplicables en materia de riesgo.....	25
4.1 Categorías de los factores que podrían influenciar la selección de las técnicas de AR.....	50
4.2 Información Típica Disponible para el Análisis de Riesgos	51
5.1 Propiedades de las materias primas y el producto.....	56
5.2 Checklist para el proceso de Grignard.....	61
5.3 What if para proceso de reactivo de Grignard.....	65
5.4 Estudio HAZOP para proceso de reactivo de Grignard.....	66
5.5 Índice Mond para proceso de reactivo de Grignard.....	69
6.1 Criterios generales para solicitar un PPA.....	85
7.1 Auditorías de Seguridad y Técnicas de Identificación de Peligros apropiadas a las diferentes etapas del Proyecto	92

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura</i>	<i>Página</i>
1.1 Información disponible para la revisión de los riesgos.....	15
2.1 Procedimiento de Impacto Ambiental.....	27
2.2 Procedimiento para la presentación de los ERA.....	30
3.1 Clasificación de técnicas de evaluación de riesgos	34
4.1 Usos típicos de las técnicas de evaluación de riesgos.....	51
5.1 DFP planta Grignard.....	57
5.2 DTI planta Grignard.....	58
5.3 DTI Sección de Reacción planta Grignard.....	59
5.4 Arbol de fallos para el proceso de reactivo de Grignard.....	72
6.1 Elementos de los accidentes.....	75
6.2 Información requerida para el proceso de planeación de emergencias.....	79
7.1 Proceso de administración de riesgos	90

GLOSARIO

Administración de Riesgos, aplicación sistemática de las políticas, procedimientos, y prácticas para la tarea del análisis, evaluación, y control de los riesgos en orden de proteger a los empleados, el público en general, el ambiente, y los bienes de la empresa.

Análisis Causa-Consecuencia (CCA), método para ilustrar los resultados posibles que podrían alcanzarse debido a la combinación lógica de eventos o estados seleccionados.

Análisis de Confiabilidad Humana, (HRA), método usado para evaluar los factores que determinan que las acciones humanas, tareas o trabajos concluyan con éxito dentro de un periodo de tiempo requerido.

Análisis de Modo de Falla y Efecto (FMEA), método sistemático y tabular para evaluar y documentar las causas y efectos de tipos de componentes de falla conocidos.

Análisis de Modo de Falla, Efecto y Criticidad (FMECA), variación del FMEA que incluye la estimación cuantitativa de la significancia de las consecuencias de un modo de falla.

Análisis de Peligros identificación de eventos indeseados que dirigen a la materialización de un peligro, el análisis del mecanismo por el cual podrían ocurrir estos eventos indeseados.

Análisis de Riesgo (Hazard Analysis *), proceso integral consistente en tres pasos base que implica la identificación de peligros, la evaluación del riesgo y la evaluación de sus posibles consecuencias. *Adaptación.

Arbol de Eventos (ETA), método que ilustra los resultados o consecuencias intermedias y finales que podrían suscitarse a partir de un evento inicial seleccionado.

Arbol de Fallas (FTA), método que representa las combinaciones lógicas que podrían señalar el origen de un resultado o consecuencia dado (evento tope).

BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion), se usa para describir la ruptura repentina debida al impacto del fuego en un recipiente o sistema que contenga gas inflamable bajo presión, debida al choque o impacto de un fuego que incide sobre la superficie de este. La ruptura del sistema por causa del incremento de la presión y el flasheo del líquido que pasa a vapor, genera una onda de choque con posibles daños generados por los fragmentos lanzados en forma de misiles. La ignición inmediata de la mezcla combustible-aire al expandirse, genera una intensa combustión creando una bola de fuego.

Evaluación de Riesgos, proceso por el cual los resultados de la evaluación de peligros (esto es, primera etapa del análisis de riesgos) se usan para la toma de decisiones, a través de estrategias de reducción del riesgo o bien a través de comparaciones o estudios posteriores que requieran mayor detalle.

Explosión, liberación de energía la cual causa una discontinuidad en la presión u onda de choque.

Frecuencia, número de ocurrencia por unidad de tiempo.

HAZOP (Hazard and Operability Study)(HZ), estudio sistemático, que por medio de la aplicación de palabras guía, se utiliza para identificar todas las desviaciones, respecto a la intención del diseño, que puede tener un sistema con efectos indeseables para la seguridad y la operabilidad de una planta.

Índice Dow (Dow fire and explosion index), método desarrollado por la Compañía Química Dow para calcular el riesgo relativo de fuego y explosión asociado con un proceso.

Índice Mond (Mond Index), extensión del índice Dow, desarrollado por ICI, el cual además involucra la cuantificación del peligro de toxicidad.

Listas de Verificación (Check List) (CL), lista detallada de atributos deseables en un sistema o pasos para que realiza un sistema u operador. Método de identificación de peligros por medio de comparaciones con la experiencia.

Peligro (Hazard), situación física con potencial para causar daño a los seres humanos, a la propiedad o al ambiente o sus combinaciones.

Peligro Químico, peligro que involucra sustancias o procesos químicos los cuales pueden desplegar su potencial a través de manifestaciones tales como fuego, explosión, y/o efectos tóxico o corrosivos.

Prevención de Pérdidas, aproximación sistemática para prevenir accidentes o minimizar sus efectos. Sus actividades se pueden asociar con pérdidas financieras o de seguridad.

Probabilidad, número en escala del 0 al 1 que expresa la probabilidad de que un evento suceda respecto a otro.

Riesgo (Risk), la probabilidad de que ocurra un evento específico indeseado dentro de un periodo específico o en circunstancias específicas. Puede expresarse como una *frecuencia* (número de eventos específicos ocurridos en una unidad de tiempo) o *probabilidad* (probabilidad de un evento específico siguiendo un evento previo o anterior), dependiendo de las circunstancias.

Sustancia Peligrosa, aquella que en virtud de sus propiedades químicas constituye un peligro.

ABREVIACIONES

AIChe	(American Institute of Chemical Engineers), Instituto Americano de Ingenieros Quimicos.
APELL	(Awareness and Preparedness for Emergencies at Local Level), Concientización y Preparación para Emergencias a Nivel Local.
AR	Análisis de Riesgos.
CAMEO	(Computer Aided Management of Emergency Operations), Ayuda Computarizada para el Manejo de las Operaciones de Emergencia.
CCA	(Cause-Consequence Analysis), Análisis Causa-Consecuencia.
CEE	Comunidad Económica Europea.
CIMAH	(Control of Industrial Major Accident Hazard), Control de Peligros de Accidentes Industriales Mayores.
CL	(Checklist), Lista de Chequeo o verificación.
COAAPP	Comité para Aprobación y Análisis de los Programas de Prevención de Accidentes.
DFP	Diagrama de Flujo de Proceso.
DTI	Diagrama de Tubería e Instrumentación.
EPA	(Environmental Protection Agency), Agencia de Protección Ambiental.
ETA	(Event Tree Analysis), Análisis de Arbol de Eventos.
FMEA	(Failure Modes and Effects Analysis), Análisis de Modo de Falla y Efecto.
FMECA	(Failure Modes, Effects, and Criticality Analysis), Análisis de Modo de Falla, Efecto, y Criticidad.
FTA	(Fault Tree Analysis), Análisis de Arbol de Fallas.
HZ	(Hazard and Operability Analysis), Análisis de Peligro y Operabilidad.
HRA	(Human Reliability Analysis), Análisis de Confiabilidad Humana.
ICI	(Imperial Chemical Industries), Industrias Químicas Imperiales.
INE	Instituto Nacional de Ecología.
LEPC	(Local Emergency Planning Comitee), Comité Local de Planeación de Emergencias.
OSHA	(Occupational Safety and Health Administration), Administración para la Salud y la Seguridad Ocupacional.
PFPA	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente.
PMS	(Program Management Safety), Programa de Administración de la Seguridad.
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
PPA	Programa de Prevención de Accidentes.
RMPR	(Risk Management Program Rule), Programa de Administración de Riesgos.
SEMARNAP	Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca.
SETIQ	Sistema de Emergencias en Transportación para la Industria Química.
SINAPROC	Sistema Nacional de Protección Civil.

ANALISIS DE RIESGOS: SITUACION ACTUAL, TENDENCIAS Y PROPUESTA.

INTRODUCCION

W. R. L. G.

En las últimas dos décadas se han presentado, en México y el resto del mundo, acontecimientos que han sacudido nuestra conciencia y han cuestionado con dureza las medidas de seguridad existentes para el manejo, transporte, procesamiento y almacenamiento de las sustancias peligrosas. Estos hechos, sean de pequeña o gran magnitud, si bien no debieron haber ocurrido, han ayudado enormemente a incrementar el conocimiento y la concientización de los diversos grupos sociales involucrados en el tema del riesgo. Estos grupos son: la sociedad que exige seguridad en sus comunidades, así como la conservación y cuidado del ambiente; las autoridades, que deben normar las actividades peligrosas; los empresarios, que administran las empresas las cuales al producir bienes para satisfacer a la sociedad, utilizan o manejan materiales peligrosos; y los profesionales de las diferentes disciplinas que deben dar las respuestas que los grupos sociales mencionados requieren.

El tema del riesgo se encuentra en una etapa de auge que ha provocado desarrollo e interés dada su novedad, sin embargo no debe tomarse como algo pasajero con calidad de moda, sino como un conjunto de conocimientos que en un futuro muy próximo deberán marcar las pautas para la manufactura de los productos y que tendrá como resultado global el mejoramiento de la calidad de vida, sea en el hogar, la empresa, la bodega o el medio ambiente. Todo esto se puede lograr mediante el establecimiento y aplicación efectiva de leyes que regulen adecuadamente las actividades riesgosas. En rigor, las leyes sobre el tema son recientes y por el momento se está verificando su eficacia, en la mayoría de los casos, por medio del método de prueba y error en su aplicación, debido principalmente a la dificultad que representa la puesta en marcha de procedimientos para la identificación, análisis y cuantificación de los peligros y riesgos inherentes a los materiales y procesos de producción.

Los países que más han trabajado y desarrollado el tema del riesgo: el Reino Unido, Holanda, Alemania y los E.U., han aplicado sus conocimientos a las condiciones particulares de su país y, estos conocimientos los están probando y adecuando a sus necesidades. Nuestro país ha iniciado recientemente el proceso para el desarrollo de su normatividad, ya que en 1988 se empezó a regular parcialmente el riesgo. Si bien esto es un paso adelante aún existe un vasto campo para regular, hablando en términos ingenieriles nos situaríamos en la etapa de arranque, tal vez en investigación y desarrollo, es decir, estamos viviendo las experiencias que son muy duras, pero que nos han llevado a dar el primer paso, y en conjunto con la experiencia que las naciones desarrolladas nos pueden proporcionar, podemos lograr una buena y sobre todo eficiente normatividad que nos lleve a lograr un crecimiento como empresarios, comunidad, profesionales o gobierno, que mejore la calidad, el control y la imagen de la temida industria, principalmente la química.

México está recibiendo información del exterior, lo cual las más de las veces se traduce en una adquisición ciega, carente de comprensión y cuestionamientos acerca del significado de la misma. El recibir información es, sin lugar a dudas, un enriquecimiento y un privilegio que debemos gozar, pero que de poco vale si no se entiende de manera adecuada. Es decir, debemos de analizar y ser más selectivos, no todo es aplicable a nuestro caso, debemos analizar exhaustivamente las condiciones particulares que nuestro país, industria y sociedad presentan. Esta situación de adquisición ciega de la información, se ha presentado con el tema del riesgo y de ahí la importancia que sostiene el presente trabajo que busca la homogenización en la comprensión del tema; la explicación desde atrás, explicar sus causas, su origen y el porque de la confusión y el desacuerdo existente al respecto entre las autoridades, las compañías consultoras, los empresarios y los expertos.

Este trabajo, mediante una visión analista, pretende llegar más allá de la simple crítica, y ser propositiva al tratar de homogenizar y conjuntar la información que se encuentra dispersa y aislada. No es una tarea fácil, pero es el objetivo de la presente que puede ayudar a entender las desviaciones que actualmente existen sobre el tema del riesgo. El diseño de la misma se encuentra enfocado a promover el conocimiento general, en orden de concientizar, guiar e informar a los involucrados con el tema, y que somos todos, llamémosnos sociedad, empresarios, comunidad, estudiantes, profesores, autoridades y/o profesionales.

La tesis se divide en siete capítulos, los que en conjunto cubren los aspectos que el título de la misma sugiere: situación actual, tendencias y propuesta del Análisis de Riesgos. Adicionando dos capítulos más para las conclusiones y las referencias. También contiene un glosario y una lista de abreviaturas utilizadas en el texto.

Capítulo 1 - Contexto del Análisis de Riesgo - Este capítulo muestra un panorama generalizado de los conceptos que en materia de riesgo se han manejado en diversos países, así también se muestra un breve marco histórico del tema para ayudar a la mejor comprensión del mismo.

Capítulo 2 - Marco Jurídico - Por medio de una revisión a las legislaciones europea, estadounidense y mexicana en materia del riesgo, se pretende comprender los motivos que han dado pie a su implementación y evolución, para así poder visualizar su situación actual y sus posibles tendencias a futuro.

Capítulo 3 - Técnicas de Análisis de Riesgo - Breve presentación de algunas técnicas más comunes para realizar análisis de riesgos. Visualización generalizada útil para llevar a cabo una revisión rápida y práctica de las técnicas presentadas.

Capítulo 4 - Selección de las Técnicas de Análisis de Riesgos - Ayuda a visualizar los puntos clave para la selección de la técnica de AR más adecuada para un problema en particular.

INTRODUCCION

Capítulo 5 - Aplicación de un AR a una Instalación de Proceso - Ejemplo que ilustra la aplicación de un AR con las tres etapas que lo integran por medio del uso de varias técnicas de identificación de peligros, el uso del método FTA para evaluación del riesgo, además de la evaluación de consecuencias.

Capítulo 6 - Planificación de Emergencias - Presenta información acerca de los planes, acciones, instituciones y análisis encaminados al control y manejo de las emergencias, que pueden llegar a ocurrir en el transporte, manejo, almacenamiento y procesamiento de materiales peligrosos.

Capítulo 7 - Propuesta de Mejora a la Situación Actual - Sugiere algunas tareas a cumplir que podrían permitir mejorar la situación actual del país en materia de riesgo, para el reconocimiento de posibles riesgos, la evaluación de la probabilidad de los eventos peligrosos, el conocimiento de la magnitud de las consecuencias, y la determinación de las medidas apropiadas para la reducción de los riesgos.

Capítulo 8 - Conclusiones - Se presentan en forma concisa las conclusiones encontradas en la realización de este trabajo.

Capítulo 9 - Referencias - Lista de bibliografía consultada.

En resumen, esta tesis busca responder preguntas como las siguientes:

- ¿Qué puede resultar peligroso en una industria ?
- ¿Qué es un peligro y un riesgo ?
- ¿Cómo podemos evaluar un riesgo ?
- ¿Por qué es necesario normar el riesgo ?
- ¿Qué es un Análisis de riesgo ?
- ¿Cuáles son, cómo se aplican y para qué sirven los análisis de riesgo ?
- ¿Cómo se seleccionan las técnicas de análisis de riesgo ?
- ¿Cuál es la normatividad del riesgo en México ?
- ¿Qué se está haciendo en otros países ?
- ¿Son efectivas nuestras leyes ?
- ¿Qué podríamos hacer para mejorar la normatividad del riesgo ?

ANALISIS DE RIESGOS: SITUACION ACTUAL, TENDENCIAS Y PROPIESTA.

CAPITULO 1
CONTEXTO DEL
ANALISIS DE
RIESGO

W. R. L. G.

1. CONTEXTO DEL ANALISIS DE RIESGO

El marco que rodea al análisis de riesgo es amplio y está enfocado a una problemática que tiene su origen en la industria que maneja sustancias peligrosas, esta es en especial la industria química. El impacto que puede ocasionar la aplicación o no de estos estudios puede repercutir directamente en la sociedad, el ambiente y la economía involucrada a esta industria. El manejo de sustancias peligrosas bien sea para procesamiento, transporte o almacenamiento, involucra peligros que pueden materializarse en eventos inesperados que conlleven pérdidas humanas y/o materiales o bien daños al ambiente, situaciones cualquiera de ellas indeseables. Por tal razón, es importante conocer los problemas que nuestra actividad puede ocasionar, ya que sólo así será posible atacarlos y prevenir su ocurrencia.

1.1 Accidentes Industriales

Lamentablemente, hasta una vez que han sucedido los errores se logra aprender y tomar conciencia de los mismos. Es de todos conocida la historia de los desastres industriales que a nivel mundial han ocurrido. Recordemos Flixborough en el '74, Seveso en el '76, Bophal en el '84, y los que vivimos más de cerca en México, San Juanico en 1984, Guadalajara en 1991, y muy recientemente Cactus, Chiapas y San Juanico -de nuevo- en 1996. Todos estos hechos, tabla 1.1, han ocasionado la pérdida de muchas vidas humanas, así como de millonarias sumas de dinero y por ende la pérdida del prestigio internacional por parte de las empresas y las autoridades responsables.

Los accidentes industriales pueden ser ocasionados por múltiples factores, como fallas de tipo mecánico, desvíos en el control de las reacciones, descuidos en la operación, contaminación de materias, etc. Pero algo que resulta común en estos accidentes (Tabla 1.1) es la presencia de "sustancias químicas peligrosas", algunas de uso tan común como el gas propano y otras menos conocidas como las dioxinas.

En la definición de sustancias peligrosas caben una infinidad de sustancias, entendiéndose como sustancia peligrosa aquella sustancia química cuyas propiedades inherentes tienen la capacidad de causar daño a la vida, al medio o bien pérdidas materiales. La clasificación de las sustancias químicas es un esfuerzo en el cual se han logrado avances notables gracias a los conocimientos que los químicos han logrado de ellas. Dos de los sistemas de clasificación más ampliamente usados son el de la NFPA (Asociación Nacional de Protección Contra Incendios) y el sistema DOT. El primero se usa para tanques de fijos y recipientes de proceso. El segundo, exclusivamente en tanques para transporte usados en el comercio interestatal, el departamento de transportes de los EU (DOT) es el responsable de este sistema. Su uso requiere placas y etiquetas. En México, además se cuenta con el sistema CRETIB (Corrosivo, Reactivo, Explosivo, Tóxico, Inflamable, Biológico) el cual es un método sencillo, práctico y ya establecido en la legislación nacional.

1. CONTEXTO DEL ANALISIS DE RIESGO

Año	Lugar	Causa	Producto	Muertes(d) / lesionados(l) / evacuados(e)
1970	• Osaka, Japón	Explosión	Gas	42 d
1973	• Fort Wayne, USA	Accidente ferroviario	Cloruro de vinilo	0 d 0 l 4,500 e
	• Market Tree, USA	Accidente ferroviario	LPG	0 d 0 l 2,500 e
1974	• Flixborough, UK	Explosión	Ciclohexano	23 d 104 l 3,000 e
1975	• Beck, Holanda	Explosión	Etileno	14 d 107 l
1976	• Seveso, Italia	Fuga	Dioxina	0 d 193 l 730 e
1978	• Los Alfaques, España	Accidente vial	Propileno	216 d 200 l
1980	• Mandir Asad, India	Accidente industrial	Explosivos	50 d
1981	• Tacaoa, Venezuela	Explosión	Accite	145 d 1,000 l
1984	• Sao Paulo, Brasil	Explosión de una tubería	Petróleo	508 d
	• Bophal, India	Fuga	MIC (metil-isocianato)	2,500 d 10,000 l 300,000 e
	• San Juanico, México	Explosión BLEVE	LPG	600 d 7,000 l
1986	• Chernovil, URSS	Accidente nuclear	Material radioactivo	31 d directas 500 l 112,000 e
1987	• Londres, UK	Fuego en una estación subterránea del metro.		30 d
1988	• Mar del Norte	Plataforma Piper-Alfa.	Crudo	166 d
1989	• Near Ufa, URSS	Explosión de tubería debido a las chispas de dos trenes.	Gas	645 d
	• Pasadena, USA	Explosión de una nube en una planta petroquímica.	Gas	23 d
	• Alaska, USA	Exxon Valdez pierde cerca de 40 millones de litros de crudo	Crudo	costo de al menos 2 billones de US \$

Tabla 1.1 Ejemplos selectos de accidentes en varios países, 1970-1989. Fuente: estadísticas OECD, Compañía Suiza Reinsurance.

1. CONTEXTO DEL ANALISIS DE RIESGO

Sin embargo, es muy importante reconocer que el peligro que una sustancia pueda representar no está solamente en función de su clasificación, sino que depende en gran medida de las condiciones a las que se encuentre sometida. No se debe olvidar que una sustancia sólo constituye un peligro en virtud de sus propiedades químicas intrínsecas o de la presión y temperatura a que se le someta, o de la combinación de ambas. Por ejemplo, el aire y el agua pueden poseer un peligro si se comprimen y calientan, pero ninguna sería clasificada como una sustancia peligrosa, debido a que sus propiedades químicas en sí mismas no constituyen un peligro.

El análisis de los accidentes industriales muestra lo inesperado y destructivo que pueden resultar aquellos accidentes que involucran sustancias peligrosas, demostrando que el manejo de estas sustancias no es algo sencillo ni mucho menos exento de riesgo. Las sustancias químicas mal manejadas o fuera de control pueden tener un enorme potencial destructivo, lo cual ha sido demostrado en repetidas ocasiones.

La mayor responsabilidad se encuentra en manos de quienes manipulan las sustancias peligrosas, sin embargo, los gobiernos o las autoridades correspondientes tienen también la responsabilidad de regular tales actividades, por lo cual es vital el control de este tipo de actividades por medio de leyes, normas, y procedimientos en materia de seguridad, protección ambiental y protección civil que garanticen efectos destructivos mínimos en caso de un accidente industrial.

1.2 Los Inicios

Los accidentes industriales han ayudado a lograr la concientización de diversos grupos sociales que de una u otra forma han promovido el establecimiento de diversas normas que de manera directa o indirecta tratan de evitar la ocurrencia de estos hechos. A nivel internacional han sido diferentes naciones las que se han preocupado por desarrollar estudios que proporcionen mayores conocimientos acerca de todos los aspectos involucrados con la prevención de pérdidas, la protección al ambiente y la protección civil; todo esto, claro, está en función de los recursos asignados. Por ejemplo, en la India existe una gran inquietud respecto a los programas de protección civil pero no existe investigación ni desarrollo técnico suficiente que logre una implementación y aplicación efectiva. Hoy en día, entre los países que más evolución muestran, en el desarrollo del tema del riesgo, se encuentran Alemania, los Países Bajos, el Reino Unido, y los Estados Unidos de América.

El Reino Unido fue uno de los países que más tempranamente se preocupó por tratar los asuntos relacionados con el tema del riesgo, tal vez motivado por el accidente en Flixborough (1974), ver tabla 1.1. Esta nación tiene en su haber una gran cantidad de referencias bibliográficas acerca del tema; colección apenas comparable a la

Norteamericana, la cual es de edición más reciente y cuyo principal abastecedor es el AIChE.

Debido a la manera en que se han suscitado los accidentes industriales y a la manera en que la concientización ha ido tomando arraigo en los diferentes países, el desarrollo del tema ha sido desigual y por lo mismo, carente de uniformidad en sus conceptos más básicos. Esta situación provoca confusión, malas interpretaciones y hasta adaptaciones fuera de la realidad, por lo cual, es necesario hacer una breve revisión de los conceptos y definiciones existentes a modo de despejar la idea central, lo que permitirá la comprensión e interpretación adecuada del tema.

1.3 Términos Relacionados a AR

En el Reino Unido existe el grupo de estudiosos de la Sociedad Real, la cual engloba en su definición de *prevención de pérdidas* el concepto central motivo de este trabajo: el *Análisis de Riesgos*. La *prevención de pérdidas* es el término utilizado para describir el rango de actividades encaminadas a minimizar cualquier forma de pérdida accidental, tal como daños a las personas, a la propiedad o al ambiente o pérdidas puramente financieras debidas a plantas fuera de control. Este término incluye varias técnicas y aproximaciones que han sido desarrollados para la evaluación y el control del riesgo. Algunos términos se utilizan para describir el objetivo general de una actividad, otros son más específicos e implican el uso de técnicas particulares. La extensión y el detalle de una evaluación depende del problema en particular, pero las principales etapas son:

1. La identificación de eventos indeseados que pueden desencadenar un accidente .
2. El análisis de los mecanismos por los cuales pueden ocurrir estos eventos.
3. La consideración de la extensión de cualquier efecto dañino.
4. La consideración de la probabilidad de los eventos indeseados y la probabilidad específica de los resultados. Expresándose como probabilidad o frecuencia.
5. El juicio acerca de la significancia de los peligros identificados y los riesgos estimados.
6. La implementación y toma de decisiones en curso de acción, incluyendo los medios para reducir la probabilidad de las consecuencias de eventos indeseados.

1. CONTEXTO DEL ANALISIS DE RIESGO

Norteamericana, la cual es de edición más reciente y cuyo principal abastecedor es el AICHe.

Debido a la manera en que se han suscitado los accidentes industriales y a la manera en que la concientización ha ido tomando arraigo en los diferentes países, el desarrollo del tema ha sido desigual y por lo mismo, carente de uniformidad en sus conceptos más básicos. Esta situación provoca confusión, malas interpretaciones y hasta adaptaciones fuera de la realidad, por lo cual, es necesario hacer una breve revisión de los conceptos y definiciones existentes a modo de despejar la idea central, lo que permitirá la comprensión e interpretación adecuada del tema.

1.3 Términos Relacionados a AR

En el Reino Unido existe el grupo de estudiosos de la Sociedad Real, la cual engloba en su definición de *prevención de pérdidas* el concepto central motivo de este trabajo: el *Análisis de Riesgos*. La *prevención de pérdidas* es el término utilizado para describir el rango de actividades encaminadas a minimizar cualquier forma de pérdida accidental, tal como daños a las personas, a la propiedad o al ambiente o pérdidas puramente financieras debidas a plantas fuera de control. Este término incluye varias técnicas y aproximaciones que han sido desarrollados para la evaluación y el control del riesgo. Algunos términos se utilizan para describir el objetivo general de una actividad, otros son más específicos e implican el uso de técnicas particulares. La extensión y el detalle de una evaluación depende del problema en particular, pero las principales etapas son:

1. La identificación de eventos indeseados que pueden desencadenar un accidente.
2. El análisis de los mecanismos por los cuales pueden ocurrir estos eventos.
3. La consideración de la extensión de cualquier efecto dañino.
4. La consideración de la probabilidad de los eventos indeseados y la probabilidad específica de los resultados. Expresándose como probabilidad o frecuencia.
5. El juicio acerca de la significancia de los peligros identificados y los riesgos estimados.
6. La implementación y toma de decisiones en curso de acción, incluyendo los medios para reducir la probabilidad de las consecuencias de eventos indeseados.

1. CONTEXTO DEL ANALISIS DE RIESGO

Estas seis etapas conforman el proceso de *prevención de pérdidas* de acuerdo a la Sociedad Real. Un AR en rigor debe incluir de las etapas 1 a 4, pero en otros países, como México o los EUA, estas etapas se encuentran seccionadas y se nombran de manera diferente. Por ejemplo, en México un AR lo constituyen las etapas 1 y 3, es decir la identificación de eventos posibles y la estimación de consecuencias, restándole importancia a la estimación de la probabilidad. En los EU, se entiende como *Hazard Analysis* las etapas 1 a 4; como *Risk Analysis* la 3 y 4; como *Risk Assessment* de la 1 a la 5; y como *Risk Management* la etapa 6.

En el mismo Reino Unido, persiste cierta confusión al respecto ya que se utilizan varias combinaciones de términos tales como "peligro", "riesgo" y "seguridad" con "análisis", "evaluación" y "valoración" para describir todas o parte de estas seis etapas, resultando común el que se usen como sinónimos. Como ocurre con el término *análisis de peligro*, el cual ha llegado a establecerse y ahora se utiliza ampliamente para describir la aproximación sistemática a la *identificación de peligros* correspondiente a las etapas 1 y 2 arriba señaladas, seguida por, cuando la severidad de los peligros estudiados lo justifique, la subsecuente consideración de la probabilidad y las consecuencias involucradas en las etapas 3 y 4. Estas consideraciones involucran usualmente una estimación cuantitativa en un mayor o menor grado. La parte del proceso donde esto se realiza, se refiere algunas veces como a un *análisis de riesgo*. El uso del término *riesgo* implica necesariamente la consideración de la probabilidad del evento y sus resultados o consecuencias.

El grupo de estudio de la Sociedad Real usa el término "estimación del riesgo" (risk estimation) para las etapas 1 a 4, "evaluación del riesgo" (risk evaluation) para la etapa 5 y "administración del riesgo" (risk management) para la etapa 6, dando una definición general al término *evaluación del riesgo* (risk assessment) el cual cubre de las etapas 1 a 5. Estos términos no encuadran dentro de la muy común situación donde ninguno o sólo uno de los aspectos se tratan cuantitativamente y además el riesgo no se estima explícitamente. Debido a que existe un número de factores que influyen en el grado en el cual ameritan, o permiten, una estimación cuantitativa, es útil definir sólo un límite de distinción entre *análisis de peligro* y *análisis de riesgo*. La definición adoptada incluye las etapas de identificación 1 y 2 y sus subsecuentes las etapas 3 y 4 hasta donde sean relevantes para el caso en particular.

Se recomienda que el término riesgo sólo se use, en la descripción de un estudio o evaluación, donde se involucre la estimación de la probabilidad. El uso del término "evaluación", más que el de "análisis", implica la toma de juicios sobre su posible significado, más allá de lo que sería únicamente una estimación; así la definición para evaluación de riesgos (risk assessment) incluye de la etapa 1 a la 5.

1.4 Algunas Definiciones

Como se ha mencionado anteriormente, no existe uniformidad en muchos de los términos utilizados en materia de riesgo, por lo cual es importante aclarar el porque de tal confusión, explicando brevemente, por medio de las definiciones establecidas, la interpretación que se hace de algunos de los términos más comunmente usados. De esta manera se podrán hacer más notables las coincidencias o desigualdades que presentan entre si dichos términos. La comparación se establece entre las definiciones oficiales que proporcionan las instituciones de peso en Europa, los Estados Unidos y México.

