

48



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

"MAPA DE RIESGOS POR PRODUCTOS QUIMICOS EN EL D.F."

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERA QUIMICA
P R E S E N T A :
ROSARIO DE LOURDES FERNANDEZ MATUS



286663

MEXICO, D. F.

EXAMENADO Y APROBADO POR:
FACULTAD DE QUIMICA

2000



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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

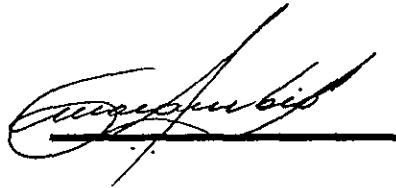
Presidente	I.Q.	RAMON ARNAUD HUERTA
Vocal	I.Q.	CARLOS GALDEANO BIENZOBAS
Secretario	M.C.	EDUARDO MARAMBIO DENNETT
1er. Suplente	I.Q.	RODOLFO TORRES BARRERA
2º. Suplente	I.Q.	JESUS ARTURO BUTRON SILVA

Sitio donde se desarrollo el tema:

COORDINACION DE SEGURIDAD, PREVENCIÓN DE RIESGOS Y
PROTECCIÓN CIVIL
FACULTA DE QUÍMICA, UNAM

Asesor del tema:

M.C. EDUARDO MARAMBIO DENNETT



Sustentante:

ROSARIO DE LOURDES FERNANDEZ MATUS



AGRADECIMIENTOS

"Y AHORA PERMANECEN, LA FE, LA ESPERANZA Y EL AMOR, ESTOS TRES; PERO EL MAYOR DE ELLOS ES EL AMOR"
I COR 13:13

A MI PAPI, GRACIAS POR TU AMOR, POR TUS ENSEÑANZAS, POR QUE SIEMPRE HAS ESTADO A MI LADO Y NO ME HAS DEJADO CAER. POR QUE CONTIGO APRENDÍ QUE SI ME ESFUERZO LO SUFICIENTE, NO EXISTEN IMPOSIBLES. TE AMO.

A MI MAMI, GRACIAS POR QUE ME HAS ENSEÑADO A SUPERARME DÍA TRAS DÍA, POR TU EJEMPLO, POR SER LA MEJOR DEL MUNDO, POR TU AMOR INFINITO, POR TU FE EN MI, POR QUE SIN TI Y TU APOYO, YO NO HUBIERA LOGRADO MIS OBJETIVOS. TE AMO.

ALFONSO: TE AMO. GRACIAS POR TU TIEMPO, POR TU AMOR, POR TU APOYO INCONDICIONAL, POR TU PACIENCIA, POR TODO. YO TAMBIÉN ESTOY MUY ORGULLOSA DE TI. SOY FELIZ POR QUE JUNTO A TI, APRENDÍ A SERLO. TQUCY2M. TÚ ESPOSITA.

A ALFONSO Y LAURITA: ESTE TRIUNFO ES POR Y PARA USTEDES, SON LO MÁS IMPORTANTE EN MI VIDA, QUIERO QUE SEPAN QUE TODO LO QUE SE PROPONGAN, LO PODRÁN LOGRAR; YO CREO EN USTEDES Y SÉ QUE SON LOS MÁS INTELIGENTES Y MÁS MARAVILLOSOS NIÑOS DE TODO EL MUNDO. SON LA BENDICIÓN MÁS HERMOSA QUE HE RECIBIDO. LES PIDO PERDÓN POR EL TIEMPO QUE DEJAMOS DE JUGAR JUNTOS, LES AGRADEZCO TODO SU AMOR, ABRAZOS, SONRISAS Y BESOS. LOS AMO MUCHO: MAMI.

ALEJANDRITO, TODA LA VIDA ESTARÁS SIEMPRE DENTRO DE MI. TE AMO.

A MIS PRIMOS Y TÍOS, GRACIAS POR SU AMOR. ESPECIALMENTE A MIS TÍAS SOFÍA Y ROSARIO.

A LA MEMORIA DE MI MADRINA ISABEL, MI TÍA NOEMÍ Y MI TÍO JOSÉ.

JEFE: GRACIAS POR SU APOYO INCONDICIONAL, POR SU PACIENCIA, POR CREER EN MI, ES USTED UN EJEMPLO EN MI VIDA. LO ADMIRO Y RESPETO MUCHO.

A MIS AMIGOTES, KATIA, SALUD, CARLOS Y ESTEBAN, USTEDES 4 SON ESTUPENDOS, GRACIAS, LE HAN DADO UN SENTIDO DIFERENTE A LA PALABRA AMISTAD.

AL INGENIERO MENDOZA, LA PRIMERA PERSONA QUE CREYÓ EN MÍ, GRACIAS POR TODO SU APOYO. A TODO EL PERSONAL DE LA SECRETARIA DE ATENCIÓN DE ALUMNOS. GRACIAS.

A LA FACULTAD DE QUÍMICA, MI SEGUNDA CASA. A LA UNIVERSIDAD, POR BRINDARME ESTA OPORTUNIDAD. A MIS PROFESORES, POR SUS ENSEÑANZAS.

GRACIAS A LA DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL DEL D.F. AL ING. LUIS WINTERGERST Y AL ING. JACINTO MORALES, QUE HICIERON POSIBLE ESTA TESIS.

"POR QUE SIEMPRE HAS ESTADO A MI LADO, POR QUE EN LO ADVERSO Y LO PROFUNDO DE LA OSCURIDAD ME GUIASTE HACIA LA LUZ, POR QUE ME HAS AMADO DE TAL MANERA QUE DISTE LA VIDA POR MÍ, POR QUE CON TODOS MIS DEFECTOS Y A PESAR DE MIS GRANDES ERRORES, NO HAS DEJADO QUE MI MANO SE ALEJE DE TI." GRACIAS JESÚS.

A TI MI DIOS, GRACIAS, SIN TI NADA SERÍA IGUAL. TE AMO.

INDICE	PÁGINA
INTRODUCCIÓN	1
1. ESTIMACIÓN Y MANEJO DE RIESGOS	4
1.1 Tabla de accidentes mayores en el ámbito mundial	5
1.2 Definiciones	7
1.3 Estimación y manejo del riesgo	10
1.4 Tolerabilidad de un riesgo	12
1.5 Análisis de riesgo y el desarrollo de un proyecto	15
1.6 Estimación del riesgo	18
1.7 Diagrama de riesgo	21
1.8 Evaluación de peligros	22
1.9 Métodos de evaluación de peligros	23
1.10 Evaluación de consecuencias	29
1.11 Tipos de consecuencias	33
1.12 Modelados de emisiones al ambiente (aire)	38
1.13 Efecto dominó	40
1.14 Análisis de costos de un accidente	42
1.15 Manejo de una accidente	46
2. BASE DE DATOS DATGEN	48
2.1 Programa de prevención de accidentes	51
2.2 Acuerdos que expiden el listado de actividades altamente riesgosas	53
2.3 Giros industriales y sustancias relacionadas con accidentes	54

2.4	Mapa de riesgos de Protección Civil del D.F.	58
2.5	Base de datos DATGEN	59
2.6	Criterio de selección de empresas	62
2.7	Criterios para la determinación del peor escenario	69
3.	Programa de simulación ARCHIE	71
3.1	¿Qué es ARCHIE?	72
3.2	Limitaciones de ARCHIE	73
3.3	Diagrama sugerido para modelar	75
3.4	Modelos de simulación, que se requiere y que proporcionan	77
3.5	Subprogramas de ayuda	86
3.6	Ejemplos de la simulación con ARCHIE	87
	RESULTADOS	96
	Simbología planos	100
	Planos delegacionales	101
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	117
	BIBLIOGRAFÍA	119

INTRODUCCIÓN

La industria química, que se dedica a la transformación de materias primas en productos que proporcionen un beneficio al ser humano; ha crecido a pasos agigantados desde la revolución industrial, desarrollando nuevos productos y beneficiando la economía de los países en los que se ubica. Sin embargo, durante su evolución se han presentado una serie de accidentes que han causado daños económicos, y/o pérdidas humanas, afectando a la empresa, a la comunidad y al ambiente en el que se encuentra ubicada.

Estos accidentes al ser analizados permiten evitar nuevos accidentes y desarrollar metodologías de prevención de accidentes y minimización de consecuencias, ahora conocidas como programas de estimación y manejo de riesgo, programas de prevención de accidentes y programas para el manejo de residuos peligrosos.

En la ciudad de México existen alrededor de 400 empresas que manejan sustancias peligrosas (revista de Higiene y Seguridad, febrero 1997), cualquiera de ellas en algún momento podría presentar un accidente de consecuencias mayores, es por eso, que la Dirección General de Protección Civil del D.F. a cargo del Ing. Luis Wintengerts, se interesó en crear un mapa de riesgos por productos químicos en el D.F. con el objeto de señalar una zona de probable afectación en caso de un accidente mayor.

La Coordinación de Seguridad, Prevención de Riesgos y Protección Civil de la Facultad de Química se coordinó con el Ing. Jacinto Morales del Área de Físicoquímica de Protección Civil, para formar dicho mapa, de esta manera se originó la presente tesis.

El objetivo fundamental de la tesis, es crear un mapa de riesgos por productos químicos para el D.F. donde se encuentren señaladas las posibles áreas de afectación en caso de un accidente mayor, basándose en los resultados de una simulación a las condiciones de la Ciudad de México.

Este mapa al integrarse al mapa de riesgos que tiene Protección Civil, permitirá evaluar otros peligros potenciales a la población, y determinar cuáles son los lugares idóneos para

la colocación de albergues, la ubicación de los centros de atención de emergencias más cercanos, las rutas alternativas, las áreas de evacuación, etc.

Los datos de las empresas, requeridos para la simulación, son proporcionados a Protección Civil por la Secretaria del Medio Ambiente del D.F. a cargo del Ing. Encinas. La base de datos se conoce como DATGEN, y fue creada en el Instituto Nacional de Ecología con datos obtenidos de las empresas en 1994. Esta base de datos al momento de iniciar la tesis se encuentra en actualización.

Para el presente trabajo se considera que ARCHIE es un simulador adecuado, pues maneja los modelos básicos de dispersión de nubes, los cuales son el gaussiano y el de gas pesado, que se adecuan a las sustancias manejadas. Es un programa recomendado por EPA-USA, existen otros programas que también pudieron haber sido utilizados, como el ALOHA y el SCRI, éste último fue desarrollado por ingenieros mexicanos, y también es reconocido internacionalmente. Todos estos programas dan resultados similares, si se toman en cuenta las consideraciones que cada uno de ellos recomienda.

La tesis está formada por tres capítulos, resultados y conclusiones. El primer capítulo "Estimación y manejo de riesgos" es una introducción a un programa de manejo y estimación riesgos; con el objeto de dar las herramientas necesarias para iniciar una simulación y manejo de datos, así como, fomentar el desarrollo de la cultura de la seguridad industrial con un enfoque preventivo. Por lo que es necesario conocer la manera adecuada de determinar un peligro, de evaluar sus posibles consecuencias y así, conocer el riesgo existente; pudiendo prevenir un accidente al desarrollar un manejo adecuado del riesgo, lo cual implica aplicar medidas para disminuir el riesgo, ya sea realizando modificaciones al proceso o aumentando las medidas de protección personal.

Para una correcta evaluación de un peligro se seleccionará la técnica adecuada, tomando en cuenta los recursos económicos, materiales y humanos con los que se cuenta, el tiempo requerido para entregar los resultados y principalmente cuales son los objetivos de realizar dicha evaluación. Evaluar las posibles consecuencias de un peligro implica elegir el mejor método de simulación, esto involucra conocer el escenario a simular, las sustancias involucradas, sus propiedades y que ecuaciones determinan su

comportamiento físico-químico. El paquete debe simular lo mejor posible las condiciones reales. Es importante determinar cual será el evento más probable y cual sería el riesgo mayor, antes de realizar la simulación. De lo contrario podrían no lograrse los objetivos del estudio. Un paquete de simulación proporcionará tan buenos resultados como fidedignos sean los datos introducidos, y la experiencia de la persona que realiza la simulación.

En el segundo capítulo "Base de datos, DATGEN", se habla de los esfuerzos que se han realizado para minimizar los accidentes y sus consecuencias en nuestro país, y de la base de datos con la que se trabaja en esta tesis, que es uno de estos esfuerzos. También se dan las bases para la selección de las sustancias contenidas en DATGEN, que se habrán de simular y la manera en la que se seleccionó el peor escenario.

En el tercer capítulo "Programa de simulación, ARCHIE", se explica porque se aceptó ARCHIE como programa de simulación, sus limitaciones y beneficios, y la manera en la que se puede trabajar con el programa para obtener resultados creíbles. También se mencionan los modelos con los que el programa trabaja, que datos requiere y que datos proporciona. Se incluye la dirección en la cual el programa se puede obtener gratuitamente, si se desea trabajar con él.

El mapa formado es un primer paso que requiere actualizarse constantemente e integrarse a los diferentes mapas de riesgo existentes en el D.F.

Con el presente trabajo lo que se espera lograr es dar un enfoque diferente a la prevención del riesgo que involucra manejar sustancias químico peligrosas.

CAPITULO I

ESTIMACIÓN Y MANEJO DEL RIESGO

Para poder realizar el mapa de riesgo y hacer de él una herramienta útil para la prevención de accidentes, dentro de un programa de manejo del riesgo que tiene la Dirección General de Protección Civil. Es importante conocer las partes que integran a uno de estos programas, como se realizan y que nos proporcionan. Es por ello que en este capítulo se da una explicación general de lo que implican estos programas y como se podrían llevar a cabo.

Un programa de manejo y estimación de riesgos, se implementa en la gerencia de la empresa y es una filosofía y forma de actuar en pro de la seguridad integral de la empresa y de las personas que laboran en ella.

Los accidentes dependen, en gran medida, de la presión, temperatura y volumen a la cual se almacenan las sustancias peligrosas; aunadas a fallas en las condiciones de operación, mantenimiento de los equipos, sistemas de control, seguridad, capacitación; cuyo origen, por lo general son deficiencias en el sistema de administración de la empresa.

La importancia de los programas de manejo y estimación de riesgos se hace evidente cuando se presenta un accidente, el estudio de ellos ha permitido mejorar e implementar nuevas formas de llevar a cabo estos programas; para comprender esta importancia se hace una breve compilación de los accidentes considerados como graves en el ámbito mundial.

		1.1 ACCIDENTES CONSIDERADOS COMO MAYORES EN EL ÁMBITO MUNDIAL		CONSECUENCIAS
AÑO	FECHA	LUGAR	EVENTO	
1913	MARZO 7	BALTIMORRE, MARYLAND	EXPLOSIÓN DE DINAMITA	55 MUERTES
	OCTUBRE 4	NEW JERSEY	EXPLOSIÓN DE UNA PLANTA DE RECUBRIMIENTOS	64 MUERTES
1940	SEPTIEMBRE 12	KERIL, NEW JERSEY	EXPLOSIÓN EN HERCULES POWDER	55 MUERTES
1956	AGOSTO 7	CALI, COLOMBIA	EXPLOTA CAMIÓN CON DINAMITA	1100 MUERTES
1963	MARZO 9	SOUTHAFRICA	EXPLOTA PLANTA DE DINAMITA	45 MUERTES
1974	JUNIO 1	FLIXBOROUGH, REINO UNIDO	FUGA MASIVA EN UN DUCTO DE 20 PULGADAS DE DIAMETRO QUE ALIMENTABA CICLOHEXANO A UN REACTOR DE OXIDACIÓN, PROVOCA UNA NUBE DE GASES QUE SE EXPANDIÓ A OTRAS ÁREAS DE LA PLANTA PRODUCTORA DE CAPROLACTAMA, LA CUAL SE INCENDIÓ LAS ONDAS DE PRESIÓN GENERADAS POR LA EXPLOSIÓN Y EL INCENDIO CONSECUENTE CONTRIBUYERON A LA PERDIDA DE 433.000 GAL DE LIQUIDOS INFLAMABLES, DESTRUYENDO GRAN PARTE DE LA PLANTA. LOS DAÑOS SE EXTENDIERON FUERA DEL ESTABLECIMIENTO ABARCANDO UNA ÁREA DE 12.8KM, INCLUYENDO 2.488 CASAS, NEGOCIOS Y FABRICAS.	

ESTIMACIÓN Y MANEJO DEL RIESGO

	JULIO	SEVESO, ITALIA	ACCIDENTE EN PLANTA DE HERBICIDAS PROVOCA NUBE TOXICA QUE CONTAMINA SUELO Y CULTIVOS AGRICOLAS.	700 EVACUADOS, 500 INTOXICADOS, ANIMALES SACRIFICADOS, CULTIVOS PERDIDOS; PERDIDAS MATERIALES 72 MILLONES DE DOLARES
1984	DICIEMBRE 20	BHOPAL, INDIA	40 TON DE METILISOCIANATO AL FUGARSE FORMAN UNA NUBE TÓXICA	2,500 MUERTES, 250,000 LESIONADOS, 3 MIL MILLONES DE DOLARES EN PERDIDAS ECONOMICAS
	NOVIEMBRE	SAN JUA MEXICO	RUPTURA DE GAS LPG E INCENDIO	650 MUERTES, 2700 HERIDOS, 20 MILLONES DE DOLARES EN PERDIDAS DE EQUIPO, 5 BLEVES MASIVOS, INCENDIOS SECUNDARIOS Y EXPLOSIONES
1989	OCTUBRE	PASADENA, TEXAS, E.U.A.	FUGA DE ETILENOISOBUTANO EN PLANTA PETROQUIMICA	23 MUERTES, 132 HERIDOS, MAS DE 700 MILLES DE DOLARES EN PERDIDAS.
1992	ABRIL	GUADALAJARA, MEXICO	FUGA DE HEXANO Y GASOLINA QUE EXPLOTO EN SISTEMA DE DRENAJE	MAS DE 100 MUERTES, CIENTOS DE HERIDOS Y PERDIDAS ECONOMICAS NO CALCULADAS. 8 KILÓMETROS DE DUCTOS DE 5 METROS DE DIÁMETRO DESTRUIDOS.

1.2 DEFINICIONES

El hablar sobre el riesgo que representa un producto químico, implica definir algunos de los términos más comúnmente usados.

Accidente. Es cualquier evento no deseado que causa un daño material o humano.

Un accidente o fuga se considera como mayor cuando se presentan una o más de las siguientes circunstancias:

1. Una o más muertes.
2. Hospitalización de 3 o más personas.
3. Daños en propiedades, estimados en 5 000 000 pesos M.N. o más.
4. Una afectación seria a la salud o seguridad de un trabajador, a la salud pública, propiedad o ambiente.
5. Gran área de afectación y/o evacuación masiva, cerca de rutas de transporte importantes, contaminación ambiental y daño a animales domésticos o salvajes.
6. Gran inquietud pública.
7. Cualquier liberación de una sustancia peligrosa, en la cual, la cantidad total liberada sea mayor a la que se haya fijado como umbral o límite.
8. Cualquier fuego mayor cuya radiación térmica sea igual o mayor de 5kw/m^2 por varios segundos.
9. Cualquier explosión de vapor o gas que ocasione ondas de sobrepresión igual o mayores de 1lb/in^2 .
10. Cualquier explosión de una sustancia reactiva o explosiva que pueda afectar a edificios o plantas al dañarlos o volverlos inoperantes por un tiempo.
11. Cualquier liberación de sustancias tóxicas, en las que la cantidad liberada alcance una concentración igual o mayor al IDLH (Inmediatamente peligroso para la salud y vida – *Inmediately Dangerous to Life and Health*) en áreas aledañas.
12. En el caso de transporte, derrame o fuga de cantidades considerables de materiales peligrosos que puedan causar una afectación severa a la salud de la población o al ambiente.

Incidente. Evento no deseado que podría causar algún daño.

Técnica. Metodología previamente desarrollada.

Consecuencia. El resultado de un evento.

Peligro. Situación potencial inherente a cada objeto o persona que puede o no causar un daño material o físico.

Riesgo. Es el producto de la probabilidad de que ocurra un suceso por la magnitud de sus consecuencias. $R = P \times C$

Proceso. Conjunto de actividades físicas o químicas relativas a la producción, obtención, acondicionamiento, envasado, manejo, y embalado de productos intermedios o finales.

Substancia peligrosa. Es todo aquel elemento, compuesto o material o mezcla de ellos que independientemente de su estado físico, represente un riesgo potencial para la salud, el ambiente, la seguridad de los usuarios y la propiedad de terceros; también se consideran bajo esta definición los agentes biológicos causantes de enfermedades.

Material peligroso. Son aquellas sustancias peligrosas, sus remanentes, sus envases, embalajes y demás componentes que conforman la carga que será transportada por las unidades.

El área de **Seguridad e Higiene en el trabajo** involucra los procedimientos, técnicas y elementos que se aplican en los centros de trabajo, para el reconocimiento, evaluación y control de los agentes nocivos que intervienen en los procesos y actividades de trabajo con el objeto de establecer medidas y acciones para la prevención de accidentes y/o enfermedades de trabajo, a fin de conservar la vida, salud e integridad física de los trabajadores, así como de evitar cualquier posible deterioro al propio centro de trabajo.

Para poder clasificar a un **producto químico o residuo** como **peligroso** nos basamos en la norma NOM-052-ECOL-1993. Que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

En la norma se establece el código **CRETIB**, código de clasificación de las características que contienen los residuos peligrosos y su nombre está formado por la iniciales de: Corrosivo, Reactivo, Explosivo, Tóxico, Inflamable y Biológico infeccioso.

CODIGO CRETIB (relativo a explosividad, inflamabilidad y toxicidad)

Un material se considera peligroso por su **EXPLOSIVIDAD** cuando presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

- Tiene una constante de explosividad igual o mayor a la del dinitrobenceno.
- Es capaz de producir una reacción o descomposición detonante o explosiva a 25°C y a 1.03 kg/cm² de presión.

Un material se considera peligroso por su **TOXICIDAD** al ambiente cuando presenta la siguiente propiedad:

- Cuando se somete a la prueba de extracción para toxicidad conforme a la norma oficial mexicana NOM-CRP-002-ECOL/1993, el lixiviado de la muestra representativa que contenga cualquiera de los constituyentes listados en las tablas 5, 6 y 7 (anexo 5) DE LA NOM-052-ECOL-1993, en concentraciones mayores a los límites señalados en dichas tablas.

Un material se considera peligroso por su **INFLAMABILIDAD** cuando presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

- En disolución acuosa contiene más de 24% de alcohol en volumen.
- Es líquido y tiene un punto de inflamación inferior a 60°C.
- No es líquido pero es capaz de provocar fuego por fricción, absorción de humedad o cambios químicos espontáneos (a 25°C y a 1.03 kg/cm²).
- Se trata de gases comprimidos inflamables o agentes oxidantes que estimulan la combustión.

La **mezcla** de un residuo peligroso conforme a esta norma con un residuo no peligroso será considerada residuo peligroso.

