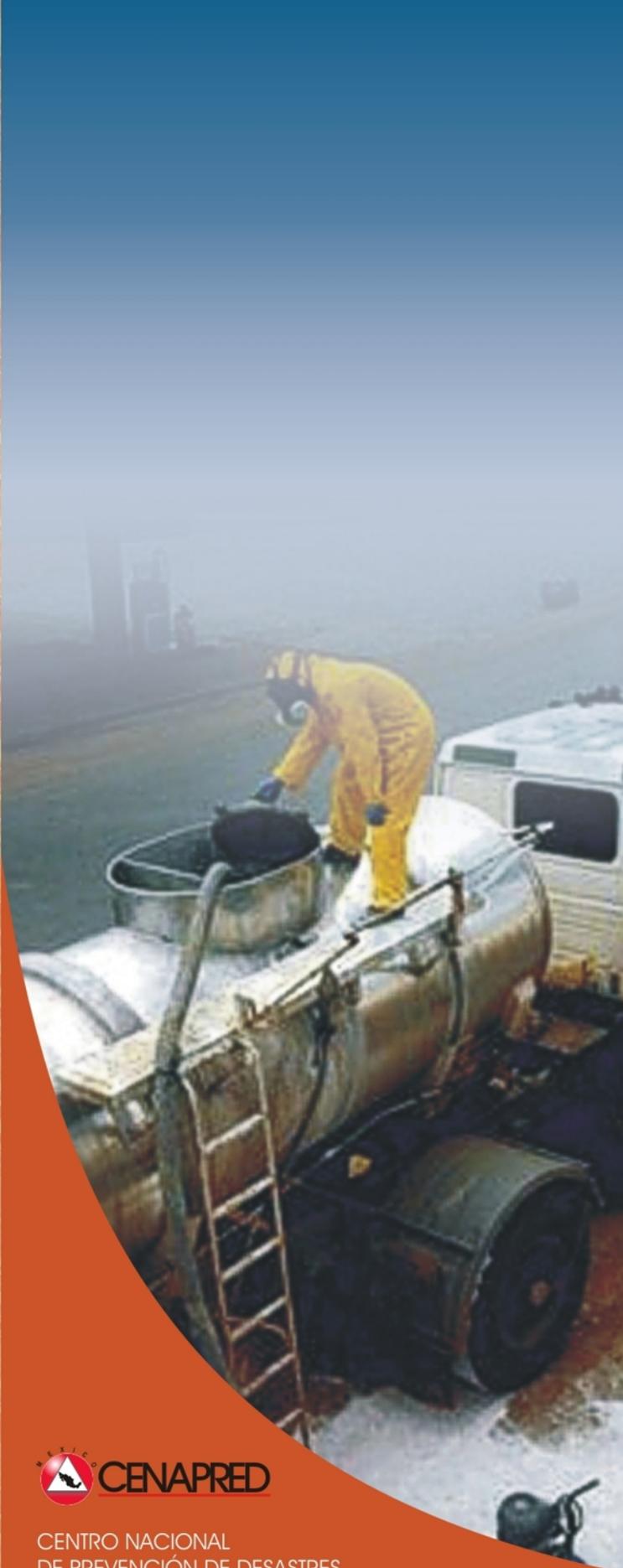
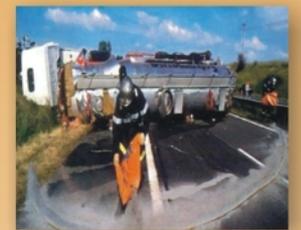


# RIESGOS QUÍMICOS



SERIE  
Fascículos



CENTRO NACIONAL  
DE PREVENCIÓN DE DESASTRES

SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN

# SERIE Fascículos

SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN

**Lic. Francisco Javier Ramírez Acuña**  
Secretario de Gobernación

**Lic. Laura Gurza Jaidar**  
Coordinadora General de Protección Civil

CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE  
DESASTRES

**M. en I. Roberto Quaas Weppen**  
Director General

**M. en C. Carlos A. Gutiérrez Martínez**  
Director de Investigación

**M. en I. Enrique Guevara Ortiz**  
Director de Instrumentación y Cómputo

**Lic. Gloria Luz Ortiz Espejel**  
Directora de Capacitación

**M. en I. Tomás A. Sánchez Pérez**  
Director de Difusión

**Profra. Carmen Pimentel Amador**  
Directora de Servicios Técnicos

2a. edición, octubre 2007

© Secretaría de Gobernación  
Abraham González No. 48,  
Col. Juárez, Deleg. Cuauhtémoc,  
C. P. 06699, México, D. F.

© Centro Nacional de Prevención de Desastres  
Av. Delfín Madrigal No. 665,  
Col. Pedregal de Santo Domingo,  
Del. Coyoacán, C. P. 04360, México, D. F.  
Teléfonos:  
(55) 54 24 61 00  
(55) 56 06 98 37  
Fax: (55) 56 06 16 08  
e-mail: [editor@cenapred.unam.mx](mailto:editor@cenapred.unam.mx)  
[www.cenapred.unam.mx](http://www.cenapred.unam.mx)

Autores: María Esther Arcos Serrano, Cecilia Izcapa Treviño, Liliana Bernabé Espinosa, Rubén Darío Rivera Balboa y Enrique Bravo Medina

Edición: Violeta Ramos Radilla

Diseño: Cynthia Paola Estrada Cabrera y Demetrio Vázquez Sánchez

ISBN: 978-970-821-006-5

Derechos reservados conforme a la ley.  
Impreso en México. *Printed in Mexico*

Distribución Nacional e Internacional:  
Centro Nacional de Prevención de Desastres

EL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO ES  
EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DE LOS AUTORES

# Riesgos Químicos

3	<b>Introducción</b>
4	<b>Principales accidentes tecnológicos a nivel mundial</b>
7	<b>Conceptos básicos para el análisis de riesgo</b> Análisis de riesgo Evaluación de riesgos Análisis de consecuencias Clasificación de las emisiones Efecto dominó
14	<b>Almacenamiento de sustancias químicas peligrosas</b> Clasificación de las sustancias peligrosas para su almacenamiento Accidentes químicos Medidas de prevención de accidentes Programa de atención de emergencias
23	<b>Efectos en la salud debido a sustancias químicas tóxicas</b> Tipos de exposición Vías de entrada del agente químico al organismo Clasificación de las sustancias tóxicas por su efecto en el organismo
29	<b>Transporte de sustancias y materiales peligrosos</b> Etiquetas empleadas para el transporte de materiales peligrosos Sistema de identificación para el transporte de materiales y residuos peligrosos Especificaciones para el diseño y reconstrucción de contenedores o recipientes Previsiones en caso de un accidente Inspección de unidades de transporte
33	<b>Transporte y distribución de sustancias peligrosas por ducto</b> Identificación de ductos Derechos de vía y distancias de protección Análisis de riesgo Programas de cómputo para evaluación de riesgo en ductos Atlas de riesgo de gasoductos
36	<b>Medidas de prevención y seguridad</b>
42	<b>Glosario</b>
43	<b>Bibliografía</b>

## Introducción

Las actividades industriales, comerciales y de servicio involucran la producción, almacenamiento y transporte de sustancias y materiales peligrosos, por lo que existe el riesgo potencial de que ocurra algún accidente en algunas de estas etapas; y como consecuencia una liberación no controlada o la presencia de un incendio o explosión que pueda dañar a la población, al ambiente o a las propiedades. Por lo cual, es indispensable que estas actividades se realicen de manera segura, siendo importante conocer las propiedades y características de las sustancias y materiales, con el fin de prevenir y en su caso, mitigar el impacto de cualquier accidente.

Los accidentes mayores relacionados con el manejo de sustancias y materiales peligrosos, se presentan con poca frecuencia; sin embargo, el costo social, ambiental y económico suele ser elevado. La principal herramienta para combatir estos accidentes es la prevención y el primer paso es la adecuada identificación de los peligros asociados al almacenamiento, transporte, uso y distribución de sustancias y materiales peligrosos.

El presente fascículo tiene como objetivo principal dar a conocer a los integrantes de las unidades de protección civil y al público en general, los conceptos y temas básicos relacionados con los accidentes de origen químico, el almacenamiento y transporte de sustancias químicas peligrosas, los efectos en la salud debido a sustancias químicas tóxicas, y por último aspectos relacionados con el análisis de riesgo.



## Principales Accidentes Tecnológicos a Nivel Mundial

A lo largo de la historia y del desarrollo tecnológico que ha experimentado la humanidad, han estado presentes las sustancias químicas en su estado líquido, gaseoso o sólido; en un principio utilizadas para una serie de descubrimientos fortuitos y, posteriormente, en búsqueda de nuevos desarrollos tecnológicos para incrementar la calidad de vida de la sociedad.

Pero la manipulación de todas estas sustancias químicas estuvo acompañada de los primeros incendios y explosiones de los cuales se tienen registro, situaciones que se repitieron una y otra vez, hasta que se lograron conocer con detalle las propiedades físicas y químicas de las sustancias.

Con el proceso de industrialización en todos los países, el almacenamiento, distribución y manejo de grandes volúmenes de diferentes sustancias químicas, algunas de ellas demasiado peligrosas, han estado presentes en los grandes desastres tecnológicos; en su gran mayoría por la falta de mantenimiento de los equipos utilizados o por una serie de errores humanos.



Aun cuando el almacenamiento de sustancias químicas peligrosas se realiza conforme a la normatividad nacional y a los estándares internacionales de seguridad, los accidentes han estado presentes en casi todos los países del mundo, tanto los industrializados como los que se encuentran en vías de desarrollo.

Los criterios que han sido tomados como base para realizar una clasificación de los accidentes tecnológicos más críticos a nivel mundial, están basados en el número de personas muertas o afectadas por este tipo de eventos, por los ecosistemas que resultan dañados o por el impacto adverso que causan en los ríos, los lagos o los mares, la contaminación del subsuelo y el incremento de los contaminantes en el ambiente.

La tabla 1 incluye los accidentes tecnológicos más importantes que en casi 100 años de actividad industrial han ocurrido, con las consecuencias antes mencionadas.

Tabla 1. Principales accidentes químicos a nivel mundial

País	Tipo de Evento	Consecuencias
<b>Oppau (Alemania) 1921</b>	Explosión de 4,500 toneladas de sulfato de amonio y nitrato de amonio.	<i>La explosión forma un cráter de 105 metros de diámetro y 14 metros de profundidad. 561 muertos</i>
<b>Cleveland, Ohio (USA) 1929</b>	Incendio en un hospital al quemarse placas de rayos X de nitrocelulosa.	<i>125 muertos. La mayoría de las muertes por la inhalación de vapores tóxicos.</i>
<b>Lakehurst, New Jersey (USA), 1937</b>	Incendio de 198,221 metros cúbicos de hidrógeno en el zepelín Hindenburg.	<i>35 muertos</i>
<b>Lagunillas (Venezuela), 1939</b>	Incendio en una refinería.	<i>Destrucción de una población 500 muertos</i>
<b>Bombay Harbor (India), 1944</b>	Explosión en un almacén de municiones.	<i>700 muertos 1,000 a 2,000 afectados</i>
<b>Cleveland, Ohio (USA), 1944</b>	Explosión e incendio en una planta de Gas LP.	<i>135 muertos 200 a 400 afectados</i>
<b>Texas City, Texas (USA), 1947</b>	Explosión de 50 contenedores con nitrato de amonio.	<i>561 muertos 3,000 afectados</i>
<b>Ludwigshafen (Alemania), 1948</b>	Fuga de dimetil éter de un carrotanque de ferrocarril.	<i>Explosión de una nube de vapor 245 muertos 2,500 afectados</i>
<b>New York City (USA), 1949</b>	Fuga y explosión de disulfuro de carbono en un paso a desnivel.	<i>23 autos destruidos Destrucción en 150 metros a la redonda</i>
<b>Cali (Colombia), 1956</b>	Explosión de un camión militar con dinamita.	<i>1,100 muertos 2,000 edificios destruidos</i>
<b>Habana (Cuba), 1960</b>	Explosión de un barco con dinamita.	<i>100 muertos</i>
<b>Islas Cornwall (Inglaterra), 1967</b>	Derrame al mar de 120,000 toneladas de crudo del buque Torrey Canyon.	<i>Contaminación a flora y fauna marina 20,000 aves muertas Mancha de 70 km x 40 km</i>
<b>Staten Island, New York (USA), 1973</b>	Explosión en almacén de Gas LP.	<i>40 muertos</i>
<b>Flixborough (Inglaterra), 1974</b>	Explosión por fuga de 36 toneladas de ciclohexano.	<i>28 muertos y cientos de heridos Destrucción completa de las instalaciones</i>
<b>Cubatao (Brasil), 1974</b>	Bola de fuego de gasolina por fuga de un ducto.	<i>Al menos 500 muertos Graves daños al medio ambiente</i>
<b>Estrecho de Magallanes (Chile), 1974</b>	Derrame al mar de 53,000 toneladas de crudo del buque tanque metula.	<i>Contaminación de flora y fauna marina</i>
<b>Beek (Países Bajos), 1975</b>	Explosión de una nube de vapor con 5.5 toneladas de propileno.	<i>14 muertos</i>
<b>Seveso (Italia), 1976</b>	Reacción química fuera de control que provoca el venteo de un reactor. Liberación de dioxina a la atmósfera.	<i>Más de 1,000 evacuados Abortos espontáneos Contaminación de suelo</i>
<b>Coruña (España), 1976</b>	Derrame al mar de 100,000 toneladas de crudo del buque Urquiola.	<i>Daños a la flora y fauna marina</i>
<b>San Carlos de la Rápita (España), 1978</b>	Explosión BLEVE de un camión cargado con 42 metros cúbicos de propileno al chocar contra un campamento.	<i>215 muertos Cráter de 20 metros Destrucción completa del campamento</i>

continúa...

