



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA
E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS**

**ANÁLISIS DE RIESGO POR SUSTANCIAS
QUÍMICAS EN LABORATORIOS.**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO QUÍMICO INDUSTRIAL**

P R E S E N T A

YOSAJHANNI JOSEFINA MOGUEL LÓPEZ

Director de tesis: M en C. J. TRINIDAD ÁVILA SALAZAR.



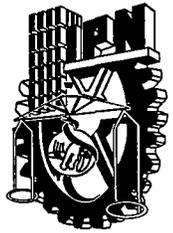
MÉXICO D.F.,

Junio 2011.



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS



DEPARTAMENTO DE EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO ACADÉMICO

T-080-11.

México, D. F., 17 de Junio de 2011.

A la C. Pasante:
YOSAJHANNI JOSEFINA MOGUEL LÓPEZ
PRESENTE

Boleta:
2007320430

Carrera:
IQI

Generación:
2006-2010

Los suscritos tenemos el agrado de informar a usted, que habiendo procedido a revisar el borrador de la modalidad de titulación correspondiente, denominado:

“Análisis de riesgos por sustancias químicas en laboratorios”.

encontramos que el citado trabajo de **Tesis Individual**, reúne los requisitos para autorizar el Examen Profesional y **PROCEDER A SU IMPRESIÓN** según el caso, debiendo tomar en consideración las indicaciones y correcciones que al respecto se le hicieron.

Atentamente

JURADO

Ing. José María Mota Flores
Presidente

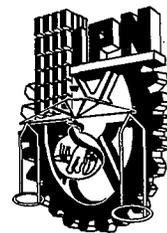
Ing. María de Lourdes Ruiz Centeno
Vocal

M. en C. J. Trinidad Ávila Salazar
Secretario



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS



DEPARTAMENTO DE EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO ACADÉMICO

T-080-11.

México, D. F., a 7 de Junio de 2011.

A la C. Pasante:
YOSAJHANNI JOSEFINA MOGUEL LÓPEZ
Avenida Chimalhuacán No. 133
Maravillas
Netzahualcóyotl
Estado de México
C.P. 57410

Boleta:
2007320430

Carrera:
IQI

Generación:
2006-2010

Mediante el presente se hace de su conocimiento que este Departamento acepta que el **M. en C. J. Trinidad Ávila Salazar**, sea orientador en el Tema que propone usted desarrollar como prueba escrita en la opción; **Tesis Individual** con el título y contenido siguiente:

“Análisis de riesgos por sustancias químicas en laboratorios”.

Resumen.

Introducción.

- I.- Generalidades de seguridad e higiene.
- II.- Análisis de riesgos por sustancias químicas.
- III.- Seguridad en laboratorios químicos.
- IV.- Higiene en laboratorios químicos.

Conclusiones.

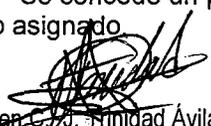
Bibliografía.

Anexo A. Glosario de Terminología

Anexo B. Abreviaturas.

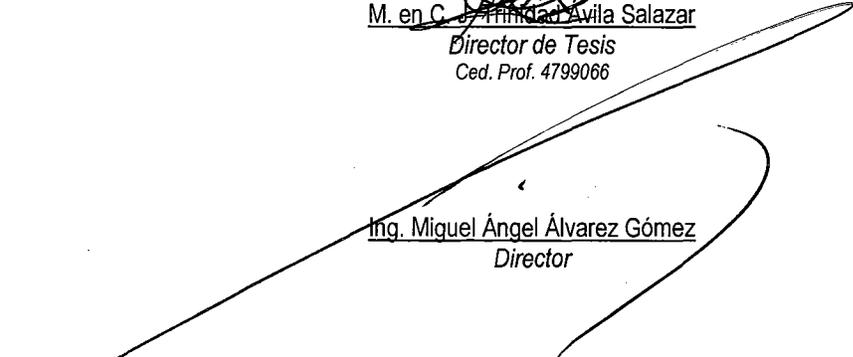
Anexo C. Frases R en las hojas de datos de seguridad.

Se concede un plazo máximo de un año, a partir de esta fecha, para presentarlo a revisión por el Jurado asignado


M. en C. J. Trinidad Ávila Salazar
Presidente de la Academia de
Química Orgánica y Polímeros


M. en C. J. Trinidad Ávila Salazar
Director de Tesis
Ced. Prof. 4799066


Lic. Guillermo Alberto de la Torre Arteaga
Jefe del Departamento de Evaluación y
Seguimiento Académico


Ing. Miguel Ángel Álvarez Gómez
Director

c.c.p Expediente.
GATA/mre

RECONOCIMIENTOS.

AL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Institución preponderante y forjadora de la educación en México, por su ardua labor de enseñanza, poniendo la ciencia y tecnología en beneficio de la sociedad, consiguiendo mantener “La técnica al servicio de la Patria”.

A LA ESIQIE

Mi alma mater, por forjar entre sus aposentos Ingenieros Químicos Industriales de excelencia, en la que encontré preparación, educación y aprendizajes para enfrentar los retos del México de hoy.

A LA ACADEMÍA DE QUÍMICA ORGÁNICA Y POLÍMEROS.

Por brindarme la oportunidad de desarrollarme personal y profesionalmente, corrigiendo mis fallas y orientando cada paso con profesionalismo, ética y apoyo desinteresado.

A LOS INTEGRANTES DEL JURADO

Ing. José Ma. Mota Flores.
Ing. María de Lourdes Ruíz Centeno.
M. en C. J. Trinidad Ávila Salazar.
Con mi profundo agradecimiento por su orientación, consejos, dedicación y apoyo en la realización de la presentación tesis.

Fosajhanni Moguel

AGRADECIMIENTOS

A DIOS:

Por permitirme llegar a este momento de mi vida.

A mis padres:

A mi madre Josefina López y mi padre Margarito por su amor y apoyo que me brindaron de manera incondicional.

A MIS HERMANOS:

Gilberto, Rosa, Juan, Guadalupe, Wilbert y Antonio, así como mi cuñada Luz y mis sobrinos, Carlos y Roberto por su cariño y comprensión a lo largo de tan importante etapa de mi vida.

EN ESPECIAL AL *Dr. Jorge Palafox Ramos.*

Con profundo agradecimiento y admiración por su apoyo, ayuda y confianza, por creer en mi cada momento de esta etapa, por no dejarme desfallecer y alentarme a continuar en mi crecimiento y preparación personal y profesional.

MUY ESPECIALMENTE, CON TODO MI CARIÑO Y AFECTO AL *Ing. José de Jesús Bernabe Juárez*

Por brindarme su comprensión y apoyo en cada momento, los cuales me sirvieron para superar todos los obstáculos profesionales que me ayudaron a crecer y lograr esta meta.

Fosajhanni Moguel

AGRADECIMIENTOS

**MUCHAS GRACIAS Al M. en C. J.
Trinidad Ávila Salazar.**

Por la confianza y apoyo en el desarrollo de este proyecto, por compartir su conocimiento y ser parte fundamental en mi formación académica

Con aprecio al Ing. Manuel Martínez Hernández.

Por brindarme su apoyo y consejos en mi vida personal y profesional, por compartir su experiencia y conocimientos, pero sobre todo por soportarme en este lapso crítico y preponderante de mi vida.

Con estimación a la Ing. Guadalupe Suárez López.

Por apoyarme durante la preparación de la presente tesis, brindarme su orientación y consejos.

Con toda sinceridad a los profesores:

Ing. Ana María Atencio de la Rosa, Ing. Juanita Eloísa Cárdenas, Ing. Clemente Reza, Dr. Rogelio Sotelo y a la *Ing. María Guadalupe Varela Meneses*; y demás personal docente de la ESIQIE.

Por sus enseñanzas y consejos que me brindaron a lo largo de mi estancia en la ESIQIE, por animarme a seguir trabajando día con día, corrigiendo mis fallas y obtener con ello mejores resultados en mi preparación profesional.

Fosajhanni Moquel

DEDICATORIAS.