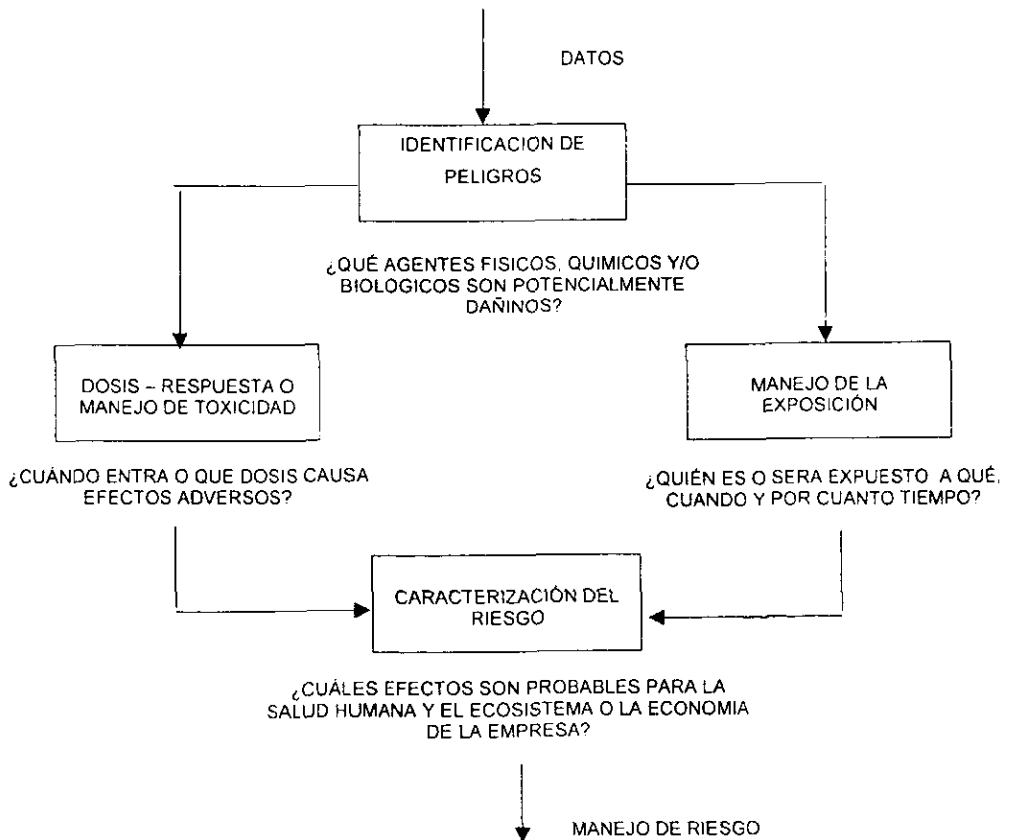
1.3 PROGRAMA DE ESTIMACIÓN Y MANEJO DEL RIESGO

Un programa de estimación y manejo de riesgo esta formado por 3 fases: búsqueda y recolección de datos, estimación de riesgo y manejo de riesgo. Este proceso se basa en la guía de U.S. National Academy of Sciences/ U.S. National Research Council (NAS/NRC), que fue adoptado por EPA (Environmental Protection Agency).

1. **Búsqueda y recolección de datos.** Los cuales se pueden obtener de diversos medios: SEMARNAP (Secretaria del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca) y las secretarias relacionadas, estudios de exposición ocupacional de los trabajadores o exposición de la comunidad (estudios epidemiológicos), investigación en las universidades, incluyendo estudios con animales, archivos médicos o clínicos y datos toxicológicos, también se puede obtener información a través de los servicios on-line network.
2. **Estimación de riesgo.** El cual esta formado por:
 - Programa de estimación de peligros. Identifica y analiza los efectos potenciales si sucede el peor de los casos en un accidente y las alternativas de escenarios para las sustancias reguladas (consideradas como peligrosas, NOM-052-ECOL-1993. Incluye la historia de accidentes relacionados con estas sustancias hasta 5 años atrás).
 - Programa de estimación de consecuencias. Una vez detectados los peligros potenciales, estima sus efectos en caso de fuga accidental utilizando ecuaciones especificas o programas de simulación.
 - Evaluación del riesgo. Cuando se han identificado los peligros y se conoce la magnitud y frecuencia con la que se pueden presentar, se procede a determinar el grado de riesgo para la empresa.
3. **Manejo de riesgo.** Su objetivo es controlar y minimizar el riesgo a la salud, al ambiente y económicos. Considera la localización de recursos, el costo-beneficio de los resultados de los análisis ya realizados, la aceptabilidad del riesgo y otros juicios valiosos como lo es, la comunicación de los resultados del estudio a las partes interesadas, entre ellas a la comunidad. Esta formado por:

- **Programa de prevención.** Integra la tecnología y practicas de manejo de estas sustancias.
- **Plan de respuesta de emergencias.** Para mitigar el impacto potencial de cualquier fuga accidental
- **Sistema de manejo.** Para implementar y verificar un completo programa de manejo de riesgo.

La estimación y manejo de riesgo es un proceso formado por pasos múltiples que podemos representar por medio de un diagrama.



1.4 TOLERABILIDAD DE UN RIESGO

En el manejo del riesgo es importante determinar su tolerabilidad, lo cual implica preguntarse: ¿puede la empresa tolerar este nivel de riesgo? Un criterio adecuado para saberlo es responder la siguiente pregunta ¿es el diseño de proceso o el sistema de desfogue de emergencia satisfactorio para un evento anormal? En caso de que no lo sea, el riesgo se considera intolerable, por lo cual es necesario minimizarlo. Si se realiza un cambio en el diseño para reducir el riesgo, se pueden crear nuevos escenarios de falla y nuevos riesgos, por lo cual, si se determina realizar los cambios, estos se deben de tratar como parte integral del nuevo proceso y hay que reiniciar la estimación y manejo del riesgo.

Existen varias guías para determinar la tolerabilidad de un riesgo.

- La naturaleza del riesgo o criterio costo beneficio. El riesgo es voluntario o involuntario, es voluntario cuando se obtiene algún beneficio que convenga y que amerite correr el riesgo que origina.
- Que o quienes son afectados por el riesgo.
- La magnitud del daño causado.
- El grado en el cual el riesgo puede ser controlado o reducido.
- Experiencia pasada.
- La cultura y filosofía de la compañía.
- Cuantas fallas simultáneas puede o no tolerar el sistema o proceso.

Es importante determinar la tolerabilidad del riesgo con un costo asociado, ya que todos los diseños de seguridad en el proceso deben de obedecer a un criterio económico. El análisis costo-beneficio puede ser cualitativo o cuantitativo. Un análisis cuantitativo es especialmente útil cuando se han considerado varios sistemas de seguridad.

Si el análisis resuelve que el nivel del riesgo es aceptable y el costo de una opción particular de diseño de seguridad también lo es, los resultados se deben de documentar, en caso contrario será necesario el considerar nuevas alternativas.

A través del proceso de estimación y manejo del riesgo, se pretende responder a preguntas tales como:

- ¿Qué puede fallar en la empresa y provocar un accidente?
- ¿Con qué frecuencia se pueden presentar las fallas?
- En caso de accidente, ¿cuáles serían las consecuencias?
- ¿Qué factores pueden aumentar o disminuir las consecuencias de un accidente?
- ¿Cuál es la magnitud del riesgo?
- ¿Es necesario tomar medidas adicionales o externas para prevenir o controlar el riesgo?
- ¿Qué medidas se toman para controlar los diferentes niveles de riesgo?
- ¿Cómo se puede proteger a la población?
- ¿Cómo participa la comunidad en el proceso de manejo de riesgo?

Aunque la responsabilidad de prevenir los accidentes y reducir el riesgo, es de la empresa, la SEMARNAP (Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca) ha identificado 3 estrategias de prevención:

1. **Incremento de la seguridad en las empresas.** Lo cual implica un manejo seguro de las sustancias peligrosas, dentro y fuera de la empresa (transporte) y por lo tanto muchas veces cambios de diseño, en el volumen de almacenamiento, aislamiento de áreas riesgosas, utilización de transporte adecuado y el desarrollo e implementación de medidas administrativas sobre seguridad e higiene industrial.
2. **Control de los usos de suelo.** Con lo que se evitan asentamientos humanos densos en la vecindad de empresas con actividades riesgosas, y tratando de evitar la cercanía entre empresas que por sus actividades puedan generar un efecto dominó. En esta parte es importante mencionar el esfuerzo que se ha realizado para mantener los usos de suelo en zonas de alto riesgo, ya que esto depende de otras dependencias gubernamentales con las cuales se han llegado a convenios de cooperación. Para las empresas nuevas, se les pide que en la compra de su terreno contemplen una zona de amortiguamiento, así mismo, esto se recomienda a los nuevos parques industriales.

3. **Preparación de la respuesta en caso de accidente.** Esto implica, que los municipios/delegaciones conozcan bien las actividades de alto riesgo que se realizan dentro de ellos, para determinar que infraestructura es necesaria para mitigar las consecuencias de accidentes que sobrepasen el área de la empresa, o bien, que sucedan en la vía pública (transportes). Y en su caso estar preparados para dar o pedir el apoyo necesario de otras dependencias. También incluye la realización de simulacros y continua capacitación del personal que responderá a la emergencia.

Cuando una empresa presenta un riesgo alto de accidentes, es necesario que opere con un alto nivel de seguridad. La dirección de la empresa, se encarga de determinar cuales son las instalaciones con riesgo de accidentes mayores, de llevar a cabo una evaluación del riesgo, de informar a las autoridades de los resultados de la evaluación del riesgo, de implementar planes de emergencia y medidas de seguridad. Todos estos pasos se deben de encontrar presentes desde la concepción del proyecto hasta que termine el tiempo de vida de la planta.

1.5 ANALISIS DE RIESGO Y DESARROLLO DE UN PROYECTO

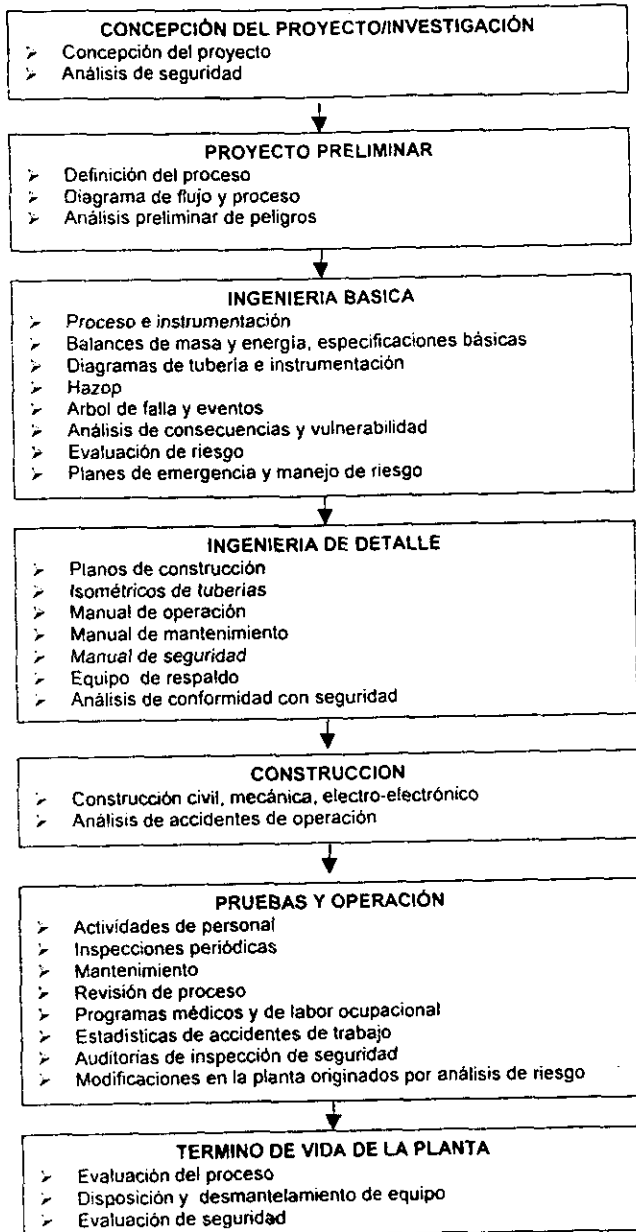
Cuando se decide realizar un proyecto, el análisis de seguridad consiste en una revisión de experiencias previas con el proceso, factores legales y circunstancias de diseño ("Know How", cambios de diseño, cambios en el equipo de diseño y en tiempos), también el conocimiento de las propiedades fisicoquímicas y toxicológicas de las sustancias involucradas, la cinética de las reacciones, reacciones secundarias y los peligros inherentes al proceso.

Durante el proyecto preliminar, se recomienda una identificación inicial de peligros con un "PHA – Preliminary Hazard Analysis" (Análisis Preliminar de Peligros) y los índices "DOW" o "MOND". En la etapa de ingeniería básica se realiza un análisis de peligros y consecuencias, para definir los planes del manejo de riesgo.

Cuando se ha completado un 70% de la ingeniería de detalle, se verifica la implementación de los aspectos de seguridad recomendados en las fases anteriores y en su caso, las modificaciones necesarias, también se completan los planes de emergencia. Durante la construcción, arranque y operación de la planta, se lleva a cabo una revisión continua de las medidas de seguridad e higiene dentro de la planta de acuerdo a la normatividad de la SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes), STPS (Secretaría Del Trabajo y Previsión Social), SEMARNAP (Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca) y SSA (Secretaría de Salubridad y Asistencia).

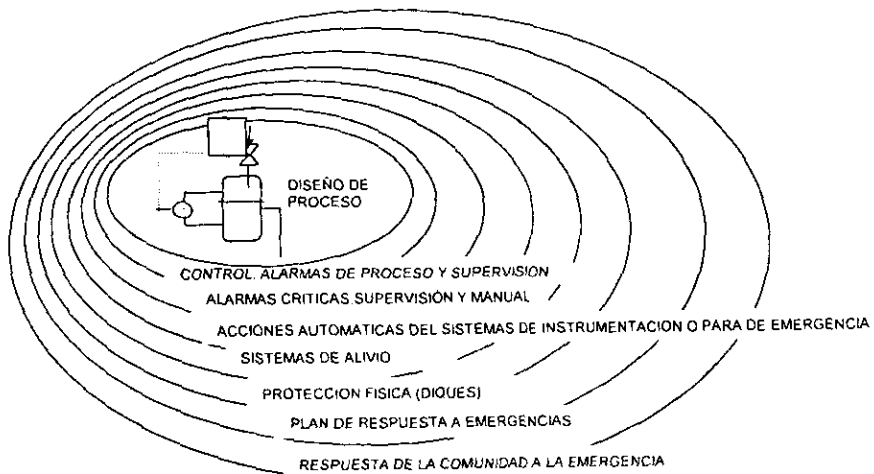
Se recomienda llevar a cabo simulacros para situaciones de emergencia química. Al final de la vida útil de una planta es necesario llevar a cabo un estudio de seguridad, para decidir sobre la disposición del material considerado como peligroso de acuerdo a la NOM-052-ECOL-1993.

DIAGRAMA QUE RELACIONA LAS ETAPAS DEL DESARROLLO DE UN PROYECTO
CON ANÁLISIS DE RIESGO



Existen muchas plantas que fueron diseñadas sin tomar en cuenta la administración del riesgo, por lo cual es necesario implementarla lo mas pronto posible, en este caso se inicia por un análisis preliminar de peligros, para detectar los peligros inminentes y posteriormente se lleva a cabo un estudio de riesgo.

El objetivo es prevenir cualquier impacto a la población, ambiente o equipo, para lo cual es necesario ver si contamos con el modelo de protección adecuado, para una planta química este modelo se puede representar de la siguiente manera:



1.6 ESTIMACIÓN DEL RIESGO

Una análisis de riesgo sólo se puede llevar a cabo cuando se utiliza una metodología sistemática. Su objetivo es evaluar el riesgo y dar una guía para diseñar la reducción de riesgo o si es posible la medida de eliminación de riesgo.

Un sistema de evaluación de riesgo consta de cuatro pasos:

1. Definición de las condiciones seguras
2. Busca las posibles desviaciones
3. Evaluación de riesgo
4. Diseño de las medidas para reducir el riesgo.

La integración de un análisis de riesgo en el diseño de proceso, también en las etapas tempranas del desarrollo, nos da las bases indispensables para lograr un inherente proceso seguro. Así que el análisis de riesgo viene a ser un proceso iterativo que acompaña el desarrollo del proceso.

Al realizar un método de estimación del riesgo, primero se deben definir las metas del estudio. Después de realizar la identificación de peligros, la evaluación de consecuencias, la computación de las probabilidades y la evaluación del riesgo. Es necesario notar que para evaluar diferentes procesos, se requiere de un equipo interdisciplinario de técnicos y/o especialistas.

La estimación del riesgo se realiza sobre un escenario o situación y se pregunta ¿qué puede ir mal, por qué, qué tan malo puede ser y qué podemos hacer al respecto?

Se dice que el riesgo es una función natural del peligro, de la accesibilidad al contacto o exposición potencial, de las características de los receptores, de la manera en que ocurre y la magnitud de la exposición y sus consecuencias. Una vez que el análisis de consecuencias ha sido definido. Se computan las probabilidades de ocurrencias o frecuencias de los accidentes. Métodos estándares como el análisis por árbol de fallas o el árbol de eventos pueden ser usados. La información básica para la computación de probabilidades es la frecuencia de los eventos manejados.

Las evaluaciones de riesgo pueden ser de tres tipos:

1. **Cualitativas.** Se enfocan hacia el peor de los casos, asignan sitios de las plantas o actividades que representan el mayor riesgo. El concepto de la probabilidad de un evento peligroso y las pérdidas potenciales no son reportadas de una forma explícita.
2. **Semicuántitativas.** No es un estudio riguroso. Identifica la probabilidad y pérdidas en términos claros, en términos de orden de magnitud con estimaciones precisas.
3. **Cuantitativas.** Es un recurso intensivo pero da un método explícito para medir la seguridad de los sistemas, en el se desarrolla un completo entendimiento del proceso y genera un plan de seguridad y reducción de riesgo.

Algunas técnicas de análisis de peligros se utilizan dependiendo del tipo de estimación que se desee realizar.

TÉCNICA DE ANÁLISIS	TIPO
Magnitud del riesgo	Cuantitativa
Análisis preliminar del riesgo	Cualitativa
Jerarquización relativa	Cuantitativa
Que pasa si	Cualitativa
Lista de verificación	Cualitativa
Arbol de fallas	Cualitativa Cuantitativa
Arbol de eventos	Cualitativa Cuantitativa
Análisis de modo de falla y eventos	Cualitativa Cuantitativa
Análisis de causa consecuencia	Cualitativa Cuantitativa
Análisis de error humano	Cualitativa Cuantitativa
Hazop	Cualitativa

Se pueden tener diferentes tipos de riesgo:

RIESGO		CONSECUENCIAS
Seguridad	Baja probabilidad, alta consecuencia, accidental	Muertes, heridos pérdida de días de trabajo Daños en propiedad Pérdidas en producción y ventas
Salud	Alta probabilidad, bajas consecuencias, crónico	Incrementa tipos de cáncer Peligros no cancerígenos, efectos en la respiración, neurológicos, reproducción, etc.
Ambiente	Interacciones complejas, latentes por largo tiempo, macro impactos	Efectos sobre especies y diversidad Calidad del hábitat y ecosistema Daños a los recursos naturales
Publicos	Percepciones, valores en propiedad	Restricción del uso de recursos Malos olores, mal aspecto y antiestético
Financieros	Viabilidad financiera, seguros, retorno de inversión	Costo del seguro Viabilidad financiera a corto y largo plazo Franquicias

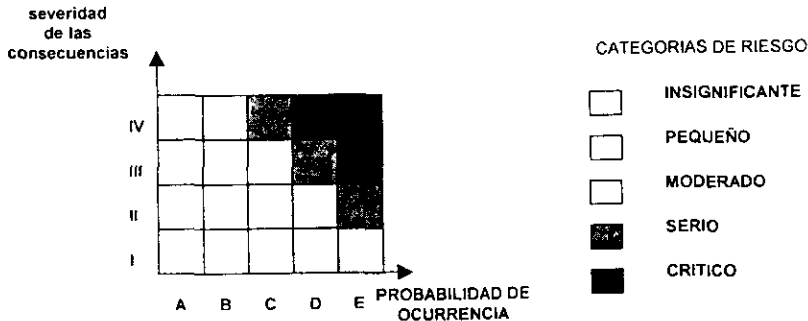
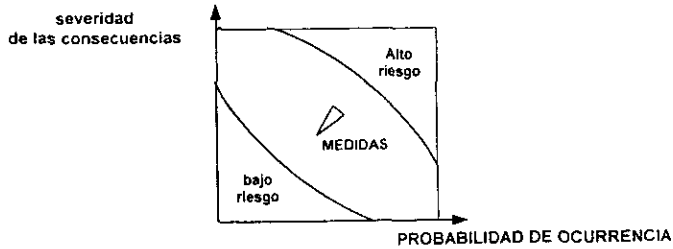
En el manejo de riesgo se deben de:

1. Identificar y cuantificar el riesgo para los diferentes recursos
2. Generar ideas o alternativas para eliminar y mitigar el riesgo
3. Estimar los costos de las diferentes alternativas
4. Estimar los beneficios de evitar las consecuencias
5. Priorización y administración de capital o presupuesto

El proceso de revisión de peligros incluye:

- Identificación de todos lo posibles peligros incluyendo las condiciones inesperadas
- Aplicación y documentación de las técnicas de análisis de peligros
- Presentación de recomendaciones

1.7 DIAGRAMA DE RIESGO



CATEGORIAS DE CONSECUENCIA		CATEGORIAS DE FRECUENCIA		
CATEGORIA DE LA CONSECUENCIA	DESCRIPCIÓN	CATEGORIA	FRECUENCIA DE OCURRENCIA	DESCRIPCIÓN
I. insignificante	No hay degradación mayor en el sistema, daños insignificantes que no representan riesgo	A - muy raro	$F < 10^{-4}$	Ocurrencia teóricamente posible, pero técnicamente improbable
II. marginal	Degradación moderada del sistema, con consecuencias que pueden ser controladas	B - raro	$10^{-3} > f > 10^{-4}$	No se espera que ocurra durante la vida útil de la planta
III. crítica	Se degrada el sistema y los daños causados representan un riesgo inaceptable	C - eventual	$10^{-2} > f > 10^{-3}$	Probablemente ocurra durante la vida útil de la planta
IV. catastrófica	Severa degradación del sistema o ambiente, pérdidas económicas y humanas graves	D - probable	$10^{-1} > f > 10^{-2}$	Se espera que ocurra una vez durante la vida de la planta
		E - frecuente	$F > 10^{-1}$	Es posible que ocurra mas de una vez durante la vida de la planta

1.8 EVALUACIÓN DE PELIGROS

Cuando se hace un análisis de peligros estricto, se deben de responder dos preguntas.

1. ¿Qué tan sensible es el material de proceso a la ignición? y ¿los materiales pueden encontrar este estímulo en el proceso?

Esta pregunta prueba la sensibilidad del material a estímulos como la fricción, impacto, chispas electrostáticas y calor (térmico).

2. ¿Cuál es la peor situación en caso de ignición?

Esta pregunta tiene 3 respuestas, incendio lento, incendio rápido incluyendo explosión y detonación.

Un **análisis de peligros** es un método sistemático de análisis para identificar y evaluar los peligros potenciales asociados con sistemas y procesos.

Debido a que los errores humanos causan la mayoría de los accidentes, estos se deben de incluir en los análisis de peligros. Se estima que el 10% de estos accidentes son causados por estado emocional, salud o negligencia, el resto de los accidentes son causados principalmente por influencias externas como procedimientos deficientes, manejo inefectivo, supervisión inadecuada, poco conocimiento del equipo, ambiente de trabajo e insuficiente personal. Los métodos de análisis de peligros donde se puede incluir para análisis el error humano son "Check list análisis", "What if análisis", "Failures modes and effects análisis", y "Hazop". Los organismos que consideran estos errores humanos son la OSHA (Occupational Safety and Health Act) y la EPA (Environment Protection Agency).

El resultado de un método de estimación de riesgo depende de que tan bien se identifiquen los peligros. Por lo que se resumen brevemente algunos de los métodos de evaluación de peligros (se eligieron estos por ser los más comúnmente usados).

1.9 METODOS DE EVALUACIÓN DE PELIGROS

Magnitud del Riesgo

Es el producto de la probabilidad (P) por la exposición (E) por las consecuencias (C), la asignación de la calificación se da en función de criterios tomados de la experiencia.

La escala de probabilidad, de exposición (contacto o acercamiento al peligro) y de consecuencias (lesiones, daños a la propiedad) se diseña desde el valor menos (que no ocurre, exposición prácticamente nula, consecuencia mínima) al valor mayor (altamente probable, exposición crítica, consecuencias drásticas).

Análisis Preliminar de Peligros – “PHA (Preliminar Hazard Analysis)”

Identifica de forma general y a simple vista los posibles peligros, se utiliza como el primer paso o cuando son muchos los componentes y evento que pueden originar un peligro. Se forma una tabla con los siguientes datos.

POSIBLE ACCIDENTE	SISTEMA EN EL QUE SUCEDE EL EVENTO	PELIGROS	COMPONENTE RELACIONADO CON LA SEGURIDAD
Explosión de vapor	Sistema de almacenamiento	Nube explosiva debido a: <ul style="list-style-type: none"> - falla válvula de seguridad - corrosión del contenedor 	Válvula de seguridad Protección del recipiente contra corrosión

Es un análisis rápido y eficaz en función de los costos e identifica los problemas esenciales. Sus resultados indican que sistemas deben de ser objeto de un análisis más detallado, y cuales no representan un peligro de accidente mayor.