Administración del riesgo:

aplicación sistemática de políticas, procedimientos y prácticas administrativas para la tarea de analizar, evaluar, y controlar el riesgo para la protección de los empleados, el público en general, y el ambiente, así como los activos de la compañía evitando interrupciones en la operación del negocio.

AIChe

Análisis de peligros:

identificación de eventos indeseados que dirigen a la materialización de un peligro, el análisis del mecanismo por el cual podrían ocurrir estos eventos indeseados y usualmente la estimación de la extensión, magnitud y probabilidad de cualquier efecto dañino.

CIMAH

desarrollo de la estimación cuantitativa o cualitativa del riesgo, basada en evaluaciones y técnicas ingenieriles que consideran la estimación de la frecuencia y las consecuencias de un incidente.

AIChe

Análisis de riesgo:

término impreciso el cual infiere el cálculo cuantificado de las probabilidades y riesgos sin tomar en cuenta su relevancia.

CIMAH

es la identificación y evaluación sistemática de objetos de peligro y riesgo.

UNEP

consiste en la identificación de riesgos potenciales, en la determinación de la vulnerabilidad de un área a riesgos existentes y en la evaluación del riesgo de una fuga o derrame de materiales peligrosos.

APPELL/PNUMA

Evaluación de riesgos:

evaluación cuantitativa de la probabilidad de eventos indeseados y la probabilidad de daños y perjuicios causados, junto con el juicio concerniente al significado de los resultados.

CIMAH

1. CONTEXTO DEL ANALISIS DE RIESGO

proceso por el cual los resultados de un análisis de riesgos se usan para la toma de decisiones, ya sea a través de estrategias de reducción del riesgo relativo o a través de comparaciones con objetos de riesgo.

AICHe

Peligro:

es una característica inherente sea física o química la cual tiene potencial para causar daño a la persona, la propiedad, o el ambiente.

CIMAH

amenaza que puede causar un accidente.

APELL/PNUMA

Prevención de pérdidas:

rango de actividades encaminadas a minimizar cualquier forma de pérdida accidental. Incluye técnicas y aproximaciones para la evaluación y control del riesgo.

CIMAH

Riesgo:

probabilidad de que ocurra un evento específico indeseado dentro de un periodo específico de circunstancias específicas. Puede tener una frecuencia o una probabilidad dependiendo de las circunstancias.

CIMAH

probabilidad de que ocurra un accidente dentro de un cierto tiempo, junto con las consecuencias para las personas, la propiedad y el ambiente.

UNEP

1.5 Definición de Análisis de Riesgo a Considerar

Como podemos ver, las concepciones son dispares y originan confusión, sobre todo en la definición de Análisis de Riesgo. En este trabajo, consideraremos como Análisis de Riesgo al proceso que involucra primeramente la identificación del peligro, seguido por la evaluación del riesgo, y la evaluación de consecuencias. Esta definición es muy similar a la que maneja APELL/PNUMA para análisis de riesgo y equivalente a la de Análisis de Peligro (Hazard Analysis) que maneja el CIMAH y el AICHe, definición que debido a una mala traducción degeneró como Análisis de Riesgo cuando correctamente debiera ser Análisis de Peligro. Sin embargo, debido a que la legislación mexicana maneja el término Análisis de Riesgo, en el presente trabajo, a fin de evitar mayor confusión y disparidad, se continuará su utilización a reserva de la aclaración arriba señalada.

Es útil conocer las diferentes definiciones que se dan para un mismo término, esto nos ayuda en la comprensión de la información que las diferentes fuentes nos pueden proporcionar, obviamente, lo óptimo sería contar con definiciones homogéneas que se pudieran seguir a nivel mundial, pero la cual hasta el momento no ha sido establecido. Entonces, habiendo aclarado el manejo que del término AR se va hacer, se puede

1. CONTEXTO DEL ANALISIS DE RIESGO

visualizar, dada la complejidad que implica y de los resultados que origina, lo útil que puede resultar la aplicación de los estudios de AR en las plantas de manufactura química.

Los problemas o las áreas óptimas para la aplicación de un estudio de Análisis de Riesgo deben definirse adecuadamente, para que los resultados sean lo más provechosos posibles y se encuentren las respuestas y soluciones que se buscan para tratar tales problemas.

1.6 Definición del Problema

Como es posible suponer, en una planta química se pueden presentar n-problemas debido igualmente a n-razones. Cabe resaltar que esta concepción no es exclusiva para la industria química, pero para bien o para mal en ella se aprecia muy claramente, lo cual no implica precisamente que represente la mayor incidencia o el mayor riesgo.

Para poder disminuir o evitar los problemas de seguridad debemos primeramente identificarlos para posteriormente poder atacarlos. La industria química, cuyo objetivo es la obtención de un producto x, puede dividirse en diferentes y complejas situaciones que las más de las veces involucran el manejo de sustancias peligrosas. Para visualizar en dónde se pueden presentar los problemas de seguridad podemos empezar por discriminar las situaciones de manejo a las que se ven sometidas estas sustancias.

En la industria química la mayoría de los problemas de seguridad de procesos se pueden agrupar dentro de las siguientes categorías :

- Transporte de materiales peligrosos
- Almacenamiento de materiales peligrosos
- Procesamiento de materiales peligrosos
- Disposición de materiales peligrosos

Cada una de estas categorías, requiere de un tratamiento especialmente enfocado a los problemas particulares que presentan. La herramienta idónea para la determinación, tratamiento y toma de decisiones respecto al riesgo, que pueden presentar los problemas particulares, es un estudio de análisis de riesgo. Estos estudios pueden ser tan generales o particulares como se desee, pero están dirigidos a la obtención de los diferentes datos que confieran un panorama más concreto e integral de los problemas. Cada categoría requiere un estudio específico, así mismos los datos necesarios variarán, requiriéndose para cada categoría, además de conocer el tipo, características y propiedades del material involucrado, lo siguiente:

1. CONTEXTO DEL ANALISIS DE RIESGO

- *Transporte de materiales peligrosos*; determinación de las rutas, volúmenes, distribuciones, y frecuencia de accidentes.
- *Almacenamiento de materiales peligrosos*; datos sobre el diseño de la instalación, las instrucciones de operación, y los datos sobre la frecuencia de carga y descarga, así como con datos de compatibilidad de las sustancias almacenadas.
- *Procesamiento de materiales peligrosos*; conocimiento detallado acerca de: la química del proceso, el diseño del equipo, los esquemas de control, el diseño del proceso, las prácticas de operación, y las prácticas de mantenimiento.
- *Disposición de materiales peligrosos*; se pueden incluir elementos de carácter geológico, hidrológico, ambiental, de distribución de poblaciones, y de movilidad ambiental de la zona. Así también, se requieren conocimientos acerca de la toxicidad, las prácticas o reglas de almacenamiento, y la resistencia de los materiales. El tiempo requerido y la dificultad para llevar a cabo estos análisis difiere de los problemas mencionados anteriormente.

En el presente trabajo el enfoque girará en torno al procesamiento de los materiales peligrosos, quedando fuera del alcance del mismo las categorías restantes.

1.7 Definición de los Objetivos

Antes de iniciar un análisis se debe determinar la verdadera necesidad de llevarlo a cabo. Se deben hacer cuestiones como: ¿cuál es el objetivo de un estudio de análisis de riesgos?, ¿cuáles son las consecuencias de no realizar el estudio?, ¿cuánto dinero requiere esta inversión?, ¿cuántas vidas están en riesgo?, ¿cuánto tiempo se llevará el estudio?, ¿cómo se reeditará esta acción?. Todas y cada una de estas preguntas están encaminadas a proporcionar una idea de necesidad y convencimiento para efectuar los análisis.

La administración debe definir claramente los objetivos, el alcance y las limitaciones de cualquier estudio de AR. Esta definición es esencial ya que evita desviaciones hacia puntos de poco interés. La definición adecuada del objetivo depende de varios factores, incluyendo la fase de vida en que se encuentre el proyecto, el proceso o la planta. Obviamente, conforme un proyecto evoluciona las situaciones de peligro giran, y de tratarse de cuestiones generales de la química del proceso cambian a cuestiones detalladas acerca del equipo y los procedimientos de operación, mantenimiento, etc. La tabla 1.2 enumera algunos objetivos típicos para los estudios de AR para las diferentes etapas de vida de un proceso.

1. CONTEXTO DEL ANALISIS DE RIESGO

Fase del Proceso	Ejemplo de Objetivos
Investigación y Desarrollo	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar las interacciones físicas que pueden causar reacciones incontroladas, fuego, explosiones, o liberaciones de gases tóxicos • Búsqueda de alternativas de proceso, cambio a materias primas menos peligrosas • Identificar las necesidades de seguridad del proceso
Planta Piloto	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar las condiciones para que se realice una liberación de gas tóxico a la atmósfera • Identificar los métodos para desactivar el o los catalizador(es) • Identificar las interfases de operación potencialmente peligrosas • Identificar los métodos para minimizar los residuos peligrosos
Diseño Conceptual e Ingeniería Básica	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar las oportunidades para diseñar plantas inherentemente seguras • Comparar los sitios potenciales de peligro
Ingeniería de Detalle	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar los caminos para que se pueda formar una mezcla inflamable en el equipo de proceso • Identificar como podría ocurrir un derrame • Identificar que defectos en el control de los procesos causarían reacciones fuera de control • Identificar los métodos de reducción de inventarios de materiales peligrosos • Identificar el equipo de seguridad crítico que debe ser probado, inspeccionado y sometido a mantenimiento regularmente
Construcción y Arranque	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar las situaciones de error probable en los procedimientos de arranque y operación • Verificar que todos los problemas de las evaluaciones previas se hallan resuelto satisfactoriamente y que no se hallan introducido nuevos • Identificar los peligros que las unidades adyacentes podrían crear para los trabajos de construcción y mantenimiento • Identificar los peligros asociados a los procedimientos de limpieza de recipientes • Identificar cualquier discrepancia entre la construcción del equipo y los diagramas de diseño
Operación de Rutina	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar los peligros a los empleados asociados con los procedimientos de operación • Identificar los medios de sobrepresión pasajera que podrían ocurrir • Identificar los peligros asociados con los equipos fuera de servicio
Proceso de Modificación o Expansión de la Planta	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar si un cambio en la composición de la alimentación crearía un nuevo peligro o empeoraría los existentes • Identificar los peligros asociados con el nuevo equipo
Desmantelamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar cómo los trabajos de demolición podrían afectar a las unidades adyacentes • Identificar cualquier peligro de fuego, explosión, o toxicidad asociado con los residuos dejados en la unidad después del paro.

Tabla 1.2 Objetivos típicos de un análisis de riesgo en las diferentes etapas de vida de un proceso.

1.8 Información Requerida

La información requerida para llevar a cabo un análisis de riesgos dependerá de la fase de vida en que se encuentre la planta de estudio y conforme se vaya avanzando el proyecto o diseño de una planta se requerirá una mayor cantidad de información. Los estudios de AR se pueden realizar usando cualquier información disponible del proceso, incluyendo los diagramas de flujo preliminares; sin embargo, un conjunto adecuado de datos deberá incluir información de la química del proceso; diagramas de tuberías, instrumentación y control; hojas de datos; y procedimientos de operación. Obviamente, entre mayor sea la cantidad de información disponible, más valioso puede ser el estudio.

En efecto, la indisponibilidad de los DTI's y los procedimientos de operación detallados del proceso puede impedir que el equipo encargado del estudio pueda usar algunas técnicas detalladas de análisis como el estudio HAZOP o el árbol de fallas. Finalmente, la calidad de cualquier evaluación de peligros depende directamente de la cantidad y calidad de la información disponible para la realización del análisis. Así, el procedimiento previo para coleccionar y documentar el conocimiento del proceso es un sistema clave de la infraestructura necesaria para apoyar un programa de AR.

La información disponible para llevar a cabo un estudio de AR, varía de acuerdo al tiempo de vida del proceso (Fig. 1.1). Durante las etapas tempranas los analistas sólo pueden tener acceso a datos de la química básica, tales como puntos de ebullición, presiones de vapor, límites de inflamabilidad, datos toxicológicos, límites regulatorios, etc. No es sino hasta más tarde, durante las últimas etapas del diseño de la planta, cuando se dispone de información detallada que ayude en la aplicación de estudios más detallados.

Entonces, una vez definido el problema y los objetivos, y contando con la información necesaria; se puede proceder a la aplicación de las técnicas de Análisis de Riesgo necesarias. Este tema se tratará a detalle en los capítulos 3 y 4.

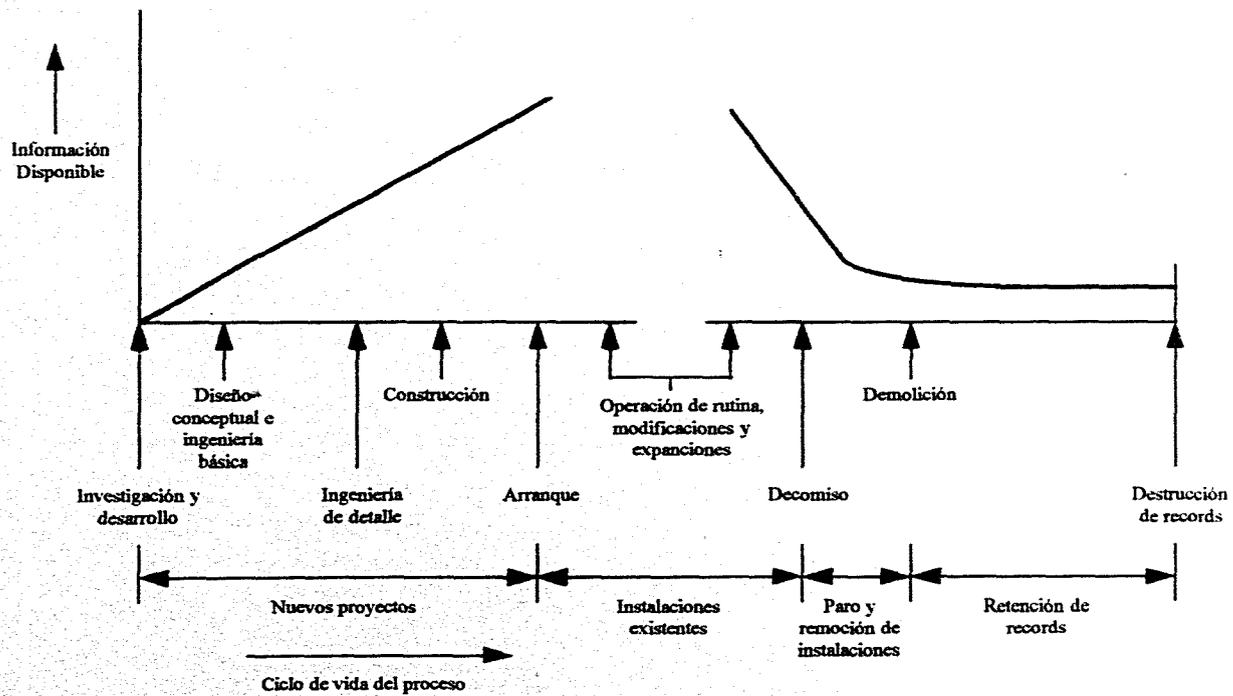


Figura 1.1 Información disponible para la revisión de los riesgos.

CAPITULO 2
MARCO JURIDICO

W. R. L. G.

Las armas legales con las que cuenta cada país, son de suma importancia para la adecuada convivencia de la sociedad y la conservación de la vida humana. El derecho ambiental, es el conjunto de normas jurídicas orientadas a la protección de la biósfera. En lo referente a este tema hablaremos un poco de la parte que se encuentra legislada y no legislada en materia de análisis de riesgo tanto a nivel nacional como en los Estados Unidos de América y en la Comunidad Europea.

2.1 Legislación de los Estados Unidos de América

La legislación estadounidense en cuanto a la normatividad de las actividades industriales se constituye en la actualidad como una de la más completas, ya que cuenta con un plan muy bien establecido para ello y el cual es regulado por dos instituciones de gobierno muy fuertes como lo son la EPA y la OSHA. Su normatividad va muy de la mano con los conceptos que manejan en las Naciones Unidas por lo cual es probable, que si se llega a un acuerdo internacional para homogenizar los conceptos y regular las actividades industriales, por medio de este organismo, las leyes serán muy similares a las vigentes hoy día en los Estados Unidos de América.

2.1.1 Antecedentes

A principios de los 70's el Gobierno Norteamericano inicia un ordenamiento de la reglamentación que a esa fecha existía en materia de agua, aire, residuos, etc., a través de la definición de áreas y la creación de agencias y organizaciones especiales que se encarguen de estos rubros, como la EPA (Environmental Protection Agency). Esta ordenación la inducen por medio del establecimiento de la Ley Ambiental Madre, llamada NEPA (*National Environmental Policy Act*).

De NEPA se desprendió la ley CERCLA (*Comprehensive Environmental Response, Compensation & Liability Act*), mejor conocida como Superfund de la cual genera el adéundum llamado SARA (*Superfund Ammendments & Reauthorization Act*).

El Título III de SARA estableció 2 objetivos básicos: (1) planeación de emergencias, y (2) derecho a saber y a conocer de la comunidad.

Para cumplir con el primer objetivo, se crearon los comités locales de emergencia (LEPC). Para el cumplimiento del segundo objetivo y la integración de ambos, en 1986 la EPA generó las listas con las cantidades límites para el manejo de sustancias tóxicas e inflamables.

Estas acciones ayudaron al establecimiento de un estándar de información mínima requerida, lo cual dió una mayor importancia a las hojas de datos de materiales que para entonces ya se habían empezado a manejar .

Hasta 1988, las leyes habían funcionado adecuadamente y se consideraba todo bajo control, sin embargo un accidente en la planta de Phillips Petroleum en Pasadena, Texas cuestionó la efectividad de las leyes existentes y promovió modificaciones a las mismas. Este accidente sirvió como punto de partida a lo que hoy conocemos como "administración de riesgos". Así el 19 de marzo de 1992 la OSHA (*Occupational Safety & Health Administration*) emite el primer sistema de administración para el manejo de riesgos, llamado : Process Safety Management (*PSM*), formado por lineamientos del SARA.

2.2.1 Los Programas de la OSHA y la EPA.

El objetivo del PSM no sólo el registro de las empresas, sino el establecimiento de un sistema de administración de seguridad en procesos, que asegure la no generación de eventos catastróficos.

El PSM esta conformado por los siguientes puntos :

1. Participación del empleado
2. información de seguridad del proceso
3. *Análisis de Riesgos de Procesos*
4. Procedimiento de operación
5. Entrenamiento
6. Manejo de contratistas
7. Revisión de seguridad antes del arranque de las instalaciones
8. Permisos para trabajar con altas temperaturas
9. Administración del cambio
10. Investigación de accidentes
11. Planes de emergencia
12. Auditorías de cumplimiento
13. Secretos comerciales o industriales

En el punto 3 del PSM se introduce la necesidad de la aplicación de *Análisis de Riesgos*, el cual es un punto clave en la prevención de accidentes de plantas industriales. *Análisis de Riesgos* se maneja en el presente trabajo como término equivalente a Hazard Analysis, para la explicación de la adaptación ver incisos 1.3 y 1.4 del capítulo uno. Su legislación aparece en el CFR 1910.119 inciso (e) y en él se describen de manera sistemática, paso a paso, el proceso para examinar equipos, sistemas y procedimientos para

llevar a cabo un Análisis de Riesgo de Proceso. En la tabla 2.1 se presenta un resumen de esta ley.

1910.119 Proceso de administración de la seguridad
de sustancias químicas altamente peligrosas.

(c) Análisis de peligros de proceso.

(1) Inicialmente, el empresario llevará a cabo un análisis de evaluación de peligros del proceso * (evaluación de peligros) de acuerdo a este estándar. El análisis de peligros de proceso deberá ser apropiado para la complejidad del proceso e identificará, evaluará, y controlará los peligros involucrados con el mismo. Los empresarios determinarán y documentarán el orden de prioridad para conducir los análisis de peligros de proceso en base a consideraciones tales como la extensión de los procesos peligrosos, el número de empleados potencialmente afectados, la edad del proceso, y la historia del mismo.

(2) El empresario usará una o más de las siguientes metodologías que son apropiadas para determinar y evaluar los peligros del proceso que se está analizando.

- (i) Que pasa si...
- (ii) Listas de verificación
- (iii) Que pasa si... / Listas de verificación
- (iv) Estudios de peligros y operabilidad (HAZOP)
- (v) Arbol de fallas o
- (vi) Un método equivalente apropiado.

(3) El análisis de peligros de proceso deberá incluir :

- (i) Los peligros del proceso ;
- (ii) La identificación de cualquier incidente previo el cual haya tenido la probabilidad de consecuencias catastróficas potenciales en el lugar de trabajo ;
- (iii) Los controles ingenieriles y administrativos aplicables a los peligros y su interrelación para la aplicación apropiada de metodologías de detección que proporcionen una alarma temprana del riesgo.;
- (iv) Consecuencias de la falla de los controles administrativos e ingenieriles;
- (v) Factores humanos ; y
- (vi) Una evaluación cualitativa del rango de los posibles efectos a la seguridad y la salud de los empleados, como causa de falla de los controles en el lugar de trabajo.

Tabla 2.1 CFR 1919.119 (c). * Para este trabajo el término es equivalente al de Análisis de Riesgo.

Esta ley constituye una de las más explícitas que existen en la materia a nivel mundial ya que proporciona una visión íntegra y global acerca de lo que es y constituye un análisis de riesgos, llegando incluso a establecer algunas metodologías apropiadas para realizar los Análisis de Riesgo. De esta especificación carece aún las legislaciones europea y mexicana, situación que resta eficacia y uniformidad en su aplicación. Sin embargo, cabe resaltar que la legislación europea ha manejado la situación a través de consensos empresariales, prácticas recomendadas de seguridad o en planes de calidad, y en acuerdos de ayuda mutua.

Posterior al PSM de la OSHA, la EPA reglamentó una parte del riesgo al establecer el procedimiento para llevar a cabo una evaluación de consecuencias; y generó el Risk Management Program Rule (RMPR), que se conforma principalmente de :

- ◊ Asesoría en riesgos y peligros
- ◊ Programas de prevención
- ◊ Programas de responsabilidad de la emergencia
- ◊ Documentación localizada de la planta
- ◊ Análisis de consecuencias fuera de la planta
 - peor escenario
 - escenario más posible de ocurrir
- ◊ Regulación de cada sustancia

Con esto, cada año en los Estados Unidos las industrias deben de cumplir con los requerimientos que les solicitan dos agencias de gobierno (la OSHA y la EPA), estableciendo la magnitud de su riesgo y sus medidas de control, apoyándose en sistemas integrales de información, en la participación y conocimiento de la comunidades vecinas a sus instalaciones, y en elementos del mismo gobierno que les ayude a brindar una atención eficaz en caso de emergencia.

Muchas veces las compañías se encuentran agobiadas por el hecho de tener que cumplir con dos agencias de gobierno independientes, pero esta situación además de que es provechosa en el aspecto del control, puede ser fácilmente manejada por los empresarios tomando como base la comparación de los requerimientos de cada una de las agencias. La OSHA maneja el PSM y la EPA el RMPR, cada una de estas leyes maneja 14 elementos clave que son similares y muchos se duplican (ver tabla 2.2), sin embargo la gran diferencia estriba en el objetivo a cumplir para cada elemento, según la agencia de la cual proviene. Recordemos que la EPA está enfocada a proteger la salud humana en toda la comunidad y la OSHA a proteger a los empleados en sus puestos de trabajo.

EPA Elementos del Programa de prevención	Descripción del requerimiento	Variaciones entre el programa de EPA y el proceso administrativo de OSHA
Sistema Administrativo 40 CFR 67.22 (Programa escrito de Proceso Administrativo de Seguridad, requerido por OSHA)	Sistema administrativo para vigilar la implementación de los elementos para el manejo del riesgo	Identificar a la persona(s) o departamento de la organización que se encargue y tenga completa responsabilidad y autoridad para el desarrollo, implementación e integración de los elementos del programa para el manejo del riesgos.
Análisis de Riesgos de Proceso 40 CFR 67.24 (requerido por EPA) y equivalente al 29 CFR 1910.119 (e) (requerido por OSHA)	El análisis de riesgos en proceso, debe examinar equipos, sistemas y procedimientos de una forma sistemática "paso a paso", para analizar la probabilidad de que un desastre pueda ocurrir, así como la probabilidad de que los sistemas de seguridad, mitigación y de alarmas de emergencias funcionen apropiadamente.	Las consecuencias fuera del sitio son sustituidas por las consecuencias de trabajo. La prioridad del análisis de riesgo de proceso, se debe basar en las consecuencias fuera de sitio. Así también, las instalaciones tendrán que investigar, documentar y evaluar un plan para instalar sistemas de detección y mitigación o una justificación para no hacerlo.
Información de Seguridad de Proceso 40 CFR 67.26 equivalente al 29 CFR 1910.119 (d)	La información debe incluir peligros físicos y químicos, tecnología del proceso (ej. química del proceso y parámetros) y equipo (ej. especificaciones del equipo y diagramas de tubería e instrumentación).	No existe variación significativa con los requerimientos de OSHA.
Procedimientos y Estándares de Operación 40 CFR 67.28 equivalente al 29 CFR 1910.119 (f)	Estándares y procedimientos de operación, que describan las tareas a realizar por el operador. Parámetros de operación que deben ser mantenidos y precauciones de seguridad necesarias tanto para la operación como para las actividades de mantenimiento.	No existe variación significativa con los requerimientos de OSHA.
Entrenamiento 40 CFR 67.30 equivalente al 29 CFR 1910.119 (g)	Entrenamiento a los empleados en la aplicación de los procedimientos y estándares de operación. Proporciona también a los empleados un entrenamiento de repaso una vez cada tres años.	Las instalaciones deberán evaluar la efectividad del programa de entrenamiento, basado en el desempeño laboral y hacerle las debidas adecuaciones al programa en función de esto.

Tabla 2.2 Componentes del programa de prevención de la EPA y del proceso administrativo de seguridad de la OSHA.

2. MARCO JURIDICO

Elemento	OSHA	EPA
Registro		*
Participación de los empleados	*	
Sistema de administración		*
Proceso de información de la seguridad	*	*
Proceso de análisis de peligros	*	*
Evaluación de peligros		*
Procedimientos de operación	*	*
Entrenamiento	*	*
Contratistas	*	
Revisiones de seguridad pre-arranque	*	*
Integridad mecánica (mantenimiento)	*	*
Permiso trabajos a altas temperaturas	*	
Administración de cambio	*	*
Investigación de accidentes	*	*
Planación y respuesta a emergencias	*	*
Auditorías de seguridad	*	*
Secretos de fabricación	*	
Plan de Administración de riesgos		*

Tabla 2.3 Comparación de los requerimientos del PSM y del RMPR.

2.2 Legislación de las Comunidades Europeas

Los países miembros de la Comunidad Europea acatan las disposiciones que el consejo de las comunidades acuerda. Este consejo tiene entre sus actividades el establecimiento de leyes que rigen en toda la comunidad, entre estas leyes se encuentran por supuesto aquellas que regulan las actividades industriales que puedan tener influencia sobre el ambiente, la materia del riesgo se encuentra integrada a este rubro.

En este trabajo se prefirió generalizar las acciones de los países europeos por medio de la Comunidad Europea, ya que constituye un grupo que busca consenso entre los países miembros, a dar un tratamiento individual país por país. Las naciones europeas son vanguardia en investigación y aplicación de leyes, razón suficiente para analizar su desarrollo.

2.2.1 Antecedentes

Individualmente, los países miembros de la CEE cuentan con leyes propias que les rigen en materia de riesgo. En el capítulo uno, se ha hablado un poco del Reino Unido que desde 1974 inició la regulación acerca de control de riesgos pero otros países como Holanda y Alemania cuentan con enormes avances al respecto.

2. MARCO JURIDICO

La CEE creó la directiva de "Seveso" (nombre que alude al accidente industrial causado en dicha ciudad italiana por liberación de dioxina) la cual está encargada de emitir las disposiciones para la regulación de las actividades industriales, así mismo del riesgo. Esta directiva crea leyes o bien toma leyes existentes de los países miembros, que luego incluye en los reglamentos que aplican en toda la comunidad. También puede suceder lo inverso, que los países miembros toman las leyes de la CEE y las adquieren para su aplicación nacional, es decir existe un intercambio de leyes que permite una transferencia de ideas que lleva a una homogeneidad de criterios.

2.2.2 Los Reglamentos

El Reglamento CEE N° 793/93, sobre evaluación y control del riesgo de las sustancias definidas como peligrosas. Señala la conveniencia de que los estados miembros se encarguen de la evaluación del riesgo de las sustancias que figuran en las listas prioritarias, así como de establecer, a nivel comunitario, los principios de evaluación del riesgo. En el art. 8, en el punto 2 se establecen los criterios para la elaboración de las listas prioritarias y son:

- ◊ los efectos de la sustancia en las personas y el medio ambiente;
- ◊ la exposición de las personas y del medio ambiente a esta sustancia;
- ◊ la falta de datos sobre los efectos de la sustancia en las personas y en el medio ambiente;
- ◊ los trabajos efectuados en otros foros internacionales;
- ◊ las demás legislaciones y/o programas comunitarios relativos a las sustancias peligrosas.

En el programa de gestión de riesgos aparecido en el Diario Oficial de las Comunidades Europeas el 17 de mayo de 1993, se fijan metas hasta el año 2000 para Actividades Industriales y el Control de Sustancias Químicas; algunas de ellas son:

- ⇒ Mejora y armonización de las medidas de gestión de los riesgos industriales.
- ⇒ Mantenimiento/mejora de los criterios existentes de clasificación para la determinación de riesgos.
- ⇒ Evaluación de 2 000 sustancias químicas producidas en grandes cantidades.
- ⇒ Evaluación de 500 sustancias activas en plaguicidas no agrarios.
- ⇒ Fortalecimiento de los vínculos entre las medidas de clasificación y de control.
- ⇒ Programa de reducción de riesgo para 50 sustancias químicas prioritarias.

Cabe mencionar que todas estas medidas se encuentran actualmente en curso de aplicación.