A mi alma gemela, ángel de la guarda, guía, mentor e ídolo.

Con muchísimo cariño y profunda admiración, por tu ayuda y apoyo, por ser mi amigo y confidente, por creer en mí y ser mi guía, porque mi agradecimiento infinito es poco para lo que significas en mi vida, haciéndome evolucionar como persona y moldear mi carácter, porque sin ti la estancia en esta maravillosa institución no hubiera sido lo mismo, porque has sido mi luz y mi esperanza y gracias a ti recobre la fe y obtuve la fuerza necesaria para continuar esta incesante lucha por la vida. Porque gracias a ti tenía fuerzas para continuar día con día, por lo que este logro también es tuyo.

Gracias por estar conmigo, por ayudarme y comprenderme, por hacer más grata mi estancia en nuestra alma mater, por apoyarme siempre que lo necesité, por ayudarme en mi realización personal y profesional, por darme la oportunidad de conocerme a mi misma y sobre todo, conocer a la maravillosa persona que eres, pues tu ejemplo de sencillez y humildad me seguirán toda la vida. .

Por cada una de las veces que me diste ánimos para enfrentarme a la adversidad, pues la desgracia más grande se esconde en el temor hacia uno mismo y siempre con tus palabras tenía la fuerza para superar y vencer absolutamente todo, pues así mismo como el temor es la gran duda que bloquea al ser humano, la fuerza motivadora más inmensa se encuentra como respuesta en uno mismo y por supuesto que es en eso que denominamos amor... Esta pequeña meta es ahora de ambos y tú eres parte de esto desde el día en que te conocí. .

Con cariño, por ser mi guía y consejero, un verdadero ángel guardián que me comprendió en cada momento, que me escuchó siempre que lo necesite, por tus consejos y cada una de las risas, las lagrimas y las anécdotas que me permitiste compartir a tu lado, por ser un grandioso ejemplo de familia como padre, hijo y esposo, por ser el mejor de los amigos y un excelente profesionalista .

Con admiración al ingeniero, al docente, al amigo, a esa persona que me apoyo, confió y creyó en mi trabajo, por hacerme ver que aun en la oscuridad siempre hay luz, que para confiar en los demás se debe creer en sí mismo y darme la oportunidad de aprender que para perdonar a los demás, se debe perdonar primero a uno mismo .

A la persona que influyo más profundamente en los cambios de mi vida, guiándome en la consolidación de mi perfil profesional que me da la mayor de las satisfacciones como ingeniera y como profesionalista, por darme la oportunidad de saber lo que es ser un verdadero ser humano .

Fosajhanni Moguel

INDICE GENERAL

Índice General	i
Índice de Figuras	ii
Índice de Graficas	ii
Índice de Tablas	iii
Objetivo General	iv
Objetivo Específico	iv
Resumen	v
Glosario de Terminología	vi
Glosario de Abreviaturas	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. GENERALIDADES DE SEGURIDAD E HIGIENE.	3
<i>I.1 Seguridad e Higiene laboral.</i>	4
<i>I.2 Normatividad y legislación Nacional en Seguridad e Higiene.</i>	10
<i>I.3 Normatividad Internacional en Seguridad e Higiene.</i>	14
CAPÍTULO II. ANÁLISIS DE RIESGOS POR SUSTANCIAS QUÍMICAS.	19
<i>II.1 Diagnostico de riesgos.</i>	20
<i>II.2 Métodos cuantitativos de análisis de riesgos.</i>	27
<i>II.3 Métodos cualitativos de análisis de riesgos.</i>	35
CAPÍTULO III. SEGURIDAD EN LABORATORIOS QUÍMICOS.	43
<i>III.1 Aspectos generales del mapa de riesgos.</i>	43
<i>III.2 Almacenamiento de sustancias químicas.</i>	50
<i>III.3 Prevención de incendios.</i>	57
<i>III.4 Desechos químicos.</i>	68
<i>III.5 Mitigación de riesgos.</i>	71
CAPÍTULO IV. HIGIENE EN LABORATORIOS QUÍMICOS.	77
<i>IV.1 Exposición a las sustancias químicas.</i>	77
<i>IV.2 Hojas de Datos de Seguridad.</i>	83
<i>IV. 3 Toxicidad de los solventes orgánicos.</i>	88
<i>IV.4 Intoxicación con sustancias químicas.</i>	95
<i>IV.5 Prevención de enfermedades por sustancias químicas.</i>	98
CONCLUSIONES	104
BIBLIOGRAFÍA.	107
ANEXO A. FRASES R EN LAS HOJAS DE DATOS DE SEGURIDAD.	118

INDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I. GENERALIDADES DE SEGURIDAD E HIGIENE.

Figura 1.1 Evolución en el D.F. de accidentes, enfermedades e incapacidades laborales.	4
Figura 1.2 Ciclo de la prevención.	7
Figura 1.3 Pirámide de Kelsen.	10

CAPÍTULO II. ANÁLISIS DE RIESGOS POR SUSTANCIAS QUÍMICAS.

Figura II.1 Ciclo de Vida de las sustancias químicas.	19
Figura II.1 Ciclo de la administración.	23
Figura II.2 Utilización de las técnicas de análisis de riesgos.	33
Figura II.3 Análisis de reactividad.	34
Figura II.4 Escala de clasificación para análisis de riesgo por AMEF	37
Figura II.5 Desarrollo de Análisis HAZOP	38
Figura II.6 Matriz de niveles de riesgo.	41

CAPÍTULO III. SEGURIDAD EN LABORATORIOS QUÍMICOS.

Figura III.1 Rombo de seguridad.	57
Figura III. 2 Rombo de seguridad del acetileno	59
Figura III. 3 Rombo de seguridad de metanol	59
Figura III.4 Triángulo de la combustión.	61

CAPÍTULO IV. HIGIENE EN LABORATORIOS QUÍMICOS.

Figura IV.1 Efectos de sustancias químicas en el cuerpo humano.	65
---	----

INDICE DE GRAFICAS

CAPÍTULO I. GENERALIDADES DE SEGURIDAD E HIGIENE.

Grafica I.1 Accidentes y enfermedades laborales en el D.F.	5
---	---

CAPÍTULO III. SEGURIDAD EN LABORATORIOS QUÍMICOS.

Grafica III.1 Sustancias Químicas involucradas en accidentes de transporte (Ene 1997- Dic. 2000)	49
Grafica III.2 Sustancias Químicas involucradas mayormente en accidentes (1996-2000)	49

INDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I. GENERALIDADES DE SEGURIDAD E HIGIENE.

Tabla I.1 Descripción de las incapacidades por riesgo de trabajo.	12
---	----

CAPÍTULO II. ANÁLISIS DE RIESGOS POR SUSTANCIAS QUÍMICAS.

Tabla II.1 Ejemplos de exposiciones de población a residuos y sustancias químicas.	20
Tabla II.2 Accidentes por sustancias químicas más conocidos.	21
Tabla II.3 Categorías de severidad de consecuencias.	42
Tabla II.4 Categorías de probabilidad de ocurrencia.	42

CAPÍTULO III. SEGURIDAD EN LABORATORIOS QUÍMICOS.

Tabla III.1 Colores de seguridad, su significado e implicaciones.	50
Tabla III.2 Leyendas para fluidos peligrosos.	50
Tabla III.3 Tabla de incompatibilidades de almacenamiento de sustancias químicas.	55
Tabla III.4 Incompatibilidades de sustancias químicas.	56
Tabla III.5 Valoración del peligro en el rombo de seguridad.	58
Tabla III. 6 Ejemplos de peligrosidad se sustancias mediante el rombo de seguridad	59
Tabla III.7 Clasificación de los tipos de fuego.	62
<i>Tabla III.8: Determinación del grado de riesgo de incendio.</i>	62
Tabla III.9 Determinación del agente extinguidor de acuerdo al tipo de fuego.	65

CAPÍTULO IV. HIGIENE EN LABORATORIOS QUÍMICOS.