Jerarquización Relativa – Relative Ranking

Técnicas como el Índice Dow de Incendio y Explosión – Dow Fire and Explosión Index (F&E) y el índice Mond – Mond Index (toxicidad), que generan una jerarquización relativa de los riesgos en un proceso. Se utilizan como una guía para asignar puntos de penalización a materiales potencialmente peligrosos, condiciones o procesos que pueden contribuir a un accidente, y otorga puntos crediticios para las medidas de seguridad que

pueden minimizar o mitigar las consecuencias de un accidente. Al combinar ambos tipos de puntos se obtiene un número índice que se utiliza para ubicar el grado de riesgo dentro de una escala.

Lista de Verificación – Check List

Es una lista de las áreas y los problemas que se pueden presentar en ellas y por tanto deben de chequearse. Esta lista recuerda al operador los problemas potenciales del área. Además de ser una técnica de análisis de peligros, se utiliza en la industria como un listado de operación de proceso.

Pueden ser muy detalladas o sencillas. El diseño de ella depende de la intención para la cual se realice. Se utilizan solo para los primeros pasos de identificación de peligros y no para suplir los análisis de peligros mas detallados. Son muy útiles para identificar incorrectas operaciones en el proceso, almacenamiento, sistemas eléctricos y diseños de proceso.

¿Qué Pasa Si? – What If?

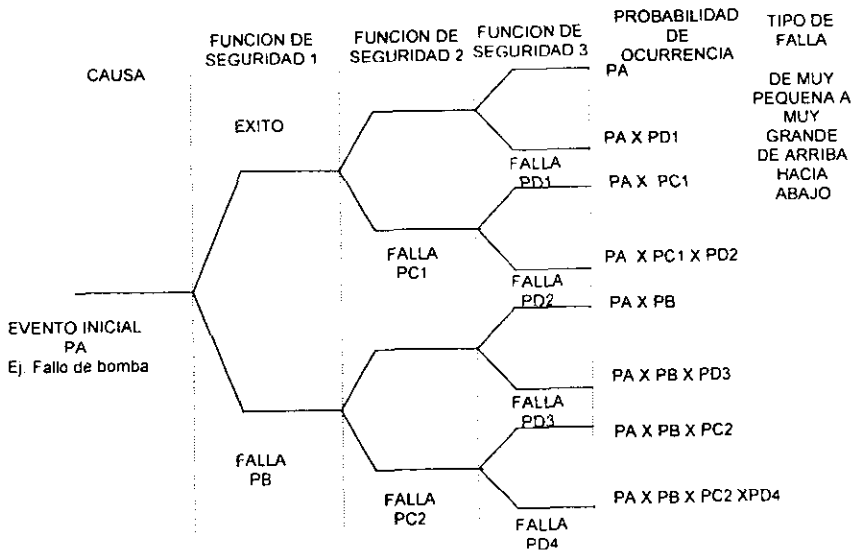
Analiza los procesos, mediante una lluvia de ideas utilizando la pregunta ¿qué pasa si? Analiza a detalle el resultado de eventos inesperados que pueden producir consecuencias adversas. Se presenta con una tabla de resultados con las posibles y creíbles desviaciones, con sus consecuencias y/ o peligros, sistemas de seguridad y recomendaciones.

Arbol de Eventos – ETA (Event Tree Analysis)

Es una ilustración gráfica de sucesos potenciales que puedan dar como resultado fallas en equipos específicos o errores humanos. Considera la respuesta del personal y los sistemas de seguridad en relación con la presentación de la falla. Proporciona las secuencias de un accidente en forma ramificada y cronológica, que define un Accidente. Es útil para analizar el efecto de sistemas de seguridad o procedimientos de emergencia en la prevención y mitigación de eventos peligrosos. Requiere de los siguientes pasos:

- Identificar un evento inicial. Falla de equipo, error humano, etc.

- Identificar cual sistema de seguridad o actividad esta diseñada para responder al evento, en orden cronológico.
- Se construye el árbol de evento, el evento principal se escribe del lado izquierdo de la pagina, en la parte superior de la pagina y en orden cronológico, una lista de las funciones de seguridad. El siguiente paso es analizar si cada función de seguridad tiene éxito o falla y la forma en la afecta el curso del accidente son las que construyen las ramas del árbol (éxito = rama superior, fracaso = rama inferior). Su la función de seguridad no afecta el curso del accidente, no se ramifica pero pasa a la siguiente función.
- Describir las secuencia de eventos del accidente. La cual es el resultado de los caminos que pueden ocurrir a partir del evento inicial, alguna representa éxitos, como un retorno a la normalidad o un paro ordenado; otras resultan en fallas, que serán analizadas para mejorar las respuestas al evento para minimizar la probabilidad de falla.



Arbol de Fallas – FTA (Fault Tree Analysis)

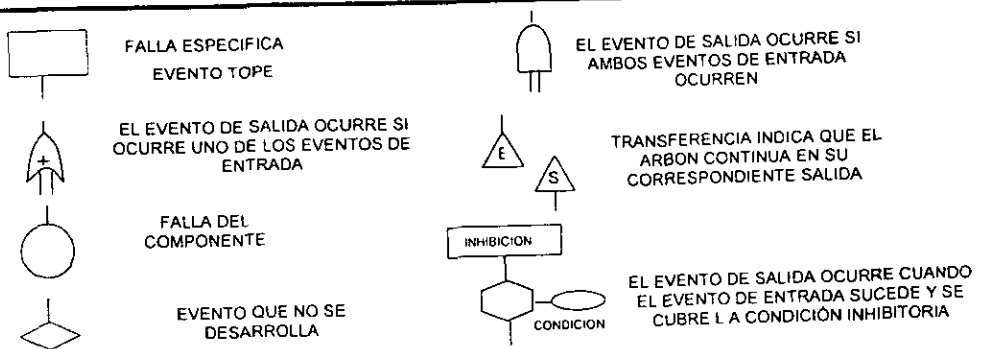
Es una técnica deductiva y gráfica que estudia un accidente en particular (evento tope) y construye un diagrama lógico de la secuencia de todos los eventos accidentales

concebibles (mecánicos o humanos) que puedan originar el evento tope. Analiza eventos peligrosos identificados por otra técnica. Está formado por diagramas lógicos con combinaciones de fallas y/o errores que pueden resultar en accidentes específicos.

Consiste en:

- Identificar el evento tope y colocarlo en la parte superior del árbol.
- Identificar las fallas que pueden llevar al evento tope y colocarlas como ramas inferiores
- Determinar la interacción lógica entre los subsistemas que puedan causar el evento tope
- Usar la compuerta "Y" y "O" para mostrar las interacciones de las fallas.
- Seguir con el nivel inferior desde los inciso b) a d) hasta identificar los eventos base.

Utiliza la siguiente simbología:



Análisis de Causa – Consecuencia

Es una combinación del FTA y el ETA, analiza un accidente desde el evento inicial (causa) hasta su impacto final (consecuencia). El diagrama que genera ilustra la relación existente entre la causa y la consecuencia. Por lo cual es una buena herramienta de comunicación.

Análisis de Modo de Falla y Efecto – FMEA (Failure Mode An Effect Analysis)

Evalúa la forma en la que los equipos pueden fallar y sus consecuencias al identificar las fallas individuales que pueden contribuir o iniciar un accidente.

Se elabora una lista de todos los modos de falla de cada componente de los equipos y considera todos los mal funcionamientos que sean anormales. Se representa por una tabla donde se enlista el equipo, sus componentes (con número de identificación) y los posibles modos de falla, mecanismos de seguridad y recomendaciones.

Probabilidad de Error Humano – HEP (Human Error Probabilyties)

La evaluación de la probabilidad de errores humanos (HEP), es más difícil de obtener que la evaluación de las fallas del equipo y su corrección. El HEP se define como el número de errores entre el número de oportunidades de error. Existen otros métodos para evaluarlos, como el aplicado por S.D. Swain en "Accident Sequence Evaluation Procedure/ Human Reliability Analysis Procedure" U.S. Nuclear Regulatory Commission, Washington.C. donde evalúa HEP antes y después de situaciones de accidentes. El pre-accidente determina la posibilidad de que un trabajador cause un accidente y el post-accidente evalúa la probabilidad de que el trabajador recupere el control de la situación antes de que ocurran consecuencias serias.

Análisis de Error Humano – HEA (Human Error Analysis)

Es una evaluación sistemática de los factores que influyen en el desempeño del personal de la planta. Analiza los factores físicos y ambientales que rodean a un trabajo; así como, la destreza, conocimiento, etc. del personal. Este análisis debe de localizar área o situaciones donde la persona a cargo se encuentra en la disposición de tomar acciones incorrectas que pueden conducir a un accidente. Los resultados que proporciona son una lista de posible errores humanos que pueden ocurrir durante una operación anormal o de emergencia, una lista de los factores que contribuyen a estos errores y las recomendaciones para reducir estos errores.

Análisis de Peligros y Operabilidad - HAZOP (Hazards and Operability)

Investiga todas las posibles desviaciones a la manera en que fueron diseñadas para trabajar y los peligros asociados con estas desviaciones. Este método utiliza palabras

guía para señalar la manera de tratar las desviaciones. Por el uso de las palabras guía cada paso del diseño puede ser escudriñado para problemas potenciales. Genera documentos que identifican situaciones y operaciones potencialmente peligrosas. Antes de iniciar un estudio de Hazop se debe de contar al menos con la siguientes documentación: diagramas de flujo y proceso (DFP), diagramas de tubería e instrumentos (DTI), instrucciones o procedimiento de operación, descripción de arranque y paro, y la descripción detallada del proceso de estudio.

La metodología Hazop envuelve la selección de un segmento del sistema y analiza la intención de diseño o función. La intención de diseño define como una línea o equipo se supone tiene que hacer en términos de materiales, acciones, origen y destino. Las desviaciones generadas resultan peligros o consecuencias, son anotadas y sus posibles causas definidas.

Se aplica utilizando una guía de palabras

PALABRA GUÍA	DEFINICIÓN
No o nada	La negación completa de la intención de diseño
Mas de	Incremento cuantitativo
Menos	Decremento cuantitativo
Así como también	Incremento cualitativo, en adición a la intención de diseño algo mas ocurre
Parte de	Una parte de la intención de diseño
Reversa	La lógica oposición a la intención de diseño
Sooner o later than	Actividad que ocurre en un tiempo erróneo al de diseño
Otro que	Completa sustitución de la actividad de diseño

El resultado del estudio de riesgo debe de responder a los objetivos del estudio. Los estudios de riesgo no se deben extrapolar a otras plantas similares a las cuales no se le aplicó el estudio. Pues las condiciones de operación y cualesquiera otras condiciones pueden variar.

1.10 EVALUACIÓN DE CONSECUENCIAS

Una vez realizada la identificación de peligros, se inicia la evaluación de consecuencias de los diferentes posibles escenarios de accidentes. Un análisis de consecuencias incluye para cada tipo de evento:

- Una estimación del monto de la fuga expresada usualmente en flujo de fuga.
- La documentación de los efectos del viento sobre la fuga expresada en términos de radiación, concentración o sobrepresión vs distancia
- Un estimado de la aproximación de la magnitud del impacto a la población circundante en la planta y fuera de ella y al ambiente.
- No es necesario incluir como parte del análisis de consecuencias la frecuencia o probabilidad de que un evento ocurra, ni el estimado de pérdidas.

Para implementar un análisis de consecuencias se necesita:

- Estimar la cantidad potencial que puede fugarse usualmente expresada como flujo;
- Estimar los efectos del viento, expresados como concentración vs distancia para tóxicos e inflamables, efectos de calor por ignición o nubes inflamables y efectos de ondas de presión para sustancias explosivas y
- Estimar el impacto sobre la población circundante y ambiente.

Se adiciona una lista de los posibles escenarios de consecuencias de un accidente en un proceso químico.

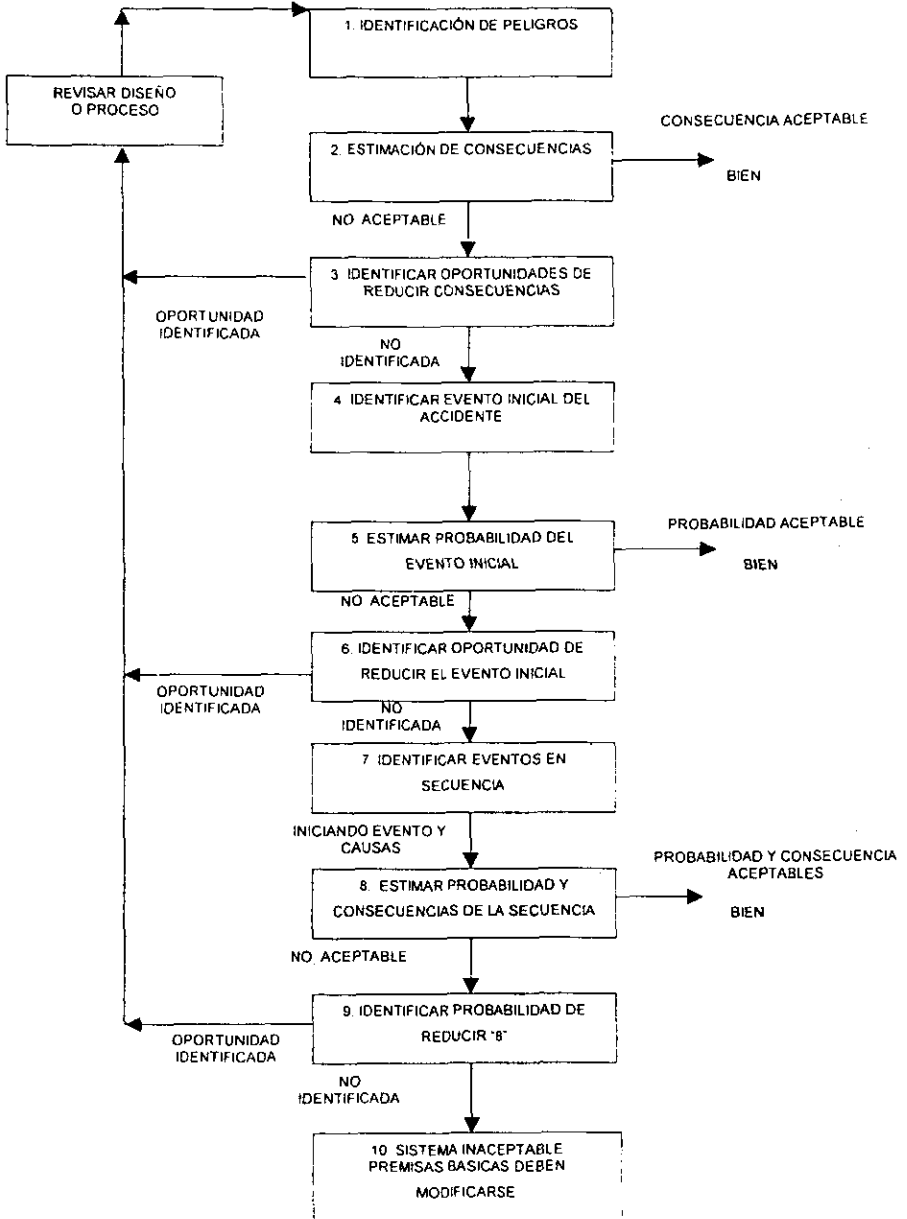
ESCENARIO	COMENTARIO
BLEVE	Explosión de líquido en ebullición con vapores en expansión. Puede ocurrir con cualquier gas o líquido almacenado a presión mayor que la de su punto de ebullición
Contaminación de edificio o estructura	Causa un alto costo en tiempo y dinero
UVCE	Explosión de una nube no confinada de vapor. Destrucción total de una estructura cerrada, es posible con solo una fuga de unos pocos cientos de libras de un líquido inflamable
Fish kill	La contaminación ambiental origina penalizaciones y multas
Fuga de sólidos inflamables	Los polvos de magnesio y aluminio son inflamables
Proyectiles	Las explosiones de recipientes producen proyectiles grandes
Sobrecarga, flamas o sistemas no adecuados	Una reacción fuera de control puede generar derrame de material que sobre pase a los sistemas de emergencia
Charco de fuego	Cautela con los tanques de almacenamiento con salidas en el fondo
Ruptura de tuberías	Largas fugas de material inflamable han ocurrido en el pasado. Tener un plan de paro de emergencia
Fuga de materiales pirofóricos	Existen productos químicos que se prenden al contacto con el aire
Generación de fragmentos punzantes	La explosión de un contenedor o una tubería puede producirlos y dañaran a otro equipo cercano
Fuego en estructura o edificios	Puede destruir sistemas de respaldo de seguridad. Se requiere de un plan adecuado de protección contra incendio
Fuga de vapor tóxico	La dispersión por el viento puede dañar a la comunidad
Fuga de líquido tóxico	Checar un contenedor de derrame
CVCE	Nube de vapor confinada. Reacciones secundarias pueden dañar estructuras muy lejanas
Ruptura de recipientes	Es posible con grietas a bajas temperaturas y presiones

Después de un estudio de riesgo podemos ver que se tienen muchos parámetros y casos que manejar, lo que podría dar un número gigante de situaciones a analizar, por lo que es necesario que se apliquen juicios expertos para reducir el número de casos hasta hacer un número manejable y entendible. Todos los criterios aplicados para reducirlos se deben documentar e incluir en el reporte final. Pueden suceder una o varios eventos simultáneos

o como consecuencias uno de otro. Algunas de las consecuencias se consideran triviales por lo que su atención no es prioritaria.

Los accidentes que originen consecuencias no significantes se deben eliminar de un estudio. Las secuencias de accidentes que no lleven a las metas de estudio también serán descartadas. Las secuencias de accidentes cuyas consecuencias se minimizan con cambios simples en el equipo, instrumentación o procedimientos, también deben eliminarse. Se debe tener la visión de reducir el número de secuencias de accidentes, para no realizar más evaluaciones cuantitativas de las necesarias. Los cambios necesarios en el sistema y cualquier peligro mayor que se detecte en el estudio debe de documentarse perfectamente. La documentación es parte de las suposiciones y exclusiones del reporte final.

El siguiente diagrama es una guía para separar las consecuencias importantes de las triviales.



1.11 TIPOS DE CONSECUENCIAS

Explosiones y Detonaciones

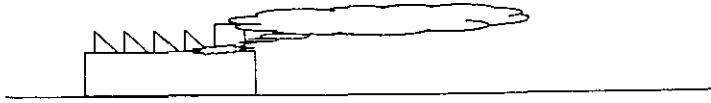
La principal diferencia entre una explosión y una detonación es la velocidad de recorrido de la reacción. Algunos ingenieros definen una detonación como la reacción que se lleva a cabo a la velocidad del sonido. Una definición más común de detonación es que ella causa flujo de metales al ocurrir, es decir, que se destruyen metales, se forman hoyos o hay destrucción de estructuras metálicas de casas. La diferencia de una explosión con rápido quemado y una detonación es en la velocidad de reacción, daño a la propiedad, la onda de choque que se crea y la fragmentación de metales arrojados, amén de otros efectos.

Existen 3 diferentes tipos de explosiones en contenedores:

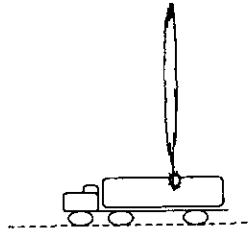
- **Explosión de un gas almacenado.** Resulta la salida del gas a una alta presión, la cual decrece al incrementarse la distancia al centro de la fuga. Para el cálculo de la energía liberada se asume un modelo de expansión adiabático de la presión existente en el contenedor a la atmosférica.
- **Explosión de un contenedor con un líquido enfriado.** La temperatura del líquido es menor a la temperatura de ebullición a presión atmosférica, produce efectos de chorro y magnitud menores a los presentados en la explosión de un gas almacenado. La energía potencial es como la de un resorte que se ha expandido por su presión interna y esta energía se manifiesta como ondas de choque propagadas por el escape del líquido. Una falla en una prueba hidrostática ilustra este tipo de explosión.
- **Explosión de un contenedor con líquido sobrecalentado.** La energía que se libera es la equivalente a la generada por un flash de un líquido sobrecalentado. Conocido como BLEVE.

Toxicidad

Los efectos de toxicidad dependen del material, la concentración en el aire y de su toxicidad. Así como del ambiente en el momento del incidente.

**Fuego a Chorro – “Jet Fires”**

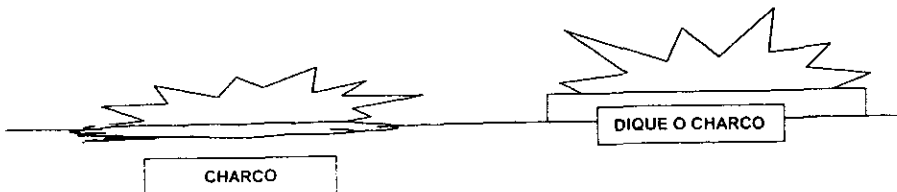
Ocurren cuando ocurre una fuga continua de un gas o líquido inflamable a alta presión se prende en o cerca del punto de fuga

**Fuego tipo Flash - “Flash Fires”**

Ocurren después de que un material inflamable se ha dispersado y se prende a distancia del punto de fuga, se produce cuando se encuentra entre el límite inferior y superior de inflamabilidad.

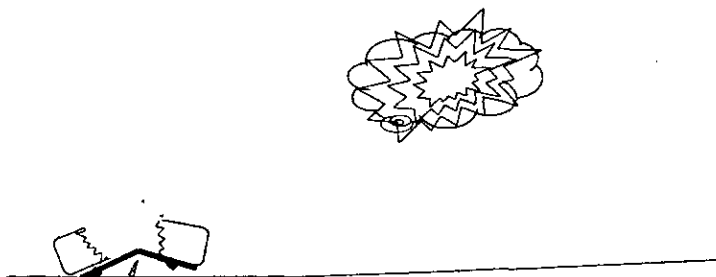
Fuego en charco – “Pool Fires”

Ocurren cuando un líquido inflamable forma un charco. Se puede prender mientras el líquido se está evaporando o es cubierto con espuma.



Bola de Fuego – “Fire Ball”

Ocurre cuando en una fuga instantánea de material inflamable a presión se prende o no cerca del punto de fuga. Dura de 2 a 50 segundos. Una bola de fuego no es un BLEVE, sino el resultado de la ignición de una nube de materiales formada por un BLEVE de un líquido inflamable.



BLEVE

“Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion”. Explosión de un líquido en ebullición que desprende vapores en expansión. Es un fenómeno físico inusual que resulta de una fuga en el confinamiento de un líquido que se encuentra a una temperatura superior a su temperatura de ebullición a presión atmosférica. Cuando inicia la fuga se da una repentina caída de presión generando una vaporización explosiva de una fracción del líquido y una nube de vapor y polvo que forman parte de los efectos de chorro. Cualquier líquido inflamable o no puede causar un BLEVE. Históricamente, los BLEVEs se encuentran relacionados con líquidos ininflamables, y muchos BLEVEs se han prendido por el fuego circundante resultando en bolas de fuego.



Causas de bleves

- **Fuego.** Ciertamente, la causa más importante de los bleves es el fuego. El escenario típico de un incidente es fuego alrededor de un contenedor de líquido, el calor provoca que el líquido ebulle. Si el contenedor está equipado con una válvula de alivio

la válvula se abrirá cuando la presión interna sobrepase el "set point" (presión especificada para abrir la válvula). Si la válvula de alivio es suficientemente grande y el set point es pequeño todo el líquido podría ebullición y salir del contenedor, la situación se agrava por el fuego circundante. En varias situaciones de BLEVE el set point de la válvula de alivio es un poco alto particularmente para gases licuados, en estos casos la estructura del contenedor se ve debilitada por el fuego y disminuye la presión en él, de pronto se fractura el tanque y como en una válvula de alivio sale vapor a alta velocidad, frecuentemente con partes de vapor ardiendo, el contenedor puede explotar.