Tabla 1. Principales accidentes químicos a nivel mundial

País	Tipo de Evento	Consecuencias
<b>Portsall (Canal de la Mancha), 1978</b>	Derrame al mar de 200,000 toneladas de crudo por el buque Amoco Cádiz.	<i>Daños a la flora y fauna marina</i>
<b>Campeche (México), 1979</b>	Derrame al mar de 530,000 toneladas de hidrocarburos de la plataforma marina Ixtoc I.	<i>Daños severos a la flora y fauna marina</i>
<b>Ortuella (España), 1980</b>	Fuga de gas en una escuela.	<i>64 niños muertos</i>
<b>Salang Pass (Afganistán), 1982</b>	Choque y explosión de un contenedor militar en un túnel de 2.5 km.	<i>1,000 a 2,500 muertos</i>
<b>Cubatao, Sao Paulo (Brasil), 1984</b>	Derrame de 700 toneladas de gasolina de un ducto de 24 pulgadas.	<i>508 muertos</i>
<b>San Juan Ixhuatepec (México), 1984.</b>	Numerosas explosiones (15 BLEVE 's) de esferas y tanques de Gas L.P.	<i>Más de 500 muertos Más de 4,500 heridos Más de 1,000 desaparecidos Destrucción masiva de viviendas</i>
<b>Bhopal (India), 1984</b>	Escape de isocianato de metilo en una planta de fabricación de insecticidas.	<i>3,500 muertos 3,500 afectados 150,000 personas requirieron tratamiento médico Efectos a largo plazo</i>
<b>Basel (Suiza), 1986</b>	Incendio de una planta química y contaminación del Río Rhine con insecticidas y dioxinas.	<i>Contaminación del Río Rhine Miles de peces muertos Afectación a los ecosistemas</i>
<b>Alpha Plataforma (Mar del Norte), 1988</b>	Fuego y explosión en plataforma marina.	<i>165 muertes</i>
<b>Pasadena Texas (USA), 1989</b>	Fuego y explosión en una refinería de Phillips Petroleum.	<i>Escape de 39 toneladas de isoetileno 23 muertos</i>
<b>Ufa (Rusia), 1989</b>	Explosión de un gasoducto.	<i>650 muertos</i>
<b>Alaska (USA), 1989</b>	Derrame al mar de 41,600 toneladas de hidrocarburos del buquetanque Exxon Valdez.	<i>Daños graves a la flora y fauna marina 2,000 Km. de costa dañada</i>
<b>Galvestone (USA), 1990</b>	Derrame al mar de 20.5 millones de litros de crudo del buque tanque Mega Borg.	<i>Graves daños a la flora y fauna marina</i>
<b>Guadalajara (México), 1992</b>	Serie de explosiones en la red de alcantarillado de la ciudad de Guadalajara por vertidos incontrolados de combustible procedente de la planta de Petróleos Mexicanos, PEMEX.	<i>190 muertos 470 heridos 6,500 damnificados 1,547 edificios dañados 600 vehículos dañados 13 kilómetros de calles destruidas</i>
<b>Coruña (España), 1992</b>	Derrame al mar de 80,000 toneladas de crudo del buque tanque Mar Egeo.	<i>Graves daños a la flora y fauna marina</i>
<b>Baku (Azerbaijan),1994</b>	Incendio de un tren con sustancias químicas en un túnel.	<i>300 muertos 200 afectados</i>
<b>Taege (Sur Corea), 1995</b>	Explosión de gas en tren.	<i>110 muertos</i>
<b>Hyderabad (India), 1997</b>	Incendio y explosión en una refinería.	<i>28 muertos 100 afectados</i>
<b>Lagos (Nigeria), 1998</b>	Ruptura y explosión de un gasoducto.	<i>500 muertos</i>
<b>San Cristóbal (Islas Galápagos), 2001</b>	Derrame al mar de 919,828 litros de combustóleo del buque-tanque Jessica.	<i>Graves daños a flora y fauna marina</i>
<b>Galicia (España), 2002</b>	Derrame al mar de 77,127 toneladas de crudo del buque tanque Prestige.	<i>Graves daños a flora y fauna marina 115,000 aves muertas</i>

Fuente: Dennis P. Nolan y PNUMA

## Conceptos Básicos para el Análisis de Riesgo

Los accidentes relacionados con sustancias químicas pueden presentarse por diversas causas, entre las que se incluyen: fenómenos naturales (sismos, huracanes, inundación, erupción volcánica, entre otros), fallas operativas en los procesos industriales, fallas mecánicas, errores humanos y causas premeditadas. En el manejo y transporte de sustancias químicas pueden presentarse, como consecuencia de un accidente, los siguientes eventos:

- Liberación a la atmósfera de gases tóxicos o corrosivos, aerosoles o partículas
- Liberación de líquidos o sólidos peligrosos
- Incendios o explosiones



Las personas, los bienes materiales y el medio ambiente que se encuentran próximos a un establecimiento industrial en el que se utilizan sustancias peligrosas, están expuestos al riesgo por la sola presencia de dicha instalación y de las sustancias que se manejan. Por lo cual, es importante estimar el nivel de peligro potencial de una actividad industrial para las personas, el medio ambiente y los bienes materiales, mediante la estimación de la magnitud del daño y la probabilidad de su ocurrencia.

### Análisis de riesgo

El análisis de riesgo permite caracterizar de manera cualitativa y cuantitativa los riesgos, abarcando desde eventos frecuentes de bajo impacto, a eventos mayores poco frecuentes. Los componentes o técnicas del proceso de análisis de riesgos, permiten identificar los mayores

factores que contribuyen al riesgo y, por lo tanto, se pueden hacer recomendaciones y ayudar en la toma de decisiones y en la aplicación de medidas para su disminución. El análisis de riesgo puede variar en profundidad, desde un estudio elemental hasta uno de gran detalle, que tome en cuenta el número de incidentes considerados, a la manera en que se obtienen las frecuencias y probabilidades, así como los modelos empleados para la determinación de consecuencias. El número de incidentes considerados puede variar de acuerdo con las clases de éstos: incidente menor (zona de afectación limitada), incidente mayor (zona de afectación media) o incidente catastrófico (zona de afectación extensa).

El análisis de riesgo proporciona información sobre:

- Eventos precursoros y causas potenciales de accidentes
- Probabilidad de liberación de una sustancia peligrosa y de que exista cualquier condición ambiental inusual, o la posibilidad de incidentes simultáneos
- Tipo de daño o lesión a la población y los grupos de riesgo asociados
- Tipo de daño a la propiedad (temporal, reparable, permanente)
- Tipo de daño al ambiente (recuperable, permanente)
- Los posibles riesgos, las estrategias de prevención y las medidas de mitigación

## Evaluación de riesgos

La evaluación de riesgos es un proceso que permite la identificación de peligros potenciales en el sistema analizado, comprender los riesgos específicos a ser manejados y realizar una jerarquización en términos de las características del riesgo, éstas pueden expresarse de manera cualitativa o cuantitativa. La evaluación de riesgos está dirigida a determinar:

- Los riesgos que se presentan
- Los efectos adversos que pueden presentar estos riesgos
- La posibilidad de que se presenten estos eventos
- La severidad de las consecuencias en caso de suceder el evento
- La magnitud del riesgo

La evaluación de riesgos está constituida por una serie de pasos o etapas. Los elementos aceptados de manera general son:

- Análisis de alcances y selección de objetivos
- Identificación de eventos
- Análisis de frecuencias
- Análisis de consecuencias
- Estimación o valoración del riesgo

El análisis de consecuencias permite estimar o cuantificar los daños hacia las personas, los bienes materiales y el medio ambiente, siendo de vital importancia en el marco de Protección Civil.



## Análisis de consecuencias

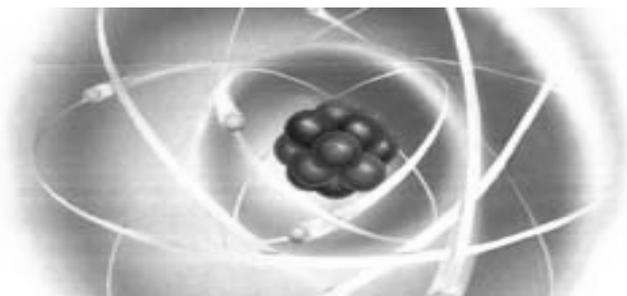
El objetivo del análisis de consecuencias es cuantificar el impacto negativo de un evento. Las consecuencias generalmente se miden en términos del número de muertes, aunque también es posible expresarlos en función del número de lesionados, número de personas evacuadas o de daños a la propiedad. Normalmente se consideran tres tipos de efectos: radiación térmica, ondas de sobrepresión por explosión y la exposición de las personas a sustancias tóxicas.



Las consecuencias de los eventos pueden estimarse de una manera cuantitativa o cualitativa, o en ambas.

El análisis de consecuencias debe contemplar como mínimo:

- La cantidad de sustancia liberada.
- Los procesos físicos y mecanismos de dispersión por los cuales una sustancia puede alcanzar y afectar a las personas próximas al lugar de la fuga, o dañar al ambiente.
- La cantidad de sustancia, radiación o sobrepresión que pueda alcanzar a las personas, o a propiedades.
- Los efectos esperados de la sustancia liberada.

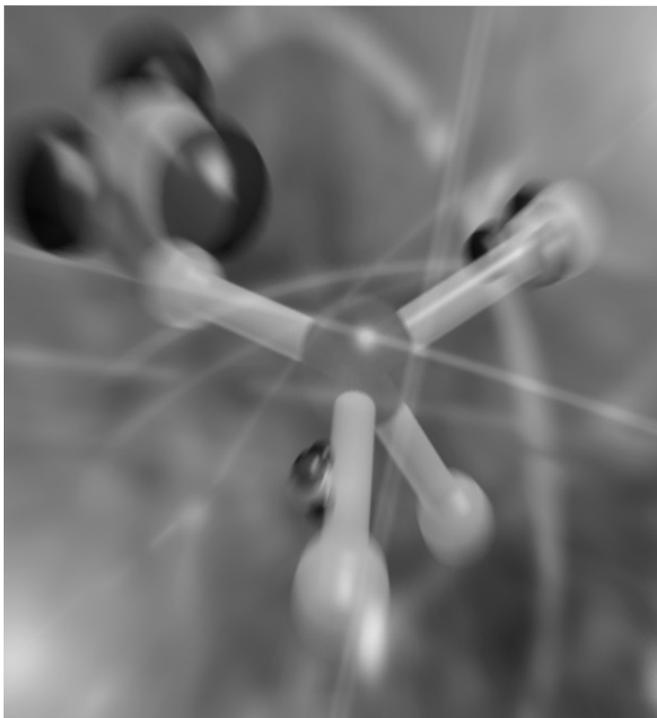


A continuación se describen los principales modelos empleados para el análisis de riesgos y consecuencias.

### **Modelos de fuente**

Los modelos de fuente se utilizan para predecir la tasa de descarga, la evaporación instantánea de una sustancia, la cantidad de aerosol formado y la cantidad de sustancia evaporada. Esta liberación puede ser producto de la ruptura o fractura de los recipientes, válvula de venteo o válvula abierta. El material fugado puede estar en estado gaseoso, líquido o en dos fases.

Estos modelos requieren de información inicial o básica, algunos de ellos son: propiedades físicas y químicas de la sustancia, geometría del recipiente, características del suelo, variación del tiempo, presencia de gas y aerosol en el chorro de salida, entre otros. Los modelos de fuente representan una de las bases principales para el desarrollo de los modelos de dispersión y de explosión e incendio.



### **Modelos de dispersión**

Los modelos de dispersión tratan de definir los aspectos de transporte y dispersión de un material una vez que se ha liberado a la atmósfera. La densidad es una de las características principales que condiciona la transferencia de un gas en la atmósfera, existiendo tres posibilidades:

- Gases ligeros. Densidad inferior a la del aire (se dispersan).
- Gases pasivos o neutros. Densidad similar a la del aire (permanecen en el lugar).
- Gases pesados. Densidad mayor que la del aire (descienden a nivel del piso).

En estos modelos las concentraciones están definidas para un tiempo promedio y se consideran las condiciones meteorológicas y la densidad de vapor. Existen tres tipos de comportamientos de las nubes de material y tres modalidades, de acuerdo al tiempo de liberación.

Tabla2. Gases pesados

<b>Comportamiento de la nube</b>	<b>Duración de la liberación</b>
Gas neutralmente flotante	Liberación instantánea (Puff)
Gas positivamente flotante	Liberación continua (Pluma)
Gas denso	Liberación continua variable con el tiempo

## Clasificación de las emisiones

**Continuas:** Cuando el tiempo de emisión es mayor que el tiempo necesario para que la nube llegue a un determinado punto.

**Instantáneas:** Cuando el tiempo necesario para que la nube llegue a un punto determinado es mayor que el tiempo de emisión del producto. Forma una nube que se va dispersando con el tiempo. Gráficamente puede asimilarse a una nube casi esférica que se dispersa trasladando su centro de emisión en la dirección del viento.



### ***Dispersión de nube neutra: modelo gaussiano de difusión***

Para analizar este tipo de emisión se utiliza un modelo gaussiano de dispersión de contaminantes y se analiza la difusión atmosférica de éstos. Así, es posible conocer la concentración de los contaminantes en función de la localización de un punto respecto a la fuente, de la variable tiempo, condiciones meteorológicas, topografía del terreno, entre otras. Este modelo describe el comportamiento de los gases/vapores de fuerza ascensional neutra, dispersados en la dirección del viento y arrastrados a la misma velocidad, es lo que se denomina modelo de Pasquill-Guifford para liberaciones de gases neutrales.



### ***Modelos para explosión e incendio***

Como resultado de una liberación de material se pueden tener gases o líquidos inflamables, los cuales podrían incendiarse o hacer explosión. Un incidente con materiales peligrosos puede tener como resultado:

- Explosión de nube de vapor no confinada
- Explosión por expansión de líquido en ebullición
- Explosión
- Explosión confinada
- Bola de Fuego (Fireball)
- Charca de fuego (Poolfire)
- Fuego tipo chorro (Jet Fire)
- Fuego instantáneo (Flash Fire)

### ***Explosiones de vapor no confinadas***

Explosiones de nubes de vapor no confinadas, (traducción de la expresión en inglés Unconfined Vapour Cloud Explosion UVCE). Este tipo de explosiones es uno de los peligros de consecuencias más graves en las industrias de proceso.

Se puede definir como deflagración explosiva de una nube de gas inflamable que se halla en un espacio amplio (aunque con ciertas limitaciones), cuya onda de presión alcanza una sobrepresión máxima del orden de un bar en la zona de ignición.