Como ejemplo de lo que en un país de la CEE está realizando, independientemente de lo ordenado por las leyes de la CEE, se puede considerar a España, cuya legislación al igual que la de otros países considera medidas encaminadas a la prevención de riesgos; si la legislación del país no contiene las leyes al respecto, las de la CEE ayudan a complementarla, y viceversa, existe una cooperación y retroalimentación para la legislación. Así, en la legislación española, según el *Real Decreto 886 / 1988 del 15 de julio, se habla sobre prevención de accidentes mayores en determinadas actividades industriales*. El art. 5º Autoprotección.- menciona la obligación de los industriales a establecer medidas de autoprotección para prevenir accidentes mayores y para limitar las consecuencias de éstos. Las medidas de autoprotección comprenden: a) la identificación y evaluación de los riesgos posibles de accidentes mayores en sus instalaciones, b) la elaboración del correspondiente Plan de Emergencias Interior, y c) la información, formación y equipamiento adecuado de las personas que trabajan en las instalaciones.

2.3 Legislación de los Estados Unidos Mexicanos

La legislación en materia de riesgo es de muy reciente introducción en México ya que en la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) sólo se menciona una pequeña parte del tema del riesgo, y no se cuenta con ningún reglamento que lo rija. Hoy en día, dicho reglamento se encuentra en proceso de emisión. Los problemas burocráticos, la fractura en la continuidad de los proyectos, así como la falta de cooperación entre los empresarios, expertos y legisladores, son causantes de la débil estructura legislativa respecto al control ambiental, seguridad industrial y protección civil que nos rigen, que si bien carece en partes de elementos bien definidos, no es del todo mala, pero los vicios que rigen en su aplicación la vuelven poco eficaz.

2.3.1 Antecedentes

Es importante señalar que el hecho de proteger y preservar la salud y el ambiente del pueblo mexicano, es por sí mismo, una empresa de justicia elemental. En el orden de atender este derecho, se establecieron las leyes que lo promueven. Así, la atención al tema de la conservación del ambiente se remonta al año de 1959 cuando la Dirección de Higiene Industrial de la Secretaría de Salubridad y Asistencia advierte y atiende el problema de la contaminación atmosférica. Posteriormente, en enero de 1972, por decreto presidencial se constituye la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente la cual propuso la ley para prevenir y controlar la contaminación ambiental, la cual fue publicada en el Diario Oficial de la Federación del 12 de marzo de 1971, siendo esta la primera Ley que se aplicó en nuestro país con un carácter amplio en el rubro ambiental.

Posteriormente, el Ejecutivo federal tuvo a bien proponer al Congreso de la Unión la Ley Federal de Protección al Ambiente, entrando en vigencia el día 11 de febrero de 1982. Esta ley fue creada con el objeto de resolver de manera eficaz los problemas ambientales.

Finalmente, el 23 de diciembre de 1987, luego de considerar que la prevención y el control de los desequilibrios ecológicos y el deterioro del ambiente, son indispensables para preservar los recursos naturales de la nación y para asegurar el bienestar de la población, el Ejecutivo federal promulgó la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988. Encontrándose fundamentada en los artículos 27 y 73 fracción XXX-G de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Esta ley General da énfasis al equilibrio ecológico y al impacto ambiental que una industria, construcción o actividad humana pudiera provocar. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, la LGEEPA toca de una manera muy superficial el tema del riesgo, y aún no existe reglamento alguno que defina con precisión el riesgo ni su modo de evaluación. Actualmente, los artículos 5, 8, 9, 28, 32, 35, 145, 146, 147, 148, y 149 son los únicos donde nuestra legislación menciona al riesgo y esto de manera poco clara y concisa. Ver tabla 2.4.

Hoy en día, el camino que lleva a la realización de un AR otorga un primer paso a la realización de los estudios de Impacto Ambiental (ver figura 2.1), es decir, el AR sólo se presentará después de un estudio de Impacto Ambiental si así se solicita, las modalidades en que se requieran los estudios serán determinadas por la autoridad. a continuación se describen cada uno de estos estudios.

2.3.2 Impacto Ambiental

El impacto ambiental se define jurídicamente como la modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza. Pero son las actividades humanas las que se someten a evaluación por parte del estado.

Las evaluaciones de impacto ambiental, son estudios realizados para identificar, predecir, interpretar y prevenir las consecuencias o los efectos que determinados proyectos, planes o acciones pueden causar a la salud, el bienestar humano y el entorno natural.

La evaluación del impacto ambiental se incorporó a la legislación nacional desde 1982, como instrumento normativo básico. En 1988, esta vertiente preventiva se fortalece con la expedición de la LGEEPA al sistematizar la aplicación de los estudios de impacto ambiental con el establecimiento del Procedimiento de Impacto Ambiental (PIA) y los Estudios de Riesgo Ambiental.

2.3.2.1 Procedimiento de Impacto Ambiental

El PIA constituye un proceso de doble caracter: por un lado es un análisis encaminado a identificar las alteraciones que un proyecto o actividad puede producir en el ambiente, que junto con el ordenamiento y los estudios de riesgo es una herramienta de planeación ambiental y por otro, es un procedimiento jurídico-administrativo para la aprobación, rechazo, o modificación del proyecto o actividad por parte de la autoridad.

Art. 5	Frac. IV Frac. VIII Frac. IX Frac. X Frac. XIX	Acciones para preservar y restaurar el equilibrio ecológico. Expedición de normas Prevención y control de emergencias y contingencias ambientales. Regulación de actividades altamente riesgosas. Regulación de actividades relacionadas con materiales y residuos peligrosos.
Art. 8	Frac. XI Frac. XIV	Regulación de relacionadas con materiales o residuos peligrosos. Proponer adopción de medidas para la prevención y el control de contingencias ambientales.
Art. 9	Frac. IX Frac. XIII	Proponer disposiciones para regular actividades relacionadas con materiales o residuos peligrosos. Proponer adopción de medidas preventivas y de control de contingencias ambientales.
Art. 28		Toda actividad u obra que pueda representar un daño o alterar el medio, deberá sujetarse a los lineamientos de esta ley.
Art. 32		...deberá presentarse ante la autoridad correspondiente, una manifestación de impacto ambiental. En su caso, dicha manifestación deberá acompañarse de un estudio de riesgo de la obra.
Art. 35		El Gobierno Federal, por conducto de la Secretaría prestará asistencia técnica a los gobiernos estatales o municipales que así lo soliciten, para la evaluación de la manifestación de impacto ambiental o del estudio de riesgo en su caso.
Art. 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 como riesgosos.
Art. 146		...se publicarán en el Diario Oficial de la Federación los listados de las actividades altamente riesgosas, para efecto de lo establecido en la presente Ley.
Art. 147		La realización de actividades industriales, comerciales o de servicios altamente riesgosas, se llevarán con apego a lo dispuesto por esta Ley.
Art. 148		Las entidades federativas y los municipios regularán la realización de actividades que no sean consideradas altamente riesgosas, cuando éstas afecten al equilibrio de los ecosistemas o al ambiente de la entidad federativa en general, o del municipio correspondiente.
Art. 149		La regulación del artículo anterior corresponderá a los municipios, cuando en la realización de las actividades no consideradas altamente riesgosas se generen residuos que sean vertidos a los sistemas de drenaje y alcantarillado de los centros de población o integrados a la basura.

Tabla 2.4 Artículos de la LGEEPA aplicables en materia de riesgo.

El PIA se realiza cuando alguna persona física o moral, del sector público o privado, pretenda llevar a cabo un proyecto de obras o actividades que por su naturaleza necesite contar con la aprobación de las autoridades ambientales.

Las etapas que conforman el PIA se pueden observar en la figura 2.1. Para la autorización de un proyecto, los interesados (promoventes) deberán presentar ante la autoridad correspondiente Dirección General de Normatividad Ambiental del Instituto Nacional de Ecología (DGNA-INE) un Informe Preventivo (IP) y/o una Manifestación de Impacto Ambiental (MIA). El IP se presenta cuando se considera que la obra o actividad no causará desequilibrios ecológicos, ni rebasará los límites y condiciones señaladas en los reglamentos y en las Normas Oficiales Mexicanas, NOM. De ser así, se presentará una MIA en alguna de sus tres modalidades (general, intermedia, y específica) dependiendo de la magnitud del proyecto, la zona, y la actividad a realizar.

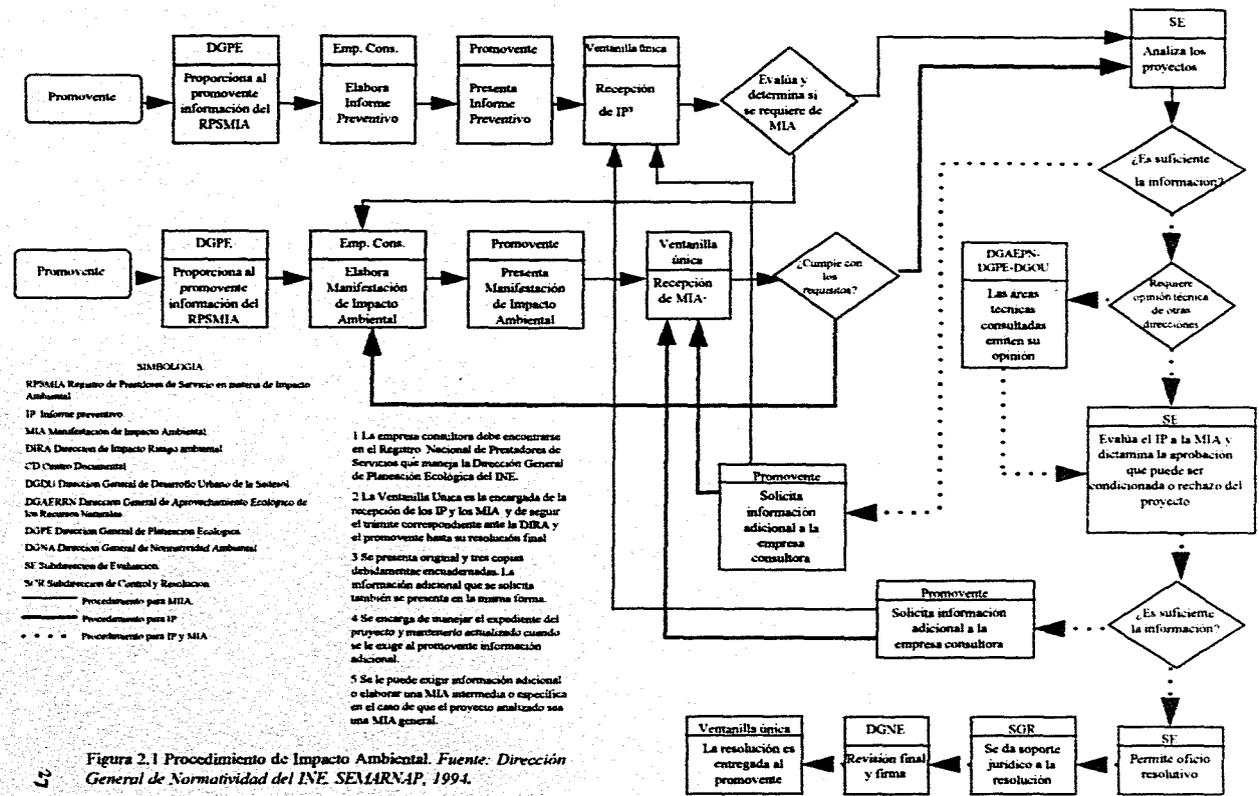
2.3.2.2 Actualidad de los PIA

Para el bienio 1993-1994 la situación de los PIA mostraba un rezago considerable, del 66.5 % para el bienio 1993-1994, debido en parte a la complejidad que representa su evaluación. Si a esto le aunamos la baja calidad de los estudios recibidos (estudios confusos, desordenados, poco objetivos y frecuentemente incompletos) los problemas se acentúan.

La ausencia de control de calidad en los trabajos desarrollados por los consultores, pese al Registro de Prestadores de Servicios en Impacto Ambiental (RPSMIA), y la inexistencia de responsables identificables (no hay persona física que responda por los estudios) son factores que inciden negativamente en la eficacia de las evaluaciones de impacto ambiental. Al respecto, el INE ha solicitado al promovente integrar al MIA un resumen ejecutivo y una responsiva técnica firmada y avalada con la cédula profesional del responsable, a fin de poder identificar y sancionar, moral o administrativamente a quienes incumplan en la calidad de los estudios realizados.

2.3.3 El Estudio de Riesgo

El desarrollo industrial y el crecimiento demográfico han ocasionado que aumente la probabilidad de que se presente un accidente de consecuencias indeseables; es decir, los riesgos se han incrementado. El manejo de estos riesgos implica una forma de control, sea en la producción, almacenamiento, transporte, transformación o disposición final de la materia, dentro de los límites deseados. Estos límites deben de estar calculados tomando en consideración los factores globales sociales, culturales, políticos, ecológicos y de otra índole sobre los que depende o puede repercutir el riesgo. Esta es una de las responsabilidades que la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca



(SEMARNAP) ejerce a través de dos de sus órganos desconcentrados: la Procuraduría de Federal de Protección al Ambiente (PFPA) y el Instituto Nacional de Ecología (INE). La Profepa es la institución encargada de dar el seguimiento jurídico que requiere el cumplimiento de las leyes ambientales. Siendo una institución facultada para otorgar sanciones en caso de violación a la Ley.

Al INE le corresponde en este rubro determinar y establecer las normas que aseguren la conservación o restauración de los ecosistemas fundamentales para el desarrollo de la comunidad, en particular en situaciones de emergencia o contingencia ambiental y en relación con actividades altamente riesgosas. Al respecto de estas últimas, también evalúa, dictamina y resuelve los estudios de riesgo ambiental que presenten los responsables de la realización de las mismas en establecimientos en operación.

2.3.3.1 Normatividad del Riesgo

La LGEEPA introduce como uno de sus instrumentos el estudio de riesgo; en éste debe indicarse el daño potencial que una obra o actividad representaría para la población, sus bienes y el ambiente, durante su ejecución, operación normal y en caso de que se presente un accidente, así como las medidas de seguridad u operación tendientes a evitar, mitigar, minimizar o controlar dichos daños.

Otra de las innovaciones de esta Ley se encuentra en el Título Cuarto, capítulo IV, aquí se dan las disposiciones para designar a las "Actividades Altamente Riesgosas". Con lo cual el 28 de marzo de 1990 y el 4 de mayo de 1992 se publicaron en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el primer y segundo listado de actividades riesgosas, respectivamente.

La Ley señala como criterio para considerar una actividad riesgosa, el que comprenda acciones asociadas con el manejo de las sustancias con características CRETIB (Corrosivas, Reactivas, Explosivas, Tóxicas, Inflamables, Tóxicas) en cantidades tales que en caso de producirse su liberación, sea por fuga o derrame de las mismas o bien una explosión, puedan ocasionar afectación significativa al ambiente, a la población o a sus bienes.

Como consecuencia de los listados publicados, el INE creó el Subcomité de Riesgo Ambiental con la finalidad de elaborar las NOM de seguridad y operación que establezcan los procedimientos mínimos a seguir por las industrias que almacenen, procesen, manejen o usen cualquier sustancia peligrosa.

2. MARCO JURIDICO

El 10 de septiembre de 1993 dicho subcomité aprobó dos proyectos de norma, para 26 sustancias, los cuales contienen criterios de distanciamiento entre el almacenamiento de sustancias y los asentamientos humanos; publicadas en el DOF en el cual se plantea el desarrollo de cuatro Normas Oficiales Mexicanas (NOM) adicionales.

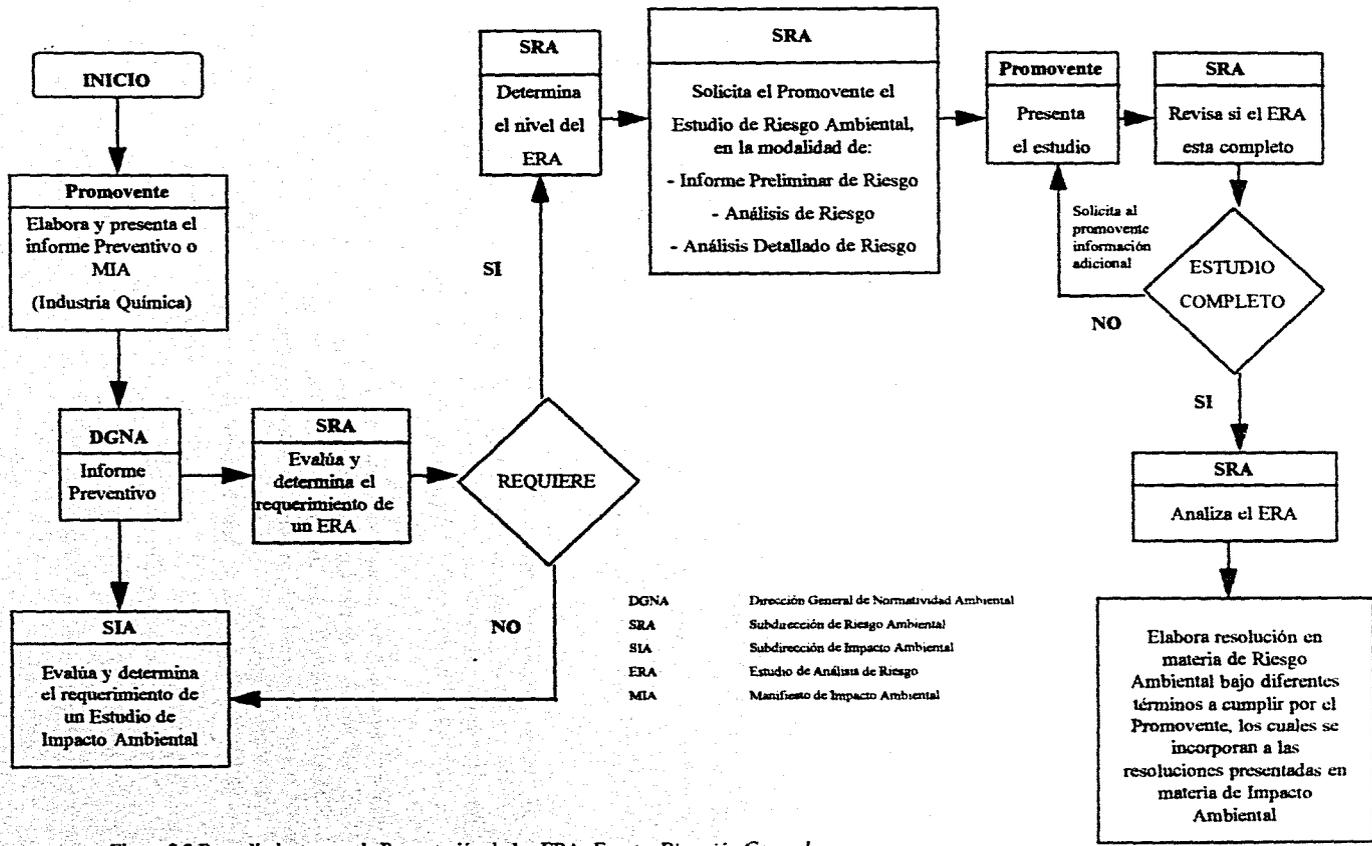
El proyecto de Reglamento de la LGEEPA, en materia de actividades altamente riesgosas, actualmente se encuentra en proceso de revisión técnica y jurídica y considera los siguientes aspectos:

- ◊ Criterios para la determinación de actividades de alto riesgo
- ◊ Ambito de competencia para su regulación
- ◊ Planeación y reordenamiento de dichas actividades
- ◊ Presentación , evaluación y resolución de los estudios de riesgo
- ◊ Zonas intermedias de salvaguarda
- ◊ Comité de análisis y aprobación de los programas de prevención de accidentes
- ◊ Lineamientos para la expedición de normas de seguridad y operación
- ◊ Consulta de los estudios de riesgo
- ◊ Medidas de prevención, control, atención y seguridad en materia de riesgo ambiental

2.3.4 Procedimiento para Efectuar los Estudios de Riesgo en México

Para evaluar el riesgo de una actividad industrial o comercial, el INE a través de la DGNA solicita, mediante el procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental , la presentación de un Estudio de Riesgo Ambiental (ERA). Con base en el análisis de las acciones proyectadas para el desarrollo de una obra o actividad, el INE da a conocer los riesgos que dichas obras o actividades pueden representar para el equilibrio ecológico o el ambiente, así como las medidas técnicas de seguridad, preventivas o correctivas tendientes a evitar, mitigar, minimizar o controlar los efectos adversos al equilibrio ecológico en caso de un posible accidente, durante la ejecución u operación normal de la obra o actividad que se trate (figura 2.2).

La necesidad de evaluar el riesgo ambiental surge de la importancia de preservar a los ecosistemas y a la población o a los bienes, circundantes a los sitios donde se efectúan actividades riesgosas.



NO

Figura 2.2 Procedimiento para la Presentación de los ERA. Fuente: Dirección General de Investigación y Desarrollo Tecnológico. INE. SEMARNAP. 1994.

El procedimiento consta de tres niveles:

- a) Informe preliminar de riesgo, tiene como objetivo el contar con la información suficiente para identificar y evaluar las actividades riesgosas de cada una de las fases que comprende el proyecto. Dadas las características puede catalogarse como de bajo riesgo y con esto auspicia el poder incorporar las medidas de seguridad tendientes a evitar o minimizar los efectos potenciales a su entorno en caso de accidente.
- b) Análisis de riesgo, representa el nivel donde se requiere de una información más precisa y extensa para el análisis y evaluación de proyectos que se pueden identificar como de riesgo moderado.
- c) Análisis detallado de riesgo, nivel en el cual se requiere de toda la información detallada y el apoyo de metodologías sofisticadas de análisis de riesgo ambiental para evaluar las posibles repercusiones que tendría una instalación de alto riesgo sobre su entorno.

Dichos estudios tienen como objetivo contar con la información necesaria y suficiente para identificar y evaluar en cada una de las fases que comprende el proyecto de las actividades riesgosas, y con ello incorporar las medidas de seguridad tendientes a evitar o minimizar los efectos potenciales a su entorno en caso de un accidente. Para realizar cualquiera de los estudios mencionados, el INE cuenta con guías para su elaboración. Dichas guías difieren en la cantidad de datos que requieren, presentando en realidad pocas diferencias. La guía base es la del informe preliminar de riesgo, requiriéndose datos adicionales para las otras dos modalidades.

En los estudios de análisis de riesgo que requieren elaborar las empresas, de acuerdo a las guías proporcionadas, para mejorar los niveles de seguridad y operación en sus actividades industriales, los aspectos básicos que se consideran son la detección de los puntos críticos, su jerarquización y la selección de opciones para reducir los riesgos.

El primero consiste en detectar los puntos críticos en los cuales se pueden presentar fallas susceptibles de impactar negativamente en las instalaciones y su entorno. En este caso, el INE* menciona la posible utilización de dos técnicas: Checklist y HAZOP. La primera la sugiere para instalaciones pequeñas, de bajo riesgo y tecnología muy conocida; la segunda, para instalaciones complejas, de alto riesgo y tecnologías innovadoras. La sugencia de estas técnicas, aunque no reglamentada aún, es un avance en la definición de los estudios de riesgo en nuestro país.

El segundo aspecto a considerar, consiste en que una vez identificados los peligros estos deberán ser jerarquizados y evaluados para determinar los posibles efectos en caso de presentarse una contingencia, es decir valorar el riesgo, tener un número que nos indique probabilidad y frecuencia. A la fecha, estos estudios aún no se realizan en México, por lo cual podríamos apostar que ninguno de los estudios presentados al INE los cubre adecuadamente. El INE no ha definido las técnicas a utilizar, ni de los criterios en base a los cuales se procede a este segundo aspecto.

El tercer punto, selección de opciones para la reducción del riesgo, es un punto por demás ambicioso dado que si aún no hemos cubierto la etapa de la jerarquización, señalada en el segundo aspecto, ¿cómo podemos tomar las decisiones sobre la reducción del riesgo o los valores de riesgo aceptable?. Además, en las guías se señala la elaboración de estudios de consecuencias para en base a ellos "salvaguardar la salud y los bienes de los habitantes que viven en los alrededores o en vecindad con las instalaciones de alto riesgo", pero reiterando lo anterior, si no conocemos el riesgo (probabilidad y frecuencia) no podemos hacer un estudio de consecuencias, porque no indica nada tangible sobre lo cual podamos actuar certeramente.

2.3.4.1 Resultados del Análisis de Riesgos

Para dar cumplimiento a la LGEEPA en materia de actividades altamente riesgosas, desde abril de 1989, el INE ha requerido a quienes realizan tales actividades, la presentación de un Programa de Prevención de Accidentes (PPA). Estos PPA ingresan al INE vía Procedimiento de Impacto y Riesgo Ambiental para nuevos proyectos o bien, para empresas ya instaladas, a través del Programa Nacional de Prevención de Accidentes de Alto Riesgo Ambiental (Pronapaara), procedimiento mediante el cual se controla a la industria de alto riesgo en ausencia del marco jurídico necesario para la regulación de estas actividades.

Los PPA son requeridos en los dictámenes en materia de Impacto y Riesgo Ambiental, emitidos por la DGNA del INE; el estudio de riesgo siempre se presenta antes que el PPA, sin embargo es importante aclarar que la presentación de un estudio de riesgo en cualquier modalidad no implica el requerimiento de un PPA. Este tema se trata con mayor profundidad en el capítulo 6.

CAPITULO 3
TECNICAS DE
ANALISIS DE
RIESGO

W. R. L. G.

3. TECNICAS DE ANALISIS DE RIESGO

La aplicación de los estudios de Análisis de Riesgo se lleva a cabo por medio de la aplicación de técnicas que para tal fin se han desarrollado. Las técnicas son múltiples, variadas y específicas por lo que antes de elegir alguna para su aplicación a una instalación en particular, es recomendable conocer las características básicas de algunas de las técnicas disponibles. Estas características podrían ser: los requerimientos de tiempo, de personal y de información que se necesitan para su aplicación, los tipos de resultados que proporciona, etc.

En este capítulo se hace un tratamiento breve acerca de las técnicas de AR para identificación de peligros, evaluación de riesgos y evaluación de consecuencias.

3.1 Introducción

Los análisis de riesgo pretenden crear un mejor entendimiento acerca de como el enlace de varios sistemas y el curso de eventos complicados, junto con un alto grado de error humano pueden llevarnos a un accidente serio. Los resultados de un análisis detallado nos pueden servir para :

- ◆ decidir donde localizar las plantas con operaciones peligrosas
- ◆ decidir la inversión para el equipo de prevención de accidentes
- ◆ determinar el diseño del equipo de proceso y el control de los sistemas
- ◆ dimensionar los sistemas de seguridad tales como válvulas, muros de contención, regaderas, etc.
- ◆ la creación de procedimientos de operación y mantenimiento
- ◆ escribir los documentos de seguridad para un establecimiento
- ◆ definir los planes de emergencia de la planta

Para efectuar los AR se dispone de múltiples técnicas para determinados fines específicas. La clasificación que de los mismos se hace va de acuerdo a su estructura (comparativos, árboles), su complejidad (preliminares, detallados), el tipo de evaluación (cualitativos, cuantitativos), el enfoque (creativos, analíticos, experiencia) o los objetivos a cumplir (identificación, evaluación). Todas las clasificaciones son válidas según se quiera ver, este trabajo utilizará la clasificación por objetivos, la cual es idónea para mostrar la aplicación del proceso de análisis de riesgos de manera progresiva e integral. Ya que primeramente identifica los peligros de una instalación, posteriormente evalúa los riesgos y por último propone una evaluación de consecuencias de manera específica.

3. TECNICAS DE ANALISIS DE RIESGO

Se han desarrollado y perfeccionado muchos procedimientos para realizar los estudios de riesgo los cuales varían en su nivel de complejidad y recomendación de aplicación. Siguiendo la clasificación elegida, la figura 3.1 nos muestra algunos de los métodos más comunes, los cuales se describen uno a uno a continuación.

<p style="text-align: center;"><i>IDENTIFICACION</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Revisiones de Seguridad • Análisis de Peligros Preliminar • Listas de Verificación • ¿ Qué pasa si... ? • Listas de Verificación / ¿ Qué pasa si ... ? • Ranking Relativo • HAZOP • FMEA • FMECA • Análisis de Confiabilidad Humana
<p style="text-align: center;"><i>EVALUACION DE RIESGOS</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Arbol de fallas • Arbol de Eventos • Análisis causa - consecuencia
<p style="text-align: center;"><i>EVALUACION DE CONSECUENCIAS</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • CAMEO • IRIS • SEA BELL • RISK • RISKAT

Fig. 3.1 Clasificación de las Técnicas de Análisis de Riesgo.

Recordemos que no todos los métodos son apropiados para cualquier circunstancia. Muchas técnicas de las discutidas son más apropiadas para usarse en estudios generales de proceso, usualmente durante la etapa temprana de vida del proyecto (ej. Revisiones de Seguridad, Checklist, Ranking Relativo, PHA, Y What if ?). Otras técnicas (ej. What if/Checklist, HAZOP, Y FMEA) son excelentes elecciones para realizar análisis detallados para un amplio rango de peligros durante la fase de diseño del proyecto y durante la operación de rutina. Algunas otras técnicas se deben de reservar para usarlas en situaciones especiales que requieran análisis detallados de una o pocas situaciones peligrosas específicas. Estas técnicas, (ej. Arboles de Falla, Arbol de Eventos, Análisis Causa-Consecuencia, y Análisis de Integridad Humana) requieren de un tratamiento especial y de analistas expertos.

Cada técnica presenta una descripción, un propósito, tipo de resultados, y recursos requeridos. Esta información es esencial para entender el significado de factores que pueden influenciar la selección apropiada de una técnica de evaluación de peligros.

3.2 Métodos de Identificación

Proporcionan información acerca de los mecanismos por los cuales se pueden producir los peligros identificados y de que manera se llevan a cabo, pero no proporcionan una estructura que establezca en sí tales mecanismos.

3.2.1 Revisiones de Seguridad

Indudablemente esta técnica fué el primer método usado para la evaluación de peligros. Puede ser usada en cualquier etapa de vida del proceso. Si se lleva a cabo en instalaciones existentes, las revisiones de seguridad involucran un camino de inspección que puede ir desde una examinación informal, rutina de evaluación visual, a una más formal, llevada a cabo por un equipo y que puede llevarse semanas para realizarse.

Las revisiones de seguridad buscan identificar las condiciones o procedimientos de operación de la planta que puedan guiar hacia un accidente.

Estas revisiones deben de verse como una cooperación de esfuerzos para implementar una seguridad integral en la planta, más que como una interferencia a las operaciones normales o como una reacción para percibir problemas. La cooperación es esencial, pero es posible que la gente se encuentre a la defensiva a menos de que se haga un esfuerzo considerable por presentar la revisión como un beneficio que involucra tanto al personal como a los diseñadores de la planta.