Tabla IV.1 Efectos de las sustancias químicas en la salud.	66
Tabla IV. 2 Grupos inestables.	73
Tabla IV.3 Grupos generantes de peróxidos.	74
Tabla IV.4 Clasificación química de los solventes orgánicos.	78
Tabla IV.5 Efecto de los solventes en la salud.	79

Objetivo General

Establecer los parámetros y desarrollo básico del análisis de riesgos por sustancias químicas en laboratorios, así como la implementación de las estrategias de seguridad e higiene para mitigar los incidentes, accidentes y enfermedades causadas por la exposición aguda a solventes orgánicos.

Objetivos Específicos

- Establecer la importancia y las bases de la normatividad nacional e internacional en seguridad, así como la jerarquización en el cumplimiento nacional de la misma.
- Establecer las diversas metodologías de análisis de riesgos, así como sus bases de desarrollo y aplicabilidad.
- Desarrollar los parámetros fundamentales de seguridad para la prevención de accidentes en laboratorios químicos.
- Desplegar las bases para la prevención de enfermedades causadas por la exposición aguda a solventes orgánicos no aromáticos (éter di etílico).

RESUMEN

La presente tesis se ha estructurado con la finalidad de mostrar la importancia y necesidad de la aplicación de los estudios de análisis de riesgos y planes para la protección de la vida y salud de los trabajadores a través de los programas de seguridad e higiene especialmente establecidos para los laboratorios químicos.

Así bien a lo largo del presente proyecto se encontrarán las bases que han fundamentado la importancia de la normatividad para el manejo de sustancias químicas a nivel nacional en las diversas secretarías de estado, como la STPS e internacional, en organizaciones como la OIT, las cuales han establecido los parámetros mínimos de cumplimiento para la seguridad laboral.

En el capítulo I se describirá la importancia de la seguridad en el manejo de sustancias químicas, así como una descripción de la jerarquización jurídica para el cumplimiento de la normatividad de seguridad, así como las diversas secretarías y organizaciones que han establecido normas para el manejo de la seguridad laboral.

En el desarrollo del capítulo II se establecen las principales metodologías cuantitativas y cualitativas para el análisis y diagnóstico de riesgos; las cuales son ampliamente empleadas en las áreas de ingeniería ambiental y aceptada por la SEMARNAT y la STPS, describiendo los principios aplicativos de manera generalizada en cada una de ellas.

Las diversas metodologías de análisis de riesgos tienen como objetivo evaluar las condiciones inseguras del centro de trabajo, lo cual tiene como finalidad establecer planes y programas de seguridad e higiene, teniendo énfasis en las fallas debidas a los procesos con intervención de una o más sustancias químicas.

Durante el capítulo III se establecen las condiciones mínimas para la mitigación de los riesgos más significativos en laboratorios químicos, considerando la importancia del almacenamiento de las sustancias químicas de acuerdo a sus propiedades físico-químicas.

La normatividad ayuda a establecer las condiciones de seguridad e higiene mínimas, las cuales siempre van acompañadas una de la otra con lo cual se establecen sistemas de protección integral.

El capítulo IV se instituye las acciones para la prevención de enfermedades, daños a la salud por contacto continuo con sustancias químicas, así como la importancia del diagnóstico y seguimiento médico del trabajador de laboratorio.

El manejo de sustancias químicas siempre implica algún grado de peligro, debido a las propiedades físico-químicas propias de la misma, las cuales dependen del medio en que se manipulen, por lo que debido a que los riesgos no se pueden evitar es necesario mermarlos mediante la vigilancia del cumplimiento normativo estableciendo con ello un buen sistema de administración de riesgos, especialmente en los laboratorios, donde la diversidad de las sustancias es un factor imperante en el estudio de riesgos y sobre todo de gran importancia en el resguardo de la salud de la población fija.

GLOSARIO DE TERMINOLOGÍA.

Accidente mayor: accidente que involucra a los procesos y operaciones con sustancias químicas que origina gran liberación incontrolada de las mismas o de energía, y cuyas consecuencias pueden ser múltiples lesionados, fatalidad(es), daño extenso de la propiedad o que rebase los límites del centro de trabajo.

Accidente: suceso repentino, no deseado ni planeado cuyas consecuencias son daños, lesiones o enfermedades.

Administración de riesgos de proceso: es la aplicación de los principios de la organización a los procesos químicos de manera que los riesgos sean identificados, para eliminarlos, reducirlos o controlarlos.

Aerosol: Es una dispersión de partículas sólidas o líquidas en un medio gaseoso, normalmente aire.

Agente extinguidor: Es la sustancia o mezcla de ellas, que al contacto con un material en combustión en la cantidad adecuada, apaga un fuego.

Agentes extinguidores especiales: Son productos que se utilizan para apagar fuegos clase D, para metales combustibles.

Análisis de riesgo de proceso: trabajo organizado aplicando un método específico para identificar, evaluar y controlar los riesgos significativos asociados con el proceso.

Arrestador de flama: Es el dispositivo mecánico que se utiliza para impedir la propagación de la flama hacia el interior de depósitos o ductos que contengan sustancias inflamables.

Carcinógeno; cancerígeno: Agente químico, físico o biológico que al actuar sobre un tejido viviente puede causar una malignidad.

CAS: Iniciales del nombre en inglés del servicio de información de sustancias químicas de los Estados Unidos de América (Chemical Abstract Service).

Centro de trabajo: Todos aquellos lugares tales como edificios, locales, instalaciones y áreas en los que se realicen actividades de producción, comercialización, transporte y almacenamiento o prestación de servicios, o en los que laboren personas que estén sujetas a una relación de trabajo.

Combustible: Es todo aquel material susceptible de arder al mezclarse con un comburente y ser sometido a una fuente de calor.

Combustión espontánea: Es la combustión que comienza sin aporte externo de calor.

Combustión: Es la reacción exotérmica (liberación de energía) de un combustible con un oxidante llamado comburente; este fenómeno viene acompañado generalmente por una emisión lumínica en forma de llamas o incandescencias, con desprendimiento de productos volátiles o humos, y que puede dejar un residuo de cenizas.

Condición insegura: Circunstancia física peligrosa en el medio en que los trabajadores realizan sus labores (ambiente de trabajo), y se refiere al grado de inseguridad que pueden tener los locales, la maquinaria, los equipos y los puntos de operación.

Contaminantes del medio ambiente laboral: Son todas las sustancias químicas y mezclas capaces de modificar las condiciones del medio ambiente del centro de trabajo y que, por sus propiedades, concentración y tiempo de exposición o acción, puedan alterar la salud de los trabajadores.

Equipo contra incendios: Es el conjunto de aparatos y dispositivos instalados de manera permanente para el control y combate de incendios.

Explosivos: Son los componentes químicos que en estado líquido o sólido reaccionan con calor, golpe o fricción, provocándose un cambio inmediato a gas el cual se desplaza uniformemente en todas direcciones, que provoca un aumento de presión y desarrolla altas temperaturas.

Extintor portátil: Es un equipo diseñado para ser transportado y operado manualmente, que en condiciones de funcionamiento, tiene un peso menor o igual a 20 kilogramos.

Extintor: Es un equipo portátil o móvil para combatir conatos de incendio, el cual tiene un agente extinguidor que es expulsado por la acción de una presión interna.

Fluidos peligrosos: líquidos y gases que pueden ocasionar un accidente o enfermedad de trabajo por sus características intrínsecas; entre éstos se encuentran los inflamables, combustibles, inestables que puedan causar explosión, irritantes, corrosivos, tóxicos, reactivos, radiactivos, los que impliquen riesgos por agentes biológicos, o que se encuentren sometidos a condiciones extremas de presión o temperatura en un proceso.

Fuego: Es la oxidación rápida de los materiales combustibles con desprendimiento de luz y calor, y que se clasifican como fuegos clase: A, B, C y D.

Gases inflamables o combustibles: Son todos aquellos materiales que en condiciones normales de presión y temperatura no tienen volumen ni forma definida, adoptando la forma del recipiente que los contenga, desprenden vapores antes de los 37.8°C, alcanzan fácilmente su temperatura de ignición y tienen una gran velocidad de propagación de llama.