Este tipo de explosiones se originan con un escape rápido de gran cantidad de gas o vapor inflamable que se dispersa en el aire o por evaporación rápida de un líquido inflamable para formar una nube de características inflamables. Cuando un gas inflamable encuentra una fuente de ignición (normalmente superficies calientes, chispas, motores eléctricos, entre otros), una parte de esta masa de gas (la que se encuentra entre los límites de inflamabilidad de la sustancia de que se trate), deflagra por efecto de la fuente de ignición y se produce la explosión. Normalmente son deflagraciones y en raras ocasiones se transforman en detonaciones.

Un ejemplo desastroso de este tipo de explosiones fue el accidente de Flixborough (Gran Bretaña) causado por una nube de vapor no confinada de unas 30 toneladas de ciclohexano y que dio lugar a una explosión equivalente a unas 16 toneladas de trinitrotolueno (T.N.T.)

### ***Explosión por expansión de líquido en ebullición***

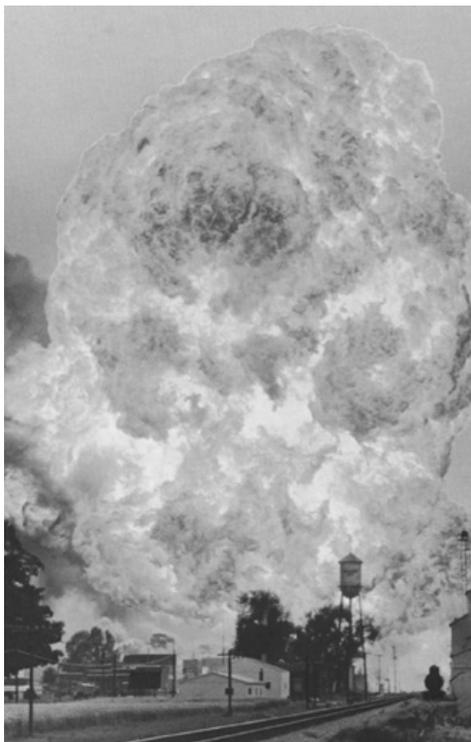
El acrónimo BLEVE se utiliza para designar una explosión mecánica en la que interviene un líquido en ebullición que se incorpora rápidamente al vapor en expansión. La traducción literal sería "expansión explosiva del vapor de un líquido en ebullición" correspondiente a "Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion", o BLEVE.

La BLEVE es un caso especial de estallido catastrófico de un recipiente a presión en el que ocurre un escape súbito a la atmósfera de una gran masa de líquido o gas licuado a presión sobrecalentados.

Cuando se almacena un líquido a presión elevada (normalmente a su presión de vapor a la temperatura de almacenamiento), la temperatura de almacenamiento suele ser notablemente mayor que su temperatura de ebullición normal. Cuando se produce la ruptura del recipiente, el líquido en su interior entra en ebullición rápidamente debido a que la temperatura exterior es muy superior a la temperatura de ebullición de la sustancia. El cambio masivo a fase de vapor, provoca la explosión del depósito porque se supera la resistencia mecánica del mismo. Se genera una onda de presión acompañada de proyectiles del propio depósito y piezas menores unidas a él que alcanzan distancias considerables. Además, en el caso de que la sustancia almacenada sea un líquido inflamable, se produce la ignición de la nube formando lo que se denomina bola de fuego que se irá expandiendo a medida que va ardiendo la masa de vapor. Las BLEVES son exclusivas de los líquidos o gases licuados en determinadas condiciones.

La característica principal de una BLEVE es precisamente la expansión explosiva de toda la masa de líquido evaporada súbitamente, aumentando su volumen más de 200 veces. Normalmente, la causa más frecuente de este tipo de explosiones es debida a un incendio externo que envuelve al depósito en cuestión, debilita mecánicamente el contenido, lo que produce una fisura o ruptura del mismo, con la despresurización, ondas de presión y el BLEVE del conjunto.

Otro de los efectos secundarios nocivos que podrían producirse es el denominado *efecto dominó*, como consecuencia de que los efectos de sobrepresión, radiación y proyectiles alcancen a otros depósitos, instalaciones o establecimientos con sustancias peligrosas y generen en ellos a su vez otros accidentes secundarios, propagando y aumentando las consecuencias iniciales.



### ***Incendios de charco***

Como consecuencia de un derrame o fuga de líquidos inflamables, se forma un charco de líquido cuya extensión dependerá de la geometría y naturaleza del suelo. Por evaporación se generan gases inflamables si la temperatura del líquido está por encima de la temperatura de ignición de la sustancia, lo que puede conducir a un incendio del propio charco. Al incendiarse se producen llamas, cuya altura depende principalmente del diámetro del charco y del calor de combustión. El incendio también puede tener lugar en el interior de un tanque de almacenamiento de líquidos inflamables.

Los efectos peligrosos de estos accidentes son fundamentalmente de dos tipos:

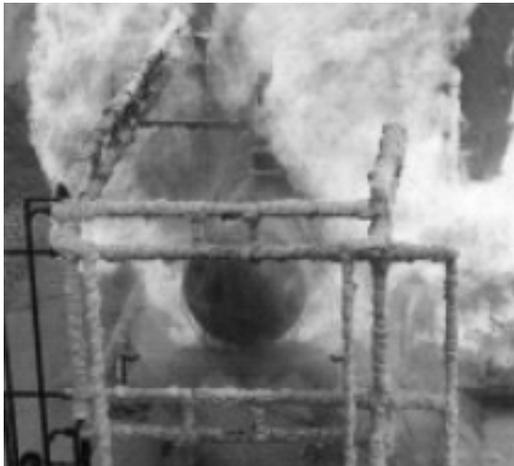
- La radiación térmica generada por los incendios
- Los efectos de los posibles gases tóxicos generados en la combustión



### ***Dardo de fuego***

Tanto en las tuberías como en los depósitos con gas a presión, la aparición de una pequeña fisura en las paredes trae como consecuencia la descarga del gas contenido formando un chorro de gas a presión. Si la fuga entra en contacto con una fuente de ignición, el resultado será la formación de un incendio en forma de chorro o, como normalmente se le llama, dardo de fuego o "jet fire".

Los efectos de este tipo de accidentes son fundamentalmente los causados en el entorno por el calor generado e irradiado desde el dardo.



### ***Bola de fuego***

El resultado de la mezcla de vapor y aire ocasiona la formación de una bola de fuego (fireball), la cual sucede cuando a la nube de vapor la alcanza una fuente de ignición. Las bolas de fuego, pueden llegar a afectar áreas importantes por los efectos de radiación térmica emitida. La parte interna de la nube está constituida totalmente por combustible, mientras que la capa externa, (donde la ignición ocurre) está formada por una mezcla aire-combustible. Como la capacidad de flotación se incrementa por el calor en el gas, la nube incendiada tiende a elevarse, extenderse y tomar una forma esférica.



### **Efecto dominó**

El *efecto dominó* se puede definir como "la concatenación de efectos que multiplica las consecuencias, debido a que los fenómenos peligrosos pueden afectar, además de los elementos vulnerables exteriores, otros recipientes, tuberías o equipos del mismo establecimiento o de otros establecimientos próximos, de tal manera que se produzca una nueva fuga, incendio, explosión, o estallido en los mismos, que a su vez provoque nuevos fenómenos peligrosos".

Un *efecto dominó* implica la existencia de un accidente "primario", que afecta a una instalación "primaria" (este accidente puede no ser un accidente grave), pero que induce uno o varios accidentes "secundarios" que afectan a una o varias instalaciones "secundarias". Este accidente o accidentes secundarios deben ser accidentes más graves y deben extender los daños del accidente "primario".

La extensión de los daños es tanto espacial (áreas no afectadas en el accidente primario, ahora resultan afectadas), como temporal (el accidente secundario afecta a la misma zona pero retardado en el tiempo; en este caso las instalaciones primarias y secundarias pueden ser la misma), o ambas.

## Almacenamiento de sustancias químicas peligrosas



El almacenamiento consiste en el conjunto de recintos y recipientes usados para contener productos químicos, incluyendo los recipientes propiamente dichos, los diques de contención, las calles o pasillos intermedios de circulación y separación, las tuberías de conexión, y las zonas e instalaciones de carga, descarga y trasiego anexas, y otras instalaciones necesarias para el almacenamiento, siempre que sean exclusivas del mismo.

Las sustancias químicas en estado líquido y gaseoso, y los productos derivados del petróleo se almacenan en tanques o depósitos atmosféricos y a presión, los cuales pueden estar en la superficie o subterráneos. Su tamaño, diseño, materiales, forma e instrumentación dependen del producto y de la cantidad a almacenar. Las sustancias en estado sólido se almacenan en silos, sacos, tambores, bolsas y cajas.

Debido a la peligrosidad en el manejo de los productos químicos, se ha adoptado una serie de precauciones básicas al diseñar el área de almacenamiento para que no se produzcan accidentes, como son las siguientes:

- El piso debe ser resistente a las sustancias que se van a almacenar.
- En el caso de que el almacenamiento sea considerable, es conveniente que tenga un desnivel hacia una zona de drenaje, segura y accesible, para evitar la permanencia de cualquier sustancia dentro del mismo en caso de derrame.
- Todos los recipientes deberán estar perfectamente etiquetados, serán de materiales adecuados y homologados mediante la realización en fábrica de las pruebas correspondientes. Las etiquetas aportan información básica (NOM-018 STPS-2000) para la organización de un almacén.
- La iluminación debe ser adecuada.
- Dentro de la zona de almacenamiento debe figurar una nota con normas básicas de seguridad, teléfonos de emergencia, etc.



- Todos los lugares de almacenamiento deben estar correctamente señalizados con las correspondientes señales de advertencia (tóxico, corrosivo, inflamable, etc.), de obligación (utilización de equipos de protección personal) y de prohibición (acceso restringido, no fumar, etc.).
- Las zonas de almacenamiento de sustancias químicas deben estar en lugares frescos, lejos de cualquier fuente de calor excesivo o ignición. Deben mantenerse limpias y secas, con ventilación adecuada que evite acumulación de vapores.



- Los productos especialmente peligrosos como sustancias tóxicas o muy tóxicas, y dentro de esta clasificación las sustancias cancerígenas, mutagénicas o teratogénicas, por sus características particulares, deben almacenarse en lugares especialmente acondicionados con medidas de seguridad particulares y de acceso restringido.
- Es conveniente tener almacenadas las mínimas cantidades posibles de productos químicos
- Deben hacerse revisiones periódicas para asegurarse de que los contenedores no presentan fugas.

Los tanques de almacenamiento de sustancias peligrosas pueden ser de los siguientes tipos:

De acuerdo con la presión	De acuerdo con la ubicación
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tanques atmosféricos</li> <li>• Tanques a presión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aéreos / subterráneos</li> <li>• Interiores / exteriores</li> </ul>



## Clasificación de las sustancias peligrosas para su almacenamiento

El almacenamiento de sustancias químicas peligrosas en nuestro país debe hacerse conforme a la legislación correspondiente, por ejemplo en el caso del gas LP se debe cumplir con el reglamento de distribución de gas licuado de petróleo y la norma NOM-001-SEDG-1996. En el caso de la industria petrolera, el petróleo y sus derivados se deben almacenar de acuerdo a la normatividad nacional, las normas internas y los estándares internacionales.

Las sustancias peligrosas en México se clasifican para su almacenamiento de acuerdo con la norma NOM-018-STPS-2000 "Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo", la cual establece la forma de identificación y clasificación de las sustancias. Las propiedades que toma en cuenta son daños a la salud, inflamabilidad y radiactividad, dándole valores en una escala de 0 a 4 para indicar el grado de peligro que presentan, siendo 4 el de mayor peligro. En dicha norma se encuentran los criterios de clasificación para las sustancias según sean tóxicas, inflamables y reactivas, y por grado de peligro.



Este sistema establece dos opciones de identificación, una en forma de rombo y otra de rectángulo, el modelo rombo coincide completamente con el sistema de identificación de materiales peligrosos establecido por la Asociación Nacional de Protección contra Incendios (National Fire Protection Association, NFPA) en el estándar NFPA 704, mientras que el modelo rectángulo concuerda con el Sistema de Identificación de Materiales Peligrosos HMIS por sus siglas en inglés (Hazardous Materials Identification System) desarrollado por la Asociación Nacional de Pinturas y Recubrimientos, ambos sistemas fueron desarrollados en los Estados Unidos de América.

Los siguientes colores y criterios de clasificación se emplean para ambas formas:

	Rojo	Inflamabilidad
	Azul	Salud
	Amarillo	Reactividad
	Blanco	Especiales

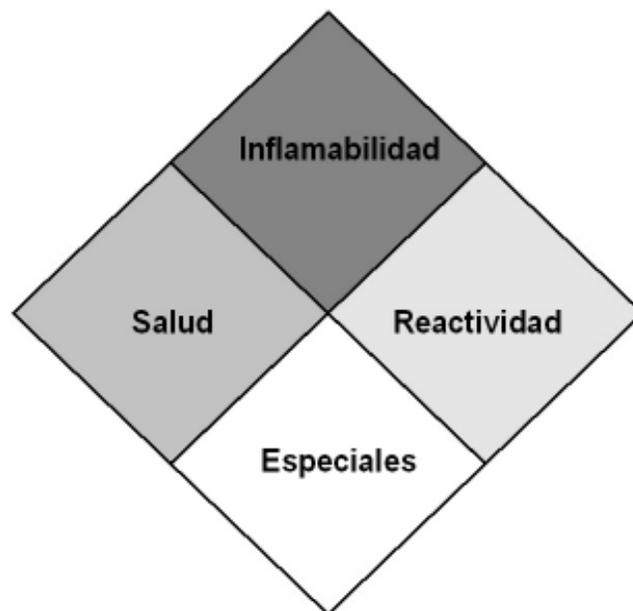


Fig. 1 Rombo de seguridad

De acuerdo con las características de peligrosidad de las sustancias químicas, su distribución en la República Mexicana y las cantidades de almacenamiento, las 14 sustancias que representan mayor peligro en México son (Arcos M.E e Izcapa, C, 2003):

- Gas L.P
- Amoniaco
- Ácido sulfúrico
- Cloro
- Hexano
- Gasolina
- Nitrógeno
- Acetona
- Alcohol metílico
- Alcohol propílico e isopropílico
- Propano
- Acetato de etilo
- Óxido de etileno
- Ácido fluorhídrico



Fig.2 Estados de la República Mexicana que almacenan sustancias químicas más peligrosas y grado de peligro por estado  
Fuente: Arcos M.E. e Izcapa C., 2003

El almacenamiento de estas sustancias peligrosas no implica que tenga que presentarse un evento como incendio, fuga o explosión durante su manejo, ya que esto puede evitarse mediante el conjunto de medidas que la industria lleva a cabo para operar de manera segura y eficiente, tales como un adecuado mantenimiento de los equipos e instalaciones, cumplimiento de estándares de construcción y diseño, desarrollo de procedimientos de operación y constante capacitación del personal entre otros.