Propósito

Las revisiones de seguridad se pueden usar para asegurar que la planta y su operación mantienen prácticas acordes al diseño y a los estándares de construcción.

El procedimiento de las Revisiones de Seguridad (1) mantienen al personal de operación alerta a los peligros del proceso, (2) revisa los procedimientos de operación para próximas revisiones obligatorias, (3) revisa el equipo o los cambios en el proceso que pudieran introducir nuevos peligros, (4) evalúa las bases de diseño para el control y seguridad de los sistemas, (5) revisa la aplicación de las nuevas tecnologías para peligros existentes, y (6) revisa la adecuación de las inspecciones de seguridad y mantenimiento. Las técnicas de Revisiones de Seguridad se usan a menudo para llevar a cabo pre-revisiones de seguridad de los procesos.

Tipo de Resultados

Los resultados son descripciones cualitativas de los problemas potenciales de seguridad, así como una lista de sugerencias para realizar acciones correctivas.

Requerimientos

Para una revisión extensa comprensiva, el analista o los miembros del equipo analista necesitan tener acceso a los códigos y estándares aplicados; los estudios de seguridad previos; las descripciones detalladas de la planta, tales como DTI's y diagramas de flujo; procedimientos de arranque, paro, operación normal, mantenimiento, y emergencias; personal de reporte de lesiones; reportes de incidentes peligrosos; records de mantenimiento, tales como instrumentos de chequeo críticos, pruebas a las válvulas de alivio de presión, inspecciones a los recipientes a presión; y a las características de los materiales de proceso.

3.2.2 Análisis de Peligros Preliminar

El Preliminary Hazard Analysis (PHA) es una técnica derivada del Programa de Requerimientos Estandard del Sistema de Seguridad Militar de los E.U. Un PHA se enfoca de manera general a las sustancias peligrosas y áreas de proceso mayores en una planta. Se realiza frecuentemente en el desarrollo temprano de un proceso, cuando existe poca información de los detalles del diseño o los procedimientos de operación, y es a menudo precursor de análisis de riesgos más arduos.

Un PHA formula una lista de peligros y situaciones peligrosas genéricas considerando las siguientes características del proceso:

- * Materias primas, productos intermedios y finales, y su reactividad
- * Equipo de la planta
- * Arreglo de las instalaciones
- * Ambiente de operación
- * Actividades de operación (mantenimiento, pruebas, etc.)
- * Interfases entre los sistemas componentes

Propósito

El PHA se aplica generalmente durante el diseño conceptual de un proceso y puede ser muy útil cuando se hace la selección del sitio. Puede también ser útil cuando se analizan instalaciones extensas o cuando se requiere priorizar peligros si las circunstancias preveen el uso de una técnica más amplia.

Tipo de Resultados

Proporciona una descripción cualitativa de los peligros relativos al diseño del proceso. También proporciona un rango cualitativo de las situaciones peligrosas que se pueden utilizar para priorizar las recomendaciones de reducción o eliminación de peligros en las fases subsecuentes o ciclo de vida del proceso.

Requerimientos

Para usar el PHA se requiere que el analista tenga acceso a los criterios de diseño de la planta, las especificaciones del equipo y material, y otras fuentes de información. El PHA se puede llevar a cabo por una o dos personas con experiencia en procesos de seguridad.

3.2.3 Listas de Verificación (checklist)

Un checklist utiliza un procedimiento de pasos para verificar el nivel de un sistema. Los checklist tradicionales varían ampliamente en el nivel de detalle y son frecuentemente usados para indicar el cumplimiento de estándares y prácticas reconocidas.

Las listas de verificación son fáciles de usar y se pueden aplicar a cualquier etapa de vida de un proceso. Se pueden utilizar para familiarizar al personal inexperto con el proceso. Las listas de verificación son usualmente largas en orden a ser completas, lo cual es una desventaja ya que puede hacer su aplicación tediosa y mecánica.

Esta herramienta para la identificación de riesgos puede ser muy variada en su empleo, resultando óptima para emplearse como complemento en los siguientes casos :

- 1) Auditorías a proyectos; el momento adecuado para su aplicación es cuando se ha concluido el diseño, la ingeniería básica o la ingeniería de detalle.
- 2) Auditorías en plantas de operación; antes de aplicar cualquier otro método de identificación de riesgos es recomendable aplicar estas listas para identificar las desviaciones contra estándares ya establecidos de construcción, diseño y operación.

Propósito

Los checklist tradicionales se utilizan principalmente para asegurar que las organizaciones están cumpliendo con los estándares prácticos. En algunos casos, los analistas utilizan un checklist combinándolo con algún otro método de evaluación para descubrir los peligros comunes que la aplicación de un checklist podría omitir.

Tipo de Resultados

Al crear un checklist tradicional, el analista define los estándares de diseño o prácticas de operación, a partir de esto se genera entonces una lista de preguntas basadas en deficiencias y diferencias con el diseño o prácticas establecidas. El conocimiento de estas deficiencias usualmente permite un fácil desarrollo de la lista de alternativas a implementar o considerar. Una lista de verificación completa contiene respuestas como : "sí", "no", "no aplicable" o "requiere más información". El conocimiento de estas deficiencias es precisamente lo que nos va a otorgar la identificación de las desviaciones hacia lo requerido o estipulado.

Requerimientos

Para llevar a cabo con éxito esta técnica, se necesita de un checklist apropiado, un manual de prácticas de operación y procedimientos de diseño de ingeniería, y de alguien que contribuya con su conocimiento y experiencia propios acerca del proceso.

Las listas de verificación es un método versatil. El tipo de evaluación puede variar, se puede usar para evaluaciones rápidas y simples o para evaluaciones más profundas y más costosas.

3.2.4 ¿ Qué pasa si... ? (What if... ?)

La técnica de análisis What if es una aproximación a una tormenta de idea en la cual un grupo de personas experimentadas y familiarizadas con el proceso elaboran preguntas acerca de posibles eventos indeseados. En la industria se utiliza frecuentemente en la etapa temprana de vida del proceso.

Este método se usa para identificar las fuentes del riesgo, a través de cuestionarse los posibles efectos que se tendrían en caso de ocurrir eventos inesperados y encontrar cuáles de estos tendrían consecuencias serias. El método se utiliza a menudo por la industria para mirar hacia dentro de sí y encontrar los riesgos asociados con cambios en los equipos y en las rutinas de operación.

El análisis resulta en una tabla de posibles accidentes y sus consecuencias, junto con medidas propuestas para reducir los riesgos si son necesarias.

El método es lógico y proporciona información sin demasiado trabajo, todo el tiempo se presenta una buena base descriptiva y se definen claramente las áreas con que se cuenta.

Propósito

El propósito es identificar los peligros, las situaciones peligrosas, o los accidentes específicos que podrían tener consecuencias indeseables. El método puede involucrar el examen de posibles desviaciones en el diseño, construcción, modificación, u operación. Es un procedimiento poderoso si el equipo o staff es experimentado; de otra manera, los resultados probablemente serán incompletos.

3. TECNICAS DE ANALISIS DE RIESGO

Tipo de Resultados

En su forma simple, genera una lista de preguntas y respuestas referentes al proceso. También puede resultar en un listado tabular de situaciones peligrosas (sin un ranking o evaluación cuantitativa para la identificación de escenarios potenciales de accidente), sus consecuencias, y posibles acciones para reducción del riesgo.

Requerimientos

Debido a que el análisis What if es flexible, se puede llevar a cabo en cualquier etapa de vida del proceso, utilizando la información y los conocimientos disponibles.

El tiempo y costo de un análisis Qué pasa si..., es proporcional a la complejidad de la planta y al número de áreas analizadas.

3.2.5 Listas de Verificación/¿Qué pasa si...?

La técnica What -if / Checklist combina las características creativas de la tormenta de ideas del método What - if con la peculiaridad sistemática del Checklist. Este híbrido capitaliza en virtudes y compensa las deficiencias que los de los métodos individuales pudieran presentar.

Propósito

El propósito es identificar los peligros, considerando los tipos de accidentes generales que pueden ocurrir en un proceso o actividad, evaluando de modo cualitativo los efectos de estos, y determinando si las medidas de seguridad contra estas situaciones potenciales de accidente son adecuadas. Frecuentemente, los miembros del equipo de evaluación de peligros sugerirán los caminos para reducir los riesgos de operación del proceso.

Resultados

Usualmente se generará una tabla de las situaciones de accidentes potenciales, efectos, medidas de seguridad, y acciones de aviso. También se puede incluir el checklist completo. Sin embargo, algunas organizaciones utilizan el estilo narrativo para documentar sus resultados.

Requerimientos

La mayoría de los What if / Checklist se llevan a cabo por personal experimentado en el diseño, operación, y mantenimiento del proceso. El número de personas necesarias depende de la complejidad del proceso a analizar, su extensión y etapa de vida.

3.2.6 Ranking Relativo

El Ranking Relativo es actualmente una estrategia más que un método de análisis bien definido. Esta estrategia permite a los analistas comparar los atributos de varios procesos o actividades para determinar si estos poseen características peligrosas que sean lo suficientemente significativas para garantizar un estudio adicional.

El Ranking Relativo también se puede usar para comparar la situación de varios procesos, el diseño genérico, o las opciones, y proporcionar información referente hacia la selección de la "mejor" alternativa, o al menos la opción menos peligrosa. Estas comparaciones se basan en valores numéricos que representan el nivel relativo de significancia que el analista designa para cada peligro. Estos estudios deben llevarse a cabo normalmente en la etapa temprana de vida del proceso, antes de que se complete el diseño detallado, o tempranamente en el desarrollo de un programa de análisis de peligros de una instalación. Sin embargo, el método se puede aplicar a un proceso existente para señalar los puntos de peligro para varios aspectos de la operación del proceso.

Los índices se usan para identificar las fuentes de riesgo y clasificar las diferentes áreas de una instalación de proceso de acuerdo a su riesgo de fuego y explosión. Los manuales detallados se usan para contabilizar los riesgos y darles una bonificación de acuerdo a la información con que se cuenta de los procesos. Estos factores numéricos se utilizan entonces para obtener los índices de riesgo de fuego y explosión, así como el riesgo "total". Este juicio está basado en comparaciones con datos de accidentes previos. Entonces, de acuerdo a la categoría del riesgo obtenida serán las medidas preventivas que se deben de considerar.

Se utilizan ampliamente diversas formas de métodos de Ranking Relativo, como los índices Dow, Mond y de exposición química. Algunas organizaciones especializadas han desarrollado índices específicos para determinar la aplicación de ciertas prácticas industriales recomendadas o requerimientos regulatorios. Por ejemplo, la EPA desarrolló el índice de planeación de la cantidad en el umbral ("Threshold Planning Quantity") para determinar que materiales se deben considerar extremadamente peligrosos cuando son usados en la planeación de actividades de respuesta asociadas con el título III de SARA. La OSHA y el API sugieren utilizar el índice de sustancias peligrosas ("Substances Hazardous Index") para ayudar a determinar si los esfuerzos especiales de la administración de la seguridad de los procesos deben dirigirse a procesos particulares o actividades industriales.

Propósito

El principal propósito del uso de los métodos de Ranking Relativo es determinar las áreas de proceso u operación que son más significativas con respecto a los peligros de interés del estudio dado. La teoría detrás de estos métodos tiene su raíz en tres preguntas básicas utilizadas en los análisis de riesgo: (1) ¿Qué puede estar mal? (2) ¿Qué probabilidad tiene? (3) ¿Cuáles

3. TECNICAS DE ANALISIS DE RIESGO

serían sus efectos? La filosofía que existe detrás nos aproxima a determinar la importancia relativa de los procesos y actividades de un punto en particular de la seguridad antes de llevar a cabo evaluaciones de riesgo adicionales y más costosas.

Tipo de Resultados

Todos los métodos de ranking relativo deben tener como resultado una lista ordenada de los procesos, equipo, operaciones, o actividades. Esta lista puede tener varios estratos que representen los niveles de significancia. Otros resultados tales como índices, factores de escala, gráficas, etc., dependen de la técnica usada para llevar a cabo el ranking. Es importante notar que los analistas no deben de considerar los resultados del estudio como estimaciones robustas del riesgo asociado con la actividad o el proceso, aunque en esencia todas las técnicas se dirijan a dar respuesta a las preguntas mencionadas.

Requerimientos

La información requerida dependerá de las necesidades únicas de cada método. Generalmente, estas son datos físicos y químicos de las sustancias involucradas. Normalmente, no se requieren diagramas de proceso detallado; sin embargo, es usual que se necesite información acerca de los inventarios, las condiciones del proceso, y los trazos geográficos para las áreas de almacenamiento de los materiales.

El tiempo y costo para llevar a cabo estos estudios dependerá de la técnica seleccionada, del requerimiento de datos, y del número de peligros y áreas de proceso evaluadas.

3.2.6.1 Índice Dow

El Índice Dow de fuego y explosión evalúa la existencia y significancia de los peligros de fuego y explosión para áreas extensas en las instalaciones de un proceso. El análisis divide al proceso o actividades en unidades de proceso separadas y asigna índices basados en las características químicas y físicas del material; las condiciones de proceso; el arreglo de la planta y el equipo; y algunos otros factores.

3.2.6.2 Índice Mond

Este índice se usa para evaluar los peligros químicos y de toxicidad de las sustancias involucradas, así como los peligros de fuego y explosión, asociados con un área de proceso u operación.

3.2.6.3 Índice de Exposición Química

La Dow Chemical Company desarrolló el Índice de Exposición Química ("Chemical Exposure Index", CEI) y es utilizado para categorizar los peligros agudos a la salud asociados con liberaciones de sustancias químicas potenciales. El CEI utiliza una fórmula simple para categorizar el uso de cualquier sustancia química tóxica, en base a cinco factores: (1) medida de la toxicidad, (2) cantidad de material volátil disponible para una liberación, (3) distancia a cada área de interés, (4) peso molecular de las sustancias evaluadas, y (5) variables del proceso que puedan afectar las condiciones de la liberación tales como presión, temperatura, reactividad, etc.

3.2.7 HAZOP

La técnica del Análisis de Peligros y Operabilidad (Hazard and Operability Analysis) fue desarrollada para identificar y evaluar los peligros de seguridad en una planta de proceso, e identificar los problemas de operabilidad los cuales, si bien no son peligrosos, si podrían comprometer la capacidad de la planta para desarrollarse productivamente. Aunque originalmente esta técnica se ideó para anticiparse a los peligros y problemas de operabilidad de la tecnología, se encontró que es muy efectiva al usarse en operaciones existentes. El uso del HAZOP requiere de información detallada relativa al diseño y operación del proceso. Por lo cual es muy común su aplicación durante o después de la etapa de diseño detallado.

En el análisis HAZOP, a través de un enfoque creativo y sistemático, el equipo interdisciplinario identifica los peligros y los problemas de operabilidad resultantes de las posibles desviaciones en el diseño del proceso. El líder del grupo debe guiar al resto del equipo hacia el análisis por medio de un juego de palabras clave (llamadas "palabras guía"). Estas palabras se aplican a puntos específicos o "nodos de estudio" del diseño de la planta y que combinados con los parámetros específicos del proceso identifican las desviaciones potenciales de la planta.

Propósito

El propósito de un análisis HAZOP es la revisión cuidadosa del proceso o la operación de un modo sistemático para determinar si las desviaciones del proceso pueden llevarnos a consecuencias indeseables.

Tipo de Resultados

Los resultados serán los que el equipo encuentre, los cuales incluyen la identificación de peligros y problemas de operabilidad; recomendaciones para implementar cambios en el diseño, en los procedimientos, etc., y recomendaciones para conducir estudios de áreas donde no fue posible llegar a una conclusión debido a la escasez de información.

Requerimientos

El HAZOP requiere de DTI's precisos, así como de otros medios de información detallada de proceso, tales como procedimientos de operación. Para este análisis se requiere de un considerable conocimiento del proceso, la instrumentación, y la operación; esta información usualmente es proporcionada por los mismos miembros del equipo ya que son expertos en estas áreas. El entrenamiento y la experiencia de los líderes son parte esencial de la eficiencia y calidad del análisis HAZOP.

3.2.8 FMEA

El Análisis de Modo de Falla y Efecto, Fault Mode Effect Analysis es un método ampliamente usado el cual utiliza palabras guía que se aplican a las etapas o funciones de un proceso. Su principal objetivo es identificar los eventos iniciales que pueden guiar a situaciones peligrosas. Este método involucra consideraciones de los posibles resultados de todos los modos de falla o desviaciones posibles dentro de un sistema, identificando cuales son los que podrían llevar a situaciones indeseables. Este método es muy útil cuando existe un número limitado de modos de falla conocidos o de interés.

Un análisis FMEA tabula los modos de falla del equipo y sus efectos en un sistema o planta. El modo de falla describe como puede fallar el equipo (abierto, cerrado, apagado, encendido, por fugas, etc). Un FMEA identifica los modos de fallas singulares de resultado directo o que pueden contribuir de manera significativa a un accidente. Los errores de operación humanos no se examinan directamente en un FMEA. Este examen no es eficiente para identificar una lista exhaustiva de fallas combinadas de equipo.

Propósito

El propósito de un FMEA es identificar los modos de falla de un equipo singular o de un sistema, así como cada efecto potencial que tendrían estos modos de falla. Este examen genera típicamente recomendaciones para incrementar la integridad del equipo, así como implementar procesos de seguridad.

Tipo de Resultados

Genera una lista de referencia cualitativa y sistemática de equipos, modos de fallas, y efectos. Incluye una estimación de consecuencias para el peor caso debido a fallas singulares. Usualmente incluye sugerencias, en forma de tabla, para implementar medidas de seguridad apropiadas.

Requerimientos

Para usar un FMEA se requiere de los siguientes datos y fuentes de información : DTI's, conocimiento acerca del funcionamiento y modos de falla del equipo, y conocimiento del funcionamiento de la planta y sus respuestas en caso de fallas del equipo.

El tiempo y costo de un FMEA es proporcional a el tamaño del proceso y al número de componentes analizados.

3.2.9 FMECA

Cuando, dentro del proceso, las situaciones de fallas y la seriedad de las consecuencias de las mismas se utilizan para identificar las fallas más críticas, el proceso se conoce como Modos de Falla, Efecto y Criticidad.

3.2.10 Análisis de Confiabilidad Humana

Un HRA, Human Reliability Analysis, es una evaluación sistemática de los factores que pueden influenciar el desempeño de los operadores, equipo de mantenimiento, técnicos, y otro personal de la planta. Involucra uno de los múltiples tipos de análisis de esfuerzos; este tipo de análisis describe el esfuerzo de caracter físico y ambiental, las habilidades, conocimientos, y capacidad requerida para aquellos que realizarán el esfuerzo.

Propósito

Un HRA identificará las situaciones potenciales de error humano y sus efectos, o identificará las causas de fondo detrás de los errores humanos.

Resultados

Un HRA enlista sistemáticamente los errores probables a encontrar durante la operación normal o de emergencia, los factores que contribuyen a tales errores, y las modificaciones propuestas al sistema para reducir la probabilidad de tales errores. Los resultados son cualitativos, pero pueden ser cuantificados. Los resultados son fácilmente puestos al día para cambios en el diseño o sistema, planta, o modificaciones en el entrenamiento.

Requerimientos

El usar un HRA requiere de los siguientes datos y fuentes de información: procedimientos de la planta; información de entrevistas con el personal de la planta; conocimiento del plano de la planta, función, o localización de esfuerzos; diagrama del tablero de control; y diagrama del sistema de alarma.

3. TECNICAS DE ANALISIS DE RIESGO

Los requerimientos del grupo variarán en base al alcance que del análisis se espere. Generalmente, uno o dos analistas entrenados en factores humanos deben poder llevar a cabo el análisis para la instalación. El analista debe estar familiarizado con las técnicas de entrevista y deben tener acceso al personal de la planta; a información pertinente, tal como procedimientos y esquemas sistemáticos; y a las instalaciones.

El tiempo y costo de este tipo de análisis es proporcional a el tamaño y número de esfuerzos, sistemas, o errores humanos analizados.

3.3 Evaluación del Riesgo

No basta con identificar todos los posibles tipos de accidente, sus causas y sus cadenas de evolución. Tampoco es suficiente poder predecir los efectos de un accidente, supuesto un determinado conjunto de circunstancias. Quien realice un análisis de riesgos debe ser capaz de estimar la frecuencia prevista para el accidente o bien la probabilidad de que el accidente tenga lugar en un periodo de tiempo determinado. Con esto se puede evaluar la esperanza matemática de pérdidas (EMP), como el producto de la magnitud de unos efectos determinados y la probabilidad de que tengan lugar durante la vida útil de una instalación. La EMP es uno de los indicadores que permiten establecer la comparación entre el nivel de peligrosidad de accidentes potenciales.

Las técnicas de evaluación del riesgo deben de iniciar a partir de un evento dado, el cual ya se ha identificado previamente por medio de alguno de los métodos mencionados anteriormente. La técnica principal para el análisis de los mecanismos que llevan a eventos peligrosos es el uso de diagramas lógicos. Estos proporcionan un método poderoso que despliega información cualitativa, pero también proporciona un modelo para la cuantificación.

3.3.1 Arbol de fallas

Un Fault Tree Analysis (FTA) es una técnica deductiva que se enfoca a un accidente en particular o bien a un sistema de falla, y proporciona un método para determinar las causas de tal evento. El FTA es un modelo gráfico que despliega las combinaciones varias de las fallas de los equipos con errores humanos que pueden resultar en un sistema de falla principal (llamado evento tope). Esta es una herramienta cualitativa, que permite a los analistas enfocarse en medidas de prevención y mitigación, en base a causas significativas, para reducir la probabilidad del accidente.

Un árbol de fallas se construye iniciando por un evento "tope" y a partir del cual se analizan las posibles fallas de los sistemas inferiores que pudieran ocasionar este evento. El proceso es sistemático y se analiza hasta alcanzar el límite de resolución, para llegar a este ya se ha pasado por todos los sistemas y subsistemas que pudieran tener relación con el evento tope.

Propósito

El propósito es identificar las combinaciones de fallas de equipo y errores humanos que podrían ocasionar un accidente. El FTA es adecuado para análisis de sistemas altamente redundantes.

Tipo de Resultados

Un FTA produce un modelo de falla lógico del sistema que describe como se pueden combinar las fallas del equipo con los errores humanos, para causar fallas en el sistema.

Requerimientos

El usar un FTA requiere de un entendimiento detallado acerca de cómo funciona la planta o el sistema; de diagramas y procedimientos detallados del proceso, y del conocimiento de los modos de falla y sus efectos. La organización que realice el FTA debe estar bien entrenada y contar con experiencia en el análisis para asegurar la alta calidad del mismo.

3.3.2 Arbol de Eventos (ETA)

El Event Tree Analysis (ETA) trabaja en dirección opuesta al árbol de fallas. Este comienza con un evento inicial, como podría ser una fuente de poder, y explora las consecuencias para determinar cuando puede ocasionarse un evento tope o meta.

Un árbol de eventos muestra de manera gráfica las posibles caminos para un accidente como resultado de un evento inicial. El ETA considera la respuesta de los sistemas de seguridad y de los operadores una vez detectada la posibilidad de accidente potencial. Un ETA es adecuado para analizar los procesos complejos que tienen varias leyes de sistemas de seguridad o procedimientos de emergencia para responder a eventos iniciales específicos.

Propósito

Un árbol de eventos se utiliza para identificar los accidentes varios que pueden ocurrir en un proceso complejo. Una vez identificadas las secuencias de los accidentes, las combinaciones específicas o fallas que nos pueden llevar a los mismos se pueden determinar a través de un árbol de fallas.

Tipo de Resultados

Los resultados de ETA son modelos de árboles de eventos y sistemas de seguridad exitosos o fallidos que pueden llevar a un evento definido.

Requerimientos

El usar un ETA requiere del conocimiento de los eventos iniciales potenciales (esto es, las fallas de los equipos o sistemas de que pueden potencialmente causar un accidente), y el conocimiento del funcionamiento de los sistemas de seguridad o procedimientos de emergencia que pueden mitigar potencialmente los efectos de cada evento inicial.

El evento inicial será un evento básico el cual servirá como punto de partida para analizar los detalles del equipo alrededor de el. En cada punto crítico, se elaboran preguntas acerca de de la probabilidad de ocurrencia de varios modos de daño. Las respuestas a estas preguntas deben definir un árbol con la mayor cantidad de ramas posibles. A menudo este método de usa para reconstruir la historia de un accidente y los sistemas de mitigación y procedimientos de seguridad utilizados.

3.3.3 Análisis Causa - Consecuencia

Un Cause-Consequence Analysis (CCA) es una combinación de los árboles de falla y los árboles de eventos. La mayor virtud de este método es el uso de la herramienta de la comunicación: los diagramas causa-consecuencia despliegan la relación entre los resultados de los accidentes (consecuencias) y sus causas básicas. Esta técnica se utiliza comunmente cuando la falla lógica del accidente analizado es más bien simple, debido a su forma gráfica, la cual combina los árboles de fallas y árboles de eventos en el mismo diagrama, pudiendo llegar a hacerse bastante detallada.

Propósito

Identificar las causas y consecuencias básicas de un accidente potencial.

Resultados

Genera diagramas que describen gráficamente la secuencia de los accidentes, así como la descripción cualitativa de los resultados de los mismos.

Requerimientos

Usar un CCA requiere del conocimiento de los siguientes datos y fuentes de información: conocimiento de los componentes de falla o procesos perturbadores que pueden causar un accidente, conocimiento de los sistemas de seguridad o procedimientos de emergencia que pueden influenciar el resultado de un accidente, y el conocimiento del impacto potencial que todas estas fallas pudieran ocasionar.

3. TECNICAS DE ANALISIS DE RIESGO

Un análisis causa -consecuencia se lleva a cabo de mejor manera por un grupo pequeño (dos o tres personas). Para un estudio detallado se pueden requerir muchas semanas , dependiendo de la complejidad y el apoyo del árbol de fallas.

3.4 Los Programas de Análisis de Consecuencias

Los métodos o programas de análisis de consecuencias ayudan a estimar el nivel de daño que se puede esperar de un peligro en cierta clase de accidentes. El peor caso es siempre considerado más improbable que uno de menor gravedad, pero con mayor probabilidad de ocurrir, el cual se escoge como la base para la evaluación del peligro y la toma de decisiones y medidas de seguridad. El peor caso es el evento o accidente con las peores consecuencias. Hay tres tipos:

1. Las consecuencias son tan limitadas que el nivel de riesgo es irrelevante, cualquiera que sea la probabilidad de ocurrencia.
2. Las consecuencias son tan serias que la probabilidad de que ocurra debe ser pequeña si se desea un nivel de riesgo tolerable.
3. Las consecuencias posibles son las peores, la probabilidad de que ocurra es tan baja que el riesgo es prácticamente descartado.

Existen algunos programas de computadora que pueden ser útiles para la elaboración del análisis de consecuencias, ej. ARCHIE de los Estados Unidos, IRIS, SEA BELL de Holanda, RISKAT del Reino Unido o RISK de Suecia. Aunque también es posible realizar estos análisis sin la ayuda de los programas computarizados, simplemente utilizando las formulas, algunas de ellas complejas, que utilizan los programas para simulación de accidentes, derrames, fuego, explosión, difusión, etc.

ANALISIS DE RIESGOS: SITIACION ACTUAL, TENDENCIAS Y PROPUESTA.

CAPITULO 4
SELECCION DE
LAS TECNICAS DE
ANALISIS DE
RIESGO

W. R. L. G.

4. SELECCION DE LAS TECNICAS DE ANALISIS DE RIESGOS

En el capítulo 3 se realizó un breve resumen acerca de las técnicas más comunes de Análisis de Riesgo con el fin de conocer los propósitos, resultados, y requerimientos que conlleva su aplicación. Este capítulo pretende servir como guía para la selección de las técnicas de AR mencionadas y ayudar en el proceso de comparación que se deberá establecer entre las técnicas para lograr un mayor convencimiento de que se conoce y se está eligiendo la técnica más adecuada a las necesidades particulares de cada empresa.

4.1 Factores de Influencia en la Selección de las Técnicas de AR

Un programa exitoso de AR requiere del apoyo tangible de la administración; de personal suficiente y técnicamente competente (algunos con entrenamiento en el uso de técnicas de AR); de una buena base de datos de información, y de herramientas adecuadas para llevar a cabo los AR. Afortunadamente para ello existe una gran variedad de técnicas flexibles de AR.

La ejecución de excelencia para un programa efectivo de AR, tiene sus bases en la utilización exitosa de las técnicas individuales de AR. Un estudio exitoso de AR se puede definir como aquel en el cual (1) se satisficieron las necesidades de información sobre los riesgos, (2) los resultados cumplen las expectativas planteadas y resulta fácil la toma de decisiones para el usuario, y (3) los estudios se han llevado a cabo con los recursos mínimos necesarios para elaborar el trabajo. Obviamente, la técnica seleccionada tiene una gran relación con el éxito de cada programa de AR.

Muchos factores pueden afectar la selección de una técnica de AR. Antes de tratar los aspectos técnicos de esta decisión, vale la pena dirigir la mirada hacia una pregunta que puede tener una influencia considerable en el éxito del estudio: ¿quién debe decidir cuál técnica de AR es la adecuada?. Primeramente, es apropiado y necesario que el director defina el alcance básico para el estudio de AR: el objetivo principal del estudio, el tipo de decisiones que hacen a la información (resultados) necesaria, y los recursos iniciales y con que se cuenta para llevar a cabo el trabajo. Pero, el director técnico y/o del equipo de AR debe seleccionar el método de AR más apropiado para que cumpla con las expectativas establecidas para el estudio.

A los especialistas en evaluaciones de riesgo se les debe permitir cierta libertad en la selección del método de trabajo apropiado. Esta selección es un paso crítico para el aseguramiento de un estudio de AR exitoso.

Debido a que seleccionar una técnica apropiada de AR es más un arte que una ciencia, no puede haber un "mejor" método para una aplicación en particular. Y puede darse el caso de que una planta requiera más de una sola técnica.

4. SELECCION DE LAS TECNICAS DE ANALISIS DE RIESGOS

Cada técnica de AR tiene sus fuerzas y debilidades inherentes. Entender estos atributos es un prerrequisito para la selección de una técnica de AR apropiada. Este proceso de selección puede presentar dificultad para alguien inexperto, ya que la "mejor" técnica no es del todo aparente. Debido a que los analistas del riesgo cuentan con experiencia al haber aplicado varios métodos de AR, el problema de la selección de la técnica apropiada se vuelve más fácil y hasta instintivo.