- **Daños mecánicos en los contenedores, causados por corrosión, impacto o colisión.** En estos incidentes el contenedor se parte por el BLEVE y partes de él pueden ser disparadas a grandes distancias.
- **Sobrellenado.** En estos incidentes suele haber ausencia de sistemas de alivio por sobre presión.
- **Reacciones en el contenedor.** Causadas por flujos en sentido inverso al diseñado, que contaminan el líquido. Las reacciones aumentan la presión y liberan calor que eleva la temperatura del líquido hasta el punto de ebullición.
- **Calentamiento excesivo del contenedor.** En algunos casos los contenedores de líquido se calientan, según las necesidades de proceso, y no cuentan con válvula de alivio, de manera que la temperatura alcanza su punto de ebullición y origina un BLEVE. Un ejemplo es un calentador de agua.
- **Gases o vapores contaminantes.** La explosión de gases o vapores que se encuentren contaminando sobre el líquido, se da cuando el líquido requiere de atmósfera inerte, ya que sus vapores son reactivos.
- **Fallas en la estructura de los contenedores.** Pueden causar un BLEVE al fracturarse el contenedor, con cualquier aumento de presión en él.

Existe un límite teórico de temperatura de sobrecalentamiento, Superheat Limit Temperature (SLT), que se calcula experimentalmente, cuando un BLEVE ocurre a temperaturas cercanas a la SLT del líquido contenido, se provoca la máxima energía explosiva, lo cual no implica que ocurren BLEVEs con temperaturas inferiores. En general un BLEVE no ocurre para un vapor licuado que esté debajo de las condiciones de equilibrio. Solo ocurre cuando el espacio para el vapor es pequeño, el calentamiento

causa expansión a una condición de llenado y cuando no hay sistemas de protección para sobrepresión, entonces una ruptura hidráulica del contenedor puede permitir una vaporización explosiva del contenido y un BLEVE. Los efectos de un BLEVE normalmente se expresa como un equivalente a la energía liberada por TNT (trinitrotolueno). Un gramo de TNT libera 1000 calorías.

UVCE

"Unconfined vapor cloud explosion". Explosión de nube de vapor no confinada. Es muy improbable que ocurra en una fuga de vapor. Para que se produzca una explosión dañina (produce presiones mayores que 2 psig), 1,000 lb (aprox. 454kg) de vapor debe de encontrarse en la región inflamable en cualquier instante. Un flujo de fuga debe ser mayor a 1,000 lb/min. Y el total de la fuga debe ser mayor a 1,000 lb para que se produzca un uvce.

CVCE

"Confined vapor cloud explosion". Explosión de nube de vapor confinado. La presión que produce una explosión que causa daño, puede darse una sobrepresión si la nube de fuga es confinada en un edificio o equipo de proceso. La fuga que es más densa que el aire tal vez se asiente cerca del piso al igual que la nube. La presión producida se puede dar con menos material y flujo que la UVCE. Que tanto se extienda depende de la turbulencia producida.

1.12 MODELADO DE EMISIONES AL AMBIENTE (AIRE)

Una de las aplicaciones de las simulaciones de contaminantes en el aire en los procesos químicos industriales es la estimación de consecuencias de fugas accidentales de sustancias peligrosas, estas simulaciones nos permiten realizar programas de prevención y mitigación para minimizar las posibles consecuencias. Es necesario calcular primero la concentración de la sustancia química en la atmósfera y después estimar los riesgos a la salud por medio de las relaciones concentración y efectos a la salud. (NOM-STPS-010-2000)

Los factores que afectan la dispersión de productos químicos en la atmósfera son el viento, la turbulencia natural de la atmósfera, remoción y deposición sobre la superficie.

Son importantes las siguientes características:

- **Fuente de emisión:** su velocidad, temperatura, la densidad de la sustancia, cantidad y flujo.
- **Meteorológicas.** Las variables que tienen mayores efectos sobre la dispersión son la velocidad del viento, la dirección del viento, la estabilidad atmosférica. Es una "rule of the thumb" (regla por experiencia) que la concentración en el aire del producto químico es inversamente proporcional a la velocidad del viento y directamente proporcional al flujo de emisión y a la estabilidad atmosférica. La estabilidad atmosférica es una medida de la habilidad de la atmósfera para dispersar los químicos. Una atmósfera estable mantiene la fuga como un paquete de aire sin movimiento y una inestable dispersa el paquete químico. Existe una clasificación estándar de Pasquill-Guifford-Turner, que es comúnmente usada, tiene seis clases de atmósfera, desde la muy inestable A, a la muy estable F, se basa en factores como la velocidad del viento, la insolación y nubosidad. También la temperatura y humedad.
- **Topografía.** De las variaciones del terreno depende el área de impacto.
- **Transformaciones físicas y químicas.** En una fuga de químicos, estos pueden sufrir una serie de transformaciones en la atmósfera, como reacciones, pasar de gases a partículas o productos químicos condensados pueden volatilizarse.

Sé utilizan programas especiales tratándose de la dispersión de químicos por una fuga. Que contemplan varios casos, como fugas que formen un charco líquido, nubes de vapor o aerosoles. Se utilizan principalmente softwares distribuidos o recomendados por EPA. Algunos de estos softwares son: ALOHA, ARCHIE, SLAB, BP CIRRUS, DEGADIS, HG SYSTEM, TSCREEN, PHAST, SAFER AND TRACE, etc.

Software para el Análisis de Peligros en Procesos – Process Hazard Analysis Software Tools (PHASTPROfessional)

Es un software que proporciona una avanzada colección de modelos de consecuencias para un análisis de peligros ya realizado. Los resultados se pueden sobreponer en mapas, se puede seleccionar la ecuación de estado a utilizar, cada escenario es un caso particular, contempla la mayoría de las fallas que se pueden presentar dentro de un proceso. Proporciona gráficas de los posibles efectos en un incidente.

1.13 EFECTO DOMINO

Muchas de las técnicas de estimación de riesgo en procesos químicos industriales manejan los accidentes y sus consecuencias, sin tomar en cuenta que es frecuente que un accidente que se originó en una unidad cause un accidente secundario en una unidad cercana que a su vez puede originar un tercer accidente. La probabilidad de ocurrencia e impactos adversos de un efecto dominó o cascada van creciendo conforme aumenta la cercanía de los complejos industriales y la densidad de la población alrededor de dichos complejos. Un ejemplo en el ámbito mundial del efecto dominó es México, 1984, san Juan Ixhuatepec.

Para que una cadena de accidentes ocurra en una industria química de procesos es necesario que:

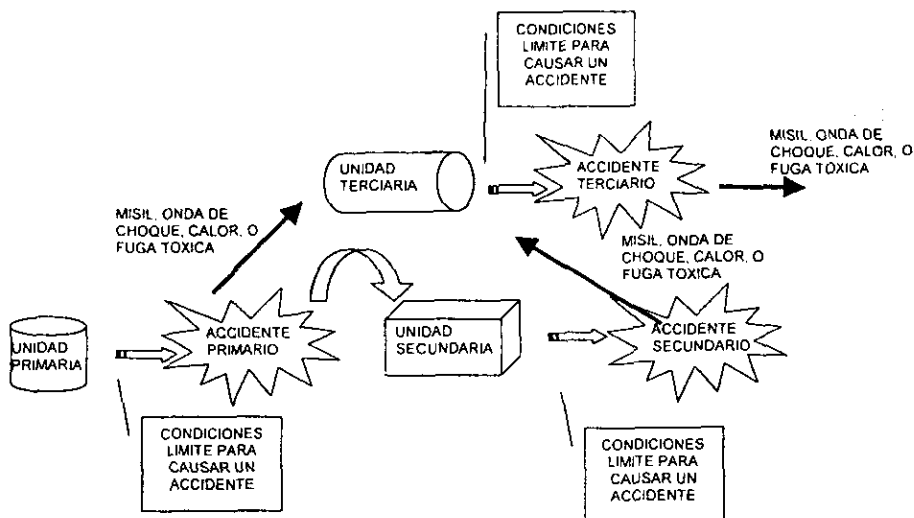
- Existan unidades sensibles a una distancia de choque de las proyecciones o fuego generado por un accidente.
- Los proyectiles o fuego sean suficientemente poderosos para causar una falla en las unidades cercanas.
- La probabilidad de que los puntos anteriores sucedan con un potencial suficientemente destructivo es alto.

Para prevenir un efecto dominó es necesario entender los factores y mecanismos de los accidentes, las características del sitio y las interacciones que iniciarían un efecto domino. Se han clasificado cuatro tipos de eventos primarios que pueden desencadenar en un efecto domino:

1. Fuego
2. Explosiones
 - a) Ondas de choque
 - b) Proyecciones
3. Fugas tóxicas
4. Impactos simultáneos e interactivos de fuego y explosión

Existen modelos que ayudan a simular un efecto dominó, uno de estos modelos se ha llevado a programa y se llama DOMIFECT, estima todos los posibles peligros desde una fuga tóxica hasta una explosión, la relación e interacción de los diferentes eventos que generarían un efecto dominó, la estimación de la probabilidad de un efecto dominó y sus consecuencias. El evaluar un efecto dominó es más complicado que el evaluar un riesgo específico, por lo que requiere de gran experiencia por parte del especialista.

MECANISMO DE UN EFECTO DOMINÓ



1.14 ANALISIS DE COSTOS DE UN ACCIDENTE

Cuando se presenta un accidente químico con fuga del producto químico, los tres tipos de riesgo que se presentan y que se pueden evaluar por separado o conjuntamente son:

1. **Riesgo ecológico**.- el accidente se presenta durante el transporte o producción. Los impactos se calculan para un periodo base de 50 años.
2. **Riesgo a la salud**.- dependen de la concentración de la substancia y el tiempo de exposición. El impacto puede observarse inmediatamente o dentro de un periodo de tiempo largo.
3. **Riesgo económico**. Se suman millones de dólares anuales en daños por evacuación, daños a terceros y daños en la industria.

Se sabe que todo incidente lleva tras de sí un impacto económico. Para evaluar la magnitud de él es necesario realizar un análisis de impacto económico.

Hay dos clases de costos que son resultado de un accidente: el costo asegurado y el no asegurado.

Costo asegurado

También se le conoce como costo directo, se refiere a los pagos que se realizan de acuerdo a la ley de la STPS-IMSS-SSA en compensación a los trabajadores y los gastos médicos de tipo común cubierto por el seguro. La mayor parte de las compañías se aseguran con alguna compañía aseguradora particular. Así el costo del seguro es la cantidad neta pagada en primas.

Costo no asegurado.

Conocido como costo indirecto. Como costos no asegurados se consideran los siguientes:

1. Costo de los salarios pagados por el tiempo perdido por trabajadores que no resultaron lesionados.

2. El costo neto necesario para reparar, reemplazar y ordenar los materiales y equipos que resultaron dañados en un accidente. Si se desea hacer un estimado de la pérdida en la propiedad se toma el costo original del equipo, menos el costo, menos el valor salvado (si es que existe), menos la depreciación generada por el departamento de contabilidad.
3. Costos de los salarios pagados por el tiempo perdido por los trabajadores lesionados, distintos de los pagos por compensación a los trabajadores. Se refiere al trabajo que el empleado hubiera realizado.
4. Costos causados por el trabajo extra necesario debido a un accidente.
5. Costo de los salarios pagados a los supervisores, en tanto su tiempo es necesario para actividades que son consecuencia de la lesión.
6. Costos de salarios debidos a la producción disminuida por parte del trabajador lesionado después del retorno a su tarea.
7. Costo correspondiente al periodo de aprendizaje del nuevo trabajador.
8. Costos médicos no asegurados absorbidos por las compañías. Servicios prestados en la enfermería de la planta.
9. Costo del tiempo por la supervisión superior y por los trabajadores administrativos investigando o procesando las formas de aplicación correspondiente a las compensaciones.
10. Costos diversos poco usuales. Posibles reclamaciones del público, alquiler de equipo para remplazar el averiado, pérdida de beneficios por contratos cancelados, posibles reducciones en ventas, costos de desperdicio excesivo durante el entrenamiento del personal suplente, etc.

Existen muchos métodos para calcular el costo no asegurado, pero el principio básico de todos ellos es el siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Costos no asegurados} = & A \times \text{número de casos con días de trabajo perdidos con ausencia} \\ & \text{laboral (días perdidos).} \\ & + \\ & B \times \text{número de casos del médico (casos sin días de trabajo} \\ & \text{perdidos que son atendidos por un médico)} \\ & + \\ & C \times \text{número de casos atendidos por primeros auxilios} \\ & + \\ & D \times \text{número de accidentes sin lesión} \end{aligned}$$

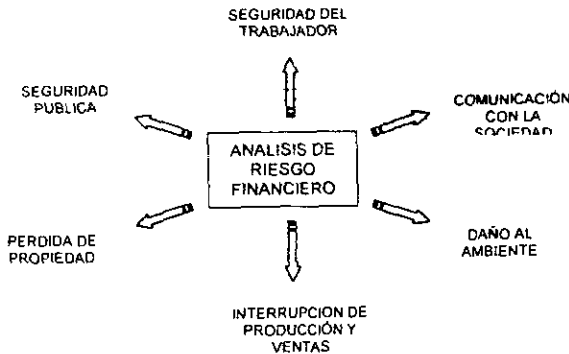
Donde A, B, C y D son constantes que indican los costos promedio no asegurados según su categoría.

Este calculo no abarca un accidente considerado como mayor, el cual deberá ser investigado independientemente y los costos resultantes agregados a la formula anterior. Es posible identificar y cuantificar aquellos factores que influyen en el impacto económico de los derrames con materiales peligrosos, para una planta o para una localidad, de la siguiente manera:

1. Numero de descargas o fugas que ocurren anualmente.
2. Volumen de la descarga.
3. Valor del producto perdido menos el valor del producto recobrado para uso comercial.
4. Costo de reparación y limpieza, incluyendo los costos de quimicos utilizados en la mitigación.
5. Perdidas por la interrupción del proceso.
6. Costos del equipo y propiedad dañada y destruida en la planta.
7. Costos de reparación – indemnización por daños a terceros.
8. Costos por daño al ambiente incluyendo perdida de credibilidad.
9. Costos por el material utilizado para minimizar y eliminar el incidente que pudo tener otros usos.
10. Multas o sanciones a pagar estipuladas por la LGEEPA y leyes relacionadas.

El consorcio ASM (ABNORMAL SITUATIONS MANEGEMENT - MANEJO DE SITUACIONES ANORMALES) estima que el costo de no tener un adecuado plan de estimación y manejo de riesgo o un plan de manejo de situaciones anormales, en E.U.A, excede los 16 billones de dólares por año a la industria petroquímica, y si aunamos los costos de la industria de procesos químicos, el costo sería mucho mayor. Este estimado no incluye los costos indirectos como: el daño al ambiente, a la salud, el impacto en la calidad de vida y trabajo de los empleados de las plantas vecinas.

Si se desea evaluar un posible riesgo económico se utiliza: **Análisis de riesgo financiero**. FRA (Financial Risk Analysis) es un método riguroso de análisis, utiliza estimados cuantitativos en probabilidades y consecuencias. El impacto a las personas, al ambiente, a la propiedad y al negocio son calculadas por separado y después trasladados a un informe base de finanzas. Los impactos son entonces combinados para realizar un análisis costo-beneficio para asegurar que la reducción de riesgo se justifica por completo. Es un método poco socorrido, pues requiere un detallado análisis de probabilidad, consecuencias e impacto, los costos asociados a este método no se justifican en todas las situaciones.



1.15 MANEJO DE UN ACCIDENTE

En el momento en el que se presenta un accidente, la industria química se debe de encontrar preparada para afrontarlo, para ello la legislación mexicana pide que se tenga un plan de protección civil y en caso de que se manejen productos químicos peligrosos un programa de prevención de accidentes, esto independientemente del plan de atención de emergencias de la empresa.

Existen casos en los que hay convenios entre las empresas para proporcionarse ayuda mutua en caso de siniestro. Tal es el caso de industria de la pintura.

En el D.F. cuando el accidente excede el límite de la empresa, llegan a atender el siniestro principalmente unidades de protección civil de la delegación correspondiente, bomberos, personal del ERUM, secretaria de seguridad pública y en su caso de la DGCOH (Dirección General de Construcción y Obras Hidráulicas). Donde lo principal es controlar y mitigar el evento.

Después personal de SEMARNAP, INE (Instituto Nacional de Ecología) y/o PROFEPA (Procuraduría Federal de Protección al Ambiente), así como el personal jurídico de la delegación proceden a la clausura de la empresa y se inician las investigaciones correspondientes, que abarcan desde el recabar documentos sobre uso de suelo, plan de protección civil, PPA's, etc. hasta el aplicar las sanciones correspondientes.

En la LEGGEPA (Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente) encontramos la manera en la que se regulan las actividades riesgosas. Después de un accidente mayor la empresa debe de evaluar si se va a reconstruir o se tomará alguna otra medida.

Lo primero que se debe de hacer es iniciar una investigación del accidente interna, donde se examinan los reportes precedentes del accidente, y la secuencia de alarmas y respuesta de los operadores. Se realizan entrevistas, se reconstruye el escenario y se simula el incidente. Se entrega un reporte a las autoridades correspondientes.

El siguiente paso es tomar la decisión de reconstruir o no, esto depende del costo y tiempo que ello implique. Involucra implementar nuevas tecnologías, procesos más eficientes y regulaciones más estrictas.

Si se ha decidido reconstruir, ahora es necesario evaluar el daño que la construcción ha sufrido y que equipos e instrumentos necesitan ser remplazados. También será necesario elaborar nuevos manuales de operación y seguridad. Estas decisiones las tomarán el gerente junto con los accionistas y/o inversionistas de la empresa.

CAPITULO II

DATAGEN

El manejo de riesgos (capítulo I) se ha visto envuelto en programas implementados por el gobierno de México, que obedecen a la necesidad de disminuir las consecuencias a la comunidad en caso de un accidente, es por ello que en este capítulo se habla de la manera en la que se ha buscado crear un organismo que regule a las empresas que manejen materiales peligrosos y de la base de datos para la simulación, DATGEN, la cual se concibió como una manera de conocer que materiales peligrosos manejan las empresas, y así saber, que empresas al tener un evento no deseado, podrían afectar a la comunidad. Esta base de datos, fue el producto de años de esfuerzo y experiencia de la gente involucrada en ella.

Desde 1983 el Gobierno Federal crea la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología y la Subsecretaría de Ecología para integrar en un solo organismo público, todas las políticas, acciones y actividades relacionadas con la protección del medio ambiente y dar un marco integral a la atención de los asuntos de ecología.

Inicialmente se retomaron las atribuciones de diversas dependencias como la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente, dependiente del Sector Salud; la Dirección General de Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos Hidráulicos de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos; la Dirección General de Ecología de los Asentamientos Humanos, dependiente de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas.

Una de las principales políticas de la Subsecretaría de Ecología era prevenir el deterioro ecológico del ambiente evaluando el impacto ambiental que podrían causar los proyectos de desarrollo y realizar del ordenamiento ecológico del territorio. Impulsaron las políticas de prevención y control de la contaminación atmosférica y del agua, así como la correspondiente para la conservación de los recursos naturales.

En septiembre de 1993, se instrumenta el primer Procedimiento de Impacto Ambiental, tomando en consideración la variable ambiental, como eje de evaluación de los proyectos de desarrollo tanto del Sector Público, como los correspondientes al Privado y Social, teniendo como fundamento jurídico el Artículo 7º de la Ley Federal de Protección al Ambiente.

Durante la aplicación de este procedimiento de impacto ambiental, tomo importancia la evaluación de los proyectos industriales involucrados el manejo de sustancias peligrosas. Iniciándose el análisis y evaluación principalmente de los proyectos del sector público (PEMEX, CFE, FERTIMEX, etc.)

En 1984 se suscita un gran accidente en las instalaciones de almacenamiento y distribución de gas, de Petróleos Mexicanos ubicadas en San Juan Ixhuatepec, Edo. de México. Donde se conjuntaron factores que hicieron que la magnitud del evento se incrementara de manera exponencial, tales como: asentamientos humanos en la vecindad de las instalaciones, carencia de programas de emergencia, presencia de actividades comerciales e industriales incompatibles en la zona.

A raíz de este accidente la Subsecretaría de Ecología 1986 decide crear la Subdirección de Riesgo dentro de la Dirección General de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental, coordinando las actividades en estrecha vinculación con el área de Impacto Ambiental.

Cuyos objetivos fueron iniciar el desarrollo de un procedimiento para la evaluación de los proyectos (vinculado a la evaluación de Impacto Ambiental), la investigación y adecuación de las diversas metodologías de análisis de riesgo, el desarrollo de sistemas computarizados de simulación de eventos de riesgo, y llevar a cabo el análisis de diversas actividades en operación que representaban una problemática específica en materia de riesgo.

De 1983 a 1988 al analizar y evaluar proyectos de Petróleos Mexicanos, FERTIMEX y de la Industria Química en general se toma conciencia de la importancia de regular el sitio donde se desarrollan este tipo de actividades. desde la etapa de planeación y diseño de

los proyectos, así como, las medidas preventivas de seguridad y control y los mecanismos para la atención de accidentes y las acciones para la recuperación de los daños.

Por lo que se inicia la capacitación en evaluación de riesgo, se crean guías y procedimientos para la evaluación del riesgo ambiental de proyectos de obra, nace el SIRIA (Sistema de Información Rápida de Impacto Ambiental) con modelos computarizados para la evaluación de explosiones, fugas y derrames de sustancias peligrosas.

En 1988 se publica la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente donde por primera vez en México se regula la evaluación del riesgo ambiental de proyectos de obra o actividad, diferenciando claramente las dos grandes líneas de acción, el de la prevención y el control.

Desde esta fecha se han instrumentado las medidas, acciones y dispositivos necesarios para prevenir, controlar y regular el manejo de las instalaciones en las que se manejan sustancias peligrosas.

2.1 PROGRAMAS DE PREVENCIÓN DE ACCIDENTES

Debido al accidente de 1992 en la ciudad de Guadalajara, Jalisco, el Ejecutivo Federal ordena que se lleve a cabo un amplio programa para prevenir los accidentes de origen industrial aunado a la regulación de las Actividades Altamente Riesgosas. Para tal fin se ordenaron la realización de estudios de riesgo a las empresas altamente riesgosas de cada entidad federativa.

Al programa, se incorporaron de manera voluntaria 629 empresas hasta el mes de abril de 1994. En ese momento no existía un reglamento que obligará a los industriales a presentar los estudios de riesgo e instrumentar las acciones que de ellos se derivarán. El Programa permitió ver la necesidad de contar con una reglamentación acorde a la situación de la industria de alto riesgo nacional.

En la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente publicada en 1988, se señala que los responsables de las actividades altamente riesgosas, están obligados a elaborar y actualizar, los Programas para la Prevención de Accidentes (PPA) y someterlo a la aprobación de las Secretarías de Salud; de Trabajo y Prevención Social; Energía, Minas e Industria Paraestatal; y SEMARNAP (antes SEDUE).

Esta Ley no incluía a la Secretaría de Gobernación, quien es la responsable de las acciones del Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC), por tal motivo y dado que los PPA's, se integran a dicho sistema en el área de atención a emergencias de agentes perturbadores de origen químico (1991), se le invitó a participar desde entonces, misma que ha venido trabajando por conducto de la Dirección General de Protección Civil y el Centro Nacional de Prevención de Desastres.

El requerimiento de un PPA obedece a criterios de análisis en la etapa de evaluación de estudios de riesgo y se solicita en aquellos casos en que el evento máximo probable rebase los límites de propiedad de la empresa, existan actividades antagónicas, o sistemas ecológicos vulnerables.

El PPA esta formado por los planes, procedimientos, organización, recursos, y acciones, para proteger a la población y sus bienes, así como al ambiente y sus ecosistemas, de los accidentes que pudieran ser ocasionados en la realización de las actividades altamente riesgosas.

Es importante considerar la realización de otras actividades cercanas a una Actividad Altamente Riesgosas en particular, que pudieran incrementar el nivel de riesgo de la misma y su efecto en caso de accidente.

En la zona Metropolitana del Valle de México, para enero de 1999, existía un registro de 7,351 empresas con diversos giros. Dentro de estas empresas INE (Instituto Nacional de Ecología) tiene registradas 96 empresas que realizan actividades consideradas de alto riesgo.