## Accidentes químicos

En las últimas décadas, en México ha habido un proceso de crecimiento de la población en zonas urbanas, disminuyendo la población ubicada en áreas rurales, aunado a un crecimiento industrial. Sin embargo, el crecimiento de los centros de población ha sido generalmente en forma desordenada, sin ninguna planeación ni respetando las disposiciones y regulaciones sobre uso de suelo, zonas de reserva ecológica, zonas vulnerables a ciertos fenómenos naturales y demás consideraciones establecidas en los programas de desarrollo urbano.



La actividad productiva en las diferentes instalaciones industriales generalmente implica el almacenamiento de sustancias químicas, en numerosas ocasiones en grandes volúmenes, siendo muchas de ellas peligrosas, porque poseen características de toxicidad, inflamabilidad, explosividad y/o corrosividad que representan un peligro para la salud humana y/o el medio ambiente.

El almacenamiento y procesamiento de grandes cantidades de sustancias químicas peligrosas en las industrias representan un riesgo para la salud humana y/o el ambiente a corto o largo plazo, en caso de presentarse un accidente en el que haya liberación de una o más de estas sustancias. Los eventos que pueden presentarse incluyen incendios, explosiones, fugas o derrames de sustancias químicas los cuales pueden provocar lesión, enfermedad, intoxicación, invalidez o muerte de seres humanos que habitan en los alrededores de las industrias y de los trabajadores que laboran en ellas.



Un accidente químico se puede definir como la ocurrencia de un evento mayor ya sea fuga, derrame, incendio o explosión de una o más sustancias químicas peligrosas, como resultado de una situación fuera de control dentro de las actividades industriales normales de almacenamiento, procesamiento o transferencia, que ocasionan un daño serio a las personas, el ambiente o las instalaciones de manera inmediata o a largo plazo.

Generalmente, las diferentes zonas industriales del país están rodeadas de centros de población cuyos habitantes están expuestos a las consecuencias derivadas de un accidente químico. Cuando existe liberación de una o más sustancias peligrosas o se forman compuestos peligrosos como producto de la combustión en el caso de un incendio, la exposición de la población a estas sustancias puede provocar una enfermedad o la posibilidad de ésta en el corto tiempo por exposición aguda. Sin embargo, puede haber enfermedad, incapacidad o muerte en un lapso considerable inclusive de años, aumentando de esta manera el número real de afectados como consecuencia del accidente.



En algunas ocasiones también se presenta contaminación del agua y del suelo, introduciéndose los contaminantes a la cadena alimenticia de manera que pueden afectar a poblaciones más alejadas del sitio donde ocurre el accidente por el consumo de alimentos o agua contaminada, aumentando el número de afectados tiempo después de sucedido el evento.

La afectación debida a un accidente químico depende de diversos factores como: la sustancia química involucrada, la cantidad de sustancia liberada, la distancia y distribución de los asentamientos humanos alrededor de la empresa, la dirección y velocidad del viento, las condiciones climatológicas, la existencia y efectividad de equipo de control y combate de la emergencia, y la existencia de personal capacitado para atender el evento.

Generalmente, los trabajadores en la escena de un accidente son quienes están en un mayor riesgo desde el principio. También pueden estar expuestos, si no cuentan con la protección adecuada, los primeros en proporcionar la respuesta, tales como bomberos, policías u otro personal de rescate. Un grupo de alto riesgo que normalmente no se toma en cuenta es el personal de salud, que puede estar expuesto aunque esté lejos del lugar del accidente, si los afectados no han sido debidamente descontaminados antes de ser transportados a las instalaciones médicas.

Los accidentes químicos tienen efectos negativos sobre:

- La salud de la población a corto y a largo plazo, produciendo efectos agudos por ejemplo: irritación de ojos, piel, tracto respiratorio, náusea, vómito, daño renal, hepático, gastrointestinal, respiratorio o neurológico.



- El ambiente, ya que se puede contaminar el agua superficial y subterránea, el suelo, el aire, presentarse daño o muerte de plantas, animales y microorganismos, también puede haber contaminación de cultivos.



- La economía local, ya que puede haber suspensión de la actividad productiva de la instalación afectada, importantes pérdidas materiales de la industria en equipos, construcciones, etc., pérdida de empleos directos e indirectos, gastos por reconstrucción de viviendas y servicios públicos y para el auxilio de la población afectada.



## Medidas de prevención de accidentes

Con la finalidad de minimizar o evitar los daños ocasionados por un accidente químico, deben establecerse medidas de prevención en aquellas instalaciones industriales que realizan actividades de alto riesgo. Si lamentablemente el accidente ha tenido lugar, deberán aplicarse medidas de atención de la emergencia.

Las posibles consecuencias ambientales inmediatas de un accidente químico incluyen:

- Liberación a la atmósfera de gases tóxicos o corrosivos, aerosoles o partículas, los cuales pueden dañar los ambientes aéreo, terrestre o acuático.
- Liberación de líquidos o sólidos los cuales afectan adversamente el suelo, corrientes y cuerpos de agua, y la biota (flora y fauna).
- Incendios o explosiones que causan daño a las construcciones y al ambiente.

Mientras que las consecuencias inmediatas a la población por un accidente químico son:

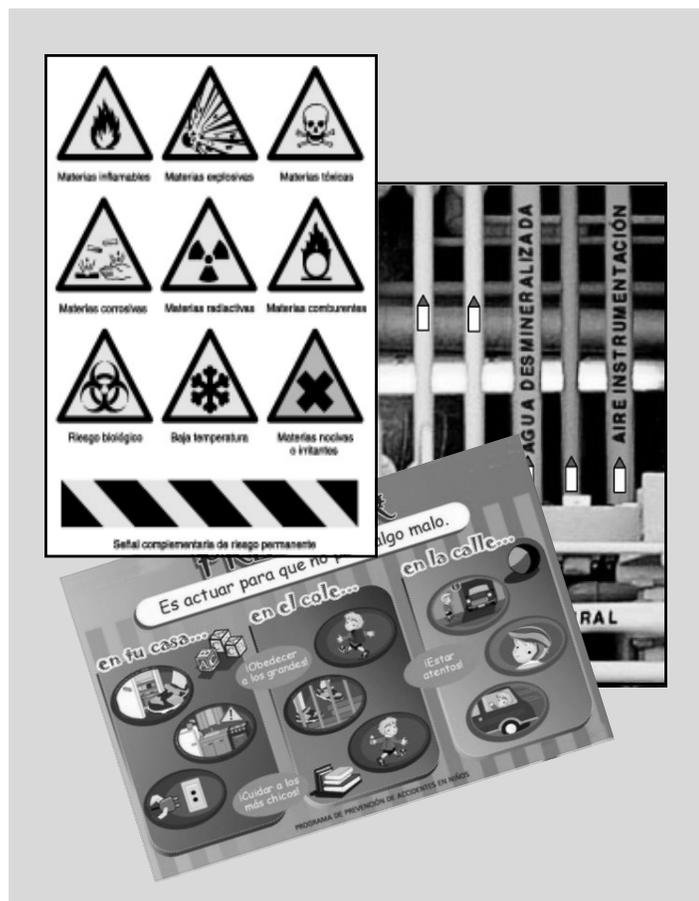
- Muerte, lesión, invalidez, intoxicación o enfermedad

Cuando se presenta un accidente químico en el que se libera una sustancia peligrosa al ambiente, ya sea durante su transporte o en almacenamiento, el accidente puede manejarse más rápidamente y mejor cuando la sustancia involucrada está debidamente identificada y caracterizada.

El contar con un sistema de clasificación de sustancias es importante y necesario, ya que proporciona información de manera inmediata sobre los peligros que representa una sustancia en caso de un accidente. Esto permite atender la emergencia de forma adecuada y segura.

- Las medidas preventivas son aquellas que tienen como finalidad reducir los niveles originales de riesgo de un accidente a valores socialmente aceptables.
- Las medidas de atención tienen por objeto reducir los efectos a la población, al ambiente y a las instalaciones cuando el accidente ocurre.

No obstante, es esencial contar con la debida preparación para hacer frente a una emergencia; es mucho más deseable realizar esfuerzos para evitar que el evento ocurra o bien mitigar sus efectos de modo que nunca alcance proporciones de emergencia.



Es importante tener en claro que el riesgo total en una industria se puede deber a la naturaleza intrínseca del proceso y de las sustancias químicas que se manejan, así como a las características del sitio donde se ubica la instalación.

Si se identifican anticipadamente las causas que pueden dar lugar a una emergencia y sus consecuencias potenciales, se pueden aplicar medidas para minimizar la probabilidad de eventos que ocasionan una emergencia o reducen el impacto de un incidente sobre la planta o sus alrededores.

Como medida de prevención a nivel de municipio es muy importante contar con un inventario de las instalaciones industriales consideradas altamente peligrosas y de las sustancias peligrosas que se manejan en cada industria, para conocer las propiedades fisicoquímicas más importantes por razones de seguridad como serían las características de toxicidad, presión de vapor, estado físico, olor, solubilidad, efectos a la salud, reactividad, clasificación de riesgo, incompatibilidad con otras sustancias, en especial con agua y oxígeno ya que éstos siempre están disponibles en el ambiente. También es importante conocer si una sustancia inflamable produce gases tóxicos como subproductos de la combustión.



Para conocer estas propiedades, es necesario contar con bancos de información toxicológica y con las hojas de datos de seguridad de los materiales, en las cuales se describen las propiedades fisicoquímicas de las sustancias, identificación de peligros, primeros auxilios y medidas de atención en caso de accidente.



El papel de las unidades estatales y municipales de protección civil es muy importante en las actividades de carácter preventivo y una vez que ocurre un accidente químico, el cual rebasa las instalaciones de la empresa responsable, es necesaria su intervención para participar en las acciones de atención y recuperación o restablecimiento, cuyo propósito es disminuir y mitigar los daños derivados del accidente.



## Programa de atención de emergencias

Para la atención de emergencias químicas debe contarse con un programa bien estructurado, en el cual participen las diversas partes involucradas en la planificación y la respuesta, por lo que debe existir una estrecha colaboración entre las autoridades locales y regionales de protección civil, presidencia municipal, procuraduría federal de protección al ambiente entre otras, así como la industria, la población, los servicios de emergencia de la localidad (bomberos, cruz roja) y los centros de atención médica.

Las metas de la planificación para casos de emergencia debido a accidentes químicos son el evitar o minimizar:

- Los efectos adversos a la salud humana
- Las pérdidas económicas y materiales
- La contaminación del ambiente



En los planes de emergencia se deben establecer claramente las funciones y responsabilidades de los individuos y de las organizaciones que participarán en la respuesta, así como los niveles de autoridad. Asimismo, se deben identificar los recursos materiales, humanos y financieros que estarían disponibles en caso de un accidente químico.

Para poder dar respuesta adecuada ante un accidente químico es necesario obtener, mantener actualizada y difundir a nivel local la siguiente información:

- Los tipos y cantidades de sustancias químicas procesadas, utilizadas, almacenadas y transportadas, en el área de estudio.
- Los puntos, actividades y procesos peligrosos.
- Las sustancias químicas que podrían liberarse en las instalaciones industriales y comerciales, especificando el estado físico y las cantidades de éstas.
- Las posibles medidas protectoras y correctivas que se tomen, o de las que se dispone localmente.
- Las listas de expertos de la industria, autoridades públicas, centros educativos, etc., sobre agentes químicos particulares o grupos de ellos.
- El número de trabajadores en las instalaciones de interés.
- El número de habitantes en el área o región.
- La ubicación de escuelas, hospitales, centros comerciales, terminales de transporte, iglesias, parques, etc.

## Efectos en la salud debido a sustancias químicas tóxicas

Una sustancia tóxica es cualquier sustancia capaz de producir un efecto nocivo en los seres vivos, para que esto ocurra es necesario que el organismo se ponga en contacto con la sustancia tóxica, lo cual se puede presentar a través de la inhalación (lo que respiramos), la ingestión (lo que comemos o bebemos) o vía cutánea (contacto con la piel y ojos).

La toxicología es la ciencia que estudia los efectos nocivos de los agentes químicos sobre los organismos vivos y su objetivo principal es establecer el uso seguro de las sustancias químicas.

La toxicología se puede dividir en las siguientes áreas:

- La toxicología ocupacional, que estudia los efectos nocivos producidos por los agentes químico contaminantes del ambiente de trabajo sobre la salud del hombre.
- La toxicología por medicamentos, que es la que se ocupa de los efectos nocivos en el uso de las sustancias como medicamentos.
- La toxicología por alimentos, que trata de los efectos adversos sobre la salud por los agentes químicos presentes en los alimentos.
- La toxicología ambiental, que estudia los efectos nocivos producidos por los contaminantes ambientales.



La toxicología determina la dosis letal 50 (DL50), como primer parámetro para determinar la toxicidad de la sustancia objeto de estudio. La dosis letal 50 (DL50) se define como la cantidad de sustancia calculada de un compuesto químico necesaria para producir la muerte del 50% de los animales en estudio, de esta manera se obtienen los grados de toxicidad de las sustancias químicas, cuyos rangos se pueden observar en la tabla 3. Una sustancia química es más tóxica cuando se requiere menos concentración para producir la muerte del 50% de la población en estudio.

Tabla 3. Grados de toxicidad

Toxicidad	Dosis Letal
No tóxico	15 g/kg
Ligeramente tóxico	5-15 g/kg
Moderadamente tóxico	0.5-5 g/kg
Muy tóxico	50-500 mg/kg
Extremadamente tóxico	5-50 mg/kg
Supertóxico	5 mg/kg

Fuente: J Doull et al, 1980 en Fernícola y Jauge, 1985



## Tipos de exposición

Para que se presente la intoxicación es necesario considerar la intensidad de la exposición a la sustancia química, ésta depende del tiempo de contacto y la frecuencia con que se administra.