El proceso de elección para seleccionar la técnica de AR es complejo, y se deben de considerar una gran variedad de factores. La tabla 4.1 enlista seis categorías de factores que deben considerar los especialistas para la selección de una técnica de AR en una aplicación específica. La importancia que cada una de estas categorías puede tener en proceso de selección puede variar de instalación a instalación, de compañía a compañía, y de industria a industria. Sin embargo, las siguientes observaciones generales acerca de la importancia relativa de estos factores debe ser casi precisa para cada situación.

◊ Motivación para realizar el estudio
◊ Tipo de resultados requeridos
◊ Tipo de información disponible para llevar a cabo el estudio
◊ Características de el problema analizado
◊ Riesgo percibido asociado con proceso o actividad
◊ Recursos disponibles y preferencias del analista/administrador

Tabla 4.1 Categorías de los factores que podrían influenciar la selección de las técnicas de AR.

1. *La motivación para realizar el estudio y el tipo de resultados requeridos* deben ser los factores más importantes que el analista considere. La técnica seleccionada debe ser el medio más efectivo para proporcionar la información necesaria que satisfaga las razones para realizar el estudio. La motivación para el estudio y la necesidad de resultados particulares usualmente determinan que tan importante es tomar en cuenta los demás factores.

2. *El tipo de información disponible, características del problema analizado, y el riesgo percibido asociado con la actividad o el proceso* son factores relacionados con las condiciones inherentes a la frontera de el sujeto de análisis; estos factores representan las condiciones sobre las cuales el analista no tiene el control. Si estos factores dominan la elección del analista, el o ella probablemente no puedan elegir libremente alguna técnica, excepto aquella que los factores les permitan.

3. La última categoría involucra los *recursos disponibles y la preferencia del experto/administrador*. Si bien son consideraciones importantes no deben de dominar la selección de las técnicas de AR. Muy a menudo, estos factores son considerados como los principales por los analistas. Seleccionar una técnica de AR basándose únicamente en su costo o

Tipo de Información	Incremento en el Nivel de Detalle	Tiempo en el cual la información llega a estar disponible para el proyecto
<ul style="list-style-type: none"> •Experiencia específica en la operación •Procedimientos de operación •Equipo existente •DTI's •DFP •Experiencia en procesos similares •Inventarios de material •Procesos de química básica •Datos físicos y químicos de los materiales 	↑	↑

Tabla 4.2 Información típica disponible para el análisis de riesgos.

	SR	C	RR	PFA	WIF	WC	HAZ	FME	FT	ET	CCA	HRA
Investigación y Desarrollo	○	○	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○
Diseño Conceptual	○	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○
Operación y Planta Piloto	○	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Ingeniería de detalle	○	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Construcción / Arranque	●	●	○	○	●	●	○	○	○	○	○	●
Operación de rutina	●	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Expansión o Modificación	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Investigación de Incidentes	○	○	○	○	●	○	●	●	●	●	●	●
Desmantelamiento	●	●	○	○	●	●	○	○	○	○	○	○

○ Raramente usada o inapropiada ● Comumente usada

Figura 4.1 Usos típicos de las técnicas de análisis de riesgos.

4. SELECCION DE LAS TECNICAS DE ANALISIS DE RIESGOS

en la publicidad o el uso común de alguna técnica puede llevar a resultados ineficientes, de baja calidad, o inapropiados.

Motivación

Esta debe ser la categoría más importante para los analistas. El llevar a cabo un AR sin entender la motivación y sin tener los propósitos bien definidos es muy probablemente un desperdicio de recursos. En primer lugar hay que conocer los impetus para realizar el estudio. ¿Se debe a políticas de la administración de riesgos?, ¿O por cumplimiento de la ley?, ¿Es para hacer una toma de decisiones?. Los responsables de seleccionar la técnica más apropiada y de ensamblar los recursos humanos, técnicos y físicos necesarios deben proporcionar un propósito escrito bien definido de tal manera de que se pueda constituir como columna vertebral del mismo.

Tipo de Resultados Necesarios

De acuerdo a la motivación para realizar el estudio de AR, se pueden necesitar una variedad de resultados que puedan satisfacer las expectativas del estudio. Una parte importante de la selección de la técnica de AR adecuada es definir el tipo de información necesaria para satisfacer el objetivo del estudio. La siguiente lista contempla cinco categorías de información que pueden producir los estudios de AR.

- Lista de peligros
- Lista de situaciones potenciales de accidente
- Lista de alternativas para la reducción del riesgo o áreas que requieren estudios más detallados
- Prioritarización de resultados
- Consecuencias

Tipo de Información Disponible para llevar a cabo el Estudio

Hay dos condiciones que definen la cantidad de información disponible para el equipo de AR: (1) la etapa de vida de proceso o actividad en la cual es necesaria la realización del estudio y (2) la calidad y manejo de la documentación disponible. De la primera condición dependerá la técnica de AR aplicable, y el analista no puede hacer nada para cambiarla. La tabla 4.2 muestra la información disponible según la evolución de la planta.

La etapa de vida del proceso establece el límite práctico de información detallada disponible para el equipo de AR. Pero, si el analista cree que, debido a las lagunas de información, no es posible utilizar una técnica de AR apropiada que cumpla con los objetivos del estudio, este debe indicar a la administración los problemas de aplicabilidad.

Características del Problema a Analizar

Al seleccionar una técnica de AR, el analista debe tener en cuenta ciertas características de la planta o de proceso que se está estudiando. Estas características se pueden dividir en cinco áreas: (1) la complejidad y tamaño del problema, (2) el tipo de proceso, (3) el tipo de operación(es) incluidas en el proceso, (4) la naturaleza de los peligros inherentes, (5) los eventos de accidente o situaciones involucradas.

La *complejidad y tamaño* del problema son importantes debido a que algunas técnicas de AR pueden resultar inadecuadas si se usan para analizar problemas extremadamente complicados. La complejidad y el tamaño del problema están en función del número de procesos o sistemas, el número de pasos para la operación, y el número y tipo de peligros y efectos que se están analizando (ej., tóxico, fuego, explosión, económicos, o ambientales).

Es particularmente importante que el analista de peligros seleccione el nivel de resolución a modo que sea compatible con el propósito del estudio. Por ejemplo, si se analiza una instalación, un coordinador de equipo de AR prudente deberá dividir la instalación en tantas piezas como sean necesarias para realizar el análisis. Se pueden utilizar diferentes técnicas para analizar cada parte del proceso, dependiendo de las características de cada problema analizado.

El *tipo de proceso* (químico, mecánico, físico, electrónico, biológico, humano, etc) también afecta la selección de una técnica de AR. Los procesos individuales se pueden componer de uno o más de estos procesos.

El *tipo de operaciones*. Si una operación es (1) de arreglo o transporte; (2) permanente o transitoria; y (3) continua, batch, o semibatch esto afecta la selección de las técnicas.

La naturaleza de los peligros asociados a el proceso tiene una influencia menor en la selección de las técnicas. Los peligros de toxicidad, fuego, y explosión se pueden analizar con cualquiera de las técnicas descritas, sin embargo, algunas de las técnicas de Ranking Relativo sólo cubren ciertos peligros (ej. índice Dow).

Riesgo Percibido del Proceso o Actividad

Si las técnicas de AR fueran perfectas no habría razón para realizar una selección. Pero, ninguna de las técnicas de análisis, o estudios pueden ser perfectos. Una contribución importante de esta limitación, es precisamente la falta de perfección de las técnicas de AR. Ninguna técnica de AR ni ningún analista puede garantizar la identificación de todas las situaciones posibles de accidente involucradas con un proceso. Las organizaciones tratan la limitación de la perfección de dos maneras. Primero, ellos usan equipos multidisciplinarios para llevar a cabo los análisis. Utilizando la estrategia de "dos cabezas piensan más que una" como clave para llevar un AR de alta calidad cuando se usan ciertas técnicas (Ej. HAZOP, What

4. SELECCION DE LAS TECNICAS DE ANALISIS DE RIESGOS

If/Checklist). Segundo, la organización tiende a usar metodologías más sistemáticas para aquellos procesos que ellos consideran poseen un alto riesgo o, al menos, para situaciones en las cuales los accidentes esperados pudieran tener consecuencias severas. De esta manera, en la inminente percepción del riesgo de los procesos, lo más importante es el uso de técnicas de AR tendientes a minimizar la probabilidad de materialización de situaciones importantes de accidente.

Disponibilidad de Recursos y Preferencia

Una variedad de otros factores pueden influenciar la selección de las técnicas de AR. Algunos factores que comunmente afectan la selección de la técnica son: (1) la disponibilidad de personal experimentado y bien capacitado, (2) los datos por los cuales realizar el estudio (3) los recursos financieros, (4) la preferencia de los analistas, y (5) la preferencia del administrador que contrató el estudio.

Generalmente, se debe disponer de dos tipos de personal para los estudios de AR: de dirigentes hábiles, con experiencia en la técnica de AR seleccionada y de gente familiarizada con el proceso o actividad analizada. Si los operadores, ingenieros de diseño, personal de mantenimiento, etc., necesarios, no están disponibles, entonces la calidad del estudio puede decaer.

Idealmente, los estudios de AR deben llevarse a cabo usando las técnicas que le son más familiares tanto a el jefe del equipo de AR como a los participantes. En suma, la dirección o administración puede tener cierta preferencia por alguna técnica en especial. Sin embargo, la preferencia de los administradores no debe ensombrecer las razones técnicas para la selección de un método en particular. Para evitar disputas improductivas concernientes a la selección de las técnicas de AR, el analista de peligros debe ayudar a instruir a los directivos con ejemplos tangibles acerca de los beneficios, limitaciones, fuerzas, y costos relativos de cada una de las técnicas.

Cada técnica de AR tiene fuerzas y debilidades únicas. Y cada industria, organización, instalación, y proceso/actividad tendrá objetivos y necesidades igualmente únicas para realizar los estudios. Las seis categorías de factores mencionadas anteriormente pueden tener grados de importancia variables, los cuales estarán en función de las circunstancias particulares de aplicación de cada técnica de AR.

CAPITULO 5
APLICACION DE
UN AR A UNA
INSTALACION DE
PROCESO

W. R. L. G.

5. APLICACION DE UN AR A UNA INSTALACION DE PROCESO

Las fallas que en determinado momento se pueden presentar una instalación de proceso no será posible conocerlas con anticipación sino hasta el momento en que se manifiesten ocasionando daños que pueden ir desde un paro momentáneo de la producción hasta una explosión de consecuencias severas. Un análisis de riesgos ayuda a encontrar estas posibles fallas para así poder corregirlas o prevenirlas. Este estudio nos presentará además datos de frecuencia y probabilidad de ocurrencia de esas fallas, así como su área de afectación.

La aplicación práctica de un AR a una instalación real reviste la importancia de visualizar y comprender las metodologías aplicadas, además de que destierra los temores y dudas que como tema desconocido los AR podría generar. El siguiente ejemplo se refiere a un caso real cuyo objetivo es ilustrar la metodología completa de un estudio de Análisis de Riesgos.

5.1 Selección del Proceso y de las Técnicas de AR

El proceso a ejemplificar será la producción del reactivo de Grignard. La reacción de producción del reactivo de Grignard es una de las reacciones que mayor impacto han causado en el desarrollo de la química orgánica. Probablemente sea el método general más ampliamente usado para la síntesis de moléculas orgánicas.

De acuerdo con la metodología original, un compuesto organohalogenado reacciona con magnesio en un medio etéreo para producir un haluro organomagnésico. Por muchos años el uso de la reacción desarrollada por Victor Grignard fué considerada como peligrosa e impráctica debido a la alta inflamabilidad del éter, el costo relativamente alto del magnesio, y la alta reactividad del mismo producto. Sin embargo, hoy en día su uso puede considerarse como algo rutinario.

La reacción de Grignard, uso del reactivo de Grignard es amplia y frecuentemente usada en la producción de productos químicos farmacéuticos y sus intermedios, perfumes y sabores, reacciones de polimerización catalítica, etc.

La característica principal del reactivo de Grignard es que es una base extremadamente fuerte y casi todos los compuestos con grupo carbonilo reaccionan con él, siendo un compuesto de gran valía en síntesis orgánica ya que permite la construcción de esqueletos complicados a partir de otros más sencillos.

En la tabla 5.1 se muestran las propiedades de las materias primas a utilizar, así como las del producto para tener una mayor familiaridad con las mismas.

5. APLICACION DE UN AR A UNA INSTALACION DE PROCESO

	Tetrahidrofurano	Cloruro de Metilo	Magnesio	Cloruro de Metil Magnesio
CAS	109-99-9	74-87-3	7439-95-4	676-58-4
UN	2056	1063	2850/1869/1418	3148
Fórmula	(CH ₂) ₄ O	CH ₃ Cl	Mg	CH ₃ MgCl
PM g/mol	72.11	50.49	24.31	74.8
P _{fus} °C	-108	-98	631	no disponible
P _{eb} °C	66	-24	1107	no disponible
P _{inf} °C	-20	<0	2820	-20
T _{ign} °C	230	625		212
P _{vis} mm	114		1 mm a 621°	
D _{rel 20°C}	0.89 a 20° g/cm ³	0.918 a 20° g/cm ³	1.748 a 20° g/cm ³	1.03 a 20° g/cm ³
D _{vis}	2.5	1.78		
lcl %	1.8	8.1		1.5
uel %	11.8	17		12
Apariencia	Líquido incoloro, olor etéreo.	Gas incoloro, olor etéreo, sabor dulce.	Laminillas metálicas, maleables.	Líquido gris
Peligros	Fácilmente inflamable, irritante. Si se oxida produce peróxidos explosivos.	Extremadamente inflamable, nocivo. Explota en contacto con magnesio y aleaciones. Emite vapores altamente tóxicos al descomponerse.	Reacciona con agua.	Se descompone con el agua. Puede formar peróxidos explosivos. Reacciona con el agua. Fácilmente inflamable.

Tabla 5.1 Propiedades de las Materias Primas y el Producto

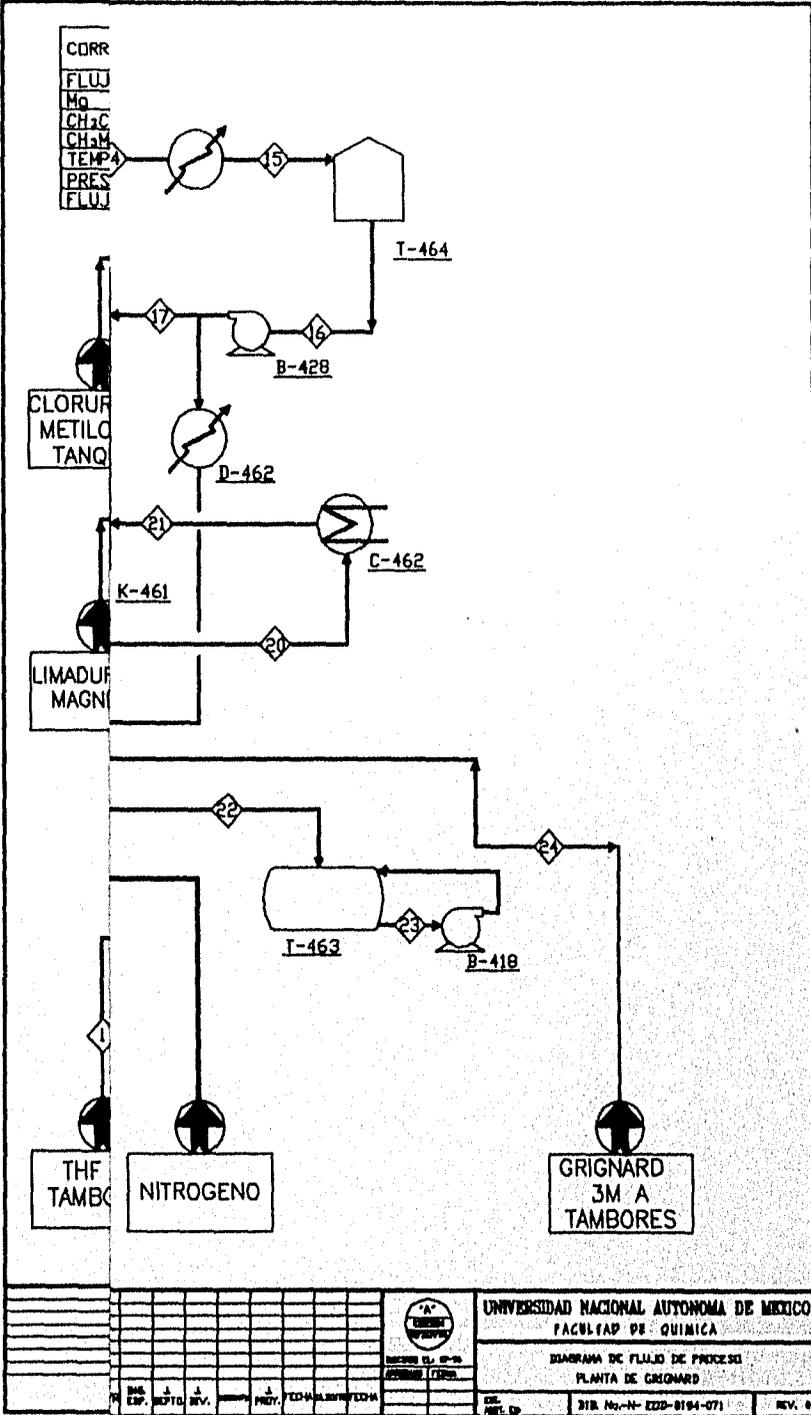
Checklist, What if..., HAZOP, Índice Mond, Arbol de Eventos y SCRI serán las técnicas que se aplicarán para ejemplificar el proceso de AR. Como se puede observar, hay una predominancia de técnicas de identificación de peligros y esto se debe a que dada la gran cantidad existente de técnicas de este tipo, y la importancia que presentan -es el primer paso para efectuar un AR- se quiere mostrar las diferencias entre la información que requieren, el tiempo que se llevan, la complejidad que presentan y los resultados que emiten.

5.2 Descripción del Proceso

En la figura 5.1 se propone el DFP para la producción del reactivo de Grignard. El proceso es continuo y requiere de dos reactivos (cloruro de metilo y magnesio), y un disolvente (Tetrahidrofurano). La reacción es la siguiente:



En el proceso se involucran 17 equipos, siendo el equipo clave el reactor R-461, ver figura 5.3. En este se lleva a cabo la reacción al mezclarse las materias involucradas



CORR
 FLUJ
 Mo
 CH-C
 CH-M
 TEMP
 PRES
 FLUJ

CLORUR
 METILO
 TANO

LIMADUR
 MAGN

THF
 TAMBO

NITROGENO

GRIGNARD
 3M A
 TAMBORES

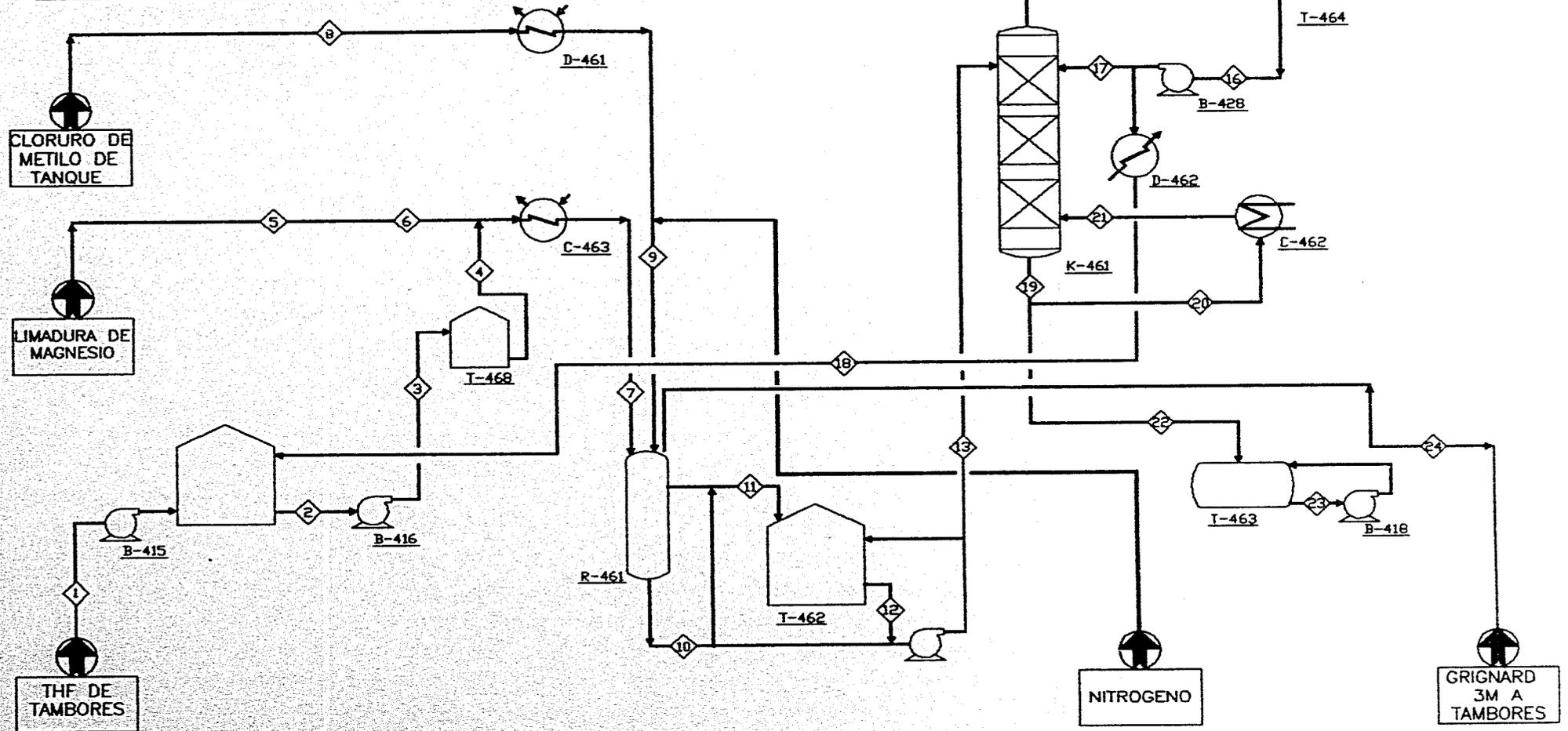
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 FACULTAD DE QUIMICA

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO
 PLANTA DE GRIGNARD

NO.	FECHA	REVISOR	PROY.	ELABORADOR	APROBADO

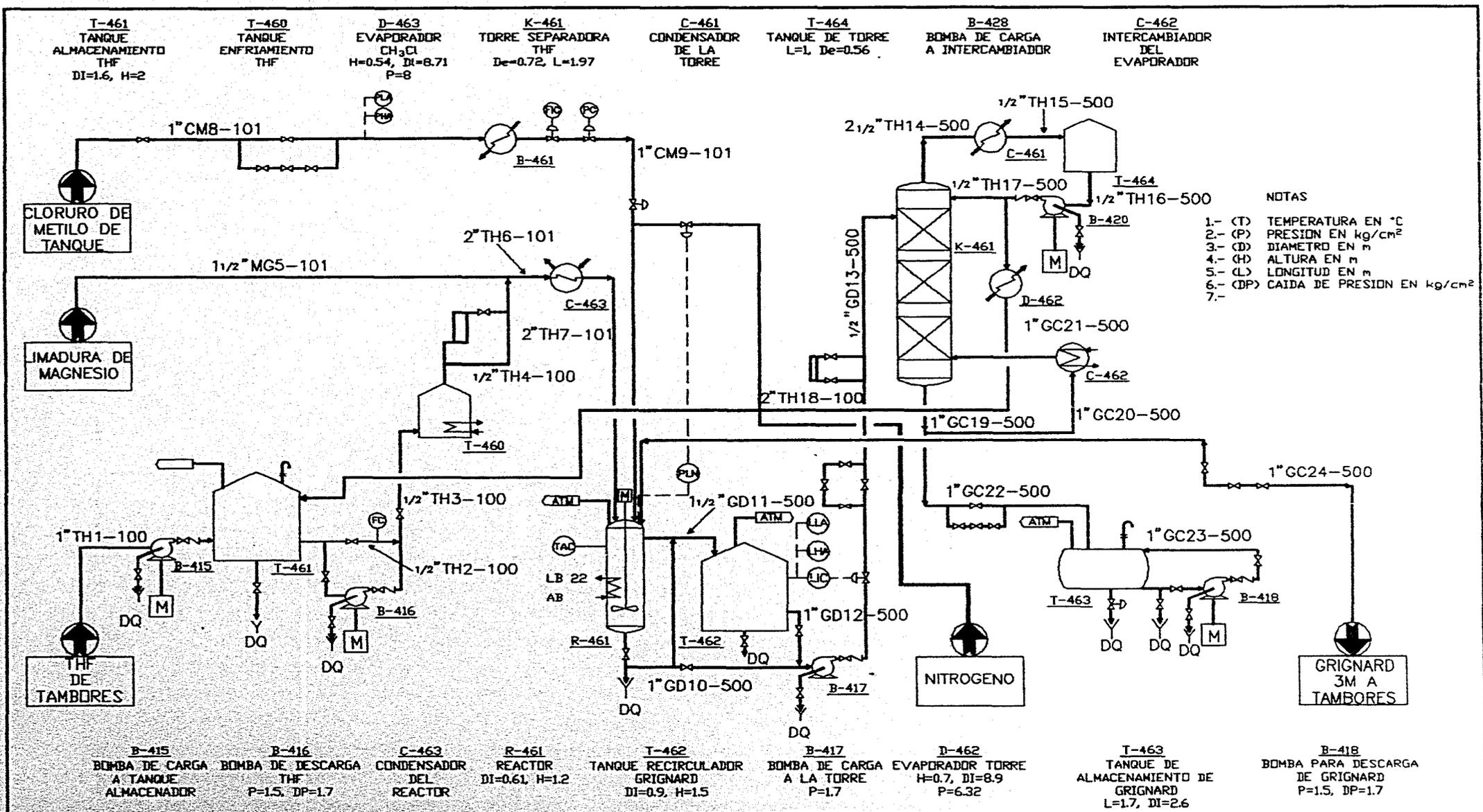
FECH. 01/12/84
 318 No. 11 222-8194-071 REV. 8

CORRIENTES	1	2	3	4
FLUIDO kg/h	100	0	0	
Mo	0	100	0	
CH ₂ Cl	0	0	100	
CH ₃ MoCl	0	0	0	100
TEMPERATURA °C	18-22	18-22	9	18-22
PRESION ko/cm	3.0		2.5	1.5
FLUIDO LPH	400	20		2000

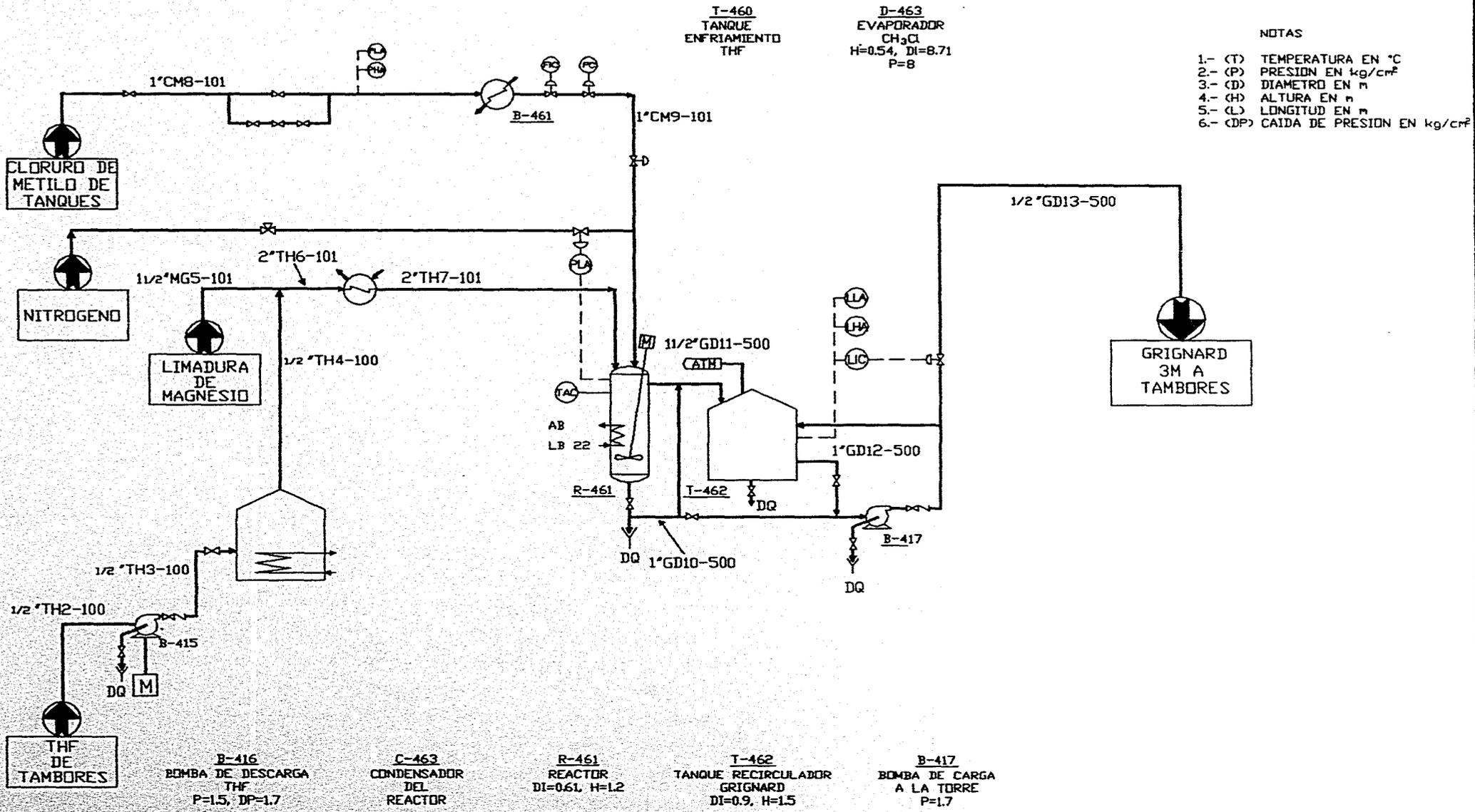


REV.	DESCRIPCION	DIB.	VER.	CPV.	ING. EXP.	J. OPTO.	J. REV.	J. PROJ.	TECNAL.	SERV.	FECHA	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
												FACULTAD DE QUIMICA		
DIAGRAMA DE FLUIDO DE PROCESO PLANTA DE GRIGNARD												SER. No.-4- ECD-8194-071	REV. 0	

BIJOS DE REFERENCIA



NO.	VER	OPVE	ENC.	EXP.	IMP.	REV.	FECHA	PROY.	FECHA	PROY.	FECHA



T-460
TANQUE
ENFRIAMIENTO
THF

D-463
EVAPORADOR
CH₂Cl
H=0.54, DI=8.71
P=8

NOTAS

- 1.- (T) TEMPERATURA EN °C
- 2.- (P) PRESION EN kg/cm²
- 3.- (D) DIAMETRO EN m
- 4.- (H) ALTURA EN m
- 5.- (L) LONGITUD EN m
- 6.- (DP) CAIDA DE PRESION EN kg/cm²

B-416
BOMBA DE DESCARGA
THF
P=1.5, DP=1.7

C-463
CONDENSADOR
DEL
REACTOR

R-461
REACTOR
DI=0.61, H=1.2

T-462
TANQUE RECIRCULADOR
GRIGNARD
DI=0.9, H=1.5

B-417
BOMBA DE CARGA
A LA TORRE
P=1.7

DIBUJOS DE REFERENCIA	REV.	DESCRIPCION	MIB.	VER.	SPVA.	ING. EXP.	DISEÑ.	REV.	COR.	REV.	DISEÑ. FECHA	DISEÑ. FECHA		UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO FACULTAD DE QUIMICA	DIAGRAMA DE TUBERIAS E INSTRUMENTACION SECCION DE REACCION	DIB. No.-EID-8194-071	REV. 8		
																		DISEÑ. FECHA	DISEÑ. FECHA
																		DISEÑ. FECHA	DISEÑ. FECHA

5. APLICACION DE UN AR A UNA INSTALACION DE PROCESO

El proceso se inicia con la carga de THF de tambores al Tanque de almacenamiento de THF (T-461) por medio de la bomba (B-415). El THF que se encuentra a temperatura ambiente, se bombea con un flujo de 400 L/h por medio de (B-116) al Tanque de enfriamiento de THF (T-460) para ser enfriado hasta 0°C por medio del paso de un serpentín con salmuera (alcohol + agua). Posteriormente, el THF pasa por el Condensador del reactor (C-463) el cual también utiliza salmuera como enfriador y después se dirige al Reactor (R-461).