Halón: Es todo hidrocarburo halogenado que se usa como agente extinguidor.

Hoja de datos de seguridad (HDS): Es la información sobre las condiciones de seguridad e higiene necesarias, relativa a las sustancias químicas peligrosas, que sirve como base para programas escritos de comunicación de peligros y riesgos en el centro de trabajo.

Humos de combustión: Son partículas sólidas en suspensión en el aire producidas por la combustión incompleta de materiales orgánicos.

Humos metálicos: Son partículas sólidas metálicas suspendidas en el aire, producidas en los procesos de fundición de metales.

Incendio: Es el fuego que se desarrolla sin control en el tiempo y el espacio.

Incompatibilidad: Es la característica de aquellas sustancias químicas que al mezclarse entre sí, debido a sus propiedades físicas o químicas, pueden generar una reacción en cadena, peligrosa para el trabajador, el centro de trabajo, el equilibrio ecológico o el ambiente.

Inestabilidad: Es una característica de aquellas sustancias químicas que, por sus propiedades físicas y químicas, alteran su estado de equilibrio al aplicarles energía.

Límite máximo permisible de exposición (LMPE): Es la concentración de un contaminante del medio ambiente laboral, que no debe superarse durante la exposición de los trabajadores en una jornada de trabajo en cualquiera de sus tres tipos. El límite máximo permisible de exposición se expresa en mg/m³ o ppm, bajo condiciones normales de temperatura y presión.

Líquido combustible: Es el líquido que tiene una temperatura de inflamación igual o mayor de 37.8°C.

Líquido inflamable: Es el líquido que tiene una temperatura de inflamación menor de 37.8°C.

Manejo de sustancias químicas: Es el manejo, almacenamiento y transporte de las sustancias químicas dentro del centro de trabajo.

Materiales pirofóricos: Son aquellas sustancias que en contacto con el aire reaccionan violentamente con desprendimiento de grandes cantidades de luz y calor.

Método de mitigación: Es un conjunto de técnicas y procedimientos específicos para el control de los peligros y riesgos inherentes a las sustancias químicas peligrosas; por fugas o derrames tales como, absorción, adsorción, neutralización, recubrimiento, confinamiento, dilución, taponamiento y dispersión, entre otros.

Mutágeno; mutagénico: Sustancia química capaz de alterar la estructura genética en un organismo y provocar cambios físicos o funcionales en generaciones subsecuentes.

Neblina: Son partículas líquidas en suspensión en el aire producidas por condensación de vapores.

Operaciones: manejo de sustancias químicas en las cuales existen cambios físicos, tales como: secado, destilación, absorción, adsorción, filtración, transferencia de calor, entre otros, además del almacenamiento y traslado en el centro de trabajo.

Peligro: Es la capacidad intrínseca de una sustancia química para generar un daño.

Porcentaje de volatilidad: Es la proporción de volumen de una sustancia química peligrosa que se evapora a 21 °C.

Potencial de hidrógeno (pH): Es la concentración de iones hidronio, que representa la acidez o alcalinidad de una sustancia, dentro de una escala del 0 al 14.

Proceso: Proceso industrial: actividades y operaciones industriales asociadas con los cambios químicos de las sustancias en el centro de trabajo, tales como: reacción, neutralización, mezcla con reacción, entre otros.

Profilaxis: Conjunto de medidas para la prevención de enfermedades.

Rango de inflamabilidad: Es el porcentaje de mezclas de vapor o de gas inflamable en aire, comprendido entre los límites superior e inferior de inflamabilidad.

Residuos peligrosos inflamables: Son aquellos residuos en cualquier estado físico, que por sus características pueden arder fácilmente.

Riesgo a la salud: Es la probabilidad de que una sustancia química peligrosa pueda causar directa o indirectamente lesión temporal, permanente o la muerte del trabajador por ingestión, inhalación o contacto.

Riesgo de inflamabilidad: Es la probabilidad que tienen las sustancias químicas para arder en función de sus propiedades físicas y químicas.

Riesgo de reactividad: Es la probabilidad que tienen las sustancias químicas para liberar energía al entrar en contacto con otras, y que varía al modificar las condiciones de presión y temperatura.

Riesgo potencial: Es la probabilidad de que una sustancia química peligrosa cause daño a la salud de los trabajadores o al centro de trabajo.

Riesgo: Es la probabilidad de que una sustancia química peligrosa afecte la salud de los trabajadores o dañe el centro de trabajo.

Sistema fijo contra incendios: Es el instalado de manera permanente para el combate de incendios, los más comúnmente usados son hidrantes y rociadores.

Sustancias combustibles: Son aquellas en estado sólido o líquido con un punto de inflamación mayor a 37.8°C.

Sustancias corrosivas: Son aquéllas en estado sólido, líquido o gaseoso que causan destrucción o alteraciones irreversibles en el tejido vivo por acción química en el sitio de contacto.

Sustancias explosivas: Son aquéllas en estado sólido, líquido o gaseoso que, por un incremento de temperatura o presión sobre una porción de su masa, reaccionan repentinamente, generando altas temperaturas y presiones sobre el medio ambiente circundante.

Sustancias inflamables: Son aquéllas en estado sólido, líquido o gaseoso con un punto de inflamación menor o igual a 37.8°C, que prenden fácilmente y se queman rápidamente, generalmente de forma violenta.

Sustancias irritantes: Son aquéllas en estado sólido, líquido o gaseoso que causan un efecto inflamatorio reversible en el tejido vivo por acción química en el sitio de contacto.

Sustancias químicas peligrosas: Son aquéllas que por sus propiedades físicas y químicas al ser manejadas, transportadas, almacenadas o procesadas, presentan la posibilidad de inflamabilidad, explosividad, toxicidad, reactividad, radiactividad, corrosividad o acción biológica dañina, y pueden afectar la salud de las personas expuestas o causar daños a instalaciones y equipos.

Sustancias reactivas: Son aquéllas que presentan susceptibilidad para liberar energía.

Sustancias tóxicas: Son aquéllas en estado sólido, líquido o gaseoso que pueden causar trastornos estructurales o funcionales que provoquen daños a la salud o la muerte si son absorbidas, aun en cantidades relativamente pequeñas por el trabajador.

Temperatura de autoignición: Es la temperatura mínima a la que una sustancia química entra en combustión en ausencia de chispa o llama.

Temperatura de ignición: Es la temperatura mínima a la cual un material combustible desprende suficientes vapores para iniciar y sostener una combustión.

Temperatura de inflamación: Es la temperatura mínima a la cual los materiales combustibles o inflamables desprenden una cantidad suficiente de vapores para formar una mezcla inflamable, la cual se enciende aplicando una fuente de ignición, pero que no es suficiente para sostener una combustión.

Teratógeno; teratogénico: Es toda sustancia que causa defectos de nacimiento no hereditarios.

Toxicidad: Es la capacidad de una sustancia para causar daño a un organismo vivo. Una sustancia altamente tóxica causará lesión a un organismo aún si se le administra en cantidades muy pequeñas, y una sustancia de baja toxicidad no producirá efecto a menos que la cantidad administrada sea muy grande. Sin embargo, no es posible definir la toxicidad en términos cuantitativos sin referirse a la cantidad de sustancia administrada o absorbida, la vía por la cual se administra esta cantidad (por ejemplo, inhalación, ingestión, absorción a través de la piel) y la distribución en el tiempo (por ejemplo, una sola dosis o dosis repetidas), el tiempo y gravedad del daño y el tiempo necesario para causarlo.

GLOSARIO DE ABREVIATURAS.