La exposición aguda se presenta cuando está en contacto un ser vivo con una sustancia tóxica, durante 24 horas o menos tiempo, produciendo un efecto nocivo de inmediato.

Algunos ejemplos de intoxicación aguda son:

- Irritación de nariz, garganta y conjuntivas oculares
- Quemaduras y dermatitis
- Depresión del sistema nervioso central y/o colapso
- Náuseas, vómito y diarrea
- Enfermedad hepática fulminante
- Asfixia

La exposición crónica se presenta cuando un ser vivo está en contacto con una sustancia tóxica durante periodos largos de tiempo a dosis bajas, produciendo un efecto nocivo.

Algunos ejemplos de intoxicación crónica son:

- Efectos del sistema nervioso central y periférico
- Reproducción
- Efectos genotóxicos
- Daño renal
- Daño hepático
- Daño pulmonar
- Daño cardiovascular
- Daño hematológico

*¿Por qué las sustancias nos provocan daño?*

En la figura 3 se muestra cómo está conformado el cuerpo humano y las sustancias químicas, las cuales interactúan con el organismo por medio de sus moléculas y átomos, causando un desequilibrio en las funciones del organismo.

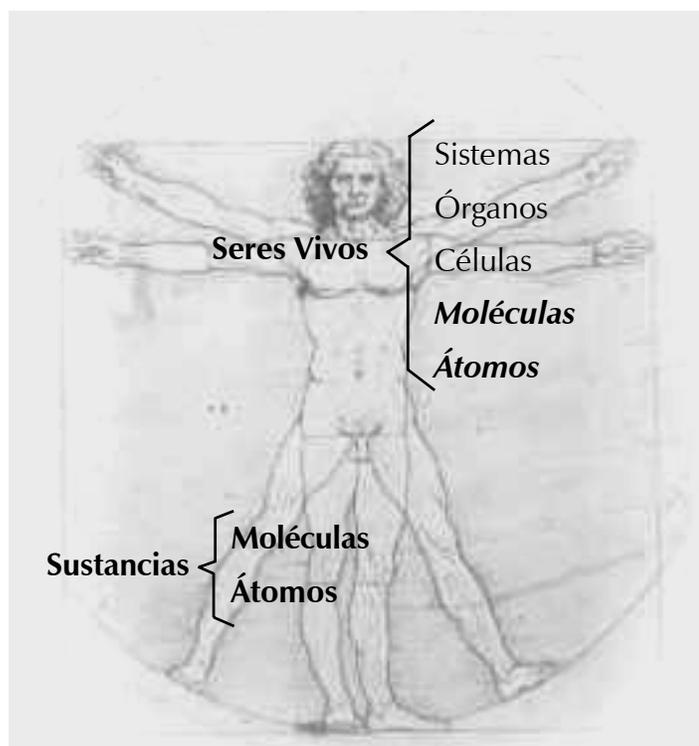


Fig. 3 Organización del cuerpo humano y de las sustancias químicas

## Vías de entrada del agente químico al organismo

Las principales vías de introducción de un agente químico al organismo son la respiratoria, la cutánea y la digestiva, cualquiera que sea la vía de entrada al organismo, el agente químico debe atravesar las membranas celulares para acceder al órgano donde se produce el efecto. Fundamentalmente, la membrana celular está recubierta por una capa doble de lípidos y después por una capa de proteínas. Fig. 7.

### **Absorción por vía respiratoria**

La absorción por vía respiratoria es la más común por exposición ocupacional, especialmente en el caso de las sustancias en estado sólido, líquido o gaseoso que se encuentren en suspensión por tener una presión de vapor alta y los riesgos son mayores durante las épocas de calor. Algunas partículas mayores a 10 micras son retenidas mecánicamente a nivel de las vías respiratorias superiores, otras menores a 5 micras pueden penetrar por las ramificaciones finas del árbol respiratorio hasta los alvéolos pulmonares; a este nivel existe gran cantidad de capilares, produciéndose allí una absorción rápida y distribución por sangre a todos los órganos y particularmente al sistema nervioso central Fig. 4.

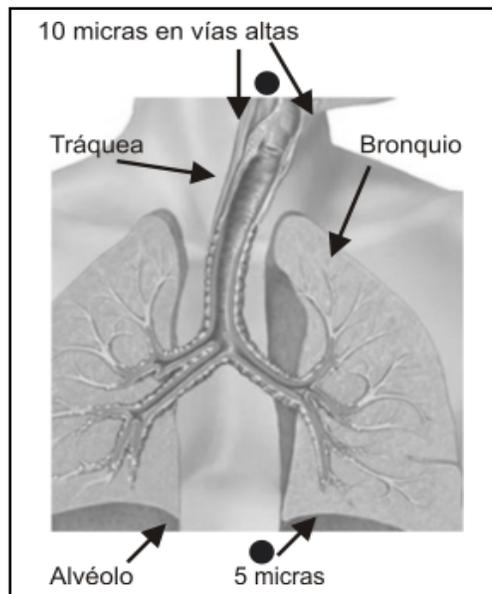


Fig. 4 Esquematación de la absorción por vía respiratoria

### **Absorción por vía digestiva**

El tracto gastrointestinal debe ser visto como un tubo que atraviesa al cuerpo y se considera externo al organismo. Los agentes químicos que se encuentran en el tracto, no producen daño al individuo hasta que son absorbidos, a menos que ese agente sea un compuesto cáustico o irritante. La absorción se produce a lo largo de todo el tracto gastrointestinal, desde la boca hasta el recto. Por ejemplo, muchos componentes del humo del cigarrillo se absorben en la boca, otras sustancias se absorben por el estómago debido a su acidez ( $\text{pH} = 2$ ), mientras que otros compuestos se absorben en el intestino delgado o grueso, ya que esta zona es menos ácida ( $\text{pH} = 6$ ) (Fig.5).

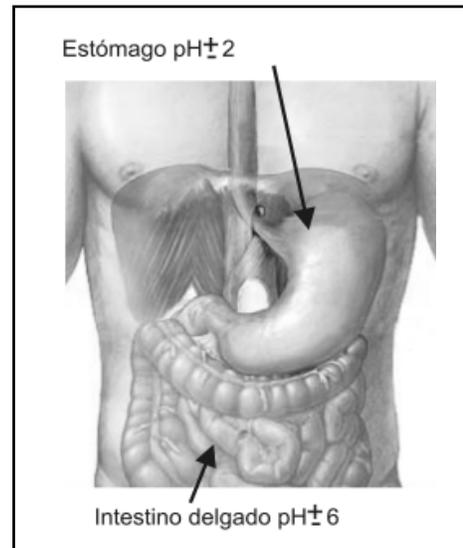


Fig. 5 Esquematación de la absorción por vía digestiva

### **Absorción por vía cutánea**

La piel representa casi el 16% del peso del cuerpo humano y cumple con la función de proteger al organismo para diversos agentes físicos, químicos y biológicos; la afinidad de ciertas sustancias por los lípidos cutáneos, hace que éstas puedan atravesar la epidermis para llegar a la circulación sanguínea. Algunas sustancias pueden alterar en primer término la epidermis y la dermis, para favorecer una mayor absorción.

En el caso de los ojos, aunque no se consideran como vía de entrada a otros órganos del cuerpo, por sí mismos pueden ser lesionados cuando se exponen a una sustancia cuyos vapores sean irritantes o tóxicos. Sin embargo, la córnea es muy sensible a muchas sustancias, especialmente ácidos y bases; ésta puede adquirir una apariencia opaca u oscura; también se pueden presentar daños en el cristalino y cambios en la apariencia del líquido lubricante Fig. 6.

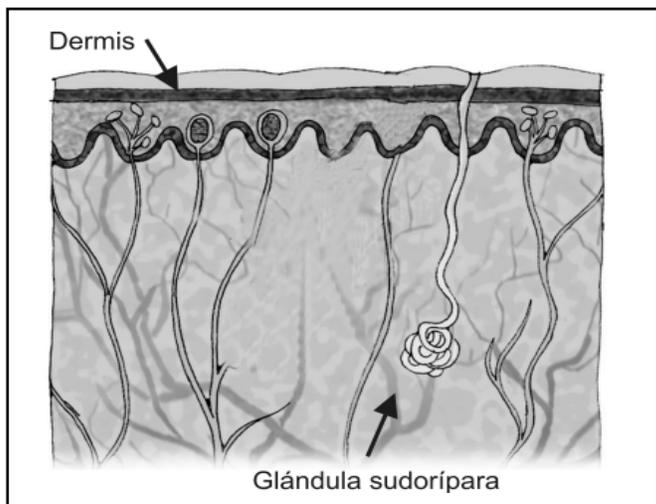


Fig. 6 Esquematación de la absorción por vía cutánea

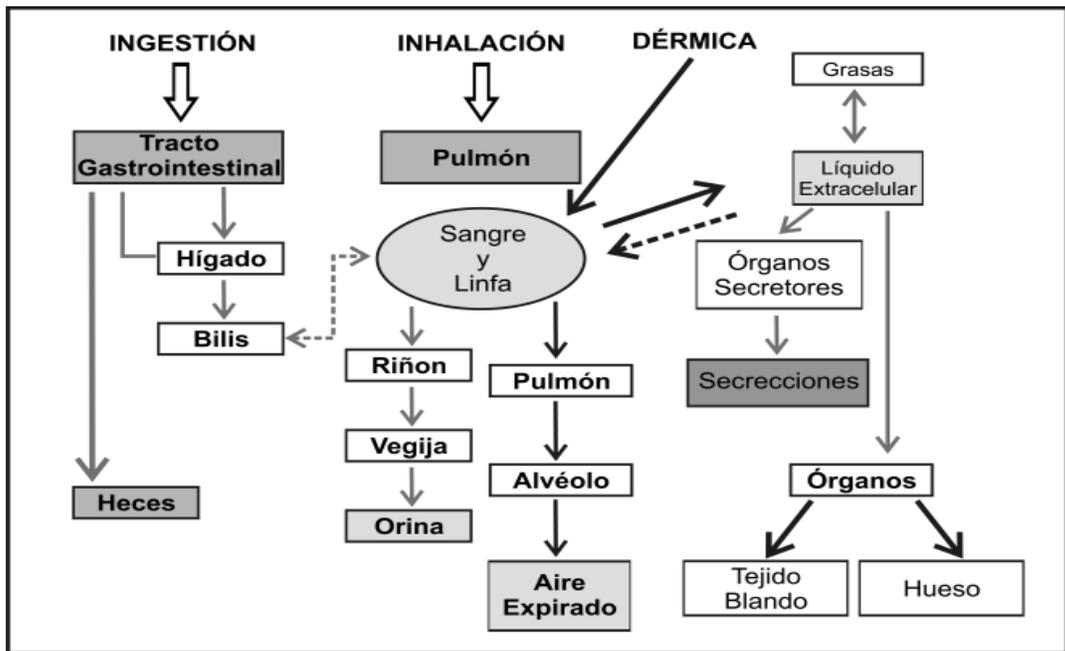


Fig. 7 Esquematación de las vías de entrada al organismo de las sustancias tóxicas  
Fuente: J. Doull et al., 1980 en Fernícola y Jauge, 1985

El grado de intoxicación está determinado por diferentes factores, entre los cuales se encuentran:

- Propiedades físico-químicas de la sustancia
- Factores biológicos
- Factores relativos a la experimentación: Entre estos factores pueden citarse las vías de administración, velocidad y dosis.
- Factores ambientales: entre éstos se pueden considerar la temperatura, humedad, administración simultánea de otros agentes químicos y tensión.
- Composición de la dieta.

## Clasificación de las sustancias tóxicas por su efecto en el organismo

Las sustancias químicas tóxicas se pueden dividir en varias clases, dependiendo de los efectos que producen:

**IRRITANTES:** Provocan irritación en los órganos de contacto (ojos, piel). Estos pueden dividirse en irritantes primarios, los cuales simplemente causan inflamación y los secundarios, además de la inflamación, causan otros efectos como urticaria, dermatitis química, etc.

**ASFIXIANTES:** Son depresivos del tejido respiratorio, se pueden dividir en asfixiantes simples, los cuales sustituyen al oxígeno cuando está en contacto con la hemoglobina; y los asfixiantes químicos que impiden a las células utilizar el oxígeno que transporta la sangre.

**HEPATOTÓXICOS:** Afectan al hígado, algunos de estos efectos incluyen la alteración de los niveles de enzimas en el hígado, lo hacen incapaz de eliminar la sustancia tóxica del cuerpo y como consecuencia se intoxica todo el cuerpo, por ejemplo con el alcohol.

**NEFROTÓXICOS:** Afectan los riñones, alterando la remoción de desechos solubles a través de la orina, provocando el envenenamiento sistemático y causando la muerte.

**NEUROTÓXICOS:** Afectan el sistema nervioso bloqueando los impulsos eléctricos de la sinapsis neuronal, actuando como un circuito abierto; también pueden afectar los centros más altos del cerebro causando una reducción en la habilidad del pensamiento. Sólo con la exposición crónica se afectan las funciones automáticas de la médula y el cerebelo.



**ANESTÉSICOS:** Son depresivos del sistema nervioso central, reduciendo la intensidad de impulsos nerviosos; pueden afectar al sistema nervioso periférico.

**TÓXICOS HEMATOPOYÉTICOS:** Afectan los órganos formadores de sangre (médula espinal), por ejemplo alterando la formación de glóbulos rojos, los cuales son de suma importancia, ya que contienen hemoglobina, que transporta el oxígeno de los pulmones a todo el cuerpo. En la sangre existe otro tipo de células importantes; los leucocitos, los cuales participan en la defensa del cuerpo cuando están afectados por tóxicos hematopoyéticos el cuerpo se enferma debido a la presencia de microorganismos patógenos.

Dentro de los efectos crónicos que pueden producir las sustancias, además de los antes mencionados son:

**TERATÓGENOS:** Son sustancias que pueden causar algún tipo de malformación en los bebés cuando se encuentran en desarrollo fetal, sobre todo en las primeras semanas de embarazo. También se consideran en este rubro los abortivos.