El reactor se encuentra a presión atmosférica, cuenta con un agitador, y un serpentín con agua de enfriamiento para mantenerlo a una temperatura máxima de 60°C, además previo a la carga de cualquier reactivo el reactor contiene "siembra de Grignard". El reactor también cuenta con paso de nitrógeno que se utiliza para casos de falla de energía eléctrica. Por esta misma línea entran al reactor, posterior al THF, 10 m³/h de cloruro de metilo como gas, asegurandose tal estado por el paso previo a través del Evaporador para cloruro (D-461) el cual utiliza agua a 60°C. El cloruro proviene de un tanque fuera de LB.

Una vez que el reactor contiene el THF y el cloruro, se proceden a cargar 20 Kg de limaduras de magnesio por medio de una tolva que se une a C-463. Con estas tres materias primas da inicio la reacción de producción de reactivo de Grignard.

Cuando se efectúa la reacción, el reactivo de Grignard diluido pasa por derrame de R-461 al Tanque recibidor de grignard T-462 de aquí se dirige por bombeo de B-417 a lo alto de la Torre K-461.

La torre trabaja con una relación de recirculación de 80 L/h. Una parte de esta recirculación, retorna al T-461 y la otra regresa a la torre. El Grignard del fondo de la torre pasa al Evaporador D-462, una parte del Grignard se va a recirculación hacia la torre y otra por bombeo de B-420 pasa al Intercambiador C-462, el cual utiliza como medio de calentamiento agua caliente. Posteriormente se dirige al Tanque de la torre (T-464). Este tanque tiene dos salidas, la primera es para mantener reflujo en D-462 y la segunda se dirige al Tanque de almacenamiento de grignard (T-463). La temperatura en el D-462 nos indica que se ha alcanzado la concentración 3M requerida y hasta entonces pasará el Grignard al T-463. En T-463 se efectúa una recirculación durante varias horas con ayuda de B-418. Esta misma bomba se utiliza para el llenado de tambores con Grignard 3M que van fuera de LB. De esta manera concluye el proceso.

5.3 Aplicación del Análisis de Riesgo

5.3.1 Identificación de Peligros

Para la identificación de los peligros se aplicarán tres técnicas diferentes entre si: Checklist, What if..., HAZOP, e Índice Mond. Aunque la información en la cual nos basaremos para realizar los ejercicios es la misma, los resultados que produce cada técnica son diferentes.

Checklist

El checklist se utilizará para evaluar, de una manera muy general y de modo poco extenso, tanto los materiales como el equipo y los procedimientos de operación. El objetivo será identificar los tipos de peligros, deficiencias de diseño, y situaciones potenciales de accidente asociadas con el equipo y operaciones comunes del proceso. En la tabla 5.2 se muestra los resultados de la aplicación de un checklist al proceso del Grignard.

Material

- **¿Cada material que se recibe es verificado en su calidad?** Sí, existen procedimientos establecidos donde se verifica la calidad de las materias primas a utilizar.
- **¿Los operadores cuentan con hojas de datos de materiales?** No, las hojas de datos se encuentran en las oficinas del departamento de seguridad.
- **¿Existe equipo de seguridad y de combate a incendio propiamente localizado y en buenas condiciones?** Sí, existen arceros con grafito y arena para el Grignard, además hay un extintor de CO₂ para otro tipo de incendios.
- **¿Qué datos hay disponibles sobre la cantidad y el índice de generación de calor durante la descomposición de cualquier material que está en proceso?** No hay datos disponibles.
- **¿Qué peligros podrían surgir por la falta de suministro de una materia prima o más de una?** Se afectaría la calidad del producto, pero no habría peligros a menos de que sólo se adicionara magnesio con cloruro de metilo; esto está controlado por válvulas para evitar su ocurrencia.
- **¿Qué seguridad hay de que pueda lograrse un suministro adecuado de materia prima?** Se realiza una verificación de la misma antes de iniciar una campaña. Si sucediese alguna falla podría ser debido a alguna fuga en el sistema de bombeo.
- **¿Qué agentes extintores son compatibles con los materiales de proceso?** El grafito y los extintores para tipo de fuego D.

5. APLICACION DE UN AR A UNA INSTALACION DE PROCESO

Equipo

- **¿Todo el equipo ha sido inspeccionado conforme a especificaciones?** Al finalizar cada campaña se manda a revisar el equipo de acuerdo al plan de mantenimiento preventivo. Se pone especial énfasis en la revisión de las bombas y el agitador.
- **¿Se inspeccionaron las válvulas de seguridad conforme a especificaciones?** Las válvulas se prueban semestralmente en la fecha de mantenimiento correspondiente.
- **¿Los sistemas de seguridad y alarma son probados con regularidad?** Se prueban semestralmente.
- **¿Cuándo se verificó por última vez el régimen de presión especialmente de los equipos que trabajan bajo presión?** No se han realizado.
- **¿Qué peligros podrían producir las fallas de los agitadores?** Si el sistema de agitación del reactor falla, no se lleva a cabo la reacción, ya que la materia prima sólida (magnesio) se acumularía en el fondo del reactor sin reaccionar.
- **¿Qué taponamientos en las tuberías podrían ocurrir y cuáles serían los peligros?** Los taponamientos que comúnmente ocurren es en los sistemas de enfriamiento debido a incrustaciones. El peligro sería un enfriamiento deficiente.
- **¿Qué medidas se tomaron para disipar la electricidad estática a fin de evitar chispas?** Todo el equipo es de acero al carbón o inoxidable y se encuentra conectado a tierra y, a excepción del evaporador de CH_2Cl y el tanque de almacenamiento de THF, todos los equipos cuentan con paso de nitrógeno. Los solventes polares no se usan para disipar las cargas ya que reaccionan violentamente con el Grignard.

Procedimientos

- **¿Los operadores siguen los procedimientos de operación?** Si
- **¿Están siendo capacitados los nuevos operadores con el procedimiento?** Si, pero la capacitación se da sobre la marcha, en la operación.
- **¿Existen procedimientos para acciones en caso de falla eléctrica, calentamiento, enfriamiento, aire, inertes y agitación?** Si, existe un procedimiento escrito para el caso de falla eléctrica en el cual se especifica la inyección de nitrógeno al reactor para evitar que se tapone el difusor de cloruro.

Protección Personal

- **Los niveles de ruido son aceptables?** Si, no es un proceso ruidoso, los trabajadores no han denunciado molestias por el ruido.
- **¿La inhalación de THF, a lo largo de un turno, causa algún síntoma en los operadores?** No, no existen quejas al respecto.
- **¿Se utiliza el equipo de protección personal especificado?** Si, se usan las mascarillas.

5. APLICACION DE UN AR A UNA INSTALACION DE PROCESO

Mal Funcionamiento

- ¿Cuál sería el incidente probable más grave, por ejemplo la peor combinación imaginable de trastornos razonables que podrían ocurrir? Falla en la bomba de Grignard 3M.
- ¿Cuáles son los riesgos de derrames y qué peligros pueden derivarse de ellos? Si se llegara a derramar el reactor no habría problema, ya que el T-462 podría contener la totalidad de la mezcla.

Reacciones

- ¿Se definen las reacciones potencialmente peligrosas? Sólo sería la reacción principal.
- ¿Qué variables del proceso se podrían aproximar, o se aproximan, a las condiciones límite para crear un peligro? ¿Qué medidas de seguridad son proporcionadas para controlar tales variables? Sólo la temperatura del reactor. Se cuenta con alarma y bypass para controlar.
- ¿Qué datos sobre la velocidad de reacción hay disponibles ante posibles reacciones normales o anormales? No existen datos disponibles.
- ¿Qué cantidad de calor debe eliminarse de las posibles reacciones exotérmicas normales o anormales? No existen datos disponibles.
- ¿Qué materias extrañas pueden contaminar el proceso y crear peligros? Podría ser el contenido de agua o alcohol en el THF y el peligro sería el de una reacción violenta, una mayor exotermia al destruirse el Grignard.
- ¿Qué medidas de seguridad se han tomado para la eliminación rápida de reactivos si esto fuese necesario debido a una emergencia en la planta? Se suspende la adición de materias primas.
- ¿Qué medidas se han tomado para controlar una reacción en cadena (o fuera de cauce) que se avecina o para detener una que ya ha empezado? No hay posibilidad de una reacción en cadena.
- ¿Qué reacciones peligrosas pueden presentarse como resultado de la falla mecánica de un equipo (bomba, agitador, etc.)? Si se presenta falla mecánica en alguna bomba, el peligro estará en función del fluido que esté manejando. El fluido más peligroso sería el Grignard concentrado con el cual se deberán tomar las precauciones necesarias para evitar reacciones violentas. Como ya se mencionó, si el agitador falla se corre el peligro del taponamiento del difusor.
- ¿Qué condiciones peligrosas del proceso pueden resultar de la obstrucción gradual o repentina de un equipo, incluyendo líneas? Se procedería a para la alimentación de materia prima, consumir la que se encuentre en el reactor, y posteriormente realizar la limpieza de la línea o equipo donde se encuentra la falla.
- ¿Existen medidas para la remoción o prevención de obstrucciones? Sí, inyección de N_2 en el reactor y trabajos de mantenimiento en las líneas antes del inicio de una campaña.

Tabla 5.2 Checklist para el proceso del Grignard.

What if...

El método What If es una técnica creativa, una tormenta de ideas que puede usarse para examinar cualquier aspecto del diseño y la operación de una instalación.

La tabla de resultados nos mostrará las preguntas, las respuestas a las mismas, las medidas de seguridad existentes y las recomendaciones que el equipo de AR girará. En la Tabla 5.3 se muestra la tabla para el análisis What If.

HAZOP

La esencia de un análisis HAZOP estriba en la revisión de los planos y procedimientos del proceso que realizan, por medio de una serie de reuniones, los miembros del equipo multidisciplinario elegidos para tal fin. En las sesiones se utiliza un protocolo pre-escrito para la evaluación metódica de la significancia de las desviaciones que pudiera haber sobre el diseño original.

El ejercicio que se realizará en este capítulo, no será en rigor un estudio HAZOP. Por definición un estudio HAZOP involucra la participación de un equipo multidisciplinario, pero dadas las características de este trabajo no es posible llevarlo a cabo con todo apego a la definición. Sin embargo, no se quiso dejar de lado la ilustración para la aplicación de la técnica, ya que es una de las más utilizadas y completas.

El análisis HAZOP se enfoca a puntos específicos del proceso u operación llamados "nodos de estudio" sección del proceso, o paso de la operación. El equipo HAZOP examinará cada sección del proceso, paso a paso y una a la vez, aplicando las palabras guía con el fin de descubrir las desviaciones del proceso que sean potencialmente peligrosas. A parte de la sección de reacción, fig. 5.3, se le aplicó la metodología HAZOP, ver tabla 5.4.

Índice Mond

La metodología del índice Mond inicia definiendo la sección de análisis, en este caso se eligió el reactor R-461, para posteriormente determinar los "factores materiales", éstos son calificaciones que se asignan consultando los valores establecidos en la teoría del método de acuerdo al peligro que implique la operación analizada, para finalmente obtener un número indicativo del peligro implícito.

Ya que el objetivo principal del presente trabajo no es explicar paso a paso el índice Mond, queda fuera de alcance de éste el establecimiento del desarrollo íntegro de aplicación, y sólo se mostrará la tabla de valores asignados, así como los resultados obtenidos. Ver tabla 5.5.

Proceso: Reactivo de Grignard
 Tópico Investigado: riesgos

Analista: Lindy Wiedemann
 Fecha: noviembre 1996

¿Qué pasa si	Consecuencia/Peligro	Medidas de Seguridad	Recomendaciones
el THF alimentado está fuera de especificaciones y contiene mayor cantidad de agua?	la temperatura de reacción se incrementaría.	sistema de alarmas.	
	destrucción parcial del Grignard, hasta agotar humedad ; habría sedimentación de sales.	los filtros duplex y el tanque T-462 acumularían los sedimentos de sales.	
la agitación del reactor se detiene?	endurecimiento del Grignard.	parar el proceso alimentar N ₂	
es demasiado alta la proporción de THF suministrada al reactor?	se generaría un Grignard más diluido.		
es mayor el suministro de cloruro de metilo?	la velocidad de reacción aumentaría.	aumento en el flujo de agua de enfriamiento.	
el cloruro de metilo no se encuentra completamente en fase gaseosa?	la temperatura de reacción se incrementaría, la reacción sería más violenta y habría mayor generación de vapores de THF.	sistema de enfriamiento, venteo.	
la línea de agua de enfriamiento o serpentín del reactor presenta una fuga?	la temperatura aumenta, la reacción sería violenta. No se podría controlar la temperatura del reactor.	parar el proceso.	verificar el serpentín cada vez que se va a cargar un lote.
la agitación es más lenta o con menos RPM?	no se lleva a cabo la reacción. se tapa el difusor.		verificar que se le dé un mantenimiento adecuado

Tabla 5.3 What if para Proceso de Reactivo de Grignard.

Proceso: Reactivo de Grignard

Analista: Lindy Wiedemann

Fecha: noviembre/96

Sección y Variable de Proceso estudiado: Flujo en la línea de alimentación de MgCl a reactor R-461.

Intención de Diseño: Envío de MgCl en estado gaseoso a X gpm, X presión y X temperatura.

Número	Desviación	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Acciones
1.1	No flujo	Válvula selenoide cerrada. Tanque de almacenamiento vacío. No flujo de THF No flujo de agua de enfriamiento.	No se realiza la reacción.	Válvula check.	Verificar la existencia de THF en el tanque. Mantenimiento a válvula selenoide.
1.2	Menos flujo	Válvula A no ajustada. Válvula C abierta, proporción de aire en la alimentación. presión baja en el tanque.	Reacción más lenta.	Gráfica para control y ajuste de la válvula.	Verificar ajuste de válvula. Verificar mantenimiento de la válvula. Verificación por el operario de la presión en el tanque.
1.3	Más flujo	Válvula A no ajustada. Presión mayor en el tanque.	a) Reacción más rápida. b) Incremento de la temperatura.	Gráfica para ajuste y control de válvula. Ajuste de sistema de enfriamiento (by-pass).	
1.4	Flujo adicional	Válvula C abierta.	Reacción más lenta.	Gráfica para realizar el control y ajuste de la válvula.	Adicionar F1 en C.
1.5	Retroceso del flujo	Válvula C abierta. Escape de vapores de THF.	No se lleva a cabo la reacción.	Válvula check (A).	Verificar mantenimiento válvula check.
1.6	Otro flujo	Se suministra otro material distinto al especificado.	Reacción insospechada.	Ninguna, se confía en las especificaciones enviadas por el fabricante.	Verificar control de calidad de los materiales.

Tabla 5.4 Estudio HAZOP para el Proceso de Reactivo de Grignard.

Proceso: Reactivo de Grignard

Analista: Lindy Wiedemann

Fecha: noviembre/96

Sección y Variable de Proceso estudiado: Flujo en la línea de alimentación de THF al reactor R-461.

Intención de Diseño: Alimentar THF frío al reactor a X presión .

Número	Desviación	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Acciones
2.1	No flujo	Filtros tapado. Tubería bloqueada.	No se lleva a cabo la reacción.	válvula selenoide cierra el paso de CH ₃ Cl y agua contra incendios al reactor.	Mantenimiento y verificación del sistema por lote. Verificar sistema de cepillado. Parar el proceso.
2.2	Menos flujo	Filtros tapado. Tubería bloqueada.	Grignard más diluido.	Rotámetro indicador.	Mantenimiento y verificación del sistema por lote. Verificar sistema de cepillado. Parar el proceso.
2.3	Más flujo	Desajuste de la válvula B	Grignard más diluido	Rotámetro indicador	
2.4	Flujo adicional	Fuga en línea de salmuera.			

Proceso: Reactivo de Grignard

Analista: Lindy Wiedemann

Fecha: noviembre/96

Sección y Variable de Proceso estudiado: Reactor R-461.

Intención de Diseño: Alimentar THF frío al reactor a X presión .

Numero	Desviación	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Acciones
3.1	No se produce la apertura del disco de ruptura	Disco de ruptura con fuga.	El sistema de alivio no funciona como se espera. hay sobrepresión en el reactor.	Instalar un indicador de presión entre el disco de ruptura y la válvula de seguridad	Parar el proceso. Verificar instalación, procedimientos de mantenimiento y operación
3.2	Menos flujo en el caudal de la línea a la atmósfera.	Depósitos de sales en la línea, debido a la humedad ambiente.	La línea no proporciona el caudal de alivio necesario.	Mantenimiento frecuente a la línea.	
3.3	Más flujo en el caudal de la línea a la atmósfera.	Mayor temperatura en el reactor. Fuga en la válvula a la atmósfera.	Vaporización de THF. Fuga de MeCl.		

Tabla 5.4 Estudio HAZOP para el Proceso de Reactivo de Grignard.

Proceso: Reactivo de Grignard

Analista: Lindy Wiedemann

Fecha: noviembre/96

Sección y Variable de Proceso estudiado: Flujo en la línea de alimentación de THF al reactor R-461.

Intención de Diseño: Alimentar THF frío al reactor a X presión.

Número	Desviación	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Acciones
2.1	No flujo	Filtros tapado. Tubería bloqueada.	No se lleva a cabo la reacción.	válvula selenoide cierra el paso de CH ₃ Cl y agua contra incendios al reactor.	Mantenimiento y verificación del sistema por lote. Verificar sistema de cephillado. Parar el proceso.
2.2	Menos flujo	Filtros tapado. Tubería bloqueada.	Grignard más diluido.	Rotámetro indicador.	Mantenimiento y verificación del sistema por lote. Verificar sistema de cephillado. Parar el proceso.
2.3	Más flujo	Desajuste de la válvula B	Grignard más diluido	Rotámetro indicador	
2.4	Flujo adicional	Fuga en línea de salmuera.			

Proceso: Reactivo de Grignard

Analista: Lindy Wiedemann

Fecha: noviembre/96

Sección y Variable de Proceso estudiado: Reactor R-461.

Intención de Diseño: Alimentar THF frío al reactor a X presión.

Número	Desviación	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Acciones
3.1	No se produce la apertura del disco de ruptura	Disco de ruptura con fuga.	El sistema de alivio no funciona como se espera, hay sobrepresión en el reactor.	Instalar un indicador de presión entre el disco de ruptura y la válvula de seguridad	Parar el proceso. Verificar instalación, procedimientos de mantenimiento y operación.
3.2	Menos flujo en el caudal de la línea a la atmósfera.	Depósitos de sales en la línea, debido a la humedad ambiente.	La línea no proporciona el caudal de alivio necesario.	Mantenimiento frecuente a la línea.	
3.3	Más flujo en el caudal de la línea a la atmósfera.	Mayor temperatura en el reactor. Fuga en la válvula a la atmósfera.	Vaporización de THF. Fuga de MeCl.		

Tabla 5.4 Estudio HAZOP para el Proceso de Reactivo de Grignard.

Proceso: Reactivo de Grignard

Analista: Lindy Wiedemann

Fecha: noviembre/96

Sección y Variable de Proceso estudiado: Bomba B-417.

Intención de Diseño: Envío de Reactivo de Grignard líquido a X gpm, X presión y X temperatura.

Número	Desviación	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Acciones
4.1	No envío	No existe Grignard en T-462.	Daño a la B-417.	Alarma de bajo nivel en T-462.	Verificar el sistema.
		Taponamiento de la línea de alimentación a la bomba.	Daño a la B-417, ruptura de línea.	Mantenimiento a B-417. Fuga, incendio	Verificar los procedimientos de mantenimiento.
		Endurecimiento de Grignard en B-417.	Fuga en B-417, sustancia tóxica, posible incendio.	Ninguna. Es algo frecuente.	
		Falla mecánica de B-417.	Fuga en B-417, sustancia tóxica, posible incendio.	Mantenimiento a la B-417.	Verificar los procedimientos de mantenimiento.
		Producto muy espeso	Sobrecarga de motor de B-417. Incendio. Producto fuera de especificaciones.	Válvulas de control de flujo de entrada de materiales.	Verificación de record de producción.
4.2	Menos envío	Fuga en B-417. Producto muy espeso.	Incendio. Sobrecarga de motor de B-417. Incendio. Producto fuera de especificaciones.	Válvulas de control de flujo de entrada de materiales.	Verificación de record de producción.

Tabla 5.4 Estudio HAZOP para el Proceso de Reactivo de Grignard.

5. APLICACION DE UN AR A UNA INSTALACION DE PROCESO

INDICE MOND

Elaborado por: Lindy Wiedemann
 Unidad: Reactor R-461 Grignard
 Sustancias: Magnesio (limadura), cloruro de metilo
 Solvente: Tetrahidrofurano
 Producto: Reactivo de Grignard
 Reacción: Tipo "ternita"
 Presión: 0.2 bar
 Temperatura: 60 °C = 333 K

1. Factor Propio de la Sustancia

Sustancia o mezcla: Tetrahidrofurano
 Factor determinado por: 7.60 kcal/g
 Factor B = 14

2. Riesgos Especiales de la Sustancia

	Factor sugerido	Factor usado	Letra del factor	Valos reducido	Acciones requeridas
A. Sustancia oxidante		0		0	
B. Reacción con agua produce gas combustible		30		30	
C. Características de dispersión y mezcla		30	n	30	
D. Sujeta a calentamiento espontáneo		200		200	
E. Sujeta a polimerización espontánea		0		0	
F. Sensibilidad a la ignición		-5		-5	
G. Sujeta a descomposición explosiva		0		0	
H. Sujeta a detonación en fase gaseosa		0		0	
I. Riesgos de explosión en fase condensada		200		200	
J. Otros		0		0	
Suma de factores (A-J)	Total	455	M =	455	

3. Riesgos Generales del Proceso

	Factor sugerido	Factor usado	Letra del factor	Valos reducido	Acciones requeridas
A. Manipulación y cambios físicos únicamente		0		0	
B. Características de la reacción		25		25	
C. Proceso discontinuo por lotes o batch		0		0	
D. Reacciones múltiples en un mismo equipo		0		0	
E. Transferencia o movimiento de productos		0		0	
F. Recipientes móviles o transportables		0		0	
Suma de factores (A-F)	Total:	25	P =	25	

4. Riesgos Especiales del Proceso

	Factor sugerido	Factor usado	Letra del factor	Valos reducido	Acciones requeridas
A. Baja presión		100		100	
B. Alta presión		0	p	0	
C. Baja temperatura		0		0	
1. acero al carbón 10 a -25°C		0		0	
2. acero al carbón -25°C		0		0	
3. otros materiales		28		28	
D. Alta temperatura		0		0	
E. Corrosión y erosión		0		0	
F. fugas por juntas y empaques		0		0	

5. APLICACION DE UN AR A UNA INSTALACION DE PROCESO

G. Vibración, cargas cíclicas, fatiga, etc.	0	0
H. Procesos o reacciones difíciles de controlar	50	50
I. Operación en/cerca del rango de inflamabilidad	0	0
J. Riesgo de explosión superior al promedio	40	40
K. Riesgo de explosión de polvos o neblinas	0	0
L. Uso de sustancias fuertemente oxidantes	50	50
M. Sensibilidad del proceso a la ignición		
N. Riesgos electrostáticos		
Suma de factores (A-N)	Total: 268	S = 268

5. Riesgos por Inventario

Inventario total	3.6 m ³
Densidad (Ton/m ³)	0.89
Letra del factor K =	3.20 Ton
Factor de riesgo por inventario I a 1000	Q = 20

Altura 8 = H (m)

6. Riesgos por Tipo de Construcción y Disposición

	Factor sugerido	Factor usado	Letra del factor	Valos reducido	Acciones requeridas
A. Diseño estructural					
B. Efecto "dominó"					
C. Instalaciones subterráneas					
D. Drenaje superficial					
E. Otros					
Suma de factores (A-E)	Total:	10	P =	10	

7. Riesgo Tóxico Agudo

	Factor sugerido	Factor usado	Letra del factor	Valos reducido	Acciones requeridas
A. Valores TLV					
B. Forma de material					
C. Riesgo de exposición corta					
D. Absorción por la piel					
E. Factores físicos					
Suma de factores (A-E)	Total:	225	P =	225	

8. Cálculo de índices de riesgo

Índice Dow equivalente	$D = B * (1 + M/100) * (1 + P/100) * (1 + (S + Q + L)/100) + T/400$	431
Índice de riesgo de incendio	$F = ((B * K) / N) * 2500$	CATÁSTROFICO 33279
Índice de riesgo de explosión interna	$E = 1 + (m + p + S) / 100$	LIGERO 4.0
Índice de riesgo de explosión externa	$A = B * (1 + n/100) * (Q * E * I) * (U/300) * (1 + p) / 1000$	MÓDERADO 11.82
Índice unitario de toxicidad	$U = T / 100 * (1 + (M + P + S) / 100)$	BAJO 19
Índice de máximo accidente tóxico	$C = Q * U$	MUY ALTO 382
Índice global de riesgo	$R = D (1 + ((F * U * E * A) / 1000))$	ALTO 2787 MUY ALTO

5. APLICACION DE UN AR A UNA INSTALACION DE PROCESO

5.3.2 Evaluación de Riesgos

Para la evaluación de los riesgos se utilizará el método del árbol de fallos el cual es una representación gráfica de las relaciones existentes entre un suceso indeseado (top event): explosión, fuego, derrame, fuga, etc., y los sucesos primarios: fallos de componentes, humanos, externos, etc., que conducen al mismo. La técnica es un procedimiento sistemático que proporciona la correlación de las causas que llevan a un suceso indeseado dentro de un sistema, y permite calcular la probabilidad de que dicho suceso se produzca.

En el ejemplo, el Top Event, determinado del estudio HAZOP, ver tabla, es la fuga de reactivo de grignard de la bomba B-417 lo que nos ocasionará un incendio debido a humedad existente en el ambiente. Ver fig. 5.4.

Las recomendaciones derivadas de la aplicación del árbol de fallos deben de considerarse y analizarse, ya que estas recomendaciones se proporcionan con el fin de evitar la realización del Top Event y no por mera formalidad. Cabe mencionar que los valores de probabilidad de los eventos primarios varían de autor en autor y aún no se cuenta con una tabla única que proporcione estos valores.

5.3.3 Evaluación de Consecuencias

La estimación de consecuencias, se determinó como no necesaria debido que en caso de un incendio, determinado como el máximo accidente probable, el fuego es fácilmente controlado con polvo grafito o bien arena seca que se encuentra en el área, debido a que las cantidades probables de fuga no son muy grandes.

Así, la aplicación del proceso de análisis de riesgo sólo requiere el ejercicio de las dos primeras etapas del proceso de análisis de riesgo, la identificación de peligros y la evaluación del riesgo. Cabe mencionar que un AR puede contar con una, dos, o tres etapas del proceso de AR, dependiendo de si es necesaria su continuación o no según se presenten los resultados, pero lo que no es aceptable es el no respetar el orden de aplicación.