2.2 ACUERDOS QUE EXPIDEN LISTADOS DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS

Para poder considerar una actividad de alto riesgo se tienen los siguientes criterios:

- Por ubicación
 - ◆ Clasificación de la zona y uso de suelo colindante
 - ◆ Superficie de la empresa
 - ◆ Condiciones externas a la empresa
- Por proceso
 - ◆ Riesgo por manejo de sustancias peligrosas
 - ◆ Capacidad almacenada o de manejo. **ACUERDO** por el que las Secretarías de Gobernación y Desarrollo Urbano y Ecología, con fundamento en lo dispuesto por los Artículos 5o. Fracción X y 146 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 27 Fracción XXXII y 37 Fracciones XVI y XVII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, expide el primer Listado de Actividades Altamente Riesgosas. (SUSTANCIAS TOXICAS). Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 28 de marzo de 1990. **ACUERDO** por el que las Secretarías de Gobernación y Desarrollo Urbano y Ecología, con fundamento en lo dispuesto por los artículos 5o. - fracción X y 146 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 27 fracción XXXII y 37 fracciones XVI y XVII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, expiden el segundo listado de actividades altamente riesgosas. (SUSTANCIAS INFLAMABLES Y EXPLOSIVAS). Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 4 de mayo de 1992.
 - ◆ Propiedades físicas y químicas de las sustancias
 - ◆ Disposición de las sustancias peligrosas
 - ◆ Tipos de proceso o modalidades energéticas

2.3 GIROS INDUSTRIALES Y SUBSTANCIAS RELACIONADAS CON ACCIDENTES

Se puede decir que existe una relación entre el giro industrial de una empresa, las sustancias manejadas y los accidentes que se han presentado. Se seleccionó la siguiente información para ejemplificar esta relación, independientemente de que con ella se trabajó para filtrar la base de datos existente y definir con que sustancias o giros sería óptimo trabajar para los fines de esta tesis.

Si se estudian los índices de siniestralidad de las compañías aseguradoras, podemos observar que se puede clasificar a algunos giros industriales como de alto, mediano y bajo riesgo. Pero también las podemos clasificar como potencialmente peligrosos por inflamabilidad, explosividad o toxicidad de los materiales manejados (hay que recordar que el grado de riesgo es una función de la frecuencia y de las consecuencias).

CLASIFICACIÓN DE ACUERDO A COMPAÑÍAS ASEGURADORAS

GIRO INDUSTRIAL	RIESGO	POTENCIALMENTE PELIGROSOS		
		INFLAMABILIDAD	EXPLOSIVIDAD	TOXICIDAD
Fabricación de productos de minerales no metálicos	ALTO	BAJO	MEDIANO	MEDIANO
Industrias básicas del hierro y el acero	ALTO	MEDIANO	MEDIANO	ALTO
Fabricación de productos de asbesto con otros materiales	ALTO	BAJO	MEDIANO	ALTO
Refinación del petróleo y petroquímica básica	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO
Fabricación de productos de hule	MEDIANO	BAJO	BAJO	ALTO
Fabricación de productos de arcilla para la construcción	MEDIANO	BAJO	BAJO	ALTO
Fabricación de cemento, cal y yeso	MEDIANO	BAJO	BAJO	MEDIANO
Elaboración de malta y cerveza	MEDIANO	MEDIANO	ALTO	MEDIANO
Elaboración de refrescos y bebidas no alcohólicas	MEDIANO	BAJO	BAJO	BAJO
Industrias del cuero	MEDIANO	ALTO	ALTO	ALTO
Fabricación de pasta de celulosa, papel y cartón	MEDIANO	ALTO	ALTO	ALTO
Fabricación de sustancias químicas e industrias básicas	MEDIANO	ALTO	ALTO	ALTO
Fabricación de fertilizantes y plaguicidas	MEDIANO	ALTO	ALTO	ALTO
Fabricación de resinas sintéticas	MEDIANO	ALTO	ALTO	ALTO
Fabricación de aceites y grasas no vegetales y animales para uso industrial	MEDIANO	MEDIANO	BAJO	BAJO
Fabricación de derivados de carbón mineral y mezclas asfálticas	MEDIANO	BAJO	BAJO	MEDIANO
Fabricación de pinturas lacas y similares	BAJO	ALTO	ALTO	ALTO
Fabricación de productos farmacéuticos y medicamentos	BAJO	MEDIANO	MEDIANO	ALTO

Se listan las 9 sustancias seleccionadas por EPA a altos volúmenes de producción, por considerarse peligrosas y encontrarse involucradas en accidentes químicos. Diciembre, 1999.

SUSTANCIA

AMONIACO
 AC. CLORHIDRICO, EN SUS DIF.
 CONCENTRACIONES
 AC. CIANHÍDRICO
 AC. FLUORHÍDRICO
 AC. SULFÚRICO
 CLORO
 DIOXIDO Y TRIOXIDO DE AZUFRE
 AC. SULFHÍDRICO
 BROMURO DE METILO
 ISOCIANATO DE METILO

Las Principales Sustancias involucradas en Accidentes Químicos en México de 1990-1995. CENAPRED (Centro Nacional de Prevención de Desastres).

SUSTANCIA	NO. DE ACCIDENTES
GAS LP	178
AMONIACO	105
GASOLINA	104
DIESEL	35
AC. CLORHIDRICO, EN SUS DIF, CONCENTRACIONES	27
COMBUSTÓLEO	25
GAS NATURAL	20
AC. SULFÚRICO	19
CLORO	19
HIDROXIDO DE SODIO - SOSA CAÚSTICA	10
AC. FOSFÓRICO	8
FORMALDEHIDO	8
ALCOHOL METILICO, INCLUYE METANOL DE BAJA CALIDAD	6

Si se hace una relación de las actividades industriales con el manejo o producción de las sustancias asociadas a accidentes, obtenemos el siguiente cuadro:

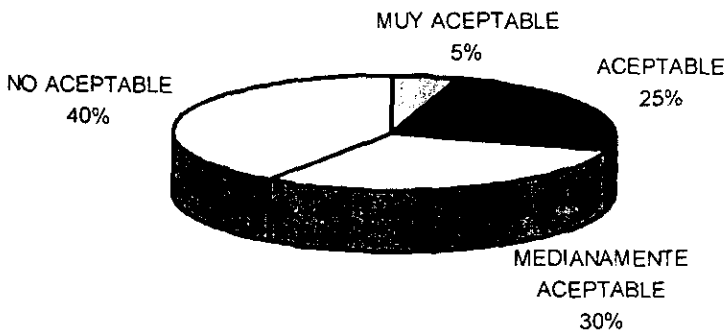
ACTIVIDAD	SUSTANCIA	AC CLORHIDRICO	AC FOSFORICO	AC NITRICO	AC SULFURICO	ACETILENO	ACETONA	ACRILATO DE ETILO	ACRILONITRILLO	ALCOHOL METILICO	ACOMNACO	BENCENO	CLORO	CLORURO DE METILO	CLORURO DE VINILO	COMBUSTIBLE	DIESEL	ETIL MERCAPTANO	FENOL	FORMALDEHIDO	GAS LP	GAS NATURAL	GASOLINA	HIDROGENO	HIDROXIDO DE SODIO	MONOMERO DE	NITROGENO	OXIDO DE ETILENO	TOLUENO
FABRICACION DE SUSTANCIAS QUIMICAS BASICAS		*																											
FABRICACION DE OTRAS SUSTANCIAS Y PRODUCTOS QUIMICOS		*																											
PETROQUIMICA BASICA																													
INDUSTRIA FARMACEUTICA			*																										
INDUSTRIA DE FIBRAS ARTIFICIALES Y/O SINTETICAS		*																											
FABRICACION DE OTROS PRODUCTOS METALICOS		*																											
MANUFACTURA DE CELULOSA, PAPEL Y SUS PRODUCTOS		*																											
INDUSTRIA DEL CUERO, PIEL Y SUS PRODUCTOS		*																											
REFINACION DEL PETROLEO		*																											
INDUSTRIA BASICA DE HIERRO Y EL ACERO		*																											
IMPRESANTAS, EDITORIALES E INDUSTRIAS CONEXAS			*																										
INDUSTRIA DEL COQUE				*																									
INDUSTRIA DEL HULE																													
INDUSTRIA BASICA DE METALES NO FERROSOS																													
HILADO, TEJIDO Y ACABADO DE FIBRAS BLANDAS																													
INDUSTRIA DE LAS BEBIDAS								*																					
ELABORACION DE ALIMENTOS PREPARADOS PARA ANIMALES			*																										
ELABORACION DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS (CONSUMO HUMANO)			*																										
ELABORACION DE CONSERVAS			*																										
FABRICACION DE ACEITES Y GRASAS																													
FABRICACION DE PRODUCTOS DE ASERRADERO Y CARPINTERIA																													
ELABORACION DE PRODUCTOS DE PLASTICO																													
ALFARERIA Y CERAMICA																													
INDUSTRIA DEL CALZADO			*																										
FABRICACION, REPARACION Y/O ENSAMBLAJE DE INSTR. DE PRECISION																													
ELECTRICIDAD																													

FUENTE: ANID - ASOCIACION NACIONAL DE LA INDUSTRIA QUIMICA, A.C.I.N.E - INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA, S.S. - SECRETARIA DE SALUDCOOHS - CANADIAN CENTRE FOR OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY

Como se puede observar de tabla anterior, en la mayoría de los accidentes se encuentran involucrados los combustibles: diesel, combustóleo, gas LP, gas natural y en algunos, gasolina. Independientemente de otros químicos. Esta es una característica de la historia de accidentes en México, que no se encuentra generalizada en otros países.

En 1993 se evaluaron en 2 950 empresas afiliadas al IMSS (Instituto Mexicano del Seguro Social) de acuerdo a las Normas Oficiales Mexicanas de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS). Originando los siguientes resultados:

EVALUACION DE CONDICIONES DE SEGURIDAD JUNIO 1993



Las fallas observadas fueron en:

- manejo, transporte y almacenamiento de materiales
- prevención y control de incendios y accidentes en general
- mantenimiento de equipo
- procedimientos para la prevención de accidentes
- comunicación de riesgos a los trabajadores

2.4 MAPA DE RIESGOS DE PROTECCIÓN CIVIL

La Dirección General de Protección Civil (DGPC) junto con el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), trabajan en conjunto en el Sistema Nacional de Protección Civil – SINAPROC (creado a raíz de los sismos de septiembre-1985). Una de las funciones operativas de SINAPROC es organizar la respuesta a desastres o emergencias, así como prever la ocurrencia de desastres o emergencias, incluyendo la prevención de riesgos.

Una de las prioridades sectoriales de Protección Civil para el periodo 1995-2000 fue la estimular las actividades de investigación para la prevención de riesgos y mitigación de daños, así como el desarrollo tecnológico, propiciando que investigadores e instituciones desarrollen trabajos relacionados con la protección civil.

Bajo esta prioridad la Dirección General de Protección Civil del Distrito Federal se interesó en formar un mapa de riesgo de la ciudad de México, para la parte del mapa relacionada con materiales químicos peligrosos se apoyó en la coordinación de Seguridad Prevención de Riesgos y Protección Civil de la Facultad de Química de la U.N.A.M.

El formar este mapa implica el contar con una base de datos existente y tomar de ella la información necesaria, realizar una simulación del peor evento posible para cada sustancia seleccionada, obteniendo un área probable de afectación, que se dibuja en un plano existente de la delegación correspondiente. Al final se obtiene un mapa con diferentes áreas de afectación por diferentes eventos probables.

2.5 BASES DE DATOS DATGEN

Para iniciar la formación del mapa de riesgo por materiales químico peligrosos, se utilizó la base de datos del INE (Instituto Nacional de Ecología), conocida como DATGEN, la cual fue proporcionada por la Secretaría de Medio Ambiente del D.F.

La base de datos DATGEN se formó en 1994. Con información confidencial proporcionada por la industria del valle de México. En ella se encuentra la información de 5427 empresas, de las cuales 3122 se localizan en el Distrito Federal.

Los giros industriales que la base de datos maneja son:

- MANEJO Y VENTA DE COMBUSTIBLES
- (COMPRVENTA DE MERCANCÍA DIVERSAS)
- ALMACENAMIENTO DE PETRÓLEO Y DERIVADOS
- CERÁMICA Y ARCILLA
- COMBUSTIÓN DE CARBÓN MINERAL, VEGETAL Y LEÑA
- CURTIDO Y ACABADO DE PIEL
- ELABORACIÓN DE VINO
- FABRICA. DE TABIQUE Y REVESTIMIENTOS REFRACTARIOS
- FABRICA DE LADRILLO
- FABRICA DE MOSAICOS, TUBOS DE CEMENTO
- FABRICA DE TUBOS Y TEJAS DE
- LAVADO EN SECO
- LOS DATOS NO CORRESPONDEN O ESTAN INCOMPLETOS
- MANEJO Y VENTA DE ACEITES INDUSTRIALES
- MOLDEO DE PLÁSTICOS
- PERFUMERÍA
- PLANTAS GENERADORAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA
- PLANTAS PETROQUÍMICAS / REFINERÍAS DE PETRÓLEO
- PROCESADORAS DE MADERA Y DERIVADOS
- PROCESOS QUÍMICOS
- PRODUCTO DE CONSUMO VARIOS
- PRODUCTOS DE ALFALERÍA

ARENA

- FABRICACIÓN DE ARTÍCULOS DE PIEL
- FABRICACION DE CIGARROS
- FABRICACIÓN DE PRODUCTOS ASFÁLTICOS
- FBCA. DE GRANITO ARTIFICIAL, AZULEJO Y SIMILARES
- INDUSTRIA DE SERVICIOS
- INSECTICIDAS DOMÉSTICOS
- SERVICIO AUTOMOTRIZ
- SERVICIOS
- SERVICIOS URBANOS
- SERVICIOS URBANOS
- TRANSPORTE DE LÍQUIDOS
- PRODUCTOS DE CONSUMO ALIMENTICIO
- PRODUCTOS DE CONSUMO DE VIDA LARGA
- PRODUCTOS DE CONSUMO DE VIDA MEDIA
- PRODUCTOS DE CONSUMO DEL VESTIDO
- PRODUCTOS DE IMPRESIÓN
- PRODUCTOS METÁLICOS
- PRODUCTOS METÁLICOS
- PRODUCTOS MINERALES METÁLICOS
- PRODUCTOS MINERALES NO METÁLICOS
- PRODUCTOS VEGETALES Y ANIMALES
- RECUBRIMIENTOS Y SUPERFICIES

La información que proporciona de cada empresa es:

- Nombre
- Giro industrial
- Ubicación
- C.P.
- Delegación
- Jurisdicción
- Entidad Federativa
- Latitud
- Longitud
- No. De Obreros

-
- Turnos
 - Materia Prima (consumo mensual)
 - Productos (producción mensual)
 - Proceso
 - Equipo
 - Equipos De Medición
 - Puntos De Muestreo
 - Combustible (consumo mensual)

De esta base de datos se le proporciono a la DGPCDF (Dirección General de Protección Civil del D.F.), información sobre:

- Nombre
- Giro industrial
- Ubicación
- C.P.
- Delegación
- Entidad Federativa
- Latitud
- Longitud
- Materia Prima (consumo mensual)
- Combustible (consumo mensual)
- Productos (producción mensual)

La base de datos en la parte de materia prima cuenta con hasta 6 materias primas. La unidad de consumo mensual de materia prima es de toneladas mensuales, no especifica si la materia prima se almacena como sólido, solución o gas; ni las condiciones de almacenamiento.

2.6 CRITERIO DE SELECCIÓN DE EMPRESAS

Se siguió el siguiente criterio para analizar las bases de datos y realizar la selección de las empresas consideradas de alto riesgo, para posteriormente simular con el programa ARCHIE el peor escenario posible.

1. Toda la información es estrictamente confidencial.
2. Se decodifican las claves.
3. Se eliminan las industrias del estado de México.
4. Se eliminan las industrias que no reportan información sobre materias primas o combustible empleado.
5. Se eliminan la columna de entidad federativa por ser redundante.
6. Se eliminan las columnas de productos por no concordar con el giro de la empresa, cantidad mensual, nombre y/o materias primas manejadas.
7. El consumo de combustible se maneja como una base de datos independiente.
8. Se forman bases de datos independientes para cada delegación. Que en conjunto son 3111 empresas en el Distrito Federal.

NÚMERO DE EMPRESAS POR DELEGACIÓN.

ALVARO OBREGON	136	IZTAPALAPA	565
AZCAPOTZALCO	506	MAGDALENA CONTRERAS	4
BENITO JUAREZ	192	MIGUEL HIDALGÓ	289
COYOACAN	115	MILPA ALTA	0
CUAJIMALPA	12	TLAHUAC	71
CUAUHTEMOC	233	TLALPAN	64
GUSTAVO A. MADERO	360	VENUSTIANO CARRANZA	175
IZTACALCO	308	XOCHIMILCO	30

9. Se coteja cada base de datos con los acuerdos por los que las Secretarías de Gobernación y Desarrollo Urbano y Ecología, con fundamento en lo dispuesto por los Artículos 5o. Fracción X y 146 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 27 Fracción XXXII y 37 Fracciones XVI y XVII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, expiden el primer y segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas. (sustancias tóxicas, inflamables y explosivas). Se marcan que empresas manejan materias primas contempladas por los acuerdos.

NÚMERO DE EMPRESAS POR DELEGACIÓN.

ALVARO OBREGON	6	IZTAPALAPA	44
AZCAPOTZALCO	44	MAGDALENA	0
		CONTRERAS	
BENITO JUAREZ	6	MIGUEL HIDALGO	11
COYOACAN	4	MILPA ALTA	0
CUAJIMALPA	1	TLAHUAC	4
CUAUHTEMOC	18	TLALPAN	3
GUSTAVO A. MADERO	28	VENUSTIANO	10
		CARRANZA	
IZTACALCO	14	XOCHIMILCO	0

10. Se cotejan las bases de datos con información proporcionada por la subdelegación de verificación industrial de PROFEPA (Procuraduría Federal del Protección al Ambiente), donde se listan empresas que: realizan actividades consideradas de alto riesgo, han presentados estudios voluntarios de riesgo, P.P.A. (Programa de Prevención de Accidentes), se encuentran en auditoria ambiental o se le ha requerido algún estudio de riesgo o P.P.A. Se marcan las empresas listadas y contenidas en las bases de datos.

NÚMERO DE EMPRESAS POR DELEGACIÓN.

ALVARO OBREGON	1	IZTAPALAPA	1
AZCAPOTZALCO	6	MAGDALENA CONTRERAS	0
BENITO JUAREZ	2	MIGUEL HIDALGO	3
COYOACAN	1	MILPA ALTA	0
CUAJIMALPA	0	TLAHUAC	0
CUAUHTEMOC	0	TLALPAN	3
GUSTAVO A. MADERO	2	VENUSTIANO CARRANZA	0
IZTACALCO	0	XOCHIMILCO	0

11. Las empresas con giro industrial relacionado con accidentes (ANIQ-INE-SS-CCOHS) se marcan en las bases de datos.

NÚMERO DE EMPRESAS POR DELEGACIÓN.

ALVARO OBREGON	31	IZTAPALAPA	4
AZCAPOTZALCO	135	MAGDALENA CONTRERAS	1
BENITO JUAREZ	62	MIGUEL HIDALGO	72
COYOACAN	54	MILPA ALTA	0
CUAJIMALPA	3	TLAHUAC	16
CUAUHTEMOC	40	TLALPAN	20
GUSTAVO A. MADERO	92	VENUSTIANO CARRANZA	35
IZTACALCO	66	XOCHIMILCO	14

12. Las empresas que manejan sustancias involucradas en accidentes, 1990-1995, (CENAPRED) se marcan en las bases de datos.

NÚMERO DE EMPRESAS POR DELEGACIÓN.

ALVARO OBREGON	4	IZTAPALAPA	6
AZCAPOTZALCO	10	MAGDALENA CONTRERAS	0
BENITO JUAREZ	0	MIGUEL HIDALGO	3
COYOACAN	0	MILPA ALTA	0
CUAJIMALPA	0	TLAHUAC	0
CUAUHTEMOC	3	TLALPAN	0
GUSTAVO A. MADERO	6	VENUSTIANO CARRANZA	3
IZTACALCO	1	XOCHIMILCO	0

13. Las empresas que marcadas con jurisdicción federal se marcan en las bases de datos. La LGEEPA establece que una empresa se considera de jurisdicción federal cuando las substancias que maneja son consideradas como peligrosas para la población y/o medio ambiente.

NÚMERO DE EMPRESAS POR DELEGACIÓN.

ALVARO OBREGON	41	IZTAPALAPA	179
AZCAPOTZALCO	167	MAGDALENA CONTRERAS	1
BENITO JUAREZ	63	MIGUEL HIDALGO	79
COYOACAN	58	MILPA ALTA	0
CUAJIMALPA	3	TLAHUAC	24
CUAUHTEMOC	49	TLALPÁN	26
GUSTAVO A. MADERO	107	VENUSTIANO CARRANZA	37

IZTACALCO

81

XOCHIMILCO

15

14. Se marcan las empresas que generalizan el nombre del químico empleado como: cianuros, cloruros, sulfatos, nitratos, benceno, epóxidos, alcoholes, solventes y naftas, así como las que manejen asbesto, thinner y negro de humo. Se incluyen ya que algunos de sus compuestos pueden ser explosivos, inflamable o tóxicos, pero como se carece de datos suficientes, estas empresas solo se consideran como de peligro potencial.

NÚMERO DE EMPRESAS POR DELEGACIÓN.

ALVARO OBREGON	23	IZTAPALAPA	92
AZCAPOTZALCO	45	MAGDALENA CONTRERAS	0
BENITO JUAREZ	15	MIGUEL HIDALGO	29
COYOACAN	26	MILPA ALTA	0
CUAJIMALPA	1	TLAHUAC	8
CUAUHTEMOC	24	TLALPAN	13
GUSTAVO A. MADERO	51	VENUSTIANO CARRANZA	16
IZTACALCO	35	XOCHIMILCO	5

15. En México los combustibles que utilizan las empresas se han visto involucrados en accidentes mayores como gas L.P. gasolina, gas natural, combustóleo, etc. Por lo que se anexan las empresas que manejan una cantidad mayor a 50 toneladas mensuales.

NÚMERO DE EMPRESAS POR DELEGACIÓN.

ALVARO OBREGON	5	IZTAPALAPA	24
AZCAPOTZALCO	57	MAGDALENA CONTRERAS	0

BENITO JUAREZ	3	MIGUEL HIDALGO	15
COYOACAN	4	MILPA ALTA	0
CUAJIMALPA	1	TLAHUAC	1
CUAUHTEMOC	16	TLALPAN	3
GUSTAVO A. MADERO	31	VENUSTIANO CARRANZA	13
IZTACALCO	10	XOCHIMILCO	2

16. Se sobreponen las bases de datos y se eliminan las empresas repetidas, dando prioridad a los listados de los acuerdos mencionados, luego a las que podrían involucrarse en incendio o explosión por volumen manejado, ya que la mayoría de los accidentes contienen incendio o explosión.
17. Se procede a simular a las empresas de alto riesgo consideradas por los listados y se señalan en los planos de la delegación correspondiente la ubicación de la empresa y el perímetro de afectación.
18. Todas las empresas que se seleccionaron, se dividen en varias listas, que se proporcionarán a la DGPCDF para que considere si deben o no marcarse en el mapa. Los rubros son los siguientes: empresas que han reportado PPA's, que manejan una cantidad de combustible mayor a 50 toneladas mensuales, por giro industrial involucrado en accidentes, con materiales considerados como inflamables, por jurisdicción, con materiales considerados como tóxicos.

Gasolina

En la ciudad de México existen 330 estaciones de servicio de gasolina y/o diesel. Para la DGPCDF es importante evaluar el diámetro de afectación a la población en caso de presentarse un derrame o explosión en una estación de servicio, por lo que se decidió realizar también una simulación para el peor evento posible en las estaciones de servicio. Con los datos de DGPCDF se realizó la simulación y localización del perímetro de afectación.

NÚMERO DE GASOLINERAS POR DELEGACIÓN.

ALVARO OBREGON	16	IZTAPALAPA	54
AZCAPOTZALCO	17	MAGDALENA CONTRERAS	2
BENITO JUAREZ	33	MIGUEL HIDALGO	31
COYOACAN	20	MILPA ALTA	2
CUAJIMALPA	5	TLAHUAC	3
CUAUHTEMOC	57	TLALPAN	14
GUSTAVO A. MADERO	29	VENUSTIANO CARRANZA	28
IZTACALCO	8	XOCHIMILCO	9

Se señalan en el mapa, y se realiza la simulación considerando que el volumen de derrame es de 20,000 L. El cual es el volumen que contiene una pipa que suministra a las gasolineras.