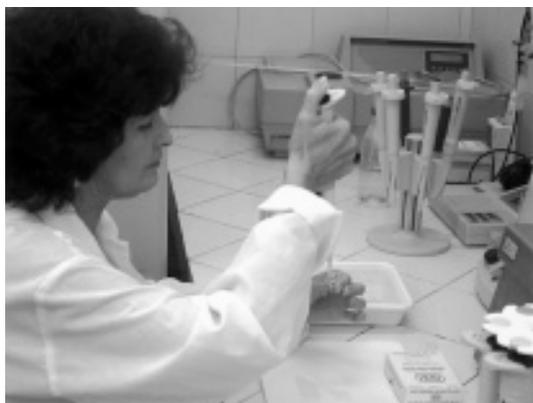
**MUTÁGENOS:** Son sustancias que pueden causar cambios genéticos a futuras generaciones; las alteraciones genéticas se pueden originar de diferentes formas en el código genético, las cuales no se codifican bien al ser transmitidos, ya que existe un cambio en la secuencia de las bases en el ADN (ácido desoxirribo-nucleico). Si la secuencia se cambia, el mensaje que se transmitirá será totalmente diferente al que debería ser.

**CARCINÓGENOS:** Son sustancias que pueden causar crecimiento anormal de las células o cambios en el metabolismo celular, provocando cáncer. Algunas sustancias pueden cambiar la secuencia de las bases del ADN de células individuales expuestas como las de la piel, causando malformaciones en el área afectada o crecimiento anormal de dichas células; estos cambios se llevan a cabo en células que no juegan un papel importante en la reproducción de la especie humana.



## **Interacción de Agentes Químicos**

El término interacción entre sustancias químicas, se utiliza en el caso en que una sustancia altera el efecto de otra. La interacción puede ocurrir entre dos agentes químicos debido a la modificación en la absorción, a la unión con proteínas, a la transformación biológica o a la eliminación de una o ambas sustancias que interactúan.



### **Tipos de interacción**

El *efecto aditivo* de dos agentes químicos, es producido cuando el efecto final de los dos es igual a la suma de los efectos individuales que aparecen cuando se administran por separado.

El *sinergismo* se presenta cuando el efecto de dos agentes químicos combinados, es mucho mayor que el efecto producido por la suma de los efectos individuales cuando se administran por separado.

El *antagonismo* ocurre cuando los efectos de dos agentes químicos administrados juntos, interfieren entre sí. Este es el principio fundamental de muchos antidotos



## Transporte de sustancias y materiales peligrosos

En México el transporte de sustancias y materiales peligrosos se realiza principalmente por vía carretera y ferroviaria, así como mediante tuberías o ductos de transporte y distribución. Esta actividad implica un riesgo tanto para quien la realiza como para las personas, propiedades y ambiente cercanos.

Dentro del marco legal que regula el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos existen diversas disposiciones para disminuir el peligro y los riesgos en la realización de esta actividad, entre estos se encuentran: etiquetado de recipientes, sistema de identificación de unidades de transporte, especificaciones para el diseño y reconstrucción de contenedores o recipientes, y medidas a realizarse en caso de un accidente.

### *Etiquetas empleadas para el transporte de materiales peligrosos*

La NOM-003-SCT2-2000 "Características de las etiquetas de envases y embalajes destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos", define a las etiquetas como: cualquier señal o símbolo escrito, impreso o gráfico visual o fijado que mediante un código

de interpretación indica el contenido, manejo, riesgo y peligrosidad de las sustancias, materiales y los residuos peligrosos. De acuerdo con esta norma todos los envases y embalajes destinados a transportar materiales o residuos peligrosos cuya masa neta o capacidad no exceda de 400 kg o 450 litros, respectivamente, deben portar una etiqueta o etiquetas (primaria y secundarias, según sea el caso) adheribles, impresas o rotuladas que permitan identificar fácilmente, mediante apreciación visual, los riesgos asociados con su contenido; y todos los envases y embalajes destinados al transporte de materiales y residuos peligrosos cuya masa neta o capacidad exceda de 400 kg o 450 litros deberán portar, cuando así lo permita el envase y embalaje, una etiqueta o el (los) cartel(es) de identificación, establecidos en la norma correspondiente.

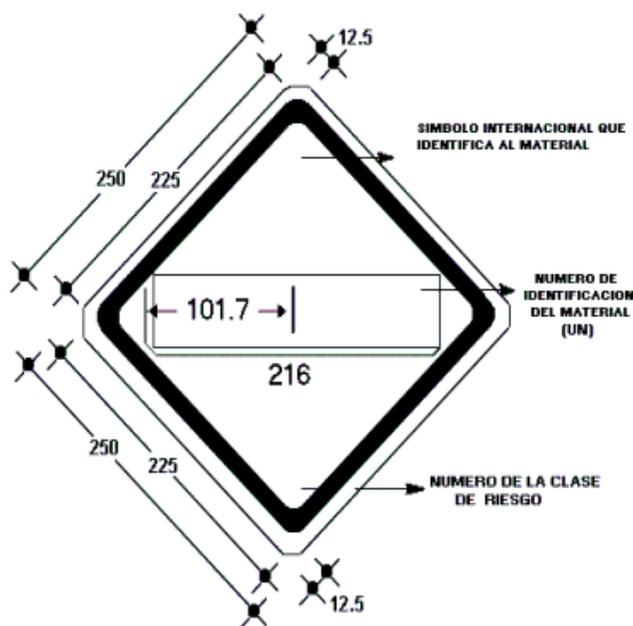


Fig 8 Modelo de simbología

### *Sistema de identificación para unidades destinadas al transporte de materiales y residuos peligrosos*

El sistema de identificación para unidades es una forma de comunicación gráfica visual mediante carteles, conteniendo símbolos, números, letras o textos para identificar la sustancia, material o residuo peligroso que se transporta. El cartel es un rótulo impreso, pintado o grabado que identifica el contenido y riesgo del producto transportado Fig.8 .

La NOM-004-SCT-2000 "Sistema de identificación de unidades destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos", establece que las unidades de transporte, camiones, unidades de arrastre, autotanques, carrotaques, contenedores, contenedores cisterna, tanques portátiles y recipientes intermedios a

granel, empleados en el transporte de sustancias, materiales o residuos peligrosos, deben portar carteles de identificación como señalamientos de seguridad, para advertir que los productos que transportan son peligrosos y son una fuente potencial de riesgos. Los carteles deben indicar el riesgo primario, el número de Naciones Unidas que lo identifica y en su caso el riesgo secundario asociado con la sustancia, material o el residuo peligroso transportado.

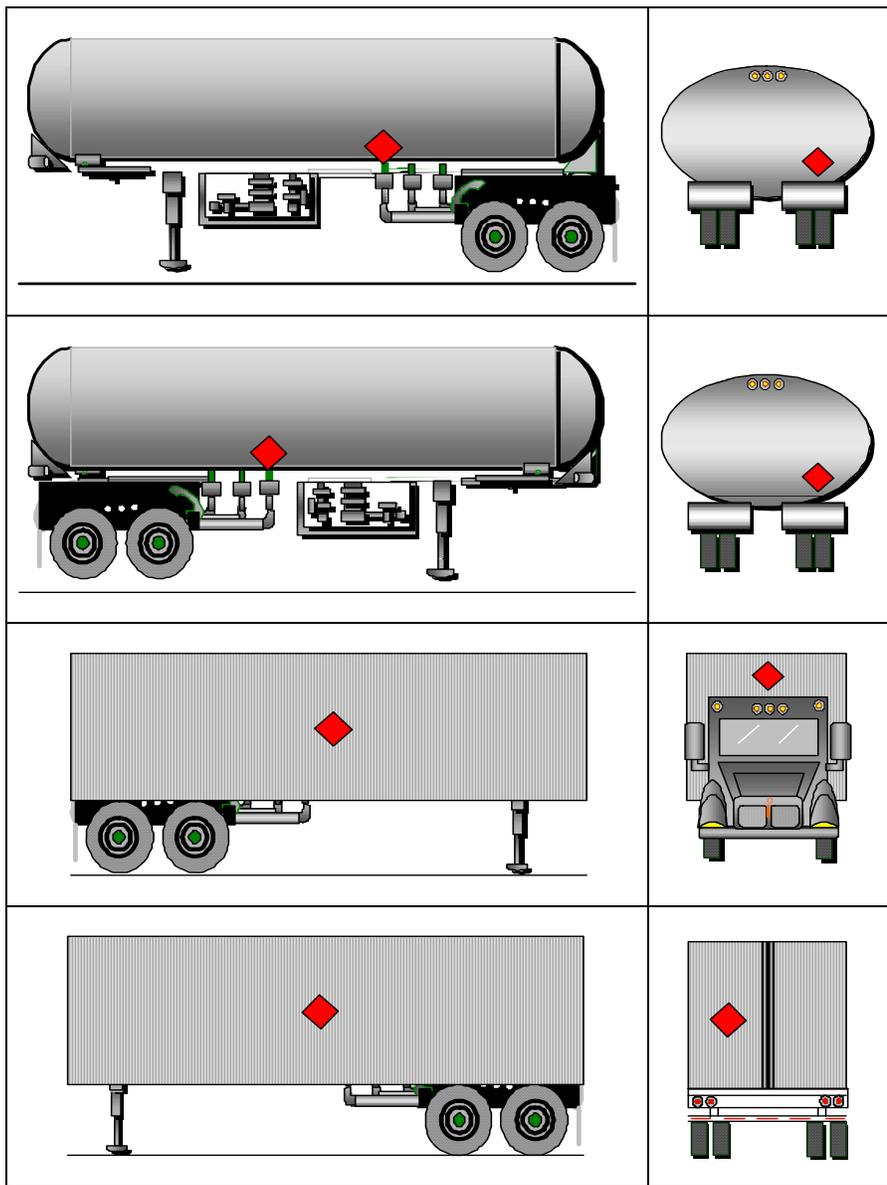


Fig. 9 Sistema de Identificación en unidades de transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos

Los carteles deberán colocarse en la parte media superior de las vistas laterales y posterior de las unidades de autotransporte. En el caso de unidades tipo tractocamión o camión se debe colocar en la parte frontal, siempre y cuando no se obstruya la visibilidad del operador; para combinaciones vehiculares de doble semirremolque los carteles se colocarán en ambos remolques.

En las unidades de arrastre ferroviario, los carteles deben colocarse en ambos costados y en los extremos, en el caso de contenedores y contenedores cisterna, deben colocarse en la parte media superior de las vistas laterales, anterior y posterior.

Asimismo, para determinar la sustancia o material peligroso que es transportado de acuerdo al número de las Naciones Unidas (UN) se emplea la norma oficial mexicana NOM-002-SCT-2003 "*Listado de sustancias y materiales más usualmente transportados*" o la Guía de Respuesta a Emergencias (secciones amarilla y azul).



### ***Especificaciones para el diseño y reconstrucción de contenedores o recipientes***

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes ha emitido 19 normas oficiales mexicanas aplicables al transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos, dentro de las cuales se incluyen 8 normas que especifican las características para el diseño, construcción y reconstrucción de recipientes y unidades para el transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos. Las restantes normas incluyen disposiciones sobre acondicionamiento de carga, limpieza y control de remanentes, marcado de envases, disposiciones especiales para diferentes clases de materiales peligrosos y sobre inspección de condiciones físico-mecánicas.

### ***Accidentes con materiales peligrosos***

En México existen 54,163 kilómetros de carreteras federales en las cuales, durante el 2002 se presentaron 42,591 accidentes y una tasa de 46.6 accidentes por cada 100 millones de vehículos por kilómetro, dicha tasa es similar a la de países como Estados Unidos de América, Alemania e Inglaterra. Del anterior número de accidentes el 93.3% se atribuyen al conductor, 4.2% al vehículo, 2.2% a infraestructura y para un 0.2% no se reporta la causa; sin embargo, del total de accidentes no se desagregan los accidentes con materiales y residuos peligrosos. Por otra parte se reporta para el periodo 2000 a abril de 2004, un total de 1,132 accidentes en el transporte carretero de materiales y residuos peligrosos.



### Previsiones en caso de un accidente

Para casos de accidente, la Norma Oficial Mexicana NOM-005-SCT-2000 "Información de emergencia para el transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos" establece los datos y especificaciones de la información de emergencia que debe llevar toda unidad, durante el transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos, así como las acciones a realizar.

La Guía de Respuesta en Caso de Emergencia elaborado por las autoridades de Canadá, Estados Unidos de Norteamérica y México, es un documento desarrollado para ser usado por bomberos, policía, personal de servicios de atención a emergencias, y por el propio conductor de la unidad en la respuesta inicial a un accidente o incidente. La respuesta inicial es el periodo en el cual se confirma la presencia y/o se identifican los materiales peligrosos, se inician las acciones protectoras, se establece el área de seguridad, se informa del incidente y se solicita ayuda de personal capacitado. Esta guía se emplea en Canadá, Estados Unidos de América, México y en otros países de Latinoamérica.

<b>1. Razón social y dirección del expedidor o embarcador</b> * Importador * Proveedor * Distribuidor * Generador		<b>3. Nombre del producto.</b> (designación oficial de transporte)  Comercial: Químico:		<b>6. Compañía transportadora</b>	
<b>2. Teléfonos de emergencia y fax del expedidor</b>		<b>4. Clasificación</b>		<b>7. Teléfonos de emergencia y fax</b>	
		<b>5. No. del material</b>			
<b>8. Estado físico</b>			<b>9. Propiedades físico-químicas</b>		
<b>10. Teléfonos del sistema nacional de emergencia (CENACOM, SETIQ, CONASENUSA, SINTOX, etc.).</b> En caso de suscitarse un accidente en zonas aeroportuarias o dentro del área de su jurisdicción, deberá ser notificado a la comandancia del aeropuerto correspondiente.					
<b>11. Equipo y medios de protección personal</b>					
En caso de accidente:		* Pare el motor * Ponga señales en zona de peligro * Aleje a toda persona innecesaria de la zona de peligro			
<b>12. Riesgos</b> <input type="checkbox"/> Si ocurre esto			<b>13. Acciones</b> <input type="checkbox"/> Haga esto		
<b>14.</b>  Intoxicación/exposición.			<b>15.</b>		
<b>16. Contaminación</b>			<b>17.</b>		
<b>18. Información médica</b>			<b>19.</b>		
<b>20.</b>  Escapes, fugas y derrames			<b>21.</b>		
<b>22.</b>  Fuego/explosión			<b>23.</b>		
<b>24. Nombre de la persona responsable de requisitar la información (expedidor o embarcador)</b>			Firma Puesto		Teléfono
<b>25. Esta hoja es requisitada en su totalidad para hacer uso de ella en caso necesario.</b>					

Fig. 10 Modelo de hoja de emergencia de acuerdo con la norma NOM-005-SCT-2000

### ***Inspección de unidades de transporte***

El artículo 41 del Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos establece que las unidades que transportan materiales y residuos peligrosos deberán someterse a inspecciones periódicas técnicas y de operación realizadas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes o por unidades de verificación aprobadas por ésta.