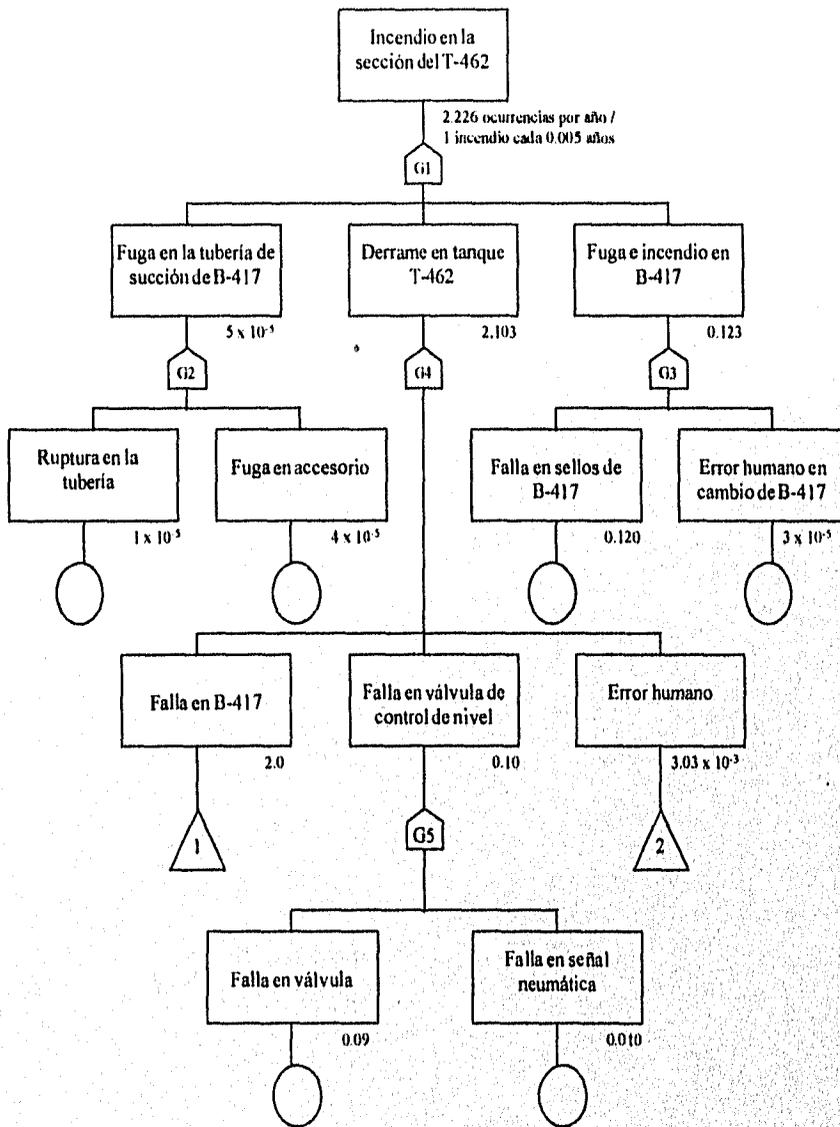
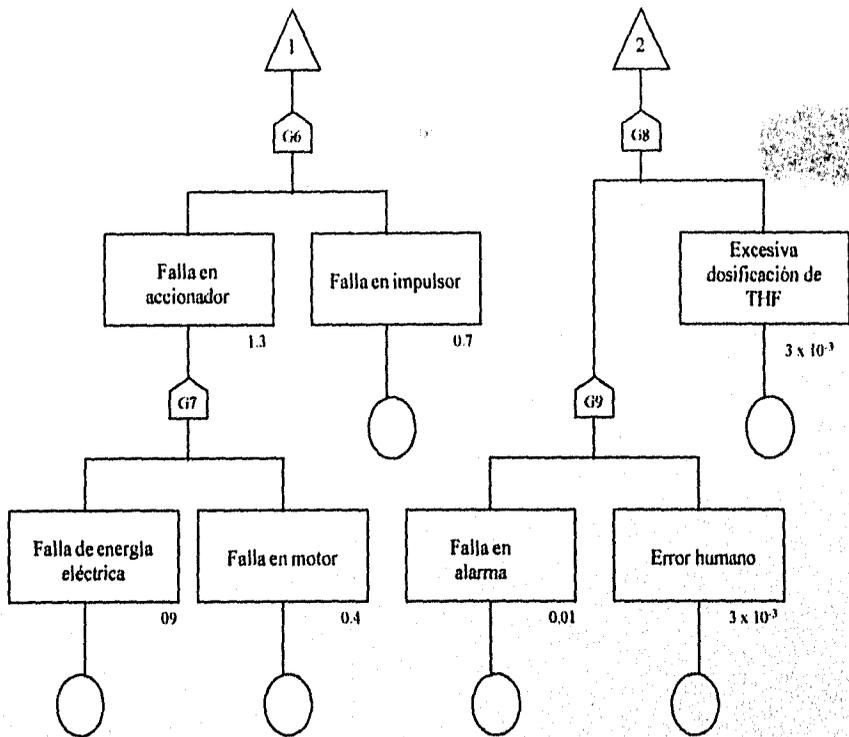


Figura 5.4 Arbol de fallas para el proceso del Reactivo de Grignard.



Recomendaciones:

1. Revisión del diseño de la bomba B-417. Reemplazo, en caso de no resultar adecuada, por bomba con cero fugas o con sellos de teflón.
2. Capacitación del personal.
3. Adecuación de los procedimientos de operación para incluir recomendaciones de seguridad
4. Toma de medidas de seguridad para reemplazo de bombas y mantenimiento.

Figura 5.4 Arbol de fallas para el proceso del Reactivo de Grignard.

ANALISIS DE RIESGOS: SITUACION ACTUAL, TENDENCIAS Y PROPUESTA.

CAPITULO 6
PLANIFICACION
DE
EMERGENCIAS

W. R. L. G.

6. PLANIFICACION DE EMERGENCIAS

La aplicación de los AR va a proporcionar información acerca de los peligros de una instalación, la probabilidad de ocurrencia de los riesgos, y las consecuencias que estos implican. Cada una de estas etapas requiere de medidas o acciones que minimicen los posibles efectos indeseables. Estas medidas deben establecerse en un plan de emergencias el cual contemple, de manera práctica y realista, todas las fallas posibles y los medios para contrarrestarlas.

En una empresa de alto riesgo, la probabilidad de que ocurra un accidente, es algo latente ya que la eliminación del riesgo no es algo posible, este nunca podrá valer cero pese a todas las medidas de seguridad aplicadas, la capacitación que se brinde o los medios de control con que se cuente. Esta no pretende ser una visión fatalista, sino más bien realista sustentada en las experiencias que los accidentes industriales, ocurridos en las últimas décadas, han dejado a su paso.

La existencia de planes de emergencia que cuenten con participación altruista, colectiva y armónica de las comunidades, autoridades y empresas, y que además cuente con recursos suficientes, técnicos, económicos y humanos, se dirigen hacia el éxito. Este éxito obtendrá como resultado la protección de la vida humana y la del ambiente, los cuales son elementos irreparables y de incuestionable valor.

6.1 ¿Qué es una Emergencias?

Es necesario definir el concepto de emergencia o accidente mayor teniendo en cuenta que este sólo podrá ocurrir en una instalación de "alto riesgo", es decir, aquella en la cual se manejen sustancias peligrosas que adquieran tal condición debido a su toxicidad, explosividad o cantidad. Less define esta última como "aquella situación capaz de causar serios daños a pérdida de vidas o propiedades, con un riesgo considerable de extensión dentro o hacia fuera de la planta, y que puede requerir el uso de recursos externos". La Directiva de Seveso, por su parte, la define como "un hecho tal como una emisión, incendio o explosión resultante del desarrollo incontrolado de una actividad industrial, que entrañe un grave peligro, inmediato o diferido, para el hombre, dentro o fuera del establecimiento, y/o para el medio ambiente, y en el que intervengan una o varias sustancias peligrosas".

Una emergencia primeramente se iniciará con un suceso de accidente. La figura 6.1 nos muestra los elementos de los accidentes y señala como elemento primario el contar con una circunstancia peligrosa que provoque un suceso iniciador y de ahí una circunstancia propagadora que tendrá determinadas consecuencias y para lo que se requerirá la respuesta de una circunstancia mitigante.

CIRCUNSTANCIAS PELIGROSAS	SUCESOS INICIADORES	CIRCUNSTANCIAS PROPAGADORAS	CIRCUNSTANCIAS MITIGANTES	CONSECUENCIAS DEL ACCIDENTE
<p><i>Almacenamiento de cantidades importantes de sustancias peligrosas (materiales inflamables, combustibles, inestables o tóxicos, gases inertizantes, materiales a muy baja o muy alta temperatura, etc.).</i></p> <p><i>Materiales altamente reactivos (reactantes, productos, subproductos, sustancias intermedias).</i></p> <p><i>Velocidades de reacción especialmente sensibles a impurezas o parámetros de proceso.</i></p>	<p><i>Fallos de maquinaria y equipo de proceso (bombas, válvulas, instrumentos, sensores, etc.).</i></p> <p><i>Fallos de contención (tuberías, recipientes, tanque de almacenamiento, juntas, etc.).</i></p> <p><i>Errores humanos (operación, mantenimiento, revisiones).</i></p> <p><i>Pérdida de servicios (agua, electricidad, aire comprimido, vapor).</i></p> <p><i>Agentes externos (inundaciones, terremotos, tormentas, vientos fuertes, impactos, sabotaje, etc.).</i></p> <p><i>Errores de método o de información.</i></p>	<p><i>Desviaciones en parámetros de proceso (presiones, temperaturas, flujos, concentraciones, cambios de fase o de estado).</i></p> <p><i>Fallos de contención (tuberías, recipientes, tanques, juntas, fuelles, entrada o salida, venteos, etc.).</i></p> <p><i>Emisiones de materiales (combustibles, explosivos, tóxicos, reactivos).</i></p> <p><i>Ignición/Explosión.</i></p> <p><i>Errores del Operador (comisión, omisión, diagnóstico, toma de decisiones).</i></p> <p><i>Agentes externos.</i></p> <p><i>Errores de método o de información.</i></p>	<p><i>Respuestas de seguridad (válvulas de alivio, servicios de reserva, sistemas y componentes redundantes, etc.).</i></p> <p><i>Mitigación (venteos, diques, antorchas, rociadores, etc.).</i></p> <p><i>Respuestas de control/respuestas de los operadores.</i></p> <p><i>Operaciones de emergencia (alarmas, procedimientos de emergencia, equipos de protección personal, evacuación, etc.).</i></p> <p><i>Agentes externos.</i></p> <p><i>Flujo adecuado de información.</i></p>	<p><i>Fuegos.</i></p> <p><i>Explosiones.</i></p> <p><i>Impactos.</i></p> <p><i>Dispersión de materiales tóxicos.</i></p> <p><i>Dispersión de materiales de alta reactividad.</i></p>

Figura 6.1 Elementos de los Accidentes.

6. PLANIFICACION DE EMERGENCIAS

Sea cual sea el nivel de riesgo que se considere aceptable, existirá una probabilidad finita de que ocurra un fallo de consecuencias, tal vez, considerables. Para que estas consecuencias sean mínimas, es necesario desarrollar planes de emergencia interiores (para los empleados de la empresa) y exteriores (para las comunidades circundantes), que permitan en

caso de accidente mayor la identificación de los riesgos, la predicción de sus consecuencias más probables, la incorporación de medidas de seguridad y la protección de la integridad de los posibles afectados.

En algunos casos es difícil la actuación de estos planes debido a la rapidez con que se desencadenan los accidentes, pero sin embargo, en otros casos, la inexistencia de los planes o los defectos en estos son la causa principal que ocasiona graves consecuencias para la población, ambiente e instalaciones, tal es el caso de los accidentes de Seveso y Bhopal (ver tabla 1.1).

6.2 Reglameatación de las Emergencias

A partir sobre todo del accidente de Seveso (1976), la mayoría de los países desarrollados han establecido normas de cumplimiento obligado, que regulan la declaración de los riesgos por parte de las industrias, el desarrollo de planes de emergencia tanto internos como externos, y la creación de organismos de coordinación para casos de emergencia. En la CEE esta normativa está recogida en la Directiva 82/501/CEE y las subsiguientes 81/216/CEE y 88/610/CEE, dentro de lo que comunmente se conoce como "Directiva de Seveso". La Directiva de Seveso ha sido traspuesta a la legislación de los países comunitarios con diferencias significativas. Holanda es el país que más ha profundizado en los aspectos restrictivos de las actividades industriales peligrosas, llegando a exigir la determinación de las distancias a las que se tienen distintos niveles de riesgo, y limitando muy severamente la construcción dentro de los contornos en los que se superen cifras consideradas peligrosas. En el Reino Unido se han establecido recomendaciones semejantes, pero mucho menos restrictivas para niveles de riesgo similares.

La legislación de los Estados Unidos también exige el desarrollo de planes de emergencia, tanto internos como externos, en leyes como la OSHA 29 CFR 1910.120, OSHA 29 CFR 1910.119 y el Título III del SARA.

En México contamos con los estatutos de Protección Civil, organismo encargado de la coordinación para casos de emergencia, y del cual hablaremos con mayor profundidad más adelante. Así también se pide a las empresas la elaboración de los Programas de Prevención de Accidentes (PPA).

6.3 Partes Involucradas en una Emergencia

Las partes involucradas en una emergencia son a simple vista tres: Comunidad, Empresa y Autoridad. Cada una de estas partes se conforma de muchos actores que se encuentran a su vez agrupados, de tal manera que definen su actuación en la escena del accidente. Así, cada parte involucrada se conforma como tal entendiéndose como:

Comunidad, aquella integrada por todas las personas sean mujeres, hombres o niños que se hallen dentro del perímetro de riesgo, debido a una estancia permanente o pasajera en el sitio, es decir que habiten o visiten por cualquier motivo el lugar.

Dentro de una comunidad se encuentran consideradas las poblaciones de las prisiones, hospitales, albergues, asilos, escuelas, comercios, casas habitación, y público en general.

La comunidad es la parte involucrada que cuenta con mayor quorum de las tres consideradas por lo cual su participación organizada puede ayudar en mucho para el éxito de las acciones de emergencia, sobre todo en lo referente a los procesos de evacuación organizada. La organización de las masas no resultará fácil si no se cuenta con una cooperación estrecha entre la empresa-comunidad-autoridades que defina claramente las acciones y funciones de cada uno de los grupos, así como la relación de cooperación necesaria para el desarrollo de tales acciones. Las comunidades cuentan con dirigentes los cuales pueden ayudar en la organización de estas por lo que es importante mantener el contacto y la comunicación con los mismos.

Empresa, es la encargada de emitir la información técnica de la cual se derivarán y adecuarán todas las actividades para la planificación de una emergencia. La información técnica constará básicamente de datos acerca de las sustancias, condiciones y procesos peligrosos que se manejan; los dispositivos de seguridad con que se cuenta, medios de contención de derrames y explosiones, sistemas de alarma, etc.; los estudios de riesgo, por supuesto incluyendo la evaluación de las consecuencias donde se indiquen las áreas de afectación. Además de esta información base, la empresa deberá ofrecer: el trazo de rutas de evacuación dentro y fuera de la planta para las cuales se consideren las condiciones meteorológicas del sitio así como las condiciones del terreno; el apoyo de brigadas de auxilio bien capacitadas; y medios de información.

Autoridades, aquellas que despliegan los recursos para la dirección, protección y ayuda que la empresa y la comunidad requiera. La presencia de la autoridad brinda la confianza y el apoyo necesarios para tales situaciones. Las autoridades cubrirán los rubros de salud, protección, vialidad, comunicación, orden, y rescate.

6. PLANIFICACION DE EMERGENCIAS

Cada una de las partes involucradas es importante y no puede dejarse de lado o dejarla actuar de manera independiente ya que sólo la actuación conjunta y organizada puede garantizar el éxito de las acciones ante una emergencia, prescindir de alguna de las partes podría llevar a consecuencias no deseables para ninguna de las mismas.

6.4 Cooperación para la Actuación ante una Emergencia

La industria debe conocer los peligros asociados a las actividades que realiza, sea transporte, procesamiento, almacenaje o manejo de materiales que por sus características puedan conducirnos a un accidente. El conocimiento preciso de estos peligros determinará las necesidades reales para la planeación de una respuesta en caso de emergencia en la que participen de manera armónica todos los actores involucrados.

Un hecho que ocurre muchas veces y en muchos lugares, es que tanto la comunidad como la industria se encuentran las más de las veces consientes de la necesidad de predecir y prevenir accidentes. Desafortunadamente, es común que cada parte trabaje independiente de la otra. Los esfuerzos individuales deben de reforzarse y consolidarse por medio de la cooperación. Es necesario que para obtener los máximos beneficios y una cooperación efectiva, se llegue a un acuerdo donde se definan las amenazas y las respuestas requeridas para combatirlas.

El análisis de riesgos es un esfuerzo por ponderar las consecuencias de un accidente contra la probabilidad de ocurrencia del mismo. La probabilidad de las consecuencias raramente se puede calcular con precisión matemática. Sin embargo, pueden estimarse con suficiente exactitud y proporcionar una base de medidas prácticas para contabilizar el riesgo.

La probabilidad de que un accidente cause daños mayores se reduce si todos aquellos involucrados reconocen y entienden los efectos de los peligros, y además se encuentran preparados para actuar ante los mismos, se requiera una prevención, contención, descontaminación, o evacuación que los combata.

Se requiere cooperación no sólo dentro de la comunidad (incluyendo la industria) si no también entre las comunidades; así cada cual puede participar y comunicar sus impresiones para así coordinar el riesgo, desarrollar o revisar planes de emergencia, etc.

El análisis de peligros es un paso básico para comprender los planes de emergencia que una comunidad requiere. Para esto se debe tener una comprensión clara de los peligros existentes y sus riesgos.

6. PLANIFICACION DE EMERGENCIAS

6.5 Proceso de Planeación de Emergencias

La planeación de emergencias maneja un proceso similar al del AR ya que consiste de tres pasos o etapas que finalmente pretende lograr una integración del proceso en el cual se queden cubiertos los aspectos básicos, medios y culminantes para una planeación de emergencias efectiva. La figura 6.2 señala la información requerida para llevar a cabo el proceso.

1	2	3
Identificación de Peligros	Análisis de Vulnerabilidad	Análisis de Riesgos
♦ Identidad química ♦ Localización ♦ Cantidad ♦ Naturaleza del peligro	♦ Zona vulnerable ♦ Poblaciones humanas ♦ Instalaciones críticas ♦ Ambiente	♦ Probabilidad de ocurrencia ♦ Severidad de las consecuencias

Figura 6.2 Información requerida para el proceso de planeación de emergencias.

1. Identificación de peligros típicamente proporciona información específica acerca de las situaciones con potencial para causar perjuicio a la vida, o daños a la propiedad y el ambiente debido a una liberación o derrame de materiales peligrosos. Una identificación de peligros incluye información acerca de:

- La identidad química
- La localización de las instalaciones que produzcan, procesen o almacenen materiales peligrosos
- El tipo y diseño de los contenedores o envases para sustancias químicas
- La cantidad de material involucrado
- La naturaleza del peligro

2. Análisis de vulnerabilidad identifica las áreas, los individuos, las instalaciones, las propiedades y el ambiente que podrían verse afectado o expuesto en una comunidad en caso de ocurrir una liberación de materiales peligrosos. Para realizar un análisis comprensivo de la vulnerabilidad de la zona se considera información referente a:

- La extensión de las zonas vulnerables.
- La población en términos de número y tipo (prisiones, escuelas, hospitales, asilos, residencias).

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

6. PLANIFICACION DE EMERGENCIAS

6.5 Proceso de Planeación de Emergencias

La planeación de emergencias maneja un proceso similar al del AR ya que consiste de tres pasos o etapas que finalmente pretende lograr una integración del proceso en el cual se queden cubiertos los aspectos básicos, medios y culminantes para una planeación de emergencias efectiva. La figura 6.2 señala la información requerida para llevar a cabo el proceso.

1	2	3
Identificación de Peligros	Análisis de Vulnerabilidad	Análisis de Riesgos
♦ Identidad química ♦ Localización ♦ Cantidad ♦ Naturaleza del peligro	♦ Zona vulnerable ♦ Poblaciones humanas ♦ Instalaciones críticas ♦ Ambiente	♦ Probabilidad de ocurrencia ♦ Severidad de las consecuencias

Figura 6.2 Información requerida para el proceso de planeación de emergencias.

1. Identificación de peligros típicamente proporciona información específica acerca de las situaciones con potencial para causar perjuicio a la vida, o daños a la propiedad y el ambiente debido a una liberación o derrame de materiales peligrosos. Una identificación de peligros incluye información acerca de:

- La identidad química
- La localización de las instalaciones que produzcan, procesen o almacenen materiales peligrosos
- El tipo y diseño de los contenedores o envases para sustancias químicas
- La cantidad de material involucrado
- La naturaleza del peligro

2. Análisis de vulnerabilidad identifica las áreas, los individuos, las instalaciones, las propiedades y el ambiente que podrían verse afectado o expuesto en una comunidad en caso de ocurrir una liberación de materiales peligrosos. Para realizar un análisis comprensivo de la vulnerabilidad de la zona se considera información referente a:

- La extensión de las zonas vulnerables.
- La población en términos de número y tipo (prisiones, escuelas, hospitales, asilos, residencias).

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

6. PLANIFICACION DE EMERGENCIAS

- Las propiedades públicas y privadas que pudieran ser dañadas, incluyendo sistemas esenciales de apoyo (agua, alimentos, energía, comunicaciones) y las instalaciones para transporte y evacuación.
- El ambiente que pudiera ser afectado, y el impacto que causaría

3. Análisis de riesgos es la evaluación de la probabilidad de una liberación accidental de un material peligroso en una comunidad y la severidad de sus consecuencias, en base a la estimación de las zonas vulnerables. Proporciona información acerca de:

- La probabilidad de una liberación en base a la historia de las condiciones y controles comunes de la instalación, considerando cualquier condición ambiental inusual, o la posibilidad de accidentes de emergencia simultáneos.
- La severidad de las consecuencias de daño humano que pudieran ocurrir, el número de posibles muertos y heridos, y los rupos asociados de alto riesgo.
- La severidad de las consecuencias en instalaciones críticas (hospitales, estaciones de policía, bomberos, etc).
- Severidad de las consecuencias de daño a la propiedad (temporal, reparable, o permanente).

Este proceso no debe confundirse con el proceso de análisis de riesgos, que aunque mantienen una estructura muy similar difieren en el alcance.

6.6 Análisis de Consecuencias

El proceso de análisis de riesgos plantea un tercer paso que es la evaluación de las consecuencias, en base a los resultados que una previa evaluación de riesgos haya arrojado. Métodos como el HAZOP, FMEA o Checklist están dirigidos a identificar las fuentes de riesgo. Los árboles ilustran como varios factores pueden afectar la probabilidad de un accidente por medio de la construcción de un evento inicial o dirección del proceso hacia una conclusión peligrosa. Los análisis de consecuencias están enfocados a definir el daño que un accidente causaría, es decir, las posibles áreas de afectación, la población dañada y las pérdidas materiales.

De acuerdo al programa PSM de la OSHA se requiere de un análisis de consecuencias como parte de un análisis de peligros. Lo mismo se menciona en las guías del INE, en los puntos IV.5.4, V.9 y V.3 para las modalidades preliminar, análisis de riesgos y detallada, respectivamente. Estos puntos el INE los pide con nombres tales como "modelación de eventos máximos probables de riesgo", "descripción de riesgos que tengan afectación potencial al entorno de la planta, señalando área de afectación" y "modelación de los eventos máximos probables de riesgo", respectivamente.

6. PLANIFICACION DE EMERGENCIAS

La evaluación de consecuencias de incidentes que involucran materiales peligrosos, consiste en evaluar los eventos hipotéticos que se consideran bajo circunstancias igualmente hipotéticas. En el caso de una liberación de materiales peligrosos, la manera precisa por la cual se presume puede ocurrir debe definirse de manera cuidadosa, ya que tal definición va a influenciar enormemente la severidad de las consecuencias.

La determinación de la probabilidad de ocurrencia necesita hacerse según el riesgo que posea el escenario particular de la liberación, y esto dependerá tanto de la probabilidad como de la severidad de las consecuencias.

La cuantificación de las consecuencias de un accidente en un escenario, requiere de un entendimiento detallado de los procesos y de las propiedades químicas, tóxicas, y físicas de las sustancias, así como del diseño de equipo. El típico modelo de consecuencias incluye :

- ◆ La creación de nubes explosivas en o cerca de la instalación de procesos
- ◆ La extensión del fuego en la instalación
- ◆ La dispersión de sustancias (concentración y tiempo de exposición)
- ◆ La estimación de la probabilidad del número de personas expuestas a fuego, explosión o materiales tóxicos
- ◆ Estimación probabilística del número de personas muertas o heridas debido a la exposición a fuego, explosión o materiales tóxicos

Existen dos modelos base para la modelación de consecuencias, el de la fuente y el de dispersión.

6.6.1 Modelo de la Fuente

Los incidentes catastróficos con materiales tóxicos y flamables generalmente involucran una liberación a la atmósfera. El primer paso en la evaluación de las consecuencias de un incidente en un escenario dado es la determinación de la extensión a la cual el material alcanza la atmósfera. Esto es lo que se denomina el modelo de la fuente, la velocidad de la fuente llega a ser la velocidad a la cual el material se eleva hacia la atmósfera.

Aparentemente, el parámetro más importante para determinar la velocidad de la liberación es el tamaño del orificio de la cual se genera, ya que la velocidad de liberación es proporcional al cuadrado del diámetro del orificio pero directamente proporcional a la raíz cuadrada de las otras variables clave.

6. PLANIFICACION DE EMERGENCIAS

En la evaluación de consecuencias de liberaciones potenciales es bueno considerar para estos propósitos, el elaborar gráficas log - log para graficar las velocidades de liberación vs. diámetro del orificio para algunos materiales "relevantes" en la planta.

6.6.2 Modelo de Dispersión

Generalmente se ejecuta un modelado a computadora para predecir la dispersión en el aire de materiales tóxicos o flamables de una liberación. Esto establece las distancias a las cuales una nube de gas flamable se diluye a una concentración por debajo de la dañina.

Una pluma se mueve en dirección del viento y se esparce de manera lateral y vertical en el aire. Los perfiles de concentración lateral y vertical a una distancia dada se asume que siguen una distribución Gaussiana, presentando así una concentración máxima a lo largo de la línea central de la pluma y que va decreciendo en su concentración conforme la distancia de la línea central se incrementa. Este modelo se nombra "modelo de la pluma Gaussiana".

Como ya hemos mencionado, los modelos de dispersión no predicen con exactitud las concentraciones sobre un terreno común, es decir lleno de fallas de terreno, desniveles y obstáculos. Mas bien están diseñados en base a un modelo de terreno "ideal", como lo sería un plano, sin relieves u obstáculos que interrumpen el camino de la nube.

En el caso de una liberación que alcance el interior de un edificio, el equipo y los obstáculos interfieren para con la pluma por lo cual la modelación sólo puede proporcionar una aproximación muy cruda de lo que realmente sucede.

6.7 Protección Civil

A partir de la situación de emergencia generada por los sismos de 1985 en México fué que se comenzó a dar un enfoque nacional a la problemática de los desastres, es decir, de la necesidad de protección de la población respecto a los desastres surge el conjunto de acciones englobadas en la noción de Protección Civil, la cual constituye la respuesta a las demandas estrechamente ligadas a las condiciones de seguridad frente a los eventos de la vida y el entorno natural. De esta manera a partir de un hecho negativo, surge una consecuencia positiva y de gran trascendencia: la constitución jurídica del Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC).

Este plan tiene sus antecedentes en el Plan DN-III-E de la Secretaría de la Defensa Nacional y en el Plan homólogo de la Secretaría de Marina.

6. PLANIFICACION DE EMERGENCIAS

Históricamente, el SINAPROC surge el 9 de octubre de 1985, cuando por acuerdo presidencial se constituye la Comisión Nacional de Reconstrucción. Más tarde, por decreto publicado el día 6 de mayo de 1986, fueron aprobadas por el ejecutivo las "Bases para el establecimiento del Sistema Nacional de Protección Civil", las cuales le otorgan substancia y expresión jurídica por virtud del decreto que las aprueba. Estas bases prevén la creación de un Consejo Nacional que concurra a elevar la capacidad del estado y de la sociedad para hacer frente, con eficacia y eficiencia a desastres cuyos efectos rebasen las posibilidades de respuesta local o regional.

La estructura central del sistema está integrada por el C. Presidente de la República, el Secretario de Gobernación como Secretario Ejecutivo del mismo, el Subsecretario de Protección Civil y de Prevención y Readaptación Social de la Secretaría de Gobernación como Secretario Técnico, además participan los titulares de las 9 Secretarías de Estado y el Jefe del Departamento del Distrito Federal.

La organización del SINAPROC descansa sobre tres estructuras fundamentales:

- 1) La *Consultiva*, su soporte lo constituyen los consejos nacional, estatales y municipales de protección civil, los cuales proporcionan el espacio institucional para formalizar el acuerdo y la concertación entre los sectores de la sociedad.
- 2) La *Ejecutiva*, se forma con la concurrencia de los órganos de la administración pública.
- 3) La *Participativa*, en ella se desenvuelven grupos y personas vinculados a las tareas específicas de protección civil, y a quienes se les denomina voluntarios.

La estructura normativa de Protección Civil a nivel Federal, en el ámbito de responsabilidad es la Secretaría de Gobernación, a través de la Subsecretaría de Protección Civil y de Prevención y Readaptación Social, de la Dirección General de Protección Civil y del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED).

Los objetivos del SINAPROC se condensan como: "Proteger y conservar la persona y a la sociedad, así como a sus bienes ante la eventualidad de un desastre."

6. PLANIFICACION DE EMERGENCIAS

Las pautas para orientar la acción institucional en la materia, se generan a partir de tres subprogramas básicos:

- I. *Subprogramas de prevención*, fijan las normas y orientaciones mínimas, indispensables para la preparación y organización de las acciones, operativos y tareas reservados para la defensa de la población en caso de desastre;
- II. *Subprogramas de auxilio*, sus funciones son eminentemente ejecutivas y tienen como finalidad esencial la realización material de la protección civil, en el sitio afectado por el desastre, y
- III. *Subprogramas de apoyo*, conllevan actividades destinadas a fortalecer la eficiencia de los recursos asignados o aptos para la protección civil.

6.8 Programas de Prevención de Accidentes

Como resultado del análisis y evaluación integral es necesario adicionar las medidas técnicas preventivas y correctivas para mitigar los efectos adversos al equilibrio ecológico durante la construcción y operación normal. De acuerdo a esto la autoridad solicita la instrumentación de programas para la prevención de accidentes; programas que para tener la operatividad adecuada, requieren de la integración sistemática de la participación activa y organizada de las industrias, las autoridades locales, servicios de emergencia y la población.