2.7 CRITERIOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL PEOR ESCENARIO

El peor escenario en caso de fuga se define por:

- La mayor cantidad posible de fuga de un contenedor, proceso y línea. En este caso se considera la totalidad de la cantidad almacenada.
- La fuga que alcance la mayor distancia posible a una concentración tóxica o inflamable.
- La estabilidad atmosférica del peor escenario posible es F (atmósfera estable, viento a 1.5 m/s (3.4 MPH), la temperatura ambiente a menos que se indique lo contrario será 25°C (77°F).

Se definen características especiales dependiendo del material involucrado. En algunos casos las condiciones reales pueden ser más severas que las manejadas por este criterio, entonces se considera que se están subestimando las consecuencias.

Cuando se tienen en una misma sustancia peligro de toxicidad e inflamabilidad o explosión, se verifica en cual Listado de Actividades Altamente Riesgosas (sustancias tóxicas, inflamables y explosivas) se encuentra.

Si en el listado es tóxica pero no inflamable, solo se simula como tóxica, y viceversa. Si se encuentra en ambos listados, entonces se tomará en cuenta la que tenga consecuencias a una distancia mayor, partiendo del punto de fuga.

Si se tienen 2 o más sustancias listadas en una industria se simulará la que tenga el potencial para causar las mayores consecuencias, en este caso la que tenga mayor volumen de almacenamiento.

Gases tóxicos

Todos los que son gases a 25°C. Se asume que la fuga total ocurre en 10 minutos.

Los gases licuados en refrigeración se simulan como evaporación de una piscina con 1cm o menos de profundidad, se evapora en 10 minutos o menos.

Líquidos tóxicos

Se asume que el contenido total se derrama formando una piscina con profundidad de 1cm. La temperatura será la máxima durante los tres años anteriores o la temperatura del líquido en el contenedor, la que sea mayor.

Substancias inflamables

Se forma una nube de vapor con todo el material almacenado, se asume que la nube de vapor detona, como se usa el equivalente de TNT se asume el valor de 10 % de eficiencia. El límite será cuando se este a una sobre presión de 1psi.

CAPITULO III

PROGRAMA DE SIMULACION

Después de conocer los posibles escenarios que nos podemos encontrar (capítulo I) y de contar con los datos necesarios para poder realizar una simulación (capítulo II), es necesario analizar el programa desimulación, conocer la manera en la que opera y que resultados nos puede proporcionar, dichos resultados se graficaran en los planos delegacionales. Por lo que este capítulo se dedica al estudio del programa ARCHIE.

El programa que se utilizó para llevar a cabo la simulación conoce como **ARCHIE**. Automated Resource for Chemical Hazard Incident Evaluation – Recurso Automatizado para la Evaluación de Incidentes Químicos Peligrosos.

3.1 ¿QUÉ ES ARCHIE?

Es un programa de estimación de consecuencias desarrollado en Estados Unidos por Federal Emergency Management Agency (FEMA), U.S. Department of Transportation (DOT) y U.S. Environment Protection Agency (EPA) con Microsoft Corp. 1982-1986. Actualizado el 23 de Mayo de 1990. El programa se puede obtener en la siguiente página:

<http://www.epa.gov/rgytgrnj/programs/artd/toxics/arpp/archie.htm>

ARCHIE nos permite calcular la magnitud flujos de fuga, evaporación de un líquido en un derrame, dispersión de un gas, fuego de un líquido inflamable derramado, jet fire (fuego en chorro), fire ball (bola de fuego), BLEVE – Boiling Liquid Expanding Vapor Explosions y explosiones de nubes de vapor, originados por un accidente con materiales químico peligrosos.

El propósito de ARCHIE es el proveer un plan personal para la asistencia de emergencias en casos de dispersión de vapor, fuego e impactos de explosiones relacionadas con descargas de materiales químico peligrosos en el ambiente.

3.2 LIMITACIONES DE ARCHIE

Los procedimientos utilizados en ARCHIE son versiones simplificadas de métodos avalados por expertos en la materia, por lo que las respuestas son lo suficientemente confiables como para generar un plan de respuesta. Los resultados obtenidos por ARCHIE sobrestiman más que subestimar el peligro, por lo que depende de la experiencia del usuario y del conocimiento de las propiedades de los químicos involucrados, la mejor estimación de resultados, así como, la correcta interpretación de las simulaciones realizadas.

Como todos los programas tienen limitaciones, algunas de ellas son:

- No calcula daños ocasionados personas o bienes expuestos a los fragmentos originados por explosiones.
- No calcula daños a personas o bienes que se encuentren dentro de una estructura en el momento del incidente.
- No calcula daños a propiedades expuestas.
- No contempla la rugosidad del terreno, ni si existen construcciones en él, ni la manera en que estos modifican el escenario.
- Considera todas las descargas son continuas, constantes y finitas.
- Considera que las condiciones atmosféricas se mantienen estables durante el incidente.
- En caso de que el incidente dure mucho tiempo o varien las condiciones atmosféricas es necesario reanudar la simulación con las nuevas condiciones.
- El programa sobrestima más que subestimar los resultados, pero es posible que se presenten estos casos en la realidad.
- Que los resultados obtenidos sean lo más acorde a la realidad, depende de la experiencia del simulador y del conocimiento real de los parámetros requeridos.
- Esta diseñado principalmente para simulaciones con productos puros, si se tienen mezclas, es necesario conocer bien sus propiedades fisicoquímicas.

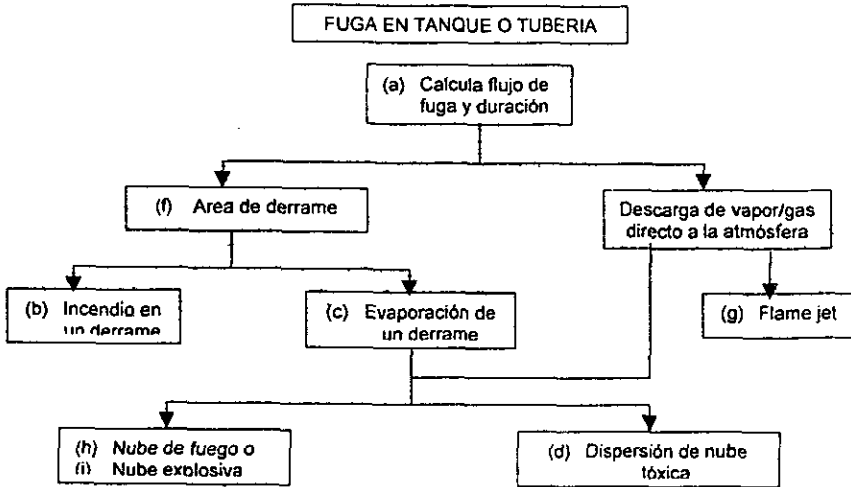
Pese a estas limitaciones el programas es recomendado por EPA, ya que es sencillo de utilizar y sus resultados los avalan expertos en el área. También cuenta con una serie de advertencias y mensajes, para evitar una incongruencia en el análisis.

Para utilizar correctamente el programa se deben de conocer los parámetros que requiere, por lo que se va a exponer de manera breve como se conduce el programa.

Existen tres modelos que se pueden seleccionar para la asistencia de peligros y pueden ser representados en un diagrama ramificado

3.3 DIAGRAMA SUGERIDO PARA SIMULAR

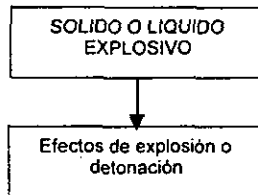
1. Descarga de gas o líquido, que genera una dispersión de vapor inflamable o tóxico o involucra fuego o explosión



2. Bolas de fuego o efectos de proyectiles resultante de una explosión de un tanque inadecuadamente venteado envuelto en fuego



3. Detonación de un sólido o líquido explosivo.



Modelos de fuego y explosión solo aplican a materiales inflamables o combustibles arriba de su punto de ignición

Modelos de explosión no consideran el calculo de proyectiles

Las letras en paréntesis indican el modelo recomendado

En cada caso se debe de empezar por el tope de diagrama y trabajar descendiendo por las diferentes ramas para definir la secuencia de un peligro en particular. En las ramas el programa se indica las opciones del menú de asistencia.

El programa nos indica cuando un el modelo escogido es inapropiado o inconsistente, aun así es necesario utilizar el sentido común para cada etapa del análisis a fin de que el escenario escogido sea razonable y consistente.

3.4 MODELOS DE SIMULACION, QUE SE REQUIERE Y QUE PROPORCIONAN

Al iniciar el programa aparece un menú principal donde tenemos las siguientes opciones:

A	Empezar procedimiento asistido para un nuevo escenario con un material peligroso
B	Modificar un escenario de accidente previo
C	Imprimir un escenario y la evaluación
D	Descripción del menú
E	Cambiar configuración del sistema
F	Terminar sesión

Se recomienda escoger la opción d, con ella podemos conocer del programa lo siguiente:

- a) Propósito y objetivos del programa
- b) Secuencia sugerida de uso de modelos
- c) Creación y uso de archivos de escenario de accidentes
- d) Modificación de archivos de escenario de accidentes ya creadas
- e) Como imprimir resultados
- f) Asistencia al usuario
- g) Retornar al menú principal

Ya una vez revisados cada uno de los puntos se toma la opción a)

En ella debemos de completar los siguientes datos, independientemente del modelo a simular:

1. Nombre al archivo
2. Material peligroso involucrado
3. Localización del incidente
4. Latitud
5. Longitud
6. Fecha

7. Descripción del incidente o escena
8. Responder a la pregunta ¿es flamable o combustible?

Después aparece el menú de selección de modelo de análisis, donde seleccionamos el modelo a emplear, se anexa al menú una breve descripción, parámetros requeridos y resultados proporcionados.

**A ESTIMACION DEL FLUJO DE DESCARGA DE UN LÍQUIDO O UN GAS
SISTEMA DE 9 PROCEDIMIENTOS PARA ESTIMAR EL FLUJO Y DURACIÓN DE UN
DERRAME BAJO DIFERENTES CONDICIONES. CON 3 MODELOS DIFERENTES:**

- Tanques no presurizados que contienen líquidos
 1. Rectangular
 2. Esférico
 3. Cilíndrico vertical
 4. Cilíndrico horizontal

- Tanques presurizados que contienen gas y/o líquido
 5. Fuga del líquido cuando el orificio está a 4in del tope del tanque
 6. Fuga del líquido cuando el orificio está a más de 4in del tope del tanque
 7. Fuga de gas de cualquier tanque

- Fuga en una tubería larga
 8. Cuando contiene líquido a presión
 9. Cuando contiene gas a presión

Requerimientos :

- ☉ Punto de ebullición normal
- ☉ Temperatura del líquido en el contenedor
- ☉ Temperatura ambiente
- ☉ Peso del contenido (SUB PROGRAMA DE CALCULO 1)
- ☉ Conocimiento de la cantidad, altura o porcentaje del líquido contenido
- ☉ Características del contenedor (diámetro, largo, alto, etc.)

- ⇒ Diámetro del orificio de salida
- ⇒ Coeficiente de descarga (PROPORCIONA INFORMACIÓN)
- ⇒ Permite decidir el tiempo de derrame
- ⇒ Para 5,6,7 presión en el contenedor (SUBPROGRAMA DE CÁLCULO 2)
- ⇒ Para 7 y 9 radio específico térmico, Cp/Cv (PROPORCIONA INFORMACIÓN)
- ⇒ Para 8 y 9 largo y diámetro de la línea, altura del líquido en la línea, presión y flujo en la línea, tiempo de fuga, se tiene opción de ruptura total en los extremos de la línea o en cualquier otro punto.

Resultados:

- Ⓒ Flujo de descarga del líquido
- Ⓒ Duración de la descarga
- Ⓒ Cantidad descargada
- Ⓒ Estado del material al ser descargado

B

ESTIMACIÓN DEL ÁREA DE DERRAME

Estiman el área de evaporación o incendio de charcos formados por derrames de líquidos

Requerimientos :

- ⇒ Punto de ebullición normal
- ⇒ Temperatura del líquido en el contenedor
- ⇒ Temperatura ambiente
- ⇒ Área del contenedor
- ⇒ Peso molecular del líquido
- ⇒ Gravedad específica del líquido
- ⇒ Presión líquido/vapor (SUBPROGRAMA DE CÁLCULO 2)
- ⇒ Velocidad del viento (PROPORCIONA INFORMACIÓN)
- ⇒ Tiempo de derrame
- ⇒ Flujo de la descarga
- ⇒ Permite elegir si existe un área de confinamiento y la calcula o la proporciona el usuario
- ⇒ En caso de que el líquido sea inflamable calcula el área de fuego para 2 casos: que se incendie inmediatamente o que se incendie por una fuente externa

Resultados:

- ☐ Area máxima creible de derrame y en su caso área de incendio

C ESTIMACIÓN DE FLUJO DE EVAPORACIÓN DEL LÍQUIDO DE UN DERRAME

Estima el flujo que se evapora de un líquido derramado, se requiere el área de evaporación determinada por el tamaño del charco formado, calculado con B

Requerimientos :

- ☐ Punto de ebullición normal
- ☐ Temperatura del líquido en el contenedor
- ☐ Temperatura ambiente
- ☐ Peso molecular
- ☐ Gravedad específica
- ☐ Presión del líquido (SUBPROGRAMA DE CÁLCULO 2)
- ☐ Area de evaporación
- ☐ Peso del líquido que se derrama (SUB PROGRAMA DE CALCULO 1)
- ☐ Estabilidad atmosférica (PROPORCIONA INFORMACIÓN)
- ☐ Velocidad del viento (PROPORCIONA INFORMACIÓN)

Resultados:

- ☐ Flujo de evaporación
- ☐ Duración de la evaporación

D EVALUACION DE LA DISPERSIÓN DE VAPORES TÓXICOS

Analiza la dispersión de gases o vapores tóxicos a la atmósfera, utiliza la opción B y/o C

Requerimientos :

- ☐ Temperatura ambiente
- ☐ Peso molecular
- ☐ Toxicidad (limite de toxicidad permitido), puede utilizarse el IDLH – Inmediatamente

Peligroso para la Vida y la Salud (por sus siglas en inglés)

- ⇒ Altura a la que se descarga
- ⇒ Estabilidad atmosférica (PROPORCIONA INFORMACIÓN)
- ⇒ Velocidad del viento (PROPORCIONA INFORMACIÓN)
- ⇒ Flujo de la emisión
- ⇒ Duración de la emisión

Resultados:

- Ⓒ Proporciona una tabla de distancia contra concentración tóxica al nivel del piso y al de la fuga, evacuación inicial sugerida (usualmente segura cuando la fuga es menor a una hora), tiempo de llegada y salida del contaminante; utiliza alguno de los programas anteriores, según sea el caso.

El método supone que la descarga es finita, es solo por un punto, es constante; el terreno es plano, las condiciones atmosféricas son constantes, solo se liberan gases o vapores.

E EVALUACION DE PELIGROS DE RADIACIÓN POR FUEGO EN UN CHARCO

Se utiliza para evaluar las zonas en las cuales la muertes y quemaduras de segundo grado son posibles si un charco con líquido inflamable se prende. Utiliza la opción B.

Requerimientos :

- ⇒ Peso molecular
- ⇒ Gravedad específica
- ⇒ Punto de ebullición normal
- ⇒ Area de incendio del charco.

Resultados:

- Ⓒ Radio del charco ardiendo
- Ⓒ Altura de la flama
- Ⓒ Radio de la zona fatal
- Ⓒ Radio de la zona de lesiones

F EVALUACIÓN DE PELIGROS DE RADIACIÓN DE UNA BOLA DE FUEGO

Evalúa zonas fatales, de lesiones y otras características resultantes de una bola de fuego

provocada por un contenedor cerrado o por un líquido inflamable o un gas comprimido, envuelto en fuego. Esencialmente se enfoca a los peligros por radiación térmica de un BLEVE. El modelo no contempla los efectos de los fragmentos que son lanzados y que deben de considerarse como proyectiles a alta velocidad.

Requerimientos :

- ⊖ Peso del material inflamable en el contenedor

Resultados:

- ⊖ Diámetro máximo de la bola de fuego
- ⊖ Altura máxima de la bola de fuego
- ⊖ Duración máxima de la bola de fuego
- ⊖ Radio de la zona fatal
- ⊖ Radio de la zona de lesiones

G EVALUACION DE UN FLAME JET O INCENDIO DE CHORRO

Provocado por gases inflamables venteados de un contenedor a presión que puede formar un chorro largo de fuego si se prende.

Requerimientos :

- ⊖ Punto de ebullición normal
- ⊖ Temperatura del líquido en el contenedor
- ⊖ Temperatura ambiente
- ⊖ Diámetro del orificio de salida
- ⊖ Presión en el contenedor (SUBPROGRAMA DE CÁLCULO 2)
- ⊖ Radio específico térmico, C_p/C_v (PROPORCIONA INFORMACIÓN)
- ⊖ Peso molecular
- ⊖ LFL – Lower Flammable Limit (Limite Inferior de Flamabilidad) (PROPORCIONA INFORMACIÓN)

Resultados:

- ⊖ Altura de la flama

- Ⓒ Distancia de separación segura

H EVALUACION DE PELIGRO DE FUEGO EN UNA NUBE O PLUMA DE VAPOR

La ignición de una nube o pluma de gas o vapor flamable en el aire puede resultar en un fuego tipo flash o una explosión. Utiliza los resultados de los modelos de flujo de descarga directa a la atmósfera o de los modelos de evaporación de un charco en caso de que haya evaporación de líquidos derramados.

Requerimientos :

- Ⓒ Punto de ebullición normal
- Ⓒ Peso molecular
- Ⓒ Temperatura del líquido en el contenedor
- Ⓒ Temperatura ambiente
- Ⓒ Estabilidad atmosférica (PROPORCIONA INFORMACION)
- Ⓒ Velocidad del viento (PROPORCIONA INFORMACIÓN)
- Ⓒ Duración de la emisión
- Ⓒ Flujo de la emisión (información obtenida de otro modelo)
- Ⓒ LFL - Lower Flammable Limit (Limite Inferior de Flamabilidad) (PROPORCIONA INFORMACIÓN)

Resultados para concentraciones de $\frac{1}{2}$ LFL y 1 LFL:

- Ⓒ Distancia de peligro viento abajo
- Ⓒ Máximo ancho viento a bajo
- Ⓒ Peso del gas en la nube
- Ⓒ Densidad relativa vapor/aire inicial
- Ⓒ Modelo usado para el análisis (heavy gas o gaussiano, dependiendo de la densidad del gas)

A $\frac{1}{2}$ LFL puede incendiarse la nube y a 1 LFL puede explotar

I EVALUACIÓN DE PELIGRO DE EXPLOSIÓN DE UNA NUBE DE VAPOR

La ignición de una nube o pluma de vapor en el aire puede resultar en la explosión de una nube

no confinada. Utiliza el modelo H. Nótese que centro de la explosión puede estar en cualquier parte de los límites de la nube. Una pluma con menos de 1000lb de vapor e improbable que explote, a menos que se encuentre confinada.

Requerimientos :

- Peso del gas o nube de vapor explosivo, se calcula del área de derrame, de evaporación o del flujo de descarga
- LHC - Lower Heat of Combustion del material (similar al ΔH de combustión)
- EYF – Explosión Yield Factor (PROPORCIONA INFORMACIÓN)
- Ubicación de la explosión: a nivel del suelo o a una altura específica.

Resultados en daños vs distancia medidos del centro de la explosión:

- ☒ Ruptura ocasional de ventanas grandes por la vibración
- ☒ Algunos daños a fachadas, 10% de ventanas rotas
- ☒ Ventanas estrelladas, algunos daños a estructura
- ☒ Demolición parcial de hogares o los hace inhabitables
- ☒ Daño a personas por objetos proyectados, vidrios
- ☒ Colapso parcial de paredes y pisos
- ☒ Paredes destruidas de concreto no reforzado o bloques
- ☒ 90-1% de ruptura de timpanos de la población expuesta
- ☒ 50% de destrucción de casas de ladrillo
- ☒ Lastimadas estructuras de construcciones
- ☒ Estallan utensilios (astas) de madera
- ☒ Cercana a la completa destrucción de casas
- ☒ Probable destrucción total de construcciones
- ☒ Rango de 99-1% de muertes de población expuesta a los efectos directos de la ráfaga

J

EVALUACIÓN DE PELIGROS GENERADOS POR LA RUPTURA DE UN TANQUE A SOBREPRESIÓN

Cualquier contenedor que este sobrepresurizado por una reacción interna o por sobrecalentamiento puede romperse violentamente. El modelo contempla los efectos mas no

los resultados de los impactos de fragmentos del contenedor proyectados.

Requerimientos :

- ⇒ Punto de ebullición normal
- ⇒ Temperatura del líquido en el contenedor
- ⇒ Temperatura ambiente
- ⇒ Peso molecular
- ⇒ Gravedad específica
- ⇒ Tipo de contenedor
- ⇒ Dimensiones del contenedor
- ⇒ Presión de ruptura del contenedor
- ⇒ Volumen del líquido contenido
- ⇒ Radio específico térmico, C_p/C_v (PROPORCIONA INFORMACIÓN)

Resultados:

- Tabla similar al modelo I

K EVALUACIÓN DE LA EXPLOSIÓN DE SÓLIDO O LÍQUIDO

Este modelo de explosión está diseñado para evaluar los efectos de materiales altamente explosivos como la dinamita, TNT, nitroglicerina y sustancias similares.

Requerimientos :

- ⇒ LHC - Lower Heat of Combustion del material (similar al ΔH de combustión)
- ⇒ Peso del material

Resultados:

- Tabla similar al modelo I

L DESCRIPCIÓN DE MODELOS

M REVISIÓN DE SELECCIÓN DE MODELOS

N RETORNA AL MENÚ PRINCIPAL

3.5 SUBPROGRAMAS DE AYUDA

SUBPROGRAMA 1

Permite el calculo de peso del material o volumen del contenedor.

Requerimientos :

- Forma del tanque o contenedor
- Longitud, altura, ancho y o diámetro del contenedor
- Peso molecular del material
- Punto normal de ebullición
- Presión de vapor
- Temperatura del material
- Temperatura ambiente
- ¿Contiene líquido el tanque?
- Gravedad especifica
- Es necesario indicar si se conoce la cantidad de liquido, su porcentaje o su altura dentro del contenedor, en caso de que no se conozca se asume el 100% de llenado.

SUBPROGRAMA 2

Permite el calculo de calculo de presión de vapor

Requerimientos :

- El usuario proporciona las presiones de vapor requeridas a las temperatura requeridas
- Se proporcionan algunas presiones de vapor y otros datos para que el programa calcule la presión de vapor a la temperatura requerida
- El usuario proporciona los coeficientes de la ecuación de Antoine del material.

El programa no proporciona gráficas, si se requieren gráficas, el usuario deberá realizarlas, simulando el incidente a diferentes condiciones según sea el caso.

3.6 EJEMPLOS DE SIMULACION CON ARCHIE

Se anexan tres ejemplos de las simulaciones realizadas, estos ejemplos se consideran representativos, tanto del programa ARCHIE, como de las sustancias manejadas en los mapas.

Como se puede ver en los ejemplos, el programa proporciona un radio de afectación, según sea el caso. De estos resultados para la realización del mapa se toma el diámetro mayor de afectación para cada sustancia.

A la Dirección General de Protección Civil del D.F. se le entrega copia de todas las simulaciones, para que ellos realicen la evaluación de resultados conforme al mapa de riesgo con el que cuentan y a sus requerimientos.