- ❖ ANSI: American National Standards Institute (Instituto Nacional Americano de Estándares)
- ❖ ASME/ANSI B31.8s Managing System Integrity of Gas Pipelines (ASME/ANSI B31.8s Sistema de administración de la integridad de tuberías de gas) para establecer la fórmula del radio de impacto. (%)
- ❖ ASME: American Society of Mechanical Engineers (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos)
- ❖ CAS: Chemical Abstract Service
- ❖ check lists: Lista de verificación
- ❖ ETA: event tree analysis (Análisis de árboles de eventos)
- ❖ FMEA: failure mode and effect analysis (Análisis de modos de falla y efectos)
- ❖ FTA: fault tree analysis (Análisis de árboles de falla)
- ❖ GPS: Global Positioning System (sistema de posicionamiento global).
- ❖ HAZOP: hazard and operability analysis (Análisis de riesgos y operabilidad)
- ❖ HDS: Hoja de datos de seguridad.
- ❖ IMSS: Instituto Mexicano del Seguro Social.
- ❖ INEGI: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- ❖ IPCS: Programa Internacional sobre Seguridad Química
- ❖ LEL: Lower Explosive Level (límite mínimo de explosividad)
- ❖ LGEEPA: Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.
- ❖ MHI: material hazard index
- ❖ NFPA: National Fire Protection Association (Asociación Nacional de Protección de Incendios)
- ❖ NFPA: National Fire Protection Association.
- ❖ NMX: Normas Mexicana.
- ❖ NOM: Norma Oficial Mexicana de cumplimiento obligatorio.
- ❖ NRF: Norma de referencia.
- ❖ OIT: Organización Internacional del Trabajo.
- ❖ OMS: Organización Mundial de la Salud.
- ❖ ONU: Organización de las Naciones Unidas.
- ❖ OSHA Occupational Safety and Health Administration. (Administración de Seguridad y Salud Ocupacional)
- ❖ PEMEX: Petróleos Mexicanos.

-
- ❖ PHA: preliminar hazard analysis (Análisis preliminar de peligros)
 - ❖ PIC: Procedimiento de Información y Consentimiento Previo.
 - ❖ PNUMA: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
 - ❖ SCT: Secretaria de Comunicaciones y Transportes.
 - ❖ SE: Secretaria de Economía.
 - ❖ SEMARNAT: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
 - ❖ SENER: Secretaria de Energía.
 - ❖ SGA: Sistema Mundialmente Armonizado para la Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos.
 - ❖ SHI: substance hazard index
 - ❖ SNC: Sistema Nervioso Central.
 - ❖ SNP: Sistema Nervioso Periférico.
 - ❖ SIG: Sistema de Información Geográfica.
 - ❖ SSA: Secretaria de Salud.
 - ❖ STPS: Secretaria del Trabajo y Previsión Social.
 - ❖ THF Tetra hidrofurano, éter cíclico.
 - ❖ UEL: Upper Explosive Level (límite máximo de explosividad)
 - ❖ UN: número de Naciones Unidas
 - ❖ what if?: ¿Qué pasa si?
 - ❖ VLB Agente químico al que se aplica el Valor Límite Biológico.
 - ❖ VLI Agente químico que tiene establecido un valor límite indicativo.

INTRODUCCIÓN

En el desarrollo del trabajo de la ingeniería química, es de fundamental importancia la seguridad laboral, en especial cuando el trabajador mantiene contacto con las sustancias químicas peligrosas de tipo orgánico, debido a que esto puede conllevar a accidentes, así como a enfermedades laborales.

La seguridad industrial y el manejo adecuado de las sustancias químicas peligrosas, es hoy día un tema recurrente en la política económica de los países desarrollados, con la finalidad de que los procesos de transformación y las industrias se manejen de forma comprometida con la calidad, la seguridad y el medio ambiente.

La manipulación de sustancias químicas en el laboratorio, así como en la industria exige el conocimiento previo de las propiedades de dichas sustancias, así como de su grado de toxicidad y los efectos que tienen en el organismo, en especial los compuestos orgánicos, cuyo empleo en la industria es sumamente amplio y su manejo se analiza desde la etapa de aprendizaje y desarrollo profesional de los ingenieros.

El conocimiento y aplicación de la normatividad en el manejo, aplicación y almacenamiento de las sustancias químicas implica de manera intrínseca una minimización y mitigación del riesgo, lo cual se percibe en el ambiente laboral y se corrobora mediante los planes y programas desarrollados con tales fines.

En la realización de los sistemas de seguridad laboral, es indispensable contar con los estudios de riesgo, lo cual puede desarrollarse en cualquier lugar de trabajo con los parámetros y objetivos establecidos para el mismo, proceso en el cual se une la seguridad con la ingeniería ambiental, buscando las disposiciones que establezcan las mejores condiciones de trabajo.

El ámbito de la seguridad e higiene en laboratorios permite que el individuo en contacto con sustancias químicas adquiera la sensibilización de los efectos de las mismas, lo cual le permite establecer los criterios de previsión de manera más acertada y cercana a las condiciones de trabajo en que se encuentra.

En la comprensión de la importancia y proceso de la administración de la seguridad, es indispensable concatenar los conocimientos de cada aspecto de relevancia, los cuales son la conjunción de la salud, la seguridad e higiene, en particular enfatizar que esta conjunción esta siempre latente y la aplicación de la misma se debe considerar en cualquier centro de trabajo.

Una de las cuestiones primordiales en el desarrollo y competitividad de las empresas y organizaciones corresponde al factor de seguridad, en el cual es de vital importancia analizar que los daños debido a los accidentes laborales, los cuales tienen costos operativos, de proceso, por daño al medio ambiente y en perjuicio a terceros, el cual es el más elevado y que además marca un sistema poco apropiado de manejo del personal y por supuesto del desarrollo organizacional interno.

Por lo que hoy en día es indispensable que todos los centros de trabajo establezcan un diagnóstico de análisis de riesgos, así como el establecimiento de planes y programas de seguridad e higiene.

La relación entre productividad, calidad y seguridad se encuentra directamente ligada al factor humano, el cual es el principal eje para análisis, desarrollo y establecimiento de normas y leyes para obtener condiciones aceptables para las actividades laborales, lo cual es hoy día de suma importancia para el crecimiento y desarrollo de la competitividad.

En las organizaciones donde se establecen laboratorios químicos, en los cuales el empleado entra en contacto permanente con sustancias químicas de diversos orígenes y de aplicación variada, es primordial el estudio de los análisis de riesgos; mediante el cual se debe evaluar las condiciones laborales y el grado de exposición a las sustancias que se manejen en el lugar.

Estos estudios de riesgos permitirán establecer los planes y programas de seguridad, los cuales tienen como principal objeto minimizar las condiciones inseguras del lugar, así como establecer la capacitación requerida por los empleados para el manejo adecuado de las sustancias químicas y el material requerido en la manipulación del mismo.

Otro de los puntos más significativos en el desarrollo de análisis de riesgos por sustancias químicas es la prevención de las enfermedades que pueden ser adquiridas por el personal fijo expuesto a las sustancias empleadas en el laboratorio de química, especialmente en el manejo de solventes de tipo orgánico.

El trinomio salud, seguridad e higiene laboral debe estar ampliamente concientizado en el manejo de sustancias químicas, cuyo manejo a través de la experiencia provoca un exceso de confianza en los trabajadores, cuyo principal riesgo es el progreso o aparición de enfermedades ocasionadas por la exposición crónica a dichas sustancias y que en muchas de las ocasiones son diagnosticadas de manera incorrecta o con insuficiencia de información sobre la toxicidad de las sustancias que se manejen en el centro de trabajo.

Salvaguardar la vida y la salud de la población expuesta en los laboratorios donde se realicen diversas reacciones en un período finito, es el origen de la preocupación de hacer evidente la implicación de la ingeniería química, la reactividad de las sustancias orgánicas y su toxicidad en la salud ocupacional, lo cual tiene como finalidad establecer algunas pautas sobre el desarrollo de los análisis de riesgos en estos centros de trabajo, característicos de las instituciones educativas, organizaciones de investigación e industrias.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

DE SEGURIDAD E HIGIENE.



CAPÍTULO I. GENERALIDADES DE SEGURIDAD E HIGIENE.