De acuerdo con el decreto de reforma al Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos publicado en el Diario Oficial de la Federación del 28 de noviembre del 2006, se modifica el artículo 134 y adiciona el artículo 134 Bis indicando que la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y la Secretaría de Seguridad Pública, a través de la Policía Federal Preventiva impondrán, en el ámbito de sus respectivas competencias y conforme al Tabulador de Multas que forma parte de dicho Reglamento, las sanciones por el incumplimiento a las disposiciones del mismo, en materia de transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos en unidades de autotransporte federal y transporte privado en la zona terrestre de las vías generales de comunicación.

Las sanciones que se impongan, no eximen al infractor del pago de los daños y perjuicios ocasionados a las vías generales de comunicación y otros bienes de la nación o a terceros. En caso de reincidencia, las infracciones a dicho Reglamento se podrán sancionar con multas hasta por el doble de las cantidades que correspondan.

### **Transporte y distribución de sustancias peligrosas por ducto**

El empleo de sistemas de tuberías para el transporte y distribución de sustancias peligrosas es un medio económico, confiable y seguro de manejo, en estos sistemas se transportan sustancias en estado líquido o gaseoso, por ejemplo: gasolinas, gas natural, gas LP, amoníaco, petróleo crudo y combustóleo, entre otras.

El transporte y distribución de sustancias peligrosas por medio de tuberías está regulado conforme a lo establecido en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y por la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo. Para el caso de gas natural y gas LP se aplica lo dispuesto en el Reglamento de Gas Natural, en las normas emitidas por la Secretaría de Energía a través de la Comisión Reguladora de Energía, en las normas emitidas por otras secretarías y aquéllas que Petróleos Mexicanos ha desarrollado.

El sistema de transporte por ductos de Petróleos Mexicanos consta de más de 58,000 kilómetros, administrados por cuatro subsidiarias con diámetros de tubería que varían de 3 a 48 pulgadas y que comparten en su mayoría los derechos de vía. De 1993 a 2002 la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente registró 2,032 emergencias ambientales, el 60% de éstos se le atribuye a la toma clandestina en los ductos.

## **Identificación de ductos**

Para ductos que transportan y distribuyen hidrocarburos y otras sustancias, los señalamientos y colores de identificación deben estar de acuerdo con lo establecido en las normas de referencia NRF-009-PEMEX-2001 *"Identificación de productos transportados por tuberías o contenidas en tanques de almacenamiento"*, NRF-030-PEMEX-2003 *"Diseño, construcción, inspección y mantenimiento de ductos terrestres para transporte y recolección de hidrocarburos"*, norma oficial mexicana NOM-003-SECRE-2002 *"Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos"*; NOM-007-SECRE-1999 *"Transporte de gas natural y lo indicado"* en la NOM-026-STPS-1998 *"Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías"*.

## **Derechos de vía y distancias de protección**

El derecho de vía es la franja de terreno donde se alojan las tuberías, requerido para la construcción, operación, mantenimiento e inspección de los ductos. Ductos son las tuberías, conexiones y accesorios para la conducción. La NOM-007-SECRE-1999 establece distancias mínimas de protección para las estaciones de medición y regulación, así como del ancho del derecho de vía de acuerdo al diámetro de la tubería.



## **Análisis de riesgo**

La norma oficial mexicana NOM-007-SECRE-1999 no hace referencia a estudios de riesgo, la NOM-003-SECRE-2002 solicita se realice un análisis de riesgo de las instalaciones; asimismo, para la instalación y operación de ductos de transporte de gas natural el artículo 28(I) de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente requiere una evaluación de impacto ambiental a oleoductos, gasoductos, carboductos y poliductos.

El artículo 147 de la ley anterior establece que quienes realicen actividades altamente riesgosas, deberán formular y presentar ante la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales un estudio de riesgo ambiental, así como someter a la aprobación de ésta y de la Secretarías de Gobernación, de Energía, de Comercio y Fomento Industrial, de Salud, y de Trabajo y Previsión Social, los programas para la prevención de accidentes en la realización de tales actividades.

Adicionalmente, la NOM-007-SECRE-1999 en el numeral 12.3.1 (d) indica que se debe proporcionar a la autoridad local información actualizada de las tuberías e instalaciones existentes en su territorio, marcando el área para su fácil identificación.

### ***Programas de cómputo para evaluación de riesgo en ductos***

Petróleos Mexicanos utiliza dos programas de cómputo para la evaluación de riesgo, el primero Integrity Assessment Program (IAP, Programa para la evaluación de la integridad) empleado por PEMEX Gas y Petroquímica Básica (PGPB) y PEMEX Refinación, y el segundo llamado Pipeline Risk Analysis for Maintenance and Inspection Decisions (PIRAMID, Análisis de riesgos en tuberías para decisiones sobre inspección y mantenimiento) empleado por PEMEX Exploración y Producción (PEP).

El programa IAP se utiliza para obtener índices de riesgo, que a su vez se emplean para desarrollar programas de mantenimiento y para la planeación, asignación y distribución de recursos. Este programa maneja más de 200 variables para obtener 7 factores de riesgo: corrosión interior (IC), corrosión exterior (EC), diseño y materiales (DM), movimiento del suelo (GM), terceras partes (TP), operación del sistema (SO), y fractura por esfuerzo de corrosión (OT). Con los factores de riesgo se determinan los valores de probabilidad de falla (LOF) y consecuencias de falla (COF), índices de impacto a la población (IAP), en el medio ambiente (IOE) y en el negocio (IOB) y finalmente el riesgo de falla (ROF). Los valores calculados se comparan para determinar tres bandas de riesgo: tolerable,

administrable y no tolerable. Asimismo, con la información disponible en el Sistema de Identificación de Activos (SIIA), se puede obtener con detalle las áreas de afectación debidas a un evento como es una explosión de material fugado.

PIRAMID es un programa de cómputo que realiza un análisis cuantitativo del riesgo, establece perfiles de riesgo para ductos, pudiéndose establecer una jerarquía de los segmentos de un ducto de acuerdo a niveles de riesgo, identificando segmentos de altas consecuencias. Este programa calcula la probabilidad de falla y las consecuencias del fallo para cada peligro (o causa de fallo), combinando los resultados y calculando el nivel de riesgo para cada segmento del ducto. Para calcular la probabilidad de fallo considera diversas causas, entre las que se incluyen: impacto con equipo de excavación, corrosión interna, corrosión externa, peligros geotécnicos, sísmicos, etcétera.

### ***Atlas de riesgo de gasoductos***

En el 2005, PEMEX Gas publicó el primer Atlas de Riesgo del Sistema Nacional de Gasoductos, para informar a las autoridades de PEMEX, gobierno y entidades regulatorias la ubicación de 597 kilómetros de tubería que se encontraban bajo la clasificación de "riesgo preventivo". Actualmente se han integrado al atlas 11,842 kilómetros de ductos para el transporte de gas natural, gas LP y productos petroquímicos básicos, empleando el programa Integrity Assessment Program (IAP) e información del Sistema de Identificación de Instalaciones y Activos (SIIA), con los cuales es posible identificar y determinar el índice de riesgo y el índice de consecuencias.



## Medidas de prevención y seguridad

En nuestros hogares generalmente utilizamos sustancias químicas que nos sirven para la limpieza, entre los que se pueden enlistar: hipoclorito de sodio, amoníaco en solución, sosa cáustica, ácido muriático, desengrasantes, thinner, gasolina, aguarrás, gas L.P., insecticidas, veneno para ratas, fertilizantes, además tenemos en casa medicamentos que también pueden ser tóxicos cuando se ingieren sin prescripción médica. Estas sustancias son peligrosas y necesitamos manejarlas con el debido cuidado.

### Recomendaciones

- Las sustancias peligrosas debemos tenerlas en envases apropiados y perfectamente etiquetados (con el nombre y para que sirve), nunca utilizar envases de refrescos o latas que alguna vez sirvieron para guardar alimentos, ya que se podría confundir e ingerir su contenido por equivocación, causando así una intoxicación con consecuencias graves.
- Almacenar las sustancias en un lugar seguro y acomodar de la siguiente manera: los solventes (thinner, gasolina, aguarrás) que son inflamables, en un lugar lejos del fuego; (cloro) el hipoclorito de sodio y amoníaco deben estar separados entre sí, así como la sosa cáustica, y el ácido muriático. El tanque de gas L.P. debe estar en un lugar adecuadamente ventilado.
- Si tenemos menores de edad y personas de la tercera edad, es conveniente que las sustancias se mantengan fuera del alcance de ellos, ya que son las personas que pueden estar en mayor riesgo.
- Para realizar la limpieza del hogar NUNCA debe mezclar cloro (hipoclorito de sodio) con amoníaco, porque se produce un gas tóxico muy agresivo para las vías respiratorias, si esto sucediera ventilar el lugar y salir al aire fresco.
- Tampoco mezclar sosa cáustica con ácido muriático estas sustancias reaccionan de forma violenta y pueden quemar, ya que en dicha reacción se genera mucho calor.
- Jamás ponga insecticida o veneno para ratas al alcance de los niños y de las mascotas.
- No deje al alcance de los niños los medicamentos sobre todo si son de uso controlado.
- Antes de recibir el cilindro de gas L.P. verifique que no esté golpeado, abollado o tenga alguna fuga. Mantenga la estufa y el calentador (boiler) en buen estado, verifique el buen funcionamiento de perillas, válvulas, pilotos y espreas.
- No utilice mangueras para la instalación del cilindro de gas L.P., lo adecuado es emplear tubería de cobre, regulador y los accesorios especiales que garantizan la seguridad de la instalación.



## Qué hacer en caso de intoxicación

En todos los casos de intoxicación es necesario hablar inmediatamente al médico; sin embargo, se pueden aplicar primeros auxilios, dependiendo del caso que se trate, a continuación se enumeran algunos casos más comunes:

### *Intoxicación por cáusticos (ácidos y bases)*

- En ningún caso se debe provocar el vómito de la persona que padezca la intoxicación.
- En el caso de ingestión de ácidos, ya sea sulfúrico, clorhídrico o nítrico, administrar al intoxicado leche o clara de huevo para neutralizar el tóxico.
- En el caso de ingestión de álcalis, como sosa y potasa, se recomienda que la persona intoxicada beba vinagre o zumo de limón diluido.



### *Intoxicación por gases (monóxido de carbono o gas L.P)*

- Alejar a la víctima de la fuente de intoxicación y llevarla a un lugar ventilado
- Practicar la respiración artificial, en caso de ser necesario
- Si se tiene tanque de oxígeno, suminístrelo al intoxicado



### *Intoxicación aguda por alcohol*

- Provocar el vómito a la persona intoxicada
- Administrarle café fuerte
- En caso de inconciencia o coma, trasladarle con urgencia al hospital



### *Intoxicación por medicamentos*

- En caso de ser necesario reanimar al enfermo mediante respiración artificial y masaje cardíaco
- Provocar el vómito
- Administrarle agua en abundancia



## Medidas de seguridad en caso de accidente en la industria

Las industrias requieren de diversas sustancias químicas para llevar a cabo sus procesos productivos, siendo necesario el almacenamiento de éstas en sus instalaciones en grandes cantidades. Muchas de estas sustancias pueden ser peligrosas ya que son inflamables, reactivas, explosivas o tóxicas y en caso de la liberación accidental de éstas, pueden ocasionar problemas de salud a los trabajadores, a la población circundante a la industria y al ambiente.

Normalmente las industrias en nuestro país se encuentran ubicadas dentro de zonas urbanas, de manera que existe población cercana a las fábricas. Es conveniente que la población se acerque a las empresas y conozca las medidas de seguridad recomendadas por la industria en caso de una liberación accidental de sustancias que llegara a rebasar los límites de propiedad de la industria.

Muchas de las grandes empresas que manejan sustancias peligrosas en grandes cantidades tienen un plan externo en caso de emergencias y cuentan con medidas de seguridad.

De manera general, si usted vive cerca de una instalación industrial y sucede un accidente, realice lo siguiente.

- Si observa fuego en el interior de un establecimiento comercial o percibe algún olor que no sea común de aviso al personal de la fábrica, a las unidades de protección civil, cuerpo de bomberos y u otra autoridad competente.

- Observe las recomendaciones e indicaciones que la fábrica dé o las autoridades de protección civil municipal.
- Ubique la ruta de evacuación (el camino) que lo aleje de la empresa que maneja sustancias peligrosas.
- Evite la exposición o cualquier tipo de contacto directo con los productos químicos liberados.
- Permanezca en interiores con las ventanas y los sistemas de ventilación cerrados.
- Cúbrase la boca y nariz con una toalla.