Este programa se divide en tres partes: 1) Datos generales de la empresa, 2) PPA nivel interno, y 3) PPA nivel externo. El programa externo es de especial interés para la autoridad ambiental, ya que tiene como objetivo el poder hacer frente a una emergencia de este tipo. En ese sentido cabe señalar, que con fecha 24 de abril de 1989, se instaló en la Subsecretaría de Ecología, el *Comité para el Análisis y Aprobación de los Programas de Prevención de Accidentes (COAAPPA)*, En el que participan diversas dependencias del Ejecutivo Federal, con el objeto de atender a este tipo de programas, de una manera integral; a través de elaboración de guías y metodologías específicas, procedimientos para la adecuada coordinación entre los factores involucrados, la integración de las evaluaciones a programas locales y la supervisión del cumplimiento de las condicionantes a los programas para la prevención de accidentes autorizados.

En el COAAPPA participan diez organismos, que son las secretarías de: Energía Minas e Industria Paraestatal, de Comercio y Fomento Industrial, del Trabajo y Previsión Social, de Salud, de Gobernación, la Dirección General de Protección Civil y Centro Nacional de Prevención de Desastres, el INE, la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente y el Departamento del Distrito Federal.

6. PLANIFICACION DE EMERGENCIAS

Como ya mencionamos los PPA ingresan al INE via Procedimientos de Impacto y Riesgo Ambiental para nuevos proyectos, o por el Pronapaara para empresas ya instaladas. Los criterios generales para solicitar un PPA se muestran en la tabla 6. 1

-
- ◆ El manejo de una o más sustancias, y en las cantidades señaladas, de las que aparecen en los listados de actividades altamente riesgosas, que en caso de producirse una liberación, puedan ocasionar afectación significativa al ambiente, a la población o a los bienes.
 - ◆ Su proximidad a centros de población, previendo las tendencias de expansión del respectivo asentamiento y la creación de nuevos asentamientos; los impactos que tendría un posible evento extraordinario, sobre los centros de población y sobre los recursos naturales; la compatibilidad con otras actividades de las zonas, la infraestructura existente y necesaria para la atención de emergencias ecológicas y accidentes mayores, así como la infraestructura para la dotación de servicios básicos.
 - ◆ El apego en la realización de actividades industriales comerciales o de servicios altamente riesgosos a las NOM existentes o las que expidan en forma coordinada la SEMARNAP, SEMIP, SECOFI, SSA y STPS y criterios técnicos de seguridad y operación, así como la existencia de equipos e instalaciones que correspondan con arreglo a dichas normas y criterios
 - ◆ Los antecedentes de las instalaciones en que se realicen actividades altamente riesgosas en materia de accidentes mayores y emergencias ecológicas, en cuyo caso el requerimiento del PPA es inminente.
 - ◆ Las que la SEMARNAP determine en situaciones no previstas y de común acuerdo con la industria, comercio o servicio de que se trate y cuya presentación implique seguridad social y particular.
-

Tabla 6.1 Criterios generales para solicitar un PPA.

ANALISIS DE RIESGOS: SITUACION ACTUAL, TENDENCIAS Y PROPUESTA.

CAPITULO 7
PROPUESTA DE
MEJORA A LA
SITUACION
ACTUAL

W. R. L. G.

7. PROPIUESTA DE MEJORA A LA SITUACION ACTUAL

Como se ha descrito en los capítulos anteriores, el concepto, los objetivos, la aplicación, y los resultados de los estudios de análisis de riesgo realizados actualmente en México, han sido desarrollados en forma deficiente debido a una diversidad de factores, por lo que es necesario realizar una propuesta de mejora a esta situación.

Esta propuesta está dirigida hacia los empresarios, autoridades y expertos en el tema, y se enfoca sobre cuatro puntos de mejora base que de aplicarse pueden representar un avance notable en la comprensión, aplicación y justificación de los análisis de riesgo en México.

7.1 Resumen

Los primeros cuatro capítulos de este trabajo mostraron un panorama puramente teórico de lo que implica un Análisis de Riesgo, su contexto, marco jurídico y sus técnicas. Todos ellos mostraron en una mayor o menor medida la necesidad de cambios. Los capítulos cinco y seis ponen en marcha la teoría aplicando las técnicas y mostrando la utilidad e importancia que tienen los estudios de AR.

A lo largo de este trabajo se insistió constantemente sobre cuatro puntos considerados como clave para el mejor entendimiento y aplicación de los AR, (1) la necesidad de aclarar el concepto de AR, (2) la necesidad de cambios en la legislación nacional en materia de AR, (3) la importancia que conlleva el conocimiento y la selección adecuada de las técnicas de AR, así como el tipo de resultados que se esperan de ellos, y (4) la importancia de incorporar el concepto riesgo dentro de la administración de las empresas. Cada uno de estos puntos se discutirán a continuación como parte de la propuesta que este trabajo genera.

7.2 El Concepto de AR

El establecer claramente el concepto de AR es un paso fundamental en el cual se sustentará cualquier propuesta de cambio, sea de tipo legislativo, administrativo o de aplicación de estudios de AR.

Como se ha dicho con anterioridad, el concepto de Análisis de Riesgo en México no ha llegado a establecerse claramente y por lo cual es un punto de discordia que ocasiona confusión y malos manejos.

Según se acordó, el proceso para llevar a cabo un análisis de riesgo, dentro del proceso de prevención de pérdidas descrito en el capítulo 1, está integrado por tres pasos: la identificación de peligros, la evaluación del riesgo, y el análisis de consecuencias. Cada uno de estos pasos debe de adecuarse a las necesidades que presenta la instalación estudiada.

7. PROPUESTA DE MEJORA A LA SITUACION ACTUAL

La *Identificación de Peligros* se refiere a "tener conocimiento" de los peligros que una instalación presenta para entonces poder estudiarlos, este es el primer paso y el más importante del proceso del análisis de riesgo puesto que cualquier peligro no identificado no puede ser objeto de estudio. Existe una gran variedad de métodos aplicables que se pueden adecuar a las características requeridas en particular. La *Evaluación de Riesgos* procede una vez que se tiene el conocimiento de los peligros y cuando estos son lo suficientemente peligrosos para requerir una cuantificación. Para tener un número "tangible" de ese peligro se puede aplicar alguna de las técnicas mencionadas. Nótese que en esta evaluación ya no se habla de peligros, sino de riesgos ya que involucra la cuantificación numérica de la probabilidad y la frecuencia con la que los riesgos se puede presentar. El tercer paso es la *Evaluación de las consecuencias*, ésta se realizará cuando los resultados de la evaluación de riesgos nos arroje resultados numéricos "altos" (comparados con un punto de referencia) que nos indiquen la necesidad de este estudio. Con el conjunto de resultados de este proceso de evaluación podremos, entonces, realizar la toma de decisiones que sean necesarias.

Como se puede ver el proceso de AR es un proceso integral que puede ser una herramienta sumamente útil si es aplicada de manera correcta.

Entonces, el establecimiento claro y detallado dentro de la Legislación Nacional, acerca de lo que consiste y de la manera de llevar a cabo los estudios de Análisis de Riesgo, es la primera propuesta que este trabajo extiende. Si todos, quienes lo solicitan, califican, y aprueban o rechazan, (autoridades), quienes lo requieren y presentan, (empresarios), y quienes lo aplican, (expertos), entienden lo mismo al hablar de estudios de AR se habrá dado un paso adelante al establecer esta premisa fundamental.

7.3 Legislación Básica Necesaria para AR

Las leyes son las armas legales con que se cuenta para dirigir y mantener el orden y control de las actividades públicas, una de estas actividades es la industrial. La actividad industrial química como fuente generadora de peligros debe estar controlada y sometida a evaluación periódica que garantice un funcionamiento seguro para la comunidad dentro y fuera de las instalaciones de la planta.

El establecimiento de estudios de AR como parte de la evaluación que las autoridades pueden realizar, es un paso fundamental para lograr el objetivo de disminución y protección contra accidentes que además ayudaría a elevar la calidad de operación de los procesos en las empresas, puesto que entre otras cosas provocaría un análisis de las condiciones de operación, de los equipos de proceso y de las materias primas utilizadas; además del conocimiento y generación de la ingeniería básica de la planta.

7. PROPUESTA DE MEJORA A LA SITUACION ACTUAL

La solicitud de los estudios de AR, sustentada en la ley de manera clara y concisa, característica actualmente ausente en las leyes vigentes sobre riesgo, debe de establecerse de manera tal que quede bien definido:

- ⇒ Lo que es, de lo que consiste y la manera de efectuar un AR,
- ⇒ Las industrias a las cuales se les solicitará y el criterio de selección,
- ⇒ Las metodologías mínimas a seguir para la aplicación de los AR,
- ⇒ Los parámetros o criterios para la selección y aplicación de las técnicas de AR,
- ⇒ Los valores numéricos de probabilidad y frecuencia aceptables para el riesgo de una instalación, a nivel nacional o local,
- ⇒ Los perímetros de afectación aceptables para cada zona donde se encuentre instalada o se pretenda instalar una industria,
- ⇒ Los criterios de evaluación de los AR,
- ⇒ La necesidad de presentación de una responsiva por parte del analista que efectuará el AR,
- ⇒ La existencia de un padrón calificado y confiable de evaluadores (expertos) de estudios de riesgo autorizados para la realización,
- ⇒ La existencia de un padrón calificado y confiable de evaluadores (autoridades) de estudios de riesgo, que califiquen los estudios presentados,
- ⇒ El establecimiento de criterios a seguir para la aceptación o rechazo de los estudios de AR que deberán seguir los evaluadores (autoridades) del riesgo,
- ⇒ El establecimiento de un grupo o comité de cooperación entre empresarios-autoridades y expertos que de seguimiento y apoyo a las acciones emprendidas,
- ⇒ La publicación de los resultados de los AR aplicados a las empresas con el fin de mantener informada a la comunidad,
- ⇒ La necesidad de cooperación de las secretarías de estado correspondientes para la aplicación de las disposiciones de reordenamiento y seguridad derivadas de los AR,

7.4 Conocimiento y Selección de las Técnicas de AR

Como se mencionó en los capítulos 3 y 4, no todas las técnicas de AR son adecuadas para cualquier instalación por lo cual debe de establecerse el criterio de aplicabilidad de las mismas como instrumento de cambio. En el capítulo 3 se trata el tema con mayor profundidad, siendo el proceso de la selección de las técnicas de AR un paso clave para el buen desempeño de los estudios.

7.5 Administración de Riesgos de Proceso

Un estudio de Análisis de Riesgo, si bien representa un avance significativo en las pautas tradicionales de la seguridad industrial, por sí mismo no significa, ni ayuda en nada, si este no forma parte de una política innovadora la cual sea capaz de extraerle los mayores beneficios a estos estudios. Esta política es la llamada administración de riesgos, la cual utilizará los estudios de AR como una herramienta, por medio de la cual podrá identificar los peligros, evaluar los

7. PROPUESTA DE MEJORA A LA SITUACION ACTUAL

riesgos y evaluar las consecuencias de los mismos, para que en base a los resultados se pueda efectuar la toma juiciosa de decisiones, acciones y medidas encaminadas a la administración óptima de los riesgos. Si una empresa o industria realiza un AR sólo para cumplir con el compromiso hacia las autoridades, este estudio no servirá de nada, pues al no darle seguimiento o aplicación a los resultados encontrados la empresa seguirá en iguales condiciones que si se hubiera aplicado o no el estudio.

La administración del riesgo tiene la tarea de analizar, evaluar, y controlar el riesgo con el objeto de asegurar que una industria o actividad riesgosa ha llegado a estar en el mínimo nivel posible de riesgo aceptable de daño hacia la comunidad, el ambiente o las instalaciones mismas. Para cumplir con tal tarea se deben de seguir métodos sistemáticos que permitan el reconocimiento de posibles riesgos, la evaluación de la probabilidad de los eventos peligrosos, el conocimiento de la magnitud de las consecuencias, y la determinación de las medidas apropiadas para la reducción de estos riesgos.

Una compañía debe poner en marcha un sistema de administración que asegure el apropiado proceso de administración de riesgos. Este sistema podría incluir la revisión y aprobación de programas, una guía de aceptabilidad del riesgo, la revisión de las áreas de negociación del riesgo, la pre-adquisición de revisiones del riesgo, y el manejo de riesgos residuales.

Una vez que la corporación ha adoptado las técnicas del proceso de administración del riesgo en la conducción de sus negocios, se obtienen numerosos beneficios como pueden ser la :

- Anticipación y prevención de fallas potenciales dentro de las instalaciones
- Evaluación de las medidas de seguridad existentes
- Planeación efectiva de los procedimientos de respuesta a emergencias

Un programa de administración de riesgos de proceso debe ser capaz de referir el rango completo de peligros asociados con un diverso juego de operaciones. Los componentes de tal programa son :

- ◆ Identificación de peligros*
- ◆ Evaluación del riesgo*
- ◆ Evaluación de consecuencias*
- ◆ Reducción del riesgo
- ◆ Manejo de riesgos residuales
- ◆ Proceso de manejo de emergencias
- ◆ Convencimiento de clientes y proveedores para la adopción de medidas similares de administración del riesgo
- ◆ Selección de negocios con riesgo aceptable

*Etapas que integran un Análisis de Riesgo.

7. PROPUESTA DE MEJORA A LA SITUACION ACTUAL

7.5.1 Identificación de Peligros

La identificación de los peligros es el primer paso en el proceso de administración del riesgo, como se ilustra en la figura 7.1.

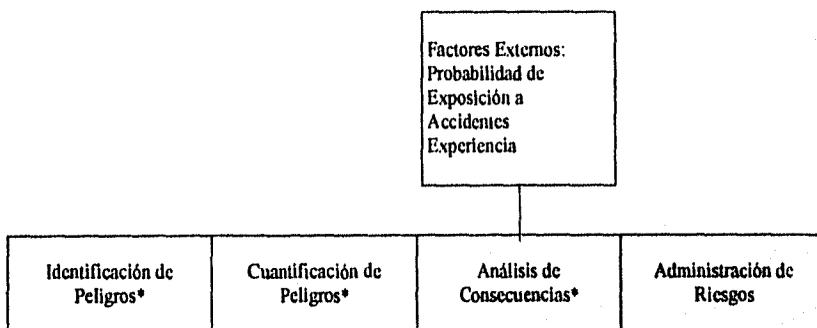


Figura 7.1 Proceso de administración de riesgos. *Etapas que integran un Análisis de Riesgo.

La identificación de peligros es el proceso de determinación de los peligros asociados con las operaciones o el diseño, y de como éstos están operando. La identificación de peligros es obviamente importante, ya que si éstos se reconocen ya se ha ganado la mitad de la batalla.

El papel de la identificación de peligros en la administración de riesgos en operaciones ya existentes es la de establecer la base sobre la cual se construyeron muchos de los otros componentes de la administración.

Si los peligros no son identificados, estos no pueden considerarse en la implementación de un programa de reducción de riesgos, ni en los planes de respuesta a emergencias.

Antes de iniciar una identificación de peligros, uno de los pasos clave es determinar que tipos de consecuencias son de interés para los empleados y/o el público o comunidad. Estas consecuencias podrían ser :

- Liberaciones de materiales peligrosos
- Interrupción de los negocios
- Daño ecológico
- Daño a la propiedad

7. PROPUESTA DE MEJORA A LA SITUACION ACTUAL

El determinar las consecuencias de interés ayuda a definir el alcance de las actividades para la identificación de los peligros, así como a definir el tiempo y el equipo (staff) requerido para determinar el nivel de detalle necesario. Los tipos de consecuencias de interés estarán determinados por los estándares de la compañía, los intereses de la comunidad, las necesidades individuales de las instalaciones tales como la determinación del espacio apropiado para minimizar el daño al equipo, o los requerimientos regulatorios.

Una buena identificación de peligros detectará los peligros significativos, hará una descripción adecuada de estos para las evaluaciones subsecuentes sean estas cualitativas o cuantitativas, y permitirá un juicio serio de cada peligro dentro de una cantidad de tiempo razonable.

La identificación de peligros es una actividad que se debe conducir periódicamente a través de la vida de operación del proceso. La frecuencia de la revisión de los peligros debe ser determinada por el sistema de administración, basándose en factores tales como el reconocimiento de las consecuencias potenciales de los peligros residuales, el tiempo transcurrido desde la última revisión, y los peligros potenciales como resultado de la corrosión, mantenimiento inadecuado, o uso físico.

La frecuencia de la evaluación puede verse influenciada por los accidentes o incidentes que se presenten, los cambios en el proceso, etc.

Una buena identificación no es una cuestión simple, sin embargo. Se vuelve más difícil conforme la tecnología, la profundidad y la escala del proceso se incrementan.

Como se indico de manera general en el capítulo 3, hoy en día existe una serie completa de métodos de identificación de peligros y auditorías de seguridad para resolver estos problemas. Las auditorías de seguridad pueden funcionar como mecanismos de control para confirmar la revisión completa de cada peligro

Se requieren de diferentes métodos para las diferentes etapas de un proyecto. La tabla 7.1 muestra algunas de estas etapas y su correspondiente técnica de identificación de peligros y auditoría de seguridad. La lista es ilustrativa y, una técnica citada en particular para una etapa puede ser aplicable a otra.

7. PROPUESTA DE MEJORA A LA SITUACION ACTUAL

Etapa del proyecto	Técnica de identificación de peligros
Todas las etapas	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de administración y auditorías de seguridad • Listas de verificación • Realimentación de la mano de obra
Investigación y Desarrollo	<ul style="list-style-type: none"> • Protección y análisis para reacciones, sustancias químicas y explosiones. • Planta piloto
Pre - diseño	<ul style="list-style-type: none"> • Indices de peligros • Evaluaciones de seguros • Estudios de peligros (escala general)
Diseño	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación del diseño del proceso • Estudios de peligros de operatibilidad • Análisis de modo de falla y efecto • Arbol de fallas y árbol de eventos • Análisis de peligros • Evaluación de la seguridad
Construcción	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación del diseño, inspección, examen y prueba • Pruebas no destructivas, monitoreo • Auditorías de seguridad de la planta • Planes de emergencia
Operación	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección, pruebas • Pruebas no destructivas, monitoreo • Auditorías de seguridad

Tabla 7.1 Auditorías de seguridad y técnicas de identificación de riesgos apropiadas a las diferentes etapas de un proyecto.

En la organización de un programa de identificación de peligros, es útil incluir personas con un gran conocimiento de las operaciones. Es necesario conjuntar un equipo compuesto de individuos familiarizados con la planta o tecnologías y procesos similares y que tengan experiencia en protección a la salud /seguridad /fuego, en mantenimiento y en operación. La tabla 7.2 muestra una sugerencia para conformar un equipo de Administración de Riesgos.

7. PROPUESTA DE MEJORA A LA SITUACION ACTUAL

7.5.2 Evaluación de riesgo y Evaluación de consecuencias

Después de llevar a cabo la identificación de peligros en operaciones existentes el próximo componente de un programa exitoso de administración de riesgos de proceso es la evaluación e interpretación de los peligros, y posteriormente los peligros que justifiquen una evaluación de sus consecuencias.

Las evaluaciones de peligros se llevan a cabo para analizar los riesgos que pueden tener un impacto tanto sobre la seguridad y la salud, como sobre el ambiente, la comunidad vecina y la continuidad de las operaciones.

Esta actividad vincula la evaluación de las consecuencias de peligros potenciales con su probabilidad de ocurrencia. Estas evaluaciones pueden ser cuantitativas o cualitativas. Si éstas son cualitativas, el objeto de tales estudios es usualmente el establecer una lista que agrupe o priorice los escenarios peligrosos. Si son cuantitativas, se usan para dar una medida del riesgo, con perfiles, contornos y/o niveles individuales del mismo.

Los análisis de riesgo son específicos del sitio en el que se efectúan y deben de tener en cuenta tanto las condiciones meteorológicas de la comunidad en que se encuentra como las de las comunidades vecinas.

El objetivo de tales evaluaciones es determinar la significancia de un peligro dado, priorizar el peligro para una aplicación-costeo efectiva de las medidas de mitigación del riesgo, que ayuden a el desarrollo de medidas de reducción del riesgo, y en la identificación de los riesgos residuales que requieran la atención de la administración.

7.5.3 Reducción del Riesgo

Después de la identificación de peligros y evaluación de riesgos y consecuencias, el sistema de administración debe de considerar la aceptabilidad del riesgo y la necesidad de reducción de los mismos. Algunos ejemplos de medidas de reducción de riesgos potenciales incluyen el incremento de entrenamiento para operadores, sustitución de materiales peligrosos, reducción de inventarios, modificación de las condiciones de proceso, mejoramiento del control de los procesos, incremento de distancias de separación entre equipos, mejoramiento de monitoreo y pruebas, y cambio de materiales de construcción.

Estas medidas reducirán los riesgos de proceso a través de la reducción de la probabilidad de ocurrencia, reducción de las consecuencias de una liberación, o eliminación de algunos riesgos en conjunto.

7. PROPUESTA DE MEJORA A LA SITUACION ACTUAL

Existen dos aproximaciones básicas para evaluar la aceptabilidad del riesgo. La más tradicional es el manejo de políticas, de naturaleza cualitativa que típicamente involucran la implementación de medidas de mitigación del riesgo donde estas se requieran. La segunda aproximación es la cuantitativa e involucra el desarrollo de criterios numéricos para la medida de la aceptabilidad del riesgo. Donde un riesgo en particular se compara con los riesgos inherentes de la vida diaria, como por ejemplo el riesgo de fumar, beber, accidentes automovilísticos, etc.

7.5.4 Manejo de Riesgos Residuales

¡No existe nada con riesgo cero! Además la inversión requerida para llevar el riesgo a niveles cercanos a cero son muy altos. Nada puede ser 100 % seguro- si pensamos en el empaque, equipo, vehículos, proceso, o instalaciones-. El aceptar este axioma nos ayuda a dar el siguiente paso. Una vez que se han tomado las medidas de reducción del riesgo, hay que tomar las correspondientes para el manejo de los riesgos residuales.

La administración de la empresa debe de tener un conocimiento completo de los problemas asociados con el proceso, y las medidas de respuesta para la protección y prevención de los eventos catastróficos. Esta información debe ser parte de la documentación del diseño original y si no se dispone de ella hay que generarla.

El manejo de los riesgos residuales debe incluir revisiones periódicas de identificación de peligros, para asegurar que estos no han sufrido algún incremento en su riesgo que los haga inaceptables.

7.5.5 Administración de riesgos durante emergencias

Un componente importante del proceso de administración del riesgo es el manejo y control de los procesos durante las emergencias. El propósito es controlar todos los procesos "relevantes" (aquellos con registro alto de accidentes o de manejo delicado, etc.) de tal manera que las consecuencias sean minimizadas.

La organización de respuesta a emergencias debe hacerse mucho antes de que estas ocurran. Es decir, hay que estar preparado.

Es recomendable establecer líneas de comunicación, contactos con personas e información apropiadas. Así también serán necesarias acciones de coordinación con las comunidades y agencias externas. El capítulo 6 señala más ampliamente las características de los planes de emergencia.

7.5.6 Fomento para la Adopción de Medidas Similares de Administración de Riesgos

Además de las medidas anteriormente citadas para la administración de riesgos para la propia empresa, debe de dirigirse un programa que involucre la participación de clientes, proveedores y contratistas en la adopción de sistemas similares de administración de riesgos.

Para tal esfuerzo, se encuentran incluidos dentro de estas organizaciones las compañías transportadoras de materias primas, productos materiales, y residuos.

7.5.7 Selección de Negocios con Riesgo Aceptable

Cuando se han analizado los riesgos del proceso, habrá algunas situaciones en las cuales el riesgo es demasiado grande para aceptarlo. En estos casos, las medidas factibles de mitigación del riesgo no son suficientes para lograr un riesgo aceptable. Entonces, lo mejor será abandonar este negocio. Es decir, el riesgo a los empleados, al público y al ambiente no se puede reducir a un nivel que haga al proyecto seguro y económicamente viable.

CAPITULO 8
CONCLUSIONES

8. CONCLUSIONES

Hasta el momento, la carencia de normatividad y de conceptos claros en materia de Análisis de Riesgo no ha permitido el desarrollo y florecimiento de esta herramienta básica para la seguridad y el control de las empresas de alto riesgo.

Este trabajo propone un cambio en la manera de ver los AR por medio de la comprensión de sus paradigmas de aplicación.

Está dirigida a los representantes del gobierno, la industria, y la sociedad con el objetivo de lograr entre dichas partes un criterio unificado que concilie y homogenice el concepto de análisis de riesgo. Posterior a este paso se podrá desarrollar e implementar un programa de administración de riesgos dentro de la legislación nacional que pueda garantizar la seguridad de las actividades de alto riesgo en el país.

Los puntos clave de mejora que se ofrecen en la propuesta de este trabajo son:

1. El establecimiento claro y homogéneo del concepto de AR, el cual incluya las tres etapas que lo conforman: la identificación de peligros, la evaluación del riesgo, y el análisis de consecuencias.
2. La solicitud de los estudios de AR, sustentados en la ley de manera clara y concisa de acuerdo a las características descritas en el capítulo 7.
3. El establecimiento de un criterio de aplicabilidad de las diferentes técnicas de AR.
4. La incorporación de un sistema de administración de riesgos dentro de las empresas que ayude al manejo y control de los riesgos tanto para la misma empresa como para las autoridades regulatorias.

La situación actual de los análisis de riesgo carece de uniformidad, lo que provoca confusiones y deficiencias en su aplicación. La alternativa de cambio se dirige hacia la modificación legislativa para conformar un criterio **uniforme** de aplicación nacional.

El análisis de riesgos es un proceso integral que consiste en identificar los peligros, evaluar la frecuencia, probabilidad, y consecuencias de los mismos para un proceso determinado. Sirve para mantener un control de estos peligros lo cual permitirá una planeación adecuada de las medidas necesarias para evitar daños a la comunidad, al ambiente, y a la misma empresa.

8. CONCLUSIONES

Entre las ventajas que tendrían las empresas al realizar análisis de riesgo se encuentran: 1) el ir más allá de lo que la legislación ambiental solicita hoy en día, lo cual repercute en la imagen de la empresa; 2) conocer los procesos peligrosos y evitar, prevenir o minimizar sus efectos destructivos; 3) conocer las fallas de los procesos de la empresa y elevar su

productividad; 4) realizar inversiones en prevención y no en pagos correctivos; 5) mantener comunicación estrecha con las autoridades y las comunidades; 6) distinguirse como una empresa de lucha activa por la seguridad y la ecología; 7) contar con altos estándares de control, seguridad, y confianza.

Para las autoridades, las ventajas de legislar adecuadamente los análisis de riesgo serían: 1) mantener un control de las sustancias y los procesos riesgosos realizados en el país; 2) poder registrar las zonas de alto riesgo; 3) evitar asentamientos humanos o bien de empresas no compatibles; 4) elevar la imagen de competencia que se tiene de la autoridad; 5) poder trabajar en colaboración con las empresas, protección civil, y comunidad para lograr planes efectivos de prevención de accidentes; 6) llevar un control más completo de manera sencilla sobre las actividades consideradas como riesgosas.

Para aplicar un análisis de riesgos se requiere un convencimiento pleno de las ventajas que los mismos ofrecen para contar con el apoyo de las partes involucradas. Los recursos financieros necesarios, estarán en función de las instalaciones analizadas, es decir de su complejidad y dimensiones.

Los análisis de riesgo como parte de un proceso de administración de riesgos es una inversión redituable, ya que asegura la preservación de la integridad física del personal, la continuidad de los procesos, la protección de las comunidades, la conservación del ambiente, y el reforzamiento de la imagen y el prestigio como empresa activa en seguridad.

El llamado para que se promueva la implementación de las cuatro propuestas clave, no sólo se dirige hacia las autoridades sino también a los empresarios, a la sociedad y al cuerpo técnico, para de ésta manera sea posible lograr avances en los ámbitos involucrados, el social el técnico y el jurídico, ya que sólo de esta manera los beneficios serán reales y podrán redituar de manera íntegra al principal interés, nuestro país, México.

CAPITULO 9
REFERENCIAS

9. REFERENCIAS

Guidelines for Technical Management of Chemical Process Safety, AICHE / CCPS, 1989.

Process Safety Management, Trad. Renán Alfonso Rojas, Asoc. Americana de Industrias Químicas.

29 CFR CH XVIII (7-1-94) Edition. Occupational Safety and Health Administration.

México. Informe de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente. 1993 - 1994. SEDESOL - INE.

Gaceta ecológica de México. Nueva época, No. 36, Sep. 95. Dr. Exequiel Ezcurra.

Loss Prevention in the Process Industries, Vol. 1. Frank P. Less. Butterworth-Heinemann, Great Britain.

Plan Guidelines for Technical Management of Chemical Process Safety, AICHE / CCPS, 1992.

Evaluate the Consequences of Incidents - Part 2, Roger Mallet, 74 february 1993. Chemical Engineering Progress.

The use of Risk Assessment in the Chemical Industries, Raymond A. Freeman, Plant / Operation Progress, (Vol. 4, No.2) April, 1985. p. 85 - 89.

La industria Petrolera ante la Regulación Jurídico-Ecológica en México. J.M. Barret, S.V. Gleason, H. Celis, G. Sánchez, A. Jiménez, A. Osorio y M. del C. Carmona. UNAM - PEMEX, México, 1992.

Análisis y Reducción de Riesgos en la Industria Química. Santamaría Ramiro y Braña Aisa. Editorial MAPFRE, España 1994.

Memoria: 1er Ciclo de Conferencias sobre Prevención de Desastres. Sistema Nacional de Protección Civil, Secretaría de Gobernación. México, julio 1989.

Prevención y Preparación de la Respuesta en caso de Accidente Químico en México y en el Mundo. SEDESOL / INE. México, 1994.

Nomenclature for Hazard and Risk Assessment in the Process Industries. D.A. Jones, HSE. Institution of Chemical Engineers. Second Ed. U.K. 1992.

Chemical Reaction Hazards. Institution of Chemical Engineers, UK 1993.

Diario Oficial de las Comunidades Europeas Reglamento (CE) N° 1488/94, 1836/96, 1179/94, 793/93. Bruselas, Bélgica.

Desarrollo de un libro de Proyecto, como guía al estudiante de Ingeniería Química. López García Vicente. Tesis UNAM, 1995.

Implementación de un proceso para conducir una Auditoría Ambiental en Instalaciones Industriales. Jiménez Santiago Rosa. Tesis Universidad La Salle, 1995.

El Análisis de Riesgo en Plantas Petroquímicas. Ing. Manuel de Jesús Chaves Guerra. Tecnoquimia, IMIQ. Ene-Feb 94.

Real Decreto 886/1988. España. 5 de agosto 1988.

Evaluate the consequences of Incidents. Roger Mallet. Chemical Engineering Progress. Feb1993.