De manera equivocada se ha considerado que los desastres se deben exclusivamente a los peligros naturales, en realidad es la sociedad en su conjunto la que se expone con su infraestructura física, organización, preparación y cultura al encuentro de dichos fenómenos, manifestando usualmente diversos grados de vulnerabilidad, así como en su relación con el desarrollo económico, e industrial el que conduce a riesgos antropogénicos. Se puede establecer entonces, que los desastres no son naturales, sino un producto de condiciones de vulnerabilidad y exposición derivados en gran medida por aspectos socioeconómicos y de desarrollo, como elevados índices de construcciones informales, marginación, falta de cumplimiento con la normatividad, pobreza, escaso ordenamiento urbano, entre otros ³⁶.

Actualmente las actividades productivas en las diferentes instalaciones industriales implican el manejo y almacenamiento de sustancias químicas, así como su transporte por las vías de comunicación o mediante tuberías. Muchas de estas sustancias son peligrosas debido a sus propiedades de toxicidad, inflamabilidad, explosividad, reactividad y corrosividad³⁷.

Los accidentes mayores relacionados con el manejo de sustancias químicas peligrosas, se presentan con poca frecuencia; sin embargo, el costo social, ambiental y económico es 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 y distribución de las sustancias y materiales peligrosos⁷².

Por lo que múltiples estancias y organizaciones se han ocupado en alcanzar la salud, seguridad e higiene laboral para la prevención de accidentes, para lo cual se requiere la cooperación y trabajo de equipos multidisciplinarios en la definición, evaluación, análisis, y búsqueda de métodos de mitigación de los riesgos que se presentan en los centros de trabajo, desarrollando estrategias para la administración de la seguridad laboral.

Sin embargo el riesgo es una variable muy compleja y continuamente cambiante en el tiempo, el cual a su vez es función de la variabilidad de las amenazas que nos circundan y de la condición también dinámica de la vulnerabilidad y grado de exposición³⁶.

El desarrollo de estas metodologías obedece a que se busca la mitigación del riesgo mediante la prevención; así la estrategia de la prevención establece tres pasos fundamentales. Primero, conocer los peligros y amenazas para saber dónde, cuándo y cómo nos afectan. Segundo, identificar y establecer, las características y los niveles actuales de riesgo. Por último, diseñar acciones y programas para mitigar y reducir oportunamente estos riesgos a través del reforzamiento y adecuación de la infraestructura, mejorando normas y procurando su aplicación, y finalmente, preparando e informando a la población para que sepa cómo actuar antes, durante y después de una contingencia³⁶.

I.1 Seguridad e higiene laboral.

Los riesgos en los centros de trabajo llevan a que cada año mueran más de 2 millones de personas a causa de accidentes o enfermedades laborales; las cuales pueden prevenirse a través de la re educación y el establecimiento de planes y programas adecuados de seguridad e higiene en el trabajo⁵⁹.

Esto conlleva al análisis estadístico de los riesgos laborales, en los cuales de las 12 principales causas de enfermedades ocupacionales reportadas a nivel nacional, 7 de ellas están directa o indirectamente relacionadas con agentes químicos; teniendo en cuenta que las vías de acceso de las sustancias químicas peligrosas al cuerpo son a través de la piel, la ingesta o por inhalación, más del 40% de ingreso de los tóxicos al cuerpo se dan a través de las vías respiratorias⁵⁰, lo cual resulta comprensible al considerar que estos agentes se mezclan con el aire que se respira y que en la realización de las funciones laborales, la respiración se incrementa debido al esfuerzo del mismo².

En el lapso del año 2009 en México ocurrieron mil 412 defunciones por riesgos laborales; 62%, hombres y 32% mujeres. La mayoría de los accidentes se da en los jóvenes de 25 a 34 años, y 411 mil accidentes de trabajo, los cuales son la primera causa de incapacidad temporal en el país y representan 81% de los riesgos registrados por el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS)⁴².

Las estadísticas son claras, las cantidades de accidentes, enfermedades, incapacidades y defunciones debidas a riesgos de trabajo si bien habían sido disminuidas en forma gradual desde el año 2000, sin embargo entre 2008 y 2009 los números se incrementan nuevamente, tal como se ve en la siguiente figura (I.1), de datos estadísticos del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) pertenecientes al Distrito Federal⁴².

**Evolución de Accidentes, Enfermedades, Incapacidades y Defunciones de Trabajo, 2000-2009
Distrito Federal**

Año	Patrones	Trab. Prom.	Accidentes de Trabajo	Enfermedades de Trabajo	Incapacidades de Trabajo	Defunciones
2000	105,054	2,263,497	68,243	1,318	3,067	168
2001	106,655	2,223,669	59,293	854	2,368	144
2002	107,245	2,187,206	59,184	797	2,785	138
2003	107,245	2,172,834	53,477	1,488	3,506	119
2004	107,245	2,195,943	53,458	1,461	3,494	131
2005	101,688	2,266,867	52,329	1,215	2,893	134
2006	101,059	2,393,477	50,720	681	2,254	127
2007	101,186	1,914,108	38,860	212	1,150	62
2008	88,378	1,910,813	40,732	225	1,229	61
2009	99,457	1,868,749	45,430	268	1,262	66

Figura 1.1 Evolución en el D.F. de accidentes, enfermedades e incapacidades laborales.

Lo cual se puede visualizar gráficamente en la siguiente grafica (I.1) que marcan únicamente de forma global los accidentes y enfermedades de trabajo para el primer decenio del siglo XXI⁴².



Grafica I.1 Accidentes y enfermedades laborales en el D.F.

La OIT informó, que cada día mueren en el mundo cerca de seis mil 300 personas como resultado de lesiones o enfermedades relacionadas con el trabajo. Esto corresponde a más de 2.3 millones de muertes al año. Además, cada año ocurren cerca de 337 millones de accidentes en el trabajo que resultan en ausencias prolongadas.

En un informe preparado para el XVI Congreso Mundial sobre Seguridad y Salud en el Trabajo, la OIT indica que el número anual estimado de fallecimientos de trabajadores ha aumentado claramente desde 1990, sobre todo debido a que antes no se incluían en los cálculos las enfermedades transmisibles relacionadas con el trabajo y también al aumento en el número de casos de cáncer y de enfermedades circulatorias relacionados con el trabajo⁸⁵.

El contexto de la aplicación de sustancias químicas es generalizado en todos los ámbitos y sectores profesionales, incrementándose en los centros de trabajo en los cuales se llevan a cabo procesos químicos, los laboratorios en los cuales las cantidades de ácidos, álcalis, y solventes es diversificado; así como en los productos fitosanitarios y otros empleados por jardineros públicos, viveros y tiendas de plantas; elementos de limpieza utilizados por trabajadores de hospitales y en lugares públicos en general; materiales de construcción en obras; plaguicidas y fumigantes utilizados por agricultores; en general a todas las actividades que desempeña el ser humano²⁷.

Según las cifras de la OIT, el cáncer es el que más vidas se cobra en los lugares de trabajo, causando unas 640 000 víctimas, es decir el 32 por ciento de los fallecimientos, seguido por las enfermedades circulatorias, que representan el 23 por ciento, los accidentes el 19 por ciento y las enfermedades transmisibles el 17 por ciento. Sin embargo, la naturaleza evolutiva del trabajo ha generado nuevos riesgos profesionales, entre los que se cuentan los trastornos musculo esqueléticos, los problemas de estrés y mentales, las reacciones y problemas de asma y alergia provocados por la exposición a agentes peligrosos y cancerígenos, como son el amianto, la radiación y las sustancias químicas⁸⁵.

Todas las enfermedades de trabajo y accidentes se dan debido a la presencia de condiciones inseguras y la realización de actos inseguros; lo cual conlleva al establecimiento de diversos riesgos, por lo que hablar de riesgo necesariamente es hablar de prevención. Los desastres se dan por la presencia de una condición de riesgo, como resultado de la acción de un fenómeno perturbador sobre un bien expuesto³⁶.