## Medidas de seguridad durante el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos

Las unidades de transporte (autotank, camión, tractocamión, carro-tank, etcétera) que transitan por las carreteras y vías férreas del país pueden transportar diferentes tipos de carga; esta carga puede incluir diversos productos no peligrosos (muebles, leche, refrescos, productos de limpieza, etc.) o transportar sustancias, materiales o residuos con características peligrosas. Debido a lo anterior, es importante tomar las siguientes medidas básicas de seguridad con el propósito de proteger a todas las personas cercanas al lugar del accidente:

- Desde el lugar donde se encuentra o de ser necesario, acérquese cuidadosamente a favor del viento, y observe si la unidad de transporte accidentada porta alguno de los carteles de identificación que indican que este vehículo transporta sustancias, materiales o residuos peligrosos. Evite aproximarse demasiado y entrar en la zona del accidente.
- Si el vehículo porta alguno de estos carteles de identificación comunique inmediatamente el accidente a las unidades locales de Protección Civil, Cuerpo de Bomberos, Policía u otra autoridad competente; indicando de ser posible las características principales que tiene el cartel (color, dibujo o icono, números) y la situación presente en el lugar del accidente. (Ver sección Transporte de sustancias peligrosas)
- Manténgase alejado de la unidad y espere la llegada de los cuerpos de ayuda o respuesta a emergencias, ya que el material, sustancia o residuo peligroso transportado puede liberar gases o vapores tóxicos, inflamables, explosivos o poseer alguna otra característica que puede ser peligrosa para usted y las personas cercanas al lugar del accidente.
- El conductor del vehículo que transporta sustancias, materiales o residuos peligrosos debe conocer y poseer la información necesaria para identificar adecuadamente el contenido; asimismo, debe tener los recursos básicos, estar capacitado y, conocer las medidas de seguridad y acciones iniciales a tomarse en caso de un accidente, respete sus indicaciones y actúe con prudencia.
- No intente realizar alguna acción para extinguir un incendio, fuga o derrame en el vehículo accidentado, para efectuar acciones de respuesta a accidentes con sustancias, materiales o residuos peligrosos es necesario llevar equipo de protección personal adecuado y tener una capacitación especializada.
- Alrededor del vehículo accidentado debe establecerse una zona de aislamiento con el propósito de proteger a las personas, la extensión de esta zona debe ser establecida por las autoridades o cuerpos de respuesta a emergencias; sin embargo, si éstas no han llegado al sitio del accidente aléjese, y ubique un lugar seguro considerando que el viento esté a su favor, es decir que el viento le golpee en la espalda ya que de esta

manera los humos, vapores, gases o polvos que se produzcan en el accidente no lleguen a usted. Si observa que otras personas se aproximan al vehículo accidentado adviértales del peligro, pero siempre manteniéndose en lugar seguro.

- Si en el accidente existen personas lesionadas, deberán ser rescatadas únicamente por personal capacitado y con el equipo de protección personal adecuado, no intente acercarse puede convertirse en víctima también.

Las medidas de seguridad anteriores están destinadas a las personas que presencian un accidente en el transporte terrestre de sustancias, materiales y residuos peligrosos, permitiéndoles protegerse a si mismas y a las personas cercanas. Los grupos de respuesta a emergencias o accidentes con sustancias, materiales o residuos peligrosos, son personas especialmente entrenadas para el manejo de estas sustancias y materiales, que deben contar con equipo especializado y de protección personal; y que tienen procedimientos específicos para atender las emergencias en transporte, la mejor manera de apoyarlos es seguir sus instrucciones y actuar con precaución.



## Medidas de seguridad en caso de accidente en el transporte de sustancias peligrosas por ductos

En México se transportan y distribuyen por ductos sustancias peligrosas en estado líquido, gaseoso y en ambos estados físicos, por ejemplo: gasolinas, gas natural, gas LP, amoníaco, petróleo crudo, combustóleo, etcétera. Los ductos son un medio seguro para el traslado de estas sustancias; sin embargo, pueden sufrir un accidente o fallar debido a causas naturales o provocadas por el hombre, y producirse una liberación de estas sustancias al ambiente, ocasionando daños a la población y al ambiente debido a sus características peligrosas. En México, Petróleos Mexicanos es el principal operador o administrador de ductos para el transporte y distribución de sustancias peligrosas, para el caso de gas natural y gas LP existen empresas privadas que poseen la autorización para administrar sus propios ductos o sistemas de tuberías.

Cuando existe una fuga o derrame en un ducto que transporta alguna sustancia peligrosa pueden identificarse diferentes indicios:

- Olor: cada sustancia posee un olor característico, este puede ser a gasolina o hidrocarburo, azufre (huevo podrido), etcétera.
- Ruido: el ruido se produce al ser liberada la sustancia; también puede producirse como resultado de la detonación de la sustancia liberada.
- Presencia de una nube tóxica: las nubes tóxicas se forman debido

a la evaporación de grandes cantidades de la sustancia que es transportada en estado líquido, por la fuga de una sustancia en estado gaseoso, por las características físico-químicas de las sustancias involucradas y por la rapidez de dispersión en el ambiente, de acuerdo a las condiciones atmosféricas presentes.

- Charcas o afloramientos de sustancias: las charcas, afloramiento o la acumulación sobre el terreno de una sustancia puede ser indicativo de una fuga en un ducto subterráneo.
- Presencia de animales o de vegetación muerta: las características tóxicas o asfixiantes de una sustancia pueden afectar o matar a los animales y a la vegetación cercana a un ducto cuando se exponen a los gases o vapores de dicha sustancia.
- Formación de hielo (congelamiento): la liberación de una sustancia puede originar congelamiento en la superficie del ducto o sobre el suelo, debido a una evaporación rápida de la sustancia y el congelamiento de la humedad contenida en la atmósfera.
- Presencia de ondulaciones en el aire sobre la superficie del ducto: este fenómeno puede observarse debido a la diferencia de densidades entre la sustancia que es liberada del ducto y el aire en el ambiente. Este fenómeno es común, puede observarse en el aire que se encuentra por encima de superficies calientes.



Para evitar que se presente una liberación o fuga de la sustancia peligrosa transportada por ductos deben considerarse las siguientes medidas preventivas:

- Tener siempre presente que los ductos están diseñados y resguardados de manera que su operación sea segura; sin embargo, la sustancia transportada es peligrosa.
- Respetar las señales y avisos que advierten sobre la existencia o presencia de ductos que transportan sustancias peligrosas.
- Respetar los derechos de vía de los ductos.
- No hacer fogatas o realizar cualquier actividad que involucre fuego dentro de los derechos de vía de los ductos.
- No hacer excavaciones, construcciones o cualquier actividad dentro de los derechos de vía de los ductos; cuando por alguna causa sea necesario realizar dichos trabajos deberá notificarse previamente al operador o administrador de los ductos (Petróleos Mexicanos o empresa privada) para la supervisión, requisitos, medidas de seguridad y la autorización para realizar dichos trabajos.

Cuando sucede una liberación (fuga o derrame) de la sustancia que se transporta a través de un ducto deben contemplarse las siguientes medidas básicas de seguridad, las cuales tienen como propósito proteger a todas las personas cercanas al lugar del accidente:

- Si identifica los indicios de una fuga o liberación de sustancias peligrosas, no aproximarse al lugar donde se presume existe la fuga, ya que la sustancia transportada por el ducto puede producir gases o vapores tóxicos, inflamables, explosivos o poseer alguna otra característica que puede ser peligrosa para usted y las personas cercanas al lugar del accidente.
- No realizar ninguna actividad para detener o contener la fuga, o tratar de recuperar los líquidos derramados, por ejemplo: gasolina. Para efectuar acciones de respuesta a accidentes con sustancias

peligrosas es necesario llevar equipo de protección personal adecuado y tener una capacitación especializada.

- Alejarse y avisar inmediatamente al operador o administrador del ducto sobre la existencia de la fuga, utilizando los números telefónicos para atención de emergencia establecidos por Petróleos Mexicanos o por la empresa administradora del ducto, o bien avisar a la unidad de Protección Civil, Cuerpo de Bomberos, Policía u otra autoridad competente.
- Alrededor del ducto accidentado debe establecerse una zona de aislamiento con el propósito de proteger a las personas, la extensión de esta zona debe ser establecida por las autoridades o grupo de atención a emergencias; sin embargo, si éstas no han llegado al sitio del accidente aléjese y ubique un lugar seguro considerando que el viento esté a su favor, es decir que el viento le golpee en la espalda ya que de esta manera los humos, vapores o gases que se produzcan en el accidente no lleguen a usted. Si observa que otras personas se aproximan al ducto accidentado adviértales del peligro, pero siempre manteniéndose en un lugar seguro.
- Si en el sitio donde se presenta la fuga existen víctimas, éstas deberán ser rescatadas únicamente por personal capacitado y con el equipo de protección personal adecuado.

## Glosario

**Absorción:** La absorción es una operación unitaria de transferencia de materia que consiste en poner un gas en contacto con un líquido para que este disuelva determinados componentes del gas, que libre de los mismos.

la absorción puede ser física o química, según el gas que se disuelva en el líquido absorbente o reaccione con él dando un nuevo compuesto químico.

**Accidente:** Evento indeseado e inesperado, que se produce por una secuencia específica de eventos que ocurren rápidamente causando daños a la propiedad, a las personas y/o al medio ambiente.

**Bar:** Es una unidad de presión equivalente a un millón de barias. Normalmente la presión atmosférica se da en milibares.

**Deflagración:** es una explosión en la cual la velocidad de propagación de la llama se encuentra entre 1m/seg y la velocidad del sonido.

**Explosión:** Es la liberación de una cantidad considerable de energía en un lapso de tiempo muy corto, debido a un impacto fuerte, por reacción química o por ignición de ciertas sustancias o materiales.

**Fuga o Derrame:** Es la liberación o pérdida de contención de cualquier sustancia líquida, gaseosa o sólida, del recipiente que la contiene.

**Incendio:** Fuego no controlado de grandes proporciones al que le siguen

daños materiales y que puede causar lesiones o pérdidas humanas y deterioro del ambiente.

**Nube Neutra:** su densidad es similar a la del aire.

**Micras:** unidad de longitud que equivale a una milésima de milímetro (0,001 mm).

**Modelo Gaussiano:** sigue el comportamiento estadístico de una distribución normal.

**Peligro:** Condición física, química o biológica que tiene el potencial de causar daño a las personas, propiedades o al ambiente.

**Riesgo:** Una medida de pérdida económica o daño a las personas, expresada en función de la probabilidad del suceso y la magnitud de las consecuencias.

**Fenómeno Químico-Tecnológico:** Calamidad que se genera por la acción violenta de diferentes sustancias derivadas de su interacción molecular o nuclear. Comprende fenómenos destructivos tales como: incendios de todo tipo, explosiones, fugas tóxicas y radiaciones.

**Sustancia química peligrosa:** De acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente se define como a un material peligroso como: elemento, sustancias, compuesto, residuo o mezcla de ellos, que independientemente de su estado físico, represente un riesgo para el ambiente, la salud o los recursos naturales, por sus características, corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas.

**Zona de Amortiguamiento:** Zona donde se puede permitir determinadas actividades productivas que sean compatibles, con la finalidad de salvaguardar a la población y al medio ambiente.

**Zona de Riesgo:** Es el área geográfica que puede ser potencialmente afectada por la liberación de la sustancia, en niveles que pueda causar daños agudos a la salud de la población y al ambiente.

## Bibliografía

Fernícola N, Jaunge P. "Nociones Básicas de Toxicología", OMS, 1985.

Dennis P. Nolan "Enciclopedia of Fire Protection", Delmar, 2001.

Izcapa C y Arcos M. E., "Identificación de peligros por almacenamiento de sustancias químicas en industrias de alto riesgo en México". CENAPRED. ISBN: 970-628-731-0

PNUMA. "APELL Concientización y Preparación de Emergencias a Nivel Local" UN. 1989.

American Institute of Chemical Engineers, Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis, Segunda Edición, E.U.A., 2000.

Rivera Balboa Rubén Darío, Metodologías para la evaluación del riesgo en el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos, CENAPRED, México, 2002.

Cuevas Colunga Ana C., Mayoral Grajeda Emilio, Rivera Guerra Federico, Quintero Pereda Francisco, Mendoza Díaz Alberto 2003. Anuario Estadístico de Accidentes en Carreteras Federales (2002), Instituto Mexicano del Transporte- Secretaría de Comunicaciones y Transportes

Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo publicado en el Diario Oficial de la Federación el 4 de febrero de 1985 reforma 23 de enero de 1998

NOM-003-SECRE-2002, Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos.

<http://www.economia.gob.mx/?P=144>

NOM-007-SECRE-1999, Transporte de gas natural.

<http://www.economia.gob.mx/?P=144>

NOM-002-SCT-2003, Listado de sustancias y materiales más usualmente transportados.

<http://www.economia.gob.mx/?P=144>

NOM-003-SCT2-2000, Características de las etiquetas de envases y embalajes destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligroso.

<http://www.economia.gob.mx/?P=144>

NOM-004-SCT-2000, Sistema de identificación de unidades destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

<http://www.economia.gob.mx/?P=144>

NOM-005-SCT-2000, Información de emergencia para el transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

<http://www.economia.gob.mx/?P=144>

NOM-018-STPS-2000, Sistema para la identificación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo.

<http://www.economia.gob.mx/?P=144>

NOM-026-STPS-1998, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.

<http://www.economia.gob.mx/?P=144>

NRF-009-PEMEX-2001, Identificación de productos transportados por tuberías o contenidas en tanques de almacenamiento.

<http://www.economia.gob.mx/?P=144>

NRF-030-PEMEX-2003, Diseño, construcción, inspección y mantenimiento de ductos terrestres para transporte y recolección de hidrocarburos.

<http://www.economia.gob.mx/?P=144>

Olivera Villaseñor Ruperto Enrique y Rodríguez Castellanos Alejandro. Estudio de Riesgo en ductos de transporte de gasolinas y diesel en México. Científica Vol. 9 Número 4, ESIME-IPN 2006

Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Transport Canada y US Department of Transportation 2000 Guía de Respuesta a Emergencias

Secretaría de Comunicaciones y Transportes 1996. Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos

Secretaría de Energía 1995, Reglamento de Gas Natural publicado en el Diario Oficial de la Federación el 8 de noviembre de 1995

Secretaría de Gobernación (2006), Ley General de Protección Civil publicado en el Diario Oficial de la Federación el 12 de mayo del 2000 reforma 24 de abril del 2006

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente publicado en el Diario Oficial de la Federación el 20 de enero de 1998 reforma 5 de julio del 2007

[http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp\\_293.htm](http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_293.htm)

[http://www.unizar.es/guiar/1/Accident/An\\_conse/UVCE.htm](http://www.unizar.es/guiar/1/Accident/An_conse/UVCE.htm)

# SERIE Fascículos

No.	Título
1	La Prevención de Desastres y la Protección Civil en México
2	Sismos
3	Inundaciones
4	Volcanes
5	Huracanes
6	Riesgos Químicos
7	Incendios
8	Erosión
9	Residuos Peligrosos
10	Incendios Forestales
11	Inestabilidad de Laderas
12	Tsunamis
13	Heladas
14	Sequías



**Coordinación General de Protección Civil  
Centro Nacional de Prevención de Desastres  
Dirección General de Protección Civil  
Dirección General del Fondo de Desastres Naturales**

Av. Delfín Madrigal No.665,  
Col. Pedregal de Sto. Domingo,  
Deleg. Coyoacán,  
México D.F., C.P. 04360

**[www.cenapred.unam.mx](http://www.cenapred.unam.mx)**