HAZARDOUS MATERIAL = GASOLINA
 ADDRESS \ LOCATION = D.F.
 NAME OF DISK FILE = GAS20.ASF

*** SCENARIO DESCRIPTION

FUGA DE GASOLINA A LA ATMOSFERA
 VOLUMEN = 20,000 L

***** DISCHARGE RATE/DURATION ESTIMATES

Liquefied gas discharge from outlet <= 4 in. from tank

Average discharge rate = 3138.8 lbs/min
 Duration of discharge = 10.2 minutes
 Amount discharged = 31837 lbs
 State of material = Mix of gas/aerosol

***** FIREBALL HAZARD RESULTS

Max fireball diameter = 506 feet
 Maximum fireball height = 831 feet
 Fireball duration = 12.6 seconds
 Fatality zone radius = 492 feet
 Injury zone radius = 994 feet

***** FLAME JET HAZARD RESULTS

Flame jet length = 104 feet
 Safe separation distance = 208 feet

***** FLAMMABLE VAPOR CLOUD HAZARD RESULTS

For concentration of	1/2 LFL	LFL	
Downwind hazard distance =	1248	858	feet
Max hazard zone width =	1123	773	feet
Max weight explosive gas =	13087	9001	lbs
Relative gas/air density =	4.38	4.38	initially
Model used in analysis =	Heavy gas		

INPUT PARAMETER SUMMARY

PHYSIOCHEMICAL PROPERTIES OF MATERIAL

NORMAL BOILING POINT	= 32	degrees F
MOLECULAR WEIGHT	= 114	
LIQUID SPECIFIC GRAVITY	= .72	
VAPOR PRES AT CONTAINER TEMP	= 125.75	psia
	= 6506	mm Hg
VAPOR PRES AT AMBIENT TEMP	= 125.8	psia
	= 6506	mm Hg
SPECIFIC HEAT RATIO FOR GAS	= 1.67	
LOWER FLAMMABLE LIMIT (LFL)	= 1.3	vol%

CONTAINER CHARACTERISTICS

CONTAINER TYPE	= Vertical cylinder	
TANK DIAMETER	= 7.5	feet
TOTAL WEIGHT OF CONTENTS	= 31837	lbs
WEIGHT OF LIQUID	= 31730	lbs
LIQUID HEIGHT IN CONTAINER	= 15	feet
WEIGHT OF GAS UNDER PRESSURE	= 107.5	lbs
TOTAL CONTAINER VOLUME	= 750.2	ft3
	= 5612	gals
LIQUID VOLUME IN CONTAINER	= 706.3	ft3
	= 5283	gals
VAPOR/GAS VOLUME IN CONTAINER	= 44	ft3
DISCHARGE HOLE DIAMETER	= 1.5	inch(es)
DISCHARGE COEFFICIENT OF HOLE	= .62	
TEMP OF CONTAINER CONTENTS	= 86	degrees F
TANK CONTENTS DURING FIREBALL	= 31800	lbs

ENVIRONMENTAL/LOCATION CHARACTERISTICS

AMBIENT TEMPERATURE	= 86	degrees F
WIND VELOCITY	= 3.4	mph

KEY RESULTS PROVIDED BY USER INSTEAD OF BY EVALUATION METHODS
NONE OBSERVED

KEY RESULTS OVERRIDDEN BY USER AT SOME POINT AFTER COMPUTATION
NONE OBSERVED

HAZARDOUS MATERIAL = ACETILENO
 ADDRESS \ LOCATION = D.F.
 NAME OF DISK FILE = ACETI900.ASF

*** SCENARIO DESCRIPTION

FUGA DE 900KG DE ACETILENO A LA ATMOSFERA

***** DISCHARGE RATE/DURATION ESTIMATES

Liquefied gas discharge from outlet > 4 in. from tank

Peak discharge rate	=	373.2	lbs/min
Duration of discharge	=	5.32	minutes
Amount discharged	=	1985	lbs
State of material	=	Mix of gas/aerosol	

***** FIREBALL HAZARD RESULTS

Max fireball diameter	=	201	feet
Maximum fireball height	=	330	feet
Fireball duration	=	8	seconds
Fatality zone radius	=	101	feet
Injury zone radius	=	235	feet

***** FLAME JET HAZARD RESULTS

Flame jet length	=	72	feet
Safe separation distance	=	143	feet

***** FLAMMABLE VAPOR CLOUD HAZARD RESULTS

For concentration of	1/2 LFL	LFL	
Downwind hazard distance	= 752	509	feet
Max hazard zone width	= 376	255	feet
Max weight explosive gas	= 840	569	lbs
Relative gas/air density	= 1.45	1.45	initially
Model used in analysis	=	Neutrally buoyant	

Note: Clouds or plumes containing less than 1000 pounds of vapor or gas are very unlikely to explode when completely unconfined, except when one of a certain few materials have been discharged.

***** EXPLOSION HAZARDS: See attached table(s)

UNCONFINED VAPOR CLOUD EXPLOSION EFFECTS

DISTANCE FROM EXPLOSION (feet)	EXPECTED DAMAGE
6459	Occasional breakage of large windows under stress.
910	Some damage to home ceilings; 10% window breakage.
340 - 590	Windows usually shattered; some frame damage.
340	Partial demolition of homes; made uninhabitable.
88 - 340	Range serious/slight injuries from flying glass/object.
205	Partial collapse of home walls/roofs.
157 - 205	Non-reinforced concrete/cinder block walls shattered.
70 - 181	Range 90-1% eardrum rupture among exposed population.
177	50% destruction of home brickwork.
131 - 157	Frameless steel panel buildings ruined.
114	Wooden utility poles snapped.
94 - 114	Nearly complete destruction of houses.
78	Probable total building destruction.
47 - 64	Range for 99-1% fatalities among exposed populations due to direct blast effects.

Note: The center of an unconfined gas/vapor explosion can be anywhere within the ground area passed over by the cloud or plume. See results of the vapor cloud fire hazard analysis for the maximum downwind distance and maximum width of this area. Explosion is assumed to take place on or near the ground.

INPUT PARAMETER SUMMARY

PHYSIOCHEMICAL PROPERTIES OF MATERIAL

NORMAL BOILING POINT	=	-119.11	degrees F
MOLECULAR WEIGHT	=	26	
LIQUID SPECIFIC GRAVITY	=	.615	
VAPOR PRES AT CONTAINER TEMP	=	413.46	psia
	=	21391	mm Hg
VAPOR PRES AT AMBIENT TEMP	=	413.5	psia
	=	21391	mm Hg
LIQUID SPECIFIC HEAT	=	.4	BTU/lb-F
SPECIFIC HEAT RATIO FOR GAS	=	1.4	
LOWER FLAMMABLE LIMIT (LFL)	=	2.5	vol%
LOWER HEAT OF COMBUSTION	=	19000	Btu/lb
GAS EXPLOSION YIELD FACTOR	=	.1	

CONTAINER CHARACTERISTICS

CONTAINER TYPE	=	Vertical cylinder	
TOTAL WEIGHT OF CONTENTS	=	1985	lbs
WEIGHT OF LIQUID	=	1984	lbs
LIQUID HEIGHT IN CONTAINER	=	5	feet
WEIGHT OF GAS UNDER PRESSURE	=	21	lbs
TOTAL CONTAINER VOLUME	=	62.1	ft3
	=	464.6	gals
LIQUID VOLUME IN CONTAINER	=	51.7	ft3
	=	386.8	gals
VAPOR/GAS VOLUME IN CONTAINER	=	10.4	ft3
DISCHARGE HOLE DIAMETER	=	.5	inch(es)
DISCHARGE COEFFICIENT OF HOLE	=	.62	
TEMP OF CONTAINER CONTENTS	=	86	degrees F
TANK CONTENTS DURING FIREBALL	=	1984.16	lbs

ENVIRONMENTAL/LOCATION CHARACTERISTICS

AMBIENT TEMPERATURE	=	86	degrees F
WIND VELOCITY	=	3.8	mph

KEY RESULTS PROVIDED BY USER INSTEAD OF BY EVALUATION METHODS
NONE OBSERVED

KEY RESULTS OVERRIDDEN BY USER AT SOME POINT AFTER COMPUTATION
NONE OBSERVED

HAZARDOUS MATERIAL = AMONIACO ANHIDRO
ADDRESS \ LOCATION = D.F.
NAME OF DISK FILE = AMON11.ASF

***** DISCHARGE RATE/DURATION ESTIMATES

Liquefied gas discharge from outlet > 4 in. from tank

Peak discharge rate	=	2347.1	lbs/min
Duration of discharge	=	10.4	minutes
Amount discharged	=	24248	lbs
State of material	=	Mix of gas/aerosol	

***** TOXIC VAPOR DISPERSION ANALYSIS RESULTS

Downwind distance to concentration of 300 ppm
-- at groundlevel = 38540 feet

Note: Minimum computable answer is 33 feet!
Actual hazard distance may be less.

See attached table(s) for further details.

TOXIC VAPOR DISPERSION ANALYSIS RESULTS

Downwind Distance (feet)	Downwind Distance (miles)	Groundlevel Concentration (ppm)	Source Height Concentration (ppm)	Initial Evacuatio Zone Width* (feet)
100	.02	1000000	1000000	73
2846	.54	14459	14459	2080
5592	1.06	5074	5074	4080
8338	1.58	2804	2804	6070
11083	2.1	1859	1859	8070
13829	2.62	1360	1360	10070
16575	3.14	1057	1057	12070
19320	3.66	853	853	14070
22066	4.18	708	708	16070
24812	4.7	597	597	18070
27557	5.22	511	511	20060
30303	5.74	442	442	22060
33049	6.26	386	386	24060
35794	6.78	339	339	26060
38540	7.3	300	300	1

*Usually safe for < 1 hour release. Longer releases or sudden wind shifts may require a larger width or different direction for the evacuation zone. See Chapters 3 and 12 of the guide for details. Source height specified by the user for this scenario was 0 feet.

TOXIC VAPOR DISPERSION ANALYSIS RESULTS

Downwind Distance (feet)	Downwind Distance (miles)	Contaminant Arrival Time at Downwind Location (minutes)	Contaminant Departure Tim at Downwind Location (minutes)
100	.02	.4	11.1
2846	.54	9.6	29.5
5592	1.06	18.7	47.8
8338	1.58	27.9	66.2
11083	2.1	37.1	84.5
13829	2.62	46.3	102.9
16575	3.14	55.4	121.2
19320	3.66	64.6	139.6
22066	4.18	73.8	157.9
24812	4.7	83	176.3
27557	5.22	92.2	194.7
30303	5.74	101.3	213
33049	6.26	110.5	231.4
35794	6.78	119.7	249.7
38540	7.3	128.9	268.1

CAUTION: See guide for assumptions used in estimating these times.

INPUT PARAMETER SUMMARY

PHYSIOCHEMICAL PROPERTIES OF MATERIAL

NORMAL BOILING POINT	=	-28.03	degrees F
MOLECULAR WEIGHT	=	17.03	
LIQUID SPECIFIC GRAVITY	=	.72	
VAPOR PRES AT CONTAINER TEMP	=	183.78	psia
	=	9509	mm Hg
VAPOR PRES AT AMBIENT TEMP	=	183.8	psia
	=	9509	mm Hg
LIQUID SPECIFIC HEAT	=	.3	BTU/lb-F
TOXIC VAPOR LIMIT	=	300	ppm

CONTAINER CHARACTERISTICS

CONTAINER TYPE	=	Vertical cylinder	
TANK DIAMETER	=	6.77	feet
TOTAL WEIGHT OF CONTENTS	=	24248	lbs
WEIGHT OF LIQUID	=	24229	lbs
LIQUID HEIGHT IN CONTAINER	=	15	feet
WEIGHT OF GAS UNDER PRESSURE	=	19.6	lbs
TOTAL CONTAINER VOLUME	=	576	ft3
	=	4309	gals
LIQUID VOLUME IN CONTAINER	=	539.3	ft3
	=	4034	gals
VAPOR/GAS VOLUME IN CONTAINER	=	36.7	ft3
DISCHARGE HOLE DIAMETER	=	1.5	inch(es)
DISCHARGE COEFFICIENT OF HOLE	=	.62	
TEMP OF CONTAINER CONTENTS	=	86	degrees F

ENVIRONMENTAL/LOCATION CHARACTERISTICS

AMBIENT TEMPERATURE	=	86	degrees F
WIND VELOCITY	=	3.4	mph
ATMOSPHERIC STABILITY CLASS	=	F	
VAPOR/GAS DISCHARGE HEIGHT	=	0	feet

KEY RESULTS PROVIDED BY USER INSTEAD OF BY EVALUATION METHODS
NONE OBSERVED

KEY RESULTS OVERRIDDEN BY USER AT SOME POINT AFTER COMPUTATION
NONE OBSERVED

RESULTADOS

Después de realizar las simulaciones correspondientes, se presentan los planos de las 16 delegaciones en formato autocad en el CD anexo. En el CD se agrega una página en formato *.doc para word97 que da una explicación de la simbología utilizada. Se anexa un impresión de los planos y del documento de word en blanco y negro.

En los planos podemos apreciar las áreas probables de afectación en caso de que se suscite el peor evento posible, para las substancias químico peligrosas encontradas en la base de datos DATGEN.

Se recomienda que toda la información se vacíe en un mapa de todo el D.F. ya que existen perímetros que se salen de los límites delegacionales y el área de afectación no se aprecia de manera objetiva, lo cual dificultaría la toma de decisiones en caso de un evento no deseado.

Para realizar la localización en los planos delegacionales se utilizaron las coordenadas geográficas proporcionadas por las empresas junto con mapas de la SCT, que incluyen esta información, cabe mencionar que la SMA del D.F. tiene registrado que el geoposicionamiento utilizado y reporta un error de más menos 10 metros. En los planos se señala el área de afectación delimitada por el perímetro de un círculo en cuyo centro se encuentra la industria que originaría el incidente. Es importante notar que varias veces unos círculos se enciman sobre otros, esto indica cercanía entre empresas, y a su vez, podría ser el origen de un efecto dominó. Por lo que se recomienda tomar en cuenta este posible efecto al realizar los planes de emergencia y prevención correspondientes.

El determinar que substancias y a que volúmenes serían manejados, dependió principalmente de la manera en que los datos se encontraron en la base de datos DATGEN de INE-SMA del D.F. Se utilizó la información de la Dirección General de Protección Civil del D.F. para la simulación del peor evento en una gasolinera, se tomó como base que el menor de los tanques de almacenamiento de una gasolinera cuya

capacidad son 20,000lts de gasolina. Esta información está actualizada hasta diciembre de 1999.

El peor evento posible fue determinado utilizando criterios existentes, como el que la velocidad del viento sea menor a 6 kph, implicando que la nube formada no se dispersa rápidamente, su concentración es alta y puede provocar una explosión (si es inflamable y explosiva) o si es tóxica es cuando la concentración puede ser letal. El considerar clase atmosférica F, implica estabilidad atmosférica y atiende a las mismas razones. Otro criterio utilizado es que el contenedor se encuentra lleno al momento del incidente, es decir, todo el volumen almacenado se ve envuelto en el incidente.

Esto puede provocar que el incidente se encuentre exageradamente sobreestimado, por lo que se aplicó un criterio de no más de una hora de fuga, para ciertos casos, y en otros se redujo el tiempo hasta hacer creíble el escenario. Se trató de evitar caer en sobre o subestimados de los posibles incidentes, pero en un accidente todo puede suceder, e incluso los resultados considerados como sobreestimados, pueden quedar subestimados, y un evento quedar completamente fuera de control.

Se generan una serie de listados de empresas, que se entregará a la Dirección General de Protección Civil del D.F. donde se señalan empresas que podrían generar un riesgo para la población, aunque no manejen el volumen de sustancias químico peligrosas señalado en alguno de los acuerdos.

Dicho listado contiene las siguientes áreas:

1. Empresas que manejan sustancias tóxicas a un volumen grande pero no considerado por los acuerdos.
2. Empresas que manejan un alto volumen de sustancias inflamables, aunque no se encuentren listadas por los acuerdos.
3. Empresas que se encuentran registradas en el programa de prevención de accidentes.
4. Empresas que por su jurisdicción, se considera manejan algunas sustancias químico peligrosa, de acuerdo a la LGEEPA.

5. Empresas que por el volumen de combustible que manejan, se pueden considerar con de riesgo por inflamabilidad y/o explosividad.
6. Empresas que por su giro industrial se consideran entre las que mayor probabilidad tienen de correr un riesgo.

Es necesario recordar que la base de datos es de 1994, y la más actualizada a la fecha de realización de la presente tesis, esto afecta los resultados obtenidos, pues pudieron presentarse los siguientes cambios:

- Desde 1994 muchas empresas se han retirado del D.F. y muchas han llegado
- Existe la posibilidad de cambios de domicilio de las empresas
- Algunas empresas pudieron cambiar de giro
- La materia prima pudo cambiar al realizar mejoras al proceso
- Los volúmenes de materia prima pudieron variar si se modificó el proceso o se aumento la producción.
- Etc.

Se considera que la base de datos es confiable, aunque ello depende totalmente de la veracidad de los datos proporcionados por las empresas al INE. No se anexan estos listados debido a que se consideran confidenciales.

Para llevar a cabo la simulación se realizó una búsqueda de las propiedades de las sustancias a simular. Se anexa una tabla con dichas propiedades.

RESULTADOS








Substancia	PESO MOLECULAR	Limite Máximo Permissible	Punto de ebullición	Gravedad específica	Limite inferior de inflamabilidad	Presión de vapor mmHg	SALUD	REACTIVIDAD	EXPLOSIVIDAD
TOXICAS									
Acetato de vinilo	86.09	10ppm	162°F	0.937	2.6	83 A 66°F	2	2	3
Acido clorhidrico	36.46	5ppm	123°F	1.18	-	413.5	3	0	0
Acido nitrico	63	2ppm	-	1.44	3	-	3	0	0
Acritonitrilo	53	85ppm	171°F	0.8060	1.1	100 A 73°F	4	2	3
Amoniacio anhido	17.03	300ppm	-28.03°F	0.72	-	400 A 49.7°F	3	0	1
Anilina	92.12	100ppm	363°F	1.022	1.3	0.67 A 77°F	3	0	2
Buradieno	54.04	2000ppm	24.1°F	0.6211	-	1840 A 70°F	2	2	4
Cloro	70.91	10ppm	-30.3°F	1.56	-	7600 A 68°F	3	0	0
Metano	32.04	1000ppm	148.3°F	0.7913	6	100 A 70.2°F	1	0	3
Oxido de etileno	44.6	500ppm	51.3°F	0.8829	3.0	1095 A 68°F	2	3	4
Peroxido de hidrogeno	31.02	75ppm	306°F	1.39	-	1 A 56.54°F	2	3	0
Selenato de sodio	188.94	0.4mg/m ³	-	1.603	-	-	-	-	-
Tetracloruro de carbono	153.82	200ppm	170.1°F	1.594	2.7	91 A 68°F	3	0	0
Tolueno	92.14	500ppm	231.1°F	0.8669	-	10 A 43.5°F	2	0	3
INFLAMABLES									
Metil acrilato	86		170.33°F	0.956	3.6	107.86 a 30°C		Radio específico	
Diethylamina	73		131.81°F	0.707		285.6 a 30°C			
Diclorobenceno	147		345.47°F	1.245		2.49 a 30°C			
Cloruro de vinilo	62		7.97°F	0.969		2680 a 30°C	0.2	1.3	
Acido nitrico	53		170.33	0.806		132.3 a 30°C			
Acetileno	26		-119.11°F	0.815		21391 a 30°C	0.4	1.4	
Acetona	58		133.25°F	0.796		283.6 a 30°C			
Alcohol etilico	46		173.03°F	0.789		78.6 A 30°C			

INFORMACIÓN PARA EL CD

Los mapas de las 16 delegaciones del Distrito Federal están guardados como archivos *.dwg, para Autocad 14000 y 20000.

Para abrirlos es necesario contar con esta versión de Autocad.

En cada los mapas podemos encontrar los siguientes layers, con la simbología respectiva:

LAYER	SIMBOLOGÍA
Alto volumen de combustible almacenado (color naranja)	
Empresas con programas de prevención de accidentes - PPA (color verde)	
Empresas que manejan sustancias listadas en el acuerdo de peligro por explosividad e inflamabilidad (color rojo)	
Empresas que manejan sustancias listadas en el acuerdo de peligro por toxicidad (color amarillo)	
Empresas cuyo giro industrial se encuentra catalogado como de alto riesgo (color azul cielo)	
Empresas que manejan un volumen alto de sustancias inflamables, por lo que presentan peligro por inflamabilidad (color rojo)	
Empresas de jurisdicción federal	
Gasolineras	



VÍAS DE COMUNICACIÓN
 Carreteras principales
 Carreteras secundarias
 Ferrocarril

HIDROGRAFÍA
 Ríos
 Lagos o presas
 Embalsames

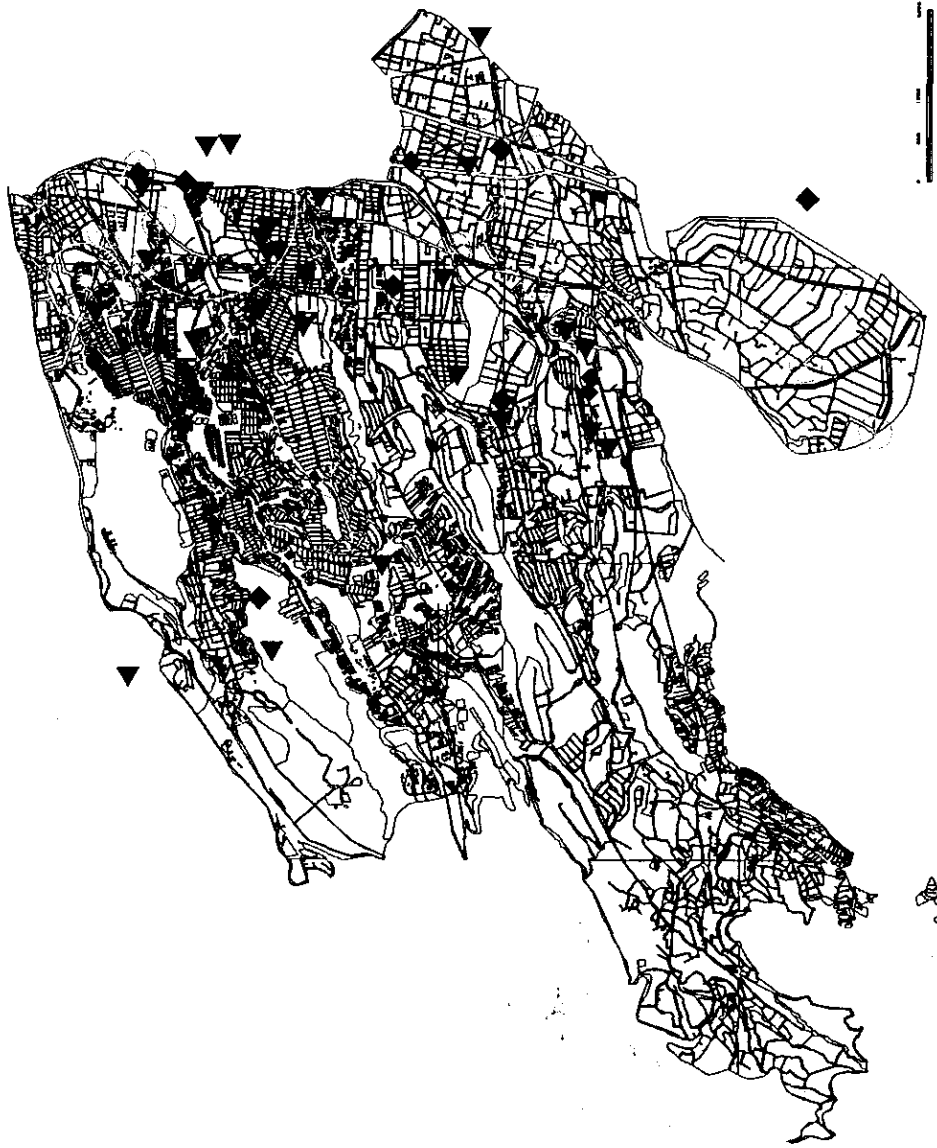
AGENTES PERTURBADORES

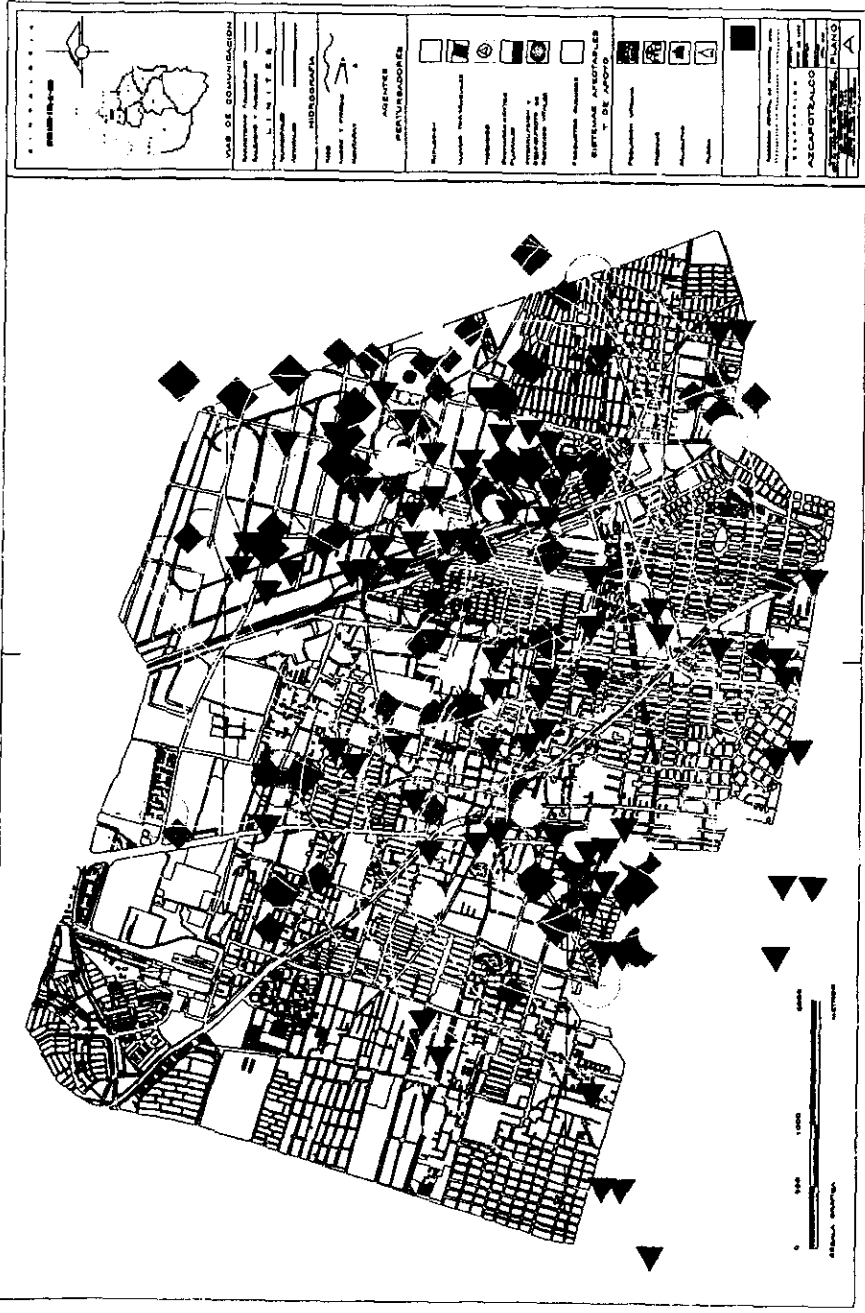
- Industria
- Urbanización
- Actividad agrícola
- Actividad ganadera
- Actividad forestal
- Actividad pesquera
- Actividad turística
- Actividad recreativa
- Actividad deportiva
- Actividad cultural
- Actividad social
- Actividad política
- Actividad económica
- Actividad administrativa
- Actividad judicial
- Actividad legislativa
- Actividad ejecutiva
- Actividad judicial
- Actividad legislativa
- Actividad ejecutiva

- SISTEMAS AFECTADOS Y DE APOYO**
- Sistema de riego
 - Sistema de drenaje
 - Sistema de irrigación
 - Sistema de abastecimiento de agua
 - Sistema de alcantarillado
 - Sistema de saneamiento
 - Sistema de energía eléctrica
 - Sistema de telecomunicaciones
 - Sistema de transporte
 - Sistema de distribución
 - Sistema de almacenamiento
 - Sistema de procesamiento
 - Sistema de comercialización
 - Sistema de distribución
 - Sistema de almacenamiento
 - Sistema de procesamiento
 - Sistema de comercialización

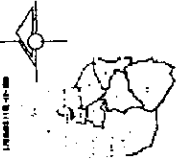


SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y PESQUERÍA
A. OREGÓN
 DIRECCIÓN GENERAL DE SISTEMAS DE RIEGO
 DIVISIÓN DE SISTEMAS DE RIEGO
 SECCIÓN DE SISTEMAS DE RIEGO





GUATEMALA



UNIVERSIDAD DE GUATEMALA

VIA DE COMUNICACION

Administración, Planificación, Estudios y Análisis

C. I. M. I. T. E. S.

Investigación

MICROGRAFIA

Mapas
Líneas e Puntos
Indicadores

AGENTES PERTURBADORES

Disturbios
Límites Topográficos
Urbanización
Estructuras Urbanas
Prédicas
Interrucciones y Interrupciones de Servicios Públicos
Influencias externas

SISTEMAS AFECTABLES Y DE APOYO

Infraestructura Urbana
Estructuras
Servicios
Equipamiento

RESEÑA

Elaborado por: M. CONTRERAS

PLANO

A



0 500 1000 3000

ESCALA GRÁFICA

METROS



VIA DE COMUNICACION SUBSECRETARIA DE PLANEACION DIRECCION GENERAL DE URBANISMO N.º 1, Av. 1 y E. 5. HABANA, CUBA	
HIDROGRAFIA RIOS LAGUNAS Y FIORDOS MONTANAS	
AGENTES DEFORMADORES SOLE VIENTOS TEMPERATURAS HUMEDADES PRECIPITACIONES NEVOS Y GRANIZOS SISMOS Y TERREMOTOS MOVIMIENTOS DE TIERRAS	
SISTEMAS AFECTADOS Y DE APOYO COMUNICACION URBANA SERVICIOS EDUCATIVOS RECREATIVOS	
REPRESENTACION INSTITUTO DE INVESTIGACION Y DISEÑO URBANO CUJAYMAYALPA PLAN 106	

LEGENDA

VIAS DE COMUNICACION
 carreteras nacionales
 carreteras y caminos
LIMITES
 municipales
 estatales

HIDROGRAFIA
 Arroyos y rios
 lagunas

AGENTES PERTURBADORES

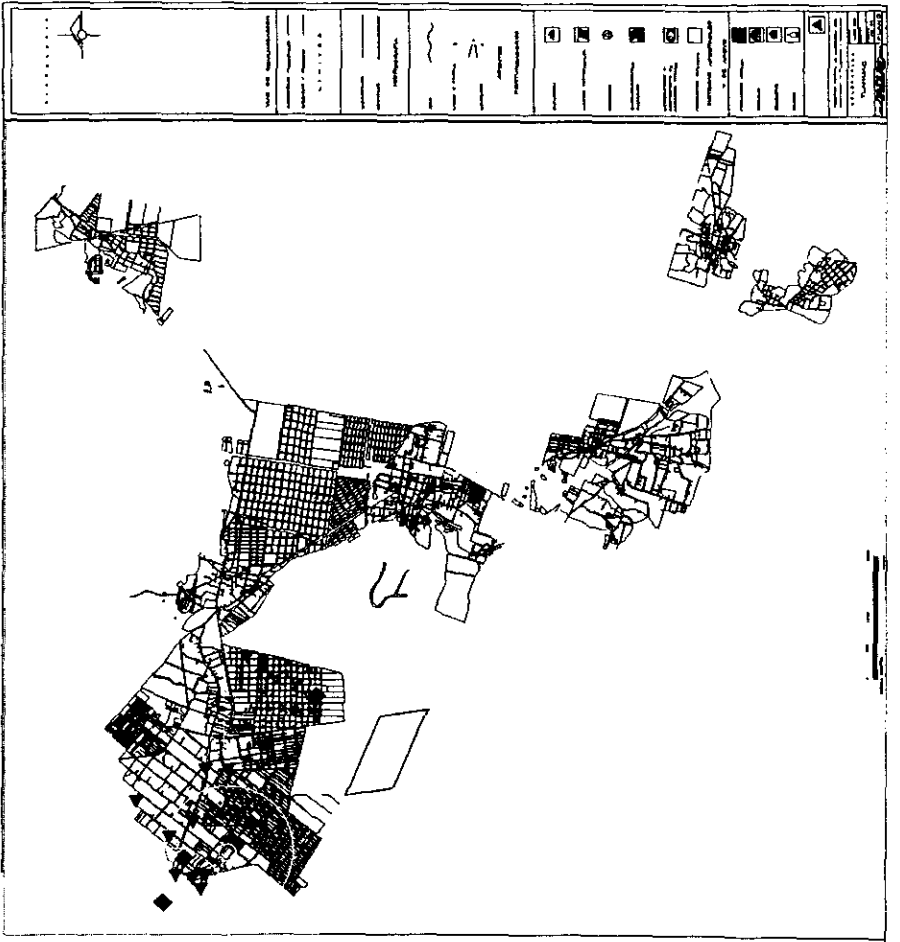
SISTEMAS AFECTADOS Y DE APOYO
 distribución urbana
 drenaje
 suministro
 alcantarillado

SELECCION
 Milpa Alta
 San Mateo
 San Pedro de los Pinos
 San Andrés Bica
 San Juan de los Rios
 San Mateo Atlixco
 San Mateo de los Caballeros
 San Mateo de los Barrios
 San Mateo de los Hornos
 San Mateo de los Olivos
 San Mateo de los Reyes
 San Mateo de los Triunfos
 San Mateo de los Valles
 San Mateo de los Vientos
 San Mateo de los Yungos
 San Mateo de los Zarcillos
 San Mateo de los Zapatos
 San Mateo de los Zapichos
 San Mateo de los Zarcillos
 San Mateo de los Zapatos
 San Mateo de los Zapichos

PLANO
 A



0 500 1000 2000
 ESCALA GRAFICA METROS



REPUBLICA DE CHILE

INACH

VIA DE COMUNICACION

Carreteras Nacionales

Carreteras Regionales

Carreteras Locales

Carreteras de Acceso

Carreteras de Servicio

HIDROGRAFIA

Rios

Lagos o Páramos

Arroyos

AGENTES PERTURBADORES

Industria

Actividad Industrial

Urbanización

Urbanización y Actividades

Urbanización y Actividades

Urbanización y Actividades

SISTEMAS AFECTABLES

Urbanización y Actividades

Urbanización y Actividades

Urbanización y Actividades

Urbanización y Actividades

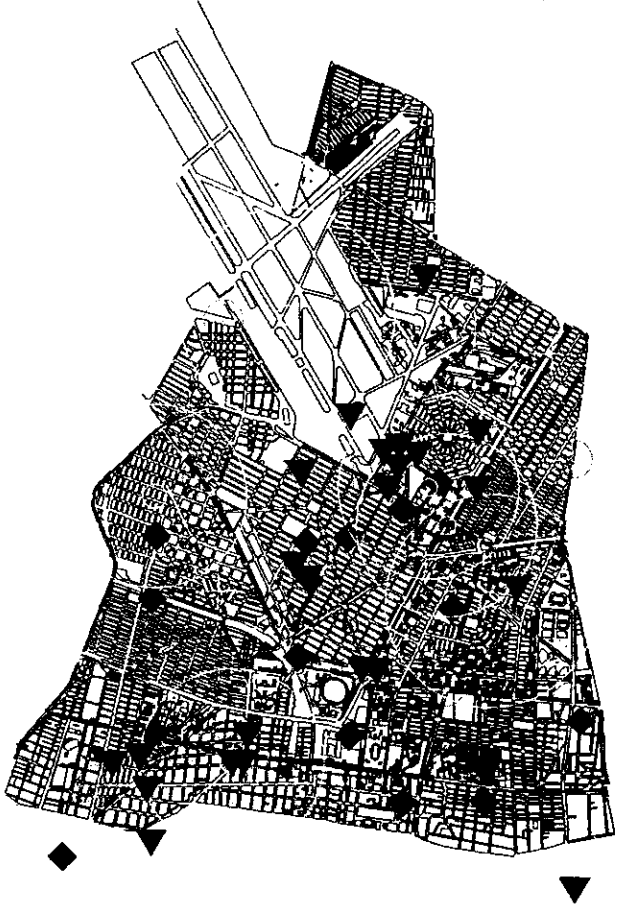
PROYECTO DE PLAN

Urbanización y Actividades

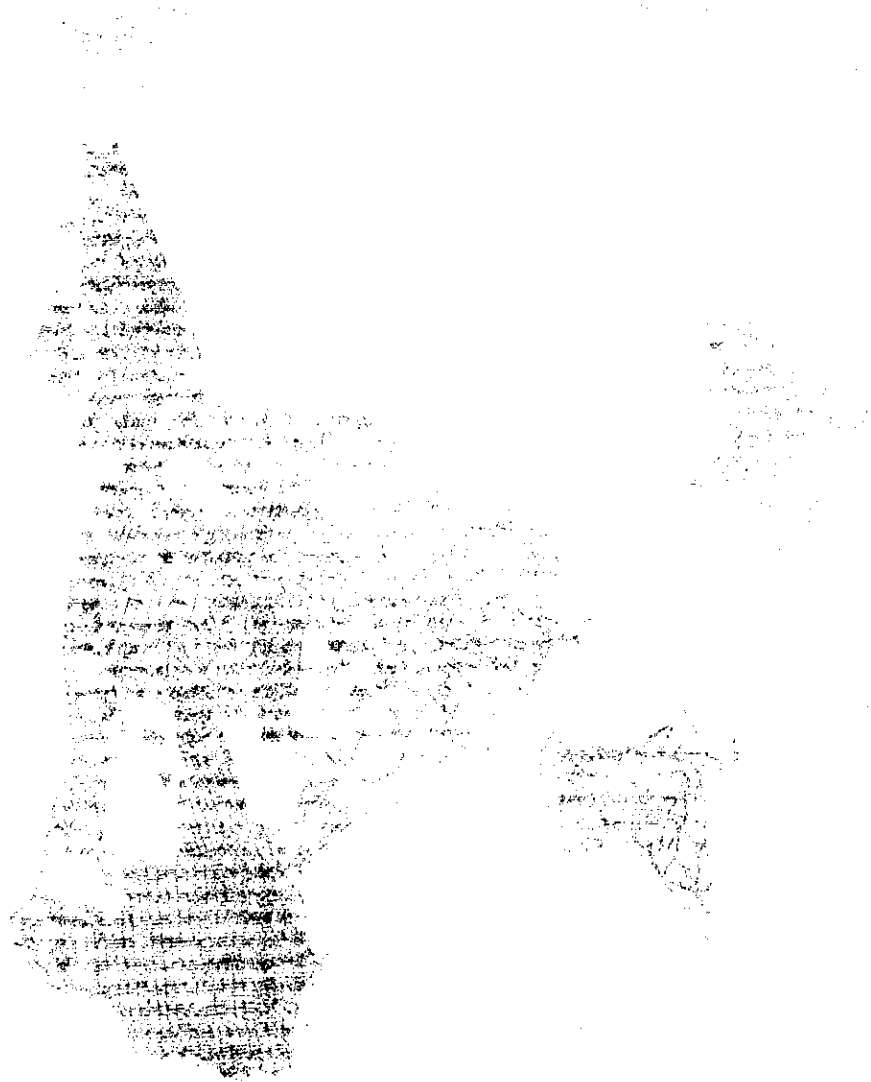
Urbanización y Actividades

Urbanización y Actividades

Urbanización y Actividades



0 500 1000 2000
 metros



CONCLUSIONES
Y
RECOMENDACIONES

1. Se presentan los mapas de riesgo de las 16 delegaciones políticas de Distrito Federal.
2. Los mapas con mayor densidad de industrias son Azcapotzalco, Iztapalapa y Gustavo A. Madero. Por lo que se considera que son las que presentan un riesgo mayor en caso de un accidente con productos químicos peligrosos. En estas delegaciones es posible notar como se forman, con los puntos marcados, corredores industriales.
3. La delegación Cuauhtémoc presenta la mayor cantidad de gasolineras, cada gasolinera maneja un volumen mínimo de 60,000 litros diarios; considerándose por ello la delegación de mayor riesgo por manejo de combustible.
4. Los productos químicos peligrosos que se encontraron con mayor frecuencia en el Distrito Federal son: acetato de vinilo, ácido clorhídrico, amoníaco anhidro, tolueno, acetileno y cloruro de vinilo.
5. Por ser el Distrito Federal una zona con una alta densidad de población, se aumenta el riesgo hacia el entorno en caso de un accidente.
6. Se observaron deficiencias en las bases de datos fuentes, por lo que es necesario actualizarlas y a su vez actualizar este mapa de riesgo del Distrito Federal.

Se realizan las siguientes recomendaciones para mejorar y actualizar dicho mapa.

1. Dirección de las empresas, indicando entre que calles se encuentran y de ser posible anexas un croquis de su ubicación. Incluyendo su geoposicionamiento (latitud y longitud).

2. Para poder evaluar un posible efecto dominó, es necesario contar con un Plot Plan, que es un diagrama de ubicación de equipo y tanques dentro de la industria, indicando las distancias reales existentes entre los equipos.
3. Consumo de materia prima, basado en el tiempo de almacenamiento y en unidades de masa y volumen.
4. Las características generales de la materia prima utilizada, como densidad, presión de vapor, etc.
5. Tipo de contenedor en el que se almacena la materia prima, y su capacidad, mencionando cuantos contenedores son y las condiciones de almacenamiento (temperatura, presión, etc).
6. De igual manera se aplica para el producto terminado o subproductos, en caso de que de consideren sustancias peligrosas por la NOM-052-ECOL-1993.
7. La información se debe actualizar anualmente.

Existe un punto importante, que no fue considerado en este trabajo pero sería un buen punto de partida para otra tesis, la estimación del riesgo en el transporte de materiales químico peligrosos, existe poca información al respecto y se desconocen prácticamente las rutas seguida dentro del D.F. pero es un peligro latente que es necesario evaluar. Ya que muchos accidentes se han presentado durante el transporte de materiales químico peligrosos.

Para finalizar se desea recalcar que para poder realmente prevenir un riesgo, es necesario estimarlo, tomando en cuenta los posibles peligros involucrados, la relación existente entre ellos, la manera en que los eventos se pueden desencadenar y las posibles consecuencias. Posteriormente será necesario tomar medida preventivas, aplicarlas y analizar nuevamente si cumplen o no con su objetivo, y en su caso será necesario realizar correcciones y repetir el procedimiento.

BIBLIOGRAFIA

1. Arcos M. E., J. Becerril, M. Espindola, G. Fernández, M. E. Navarrete, "**Transporte, Destino y Toxicidad de Constituyentes que hacen Peligrosos a un Residuo**", Coordinación de Investigación – Area de Riesgos Químicos, CENAPRED, México, 1992.
2. Bhimavarapu K., P. Stavrianidis, "Safety Integrity Level Analysis for Processes: Issues and Methodologies.", **Process Safety Progress**, U.S.A. Págs. 19-24, U.S.A. Verano 2000.
3. Bridges W.G., J.Q. Kirkman, D. K. Lorenzo, "Include Human Errors in Process Hazard Analysis", **Chemical Engineering Progress**, Págs: 74-82, U.S.A. Mayo 1994.
4. Brown A.E.P., P.M. Buchier, "Hazard Identification Analysis of a Hydrogen Plant", **Process Safety Progress**, Págs. 166-169, U.S.A. Otoño 1999.
5. Brown, A.E.P. "Risk Analysis: An Investment in Engineering", **Process Safety Progress**, Págs. 121- 124, U.S.A. Primavera 1999.
6. Burk A. F., "Strengthen Process Hazards Reviews", **Chemical Engineering Progress**, Págs: 90-94, U.S.A. Junio 1992.
7. DNV Technica Limited, "**User Manual of Phastprofessional, Version 5**", London , United Kingdom, Enero 1995.
8. Dowell III, A. M. "Layer of Protección Analysis an Inherent Safer Processes", **Process Safety Progress**, Págs. 214-220, U.S.A. Invierno 1999.
9. Eastwood T. W., "Analyze Hazards for Existing Plants", **Chemical Engineering Progress**, Págs: 72-75, U.S.A. Enero 1994.
10. Freeman R. A., "What Should you Worry about When Doing a Risk Assessment?", **Chemical Engineering Progress**, Págs: 29-34, U.S.A. Noviembre 1989.
11. Freeman R.A., R. Lee, T.P. Mcnamara, "Plan Hazop Studies With an Expert System", **Chemical Engineering Progress**, Págs: 28-32, U.S.A. Agosto 1992.

12. Grimaldi J. V., R. H. Simonds, "La Seguridad Industrial, su Administración", Ediciones Alfa Omega, México, 1991.
13. Guía Roji, S.A. De C.V. "GUÍA ROJI CIUDAD DE MEXICO", México, Octubre, 2000.
14. INE – SEMARNAP (En Revisión), "Promoción de la Prevención de Accidentes Químicos", México, Diciembre 1999.
15. Kahan F. I., S. A. Abbasi, "Studies on the Probabilities and Likely Impacts of Chains of Accident (Domino Effect) in a Fertilizer Industry", **Process Safety Progress**, U.S.A. Verano, 2000.
16. Kinsley G. R., D. C. Dusing, M. E. Price, "Accidental Chemical Releases, an Ounce of Prevention", **Chemical Engineering**, Págs. 169 –176, U.S.A. Mayo, 1997.
17. Kolluru R. V., "Minimize EHS Risk and Improve the Bottom Line", **Chemical Engineering Progress**, Págs: 44-52, U.S.A. Junio 1995.
18. Kolluru R. V., "Understand the Basis of Risk Assesment", **Chemical Engineering Progress**, Págs. 61-67, U.S.A. Marzo, 1991
19. Lipton S., J. Lynch, "Handbook Health Hazard Control in the Chemical Process Industry", John Wiley & Sons, Inc., U.S.A. 1994.
20. Marszal E. M., B. A. Fuller, J. N. Shah, "Comparison of Safety Integrity Level Selection Methods and Utilization of Risk Based Approaches", **Process Safety Progress**, Págs: 189-194. U.S.A. Invierno 1999.
21. McClure J. M., Jr. "Ease Instrument Rebuilds after Plant Explosions", **Chemical Engineering Progress**, U.S.A. Marzo 1994.
22. Miller E. W., R. M. Miller, "Enviroment Hazards, Toxic Waste and Hazardous Material", Contemporary World Issues, U.S.A. 1991.
23. Mukesh D., "Include Hazop Analysis In Process Development", **Chemical Engineering Progress**, Págs: 76-78, U.S.A. Junio 1994.

24. PNUMA/OIT/OMS, Programa Internacional de Seguridad en las Sustancias Químicas (IPCS), **"Control de Riesgos de Accidentes Mayores/ Manual Practico"**, Editorial Alfaomega, México, 1993.
25. Prugh R. W., "Quantify Bleve Hazards", **Chemical Engineering Progress**, Págs: 66-72, U.S.A. Febrero 1991.
26. Region 6 U. S. Environmental Protection Agency, **"Overview Report: Regional Comparative Risk Project"**, Office of Planning and Analysis, Region 6 U. S. Epa, Dallas, Texas 75202, U.S.A. Noviembre, 1990.
27. Secretaria de Comunicaciones y Transportes, Coordinación General de Planeación y Centros SCT - Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos, **"DISTRITO FEDERAL, MAPA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES"**, México, 2000.
28. Smith L.D., "Easily Test Thermal Stability an Detonability", **Chemical Engineering Progress**, Págs:67-72, U.S.A. Septiembre 1994.
29. United States Office of Solid Waste, Environmental Protection and Emergency Response Agency, Chemical Emergency Preparedness and Prevention Office, **"Program Guidance for Offsite for Consequence Analysis"**, RMP Series, Risk Management, U.S.A. Abril 15, 1999.
30. <http://www.aniq.org.mx>
31. <http://www.canutec.gc.ca>
32. <http://www.epa.gov/ceppo/>
33. <http://www.epa.gov/rgytgrnj/programs/artd/toxics/arip/archie.htm>
34. <http://www.epa.gov/swercepp/ap.aciu.htm>
35. <http://www.ine.gob/dqmrar/ra>
36. <http://www.ineqi.gob.mx>
37. <http://www.oit.org>
38. <http://www.profepa.gob.mx>
39. <http://www.semarnap.gob.mx>
40. <http://www.stps.gob.mx>