Por lo que la existencia de un riesgo implica la presencia de un agente perturbador (fenómeno natural o generado por el hombre) que tenga la probabilidad de ocasionar daños a un sistema afectable (asentamientos humanos, infraestructura, planta productiva, etc.) en un grado tal, que constituye un desastre.

Los agentes o contaminantes químicos son sustancias que pueden ser absorbidas por el organismo y producirnos algún tipo de daño a la salud. Todas las sustancias químicas son potencialmente tóxicas o dañinas, dependiendo de la dosis que se reciba: el daño va a depender del tiempo que permanecemos expuestos a esa sustancia y de la concentración de la misma en el ambiente de trabajo⁷⁰.

En términos cualitativos, se entiende por riesgo a la probabilidad de ocurrencia de daños, pérdidas o efectos indeseables sobre sistemas constituidos por personas, comunidades o sus bienes, como consecuencia del impacto de eventos o fenómenos perturbadores. La probabilidad de ocurrencia de tales eventos en un cierto sitio o región constituye una amenaza, entendida como una condición latente de posible generación de eventos perturbadores.

En forma cuantitativa una de las definiciones más aceptadas del riesgo, esta entendido como la función de tres factores: la probabilidad de que ocurra un fenómeno potencialmente dañino, es decir el peligro, la vulnerabilidad y el valor de los bienes expuestos.

$$\text{RIESGO} = f(\text{Peligro, Vulnerabilidad, Exposición})$$
$$R = f(P, V, E)$$

El peligro se define como cualquier situación que tenga el potencial de causar lesiones a la vida o daños a la propiedad y al ambiente³⁷.

La forma más común de representar el carácter probabilístico del fenómeno es en términos de un periodo de retorno (o de recurrencia), que es el lapso que en promedio transcurre entre la ocurrencia de fenómenos de cierta intensidad. El concepto de periodo de retorno, en términos probabilísticos, no implica que el proceso sea cíclico, o sea que deba siempre transcurrir cierto tiempo para que el evento se repita. En ocasiones se utiliza también el inverso del periodo de retorno llamada tasa de excedencia, definida como el número medio de veces, en que por unidad de tiempo, ocurre un evento que exceda cierta intensidad³⁷.

Para muchos de los fenómenos no es posible representar el peligro en términos de periodos de retorno, porque no ha sido posible contar con la información suficiente para este tipo de representación. En estos casos se recurre a escalas cualitativas, buscando las representaciones de uso más común y de más utilidad para las aplicaciones en el tema específico.

La vulnerabilidad se define como la susceptibilidad o propensión de los sistemas expuestos a ser afectados o dañados por el efecto de un fenómeno perturbador, es decir el grado de pérdidas esperadas.

La exposición o grado de exposición se refiere a la cantidad de personas, bienes y sistemas que se encuentran en el sitio y que son factibles de ser dañados. Por lo general se le asignan unidades monetarias puesto que es común que así se exprese el valor de los daños, aunque no siempre es traducible a dinero. En ocasiones pueden emplearse valores como porcentajes de determinados tipos de construcción o inclusive el número de personas que son susceptibles a verse afectadas^{37, 36}.

El grado de exposición es un parámetro que varía con el tiempo, el cual está ligado con el crecimiento y desarrollo de la población y su infraestructura. En cuanto mayor sea el valor de lo expuesto, mayor será el riesgo que se enfrenta. Si el valor de lo expuesto es nulo, el riesgo también será nulo, independientemente del valor del peligro³⁶.

Un elemento clave para lograr reducir el impacto destructivo que provocan los fenómenos naturales o antropogénicos, es la implementación de una efectiva estrategia de prevención³⁶. Para ello es necesario tomar acciones en cada una de las etapas identificadas del ciclo de la prevención mostrado en la figura 1.2.



Figura 1.2 Ciclo de la prevención.

En la figura se muestran las etapas que conforman el ciclo de la prevención, en el cual se inicia por la identificación de riesgos y el cual conlleva a diagnosticar el grado de riesgo de un lugar o centro de trabajo, así como las acciones correctivas para minimizar el grado de riesgos; estas etapas incluyen:

- a. Identificación de Riesgos: conocer los peligros y amenazas a los que se está expuesto; estudiar y conocer los fenómenos perturbadores identificando dónde, cuándo y cómo afectan. Identificar y establecer, a distintos niveles de escala y detalle, las características y niveles actuales de riesgo.
- b. Mitigación y prevención: basado en la identificación de riesgos, consiste en diseñar acciones y programas para mitigar y reducir el impacto de los accidentes

antes de que éstos ocurran. Incluye la implementación de medidas estructurales y no estructurales para reducción de la vulnerabilidad; planeación del uso de suelo, aplicación de códigos de construcción, obras de protección, educación y capacitación a la población, elaboración de planes operativos de protección civil y manuales de procedimientos, implementación de sistemas de monitoreo y de alerta temprana, investigación y desarrollo de nuevas tecnologías de mitigación, preparación para la atención de emergencias (disponibilidad de recursos, albergues, rutas de evacuación, simulacros, etc.).

- c. Atención de emergencias: se refiere a acciones que deben tomarse inmediatamente antes, durante y después de un accidente con el fin de minimizar la pérdida de vidas humanas, sus bienes y la planta productiva, así como preservar los servicios públicos y el medio ambiente.
- d. Recuperación y reconstrucción: acciones orientadas al restablecimiento y vuelta a la normalidad del sistema afectado. Esta etapa incluye la reconstrucción y mejoramiento de infraestructura y servicios dañados o destruidos.
- e. Evaluación del impacto e incorporación de la experiencia: consiste en valorar el impacto económico y social, incluyendo daños directos e indirectos. Tiene entre otras ventajas: determinar la capacidad para enfrentar las tareas de reconstrucción, fijar las prioridades y determinar los requerimientos de apoyo y financiamiento, retroalimentar el diagnóstico de riesgos con información de las regiones más vulnerables y de mayor impacto histórico y calcular la relación costo-beneficio de inversión en acciones de mitigación.

La experiencia adquirida en las etapas anteriores del ciclo de la prevención debe incorporarse para redefinir políticas de planeación, mitigación y reducción de vulnerabilidades, y evitar la reconstrucción del riesgo, es decir que un mismo fenómeno vuelva a impactar en el futuro de manera semejante³⁶.

Las etapas evaluadas anteriormente, marcan una de las diversas maneras en que se ha proseguido a llevar a cabo el manejo y evaluación de análisis de riesgos, para con ello conseguir estabilizar las condiciones de trabajo y minimizar las condiciones inseguras que conllevan a riesgos en los centros de trabajo.

De manera específica, al hablar de los accidentes relacionados con sustancias químicas pueden presentarse por diversas causas, entre las que se incluyen: fenómenos naturales (sismos, huracanes, inundación, erupciones volcánicas, etc.), 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 eventos³⁷.

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

De manera general los accidentes pueden provocar daños al ambiente y a la salud de los trabajadores o a las personas que habitan en los alrededores de las industrias, de las vías de comunicación o de los ductos, por lo que la legislación impone la estructuración de los atlas de riesgo en las zonas de distribución por ductos y en transporte de sustancias químicas³⁷.

Los accidentes con sustancias químicas pueden tener efectos negativos sobre:

- ❖ La salud de la población a corto y a largo plazo, por ejemplo: irritación de ojos y piel, tracto respiratorio, náusea, vómito, daño renal, hepático, gastrointestinal, respiratorio o neurológico.
- ❖ El ambiente: contaminación del suelo, aire y agua (superficial y subterránea).
- ❖ Las construcciones: daño a maquinaria y equipos, instrumentos, instalaciones industriales, casas y comercios.
- ❖ La economía: suspensión de actividades productivas, pérdida de empleos, gastos de reconstrucción de viviendas y servicios públicos, así como gastos de auxilio a la población afectada.

El peligro que una sustancia puede representar para una localidad depende no solo de las propiedades de la misma, sino también del volumen o cantidad presente y de su ubicación. Una manera de diferenciar a las empresas que manejan sustancias y materiales peligrosos es con respecto al volumen o cantidad existente en sus instalaciones.

La Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales y la Secretaría de Gobernación elaboraron y publicaron en el Diario Oficial de la Federación el *Primero y segundo listados de actividades altamente riesgosas*; en estos listados se establecen como actividades altamente riesgosas aquellas en las cuales se maneje alguna de las sustancias incluidas en los listados en una cantidad igual o superior a la cantidad de reporte, definida ésta como: *la cantidad mínima de sustancia peligrosa durante la producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final, o la suma de éstas, existentes en una instalación o medio de transporte dados, que al ser liberada, por causas naturales o derivadas de la actividad humana, ocasionaría una afectación significativa al ambiente, a la población o a sus bienes*^{68,70}.

Las empresas, comercios, instituciones, etcétera, que realizan actividades no consideradas altamente riesgosas de acuerdo a los listados, pueden manejar en sus instalaciones sustancias y materiales peligrosos por lo que es importante también ubicarlas y considerarlas para el establecimiento de los atlas de riesgo y el diseño de programas de seguridad e higiene³⁷.

I.2 Normatividad y legislación Nacional en Seguridad e Higiene.

La normatividad se relaciona con la operación, tanto como con el diseño, los materiales, productos y procesos industriales; la cual tiene como objetivo establecer criterios generales de calidad, para llevar los productos con las especificaciones adecuadas a un precio razonable y consecuentemente en la producción mantener los parámetros de protección al medio ambiente y mantener la salud del trabajador²⁰.

La legislación en términos de seguridad es amplia, ya que esta es un factor presente y que forma parte de cada una de las áreas y actividades que desarrolla el ser humano, por lo que las instituciones y secretarías del país han realizado diversas normas, leyes y reglamentos para el manejo y control de los riesgos; tal es el caso de: la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Secretaría de Trabajo y Previsión Social (STPS), la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), la Secretaría de Economía (SE), la Secretaría de Energía (SENER) y la Secretaría de Salud (SSA), así como el plano constitutivo pilar en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, los cuales de manera directa e indirecta influyen en la estructuración y cumplimiento de la misma.

La base legal que sustenta la salud, seguridad e higiene laboral como un derecho del trabajador, se ha plasmado en los artículos 27° y 123° de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, los cuales respaldan las bases normativas de la seguridad e higiene industrial.

Para comprender el cumplimiento de la legislación en cuestiones de seguridad e higiene laboral, se puede visualizar la pirámide jurídica de Kelsen²⁹ de la figura I.3 a continuación establecida.



Figura I.3 Pirámide de Kelsen.

El artículo 27° constitucional se enfoca al tema de la distribución, aprovechamiento y manejo de los recursos naturales de la nación, así como la preservación del equilibrio ecológico y la protección del medio ambiente, en lo cual el hombre es de manera fundamental el que debe mantener acciones para disminuir menoscabo del ecosistema, con lo cual se fundamenta el desarrollo de las leyes en áreas de seguridad y previsión de riesgos ambientales como la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA).

El artículo 123 constitucional es el más importante y significativo legado del movimiento revolucionario de 1910, siendo además en términos del trabajo la piedra angular para la elaboración de los más importantes documentos nacionales; tales como: la Ley Federal del Trabajo, La Ley General de Salud, La Ley del Seguro Social, la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, y en base a ello la estructuración del Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, Reglamento General para la Inspección y Aplicación de Sanciones por Violaciones a la Legislación Laboral, Reglamento Interior de la Junta Federal de Conciliación y Arbitraje, Reglamento de la Procuraduría Federal de la Defensa del Trabajo, así como el Reglamento Interior de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

Documentos en los cuales se lleva a cabo la legislación de las condiciones de trabajo, los riesgos presentes en los mismos y con ello las acciones correspondientes para la seguridad de la vida y la salud del trabajador.

De manera más específica, el artículo 123 constitucional determina de manera global los derechos y obligaciones tanto de los trabajadores como de los empleadores, así como las condiciones bajo las cuales se da la relación obrero – patronal, con el fin de resguardar los derechos y el bienestar de cada una de las partes.

La fracción XIV y XV de la parte A del mismo artículo, señala que el empleador será el responsable de los accidentes y enfermedades contraídas en ejercicio o con motivo de las actividades laborales del trabajador, así como la obligación de cumplir con la normatividad sobre higiene y seguridad en las instalaciones del centro de trabajo, y la obligación de adoptar las medidas de prevención de riesgos y la indemnización correspondiente ante los casos de accidentes, enfermedades o muerte; así como del cumplimiento de la sanción procedente en cada caso.

Estos artículos son fundamentales en el desarrollo y sustentabilidad de la legislación del trabajo.

Ley Federal del Trabajo. Las estipulaciones marcadas por la Constitución Política Mexicana, así como los diversos convenios internacionales, hacen posible la aparición de la Ley Federal del Trabajo, la cual en su título noveno estipula las disposiciones para la prevención de riesgos de trabajo, así como las responsabilidades legales que deben de cumplirse.

En este documento se enlistan más de 150 enfermedades laborales, las cuales en su mayor parte son consecuencia del contacto mantenido por el trabajador con alguna sustancia química específica, cuya identificación es necesaria para la evaluación e indemnización de las incapacidades por riesgo de trabajo, la cual se basa en la siguiente tabla I.1.

Tabla I.1 Descripción de las incapacidades por riesgo de trabajo.

TIPOS DE INCAPACIDADES POR RIESGO DE TRABAJO.	Descripción	Ejemplo	Tiempo máximo de indemnización sin alta definitiva.	Tiempo con que se calcula la indemnización
Temporal	Pérdida o disminución temporal de las habilidades, (en un tiempo menor a 2 años) y que posteriormente podrá reintegrarse al 100% a labores, recobrando las capacidades.	Disminución temporal de la capacidad de movilidad de una mano por un accidente de trabajo.	Hasta 52 semanas con el pago al 100% de su salario, desde el primer día. (1 año)	Al término de las 52 semanas como máximo, se debe dar una alta al trabajador, ya sea como incapacidad permanente parcial o que regrese a sus labores al 100%.
Permanente Parcial	Pérdida de las habilidades del trabajador menores al 50%, por las cuales puede regresar a laborar; ya sea en el mismo puesto o en otra jerarquía, pero en caso de disminuir su rango conservara el monto de su sueldo.	Pérdida de un pulgar y/o otros dedos, debido a un accidente de trabajo.	Primero, de ser factible, puede tener 1 año como incapacidad temporal; pero se determina el monto de indemnización en base a (3 años) de su sueldo al 100% de su pago, referido al porcentaje de la pérdida.	En base a 3 años , con alta de incapacidad permanente parcial y su reincorporación al trabajo del mismo rango o bien en otro, conservando su salario si disminuye en jerarquía.
Permanente Total.	Pérdida de las habilidades y capacidades del trabajador, mayores a 50% y por las cuales no puede volver a laborar en ninguna otra cosa en su vida.	Pérdida de las facultades mentales o pérdida de ambos brazos por encima de los codos por accidente de trabajo.	El tiempo que conlleve la determinación del alto porcentaje de la pérdida.	La indemnización se pagará en base a 3 años de su sueldo y se le dará una pensión por invalidez del 100% de su salario.
Muerte				2 años del salario percibido por el trabajador al 100%

Así mismo, esta marca las pautas generales para la estructuración de las condiciones mínimas de seguridad industrial, así como la capacitación y adiestramiento necesario para el manejo y transporte de las sustancias químicas.

El Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, el cual fue publicado en el Diario Oficial de la Federación en enero de 1997, contiene una estructuración de seis capítulos en las cuales se marcan las condiciones de seguridad e higiene para la prevención accidentes en los centros de trabajo, siendo de especial consideración que contiene un capítulo especial en su título tercero sobre sustancias químicas, así como el establecimiento de programas de seguridad e higiene en el trabajo y la capacitación del personal.

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). La cual estipula los casos en los cuales es requerido los estudios de impacto ambiental, así como los análisis de riesgos en los cuales se debe determinar las condiciones de manejo y manipulación de equipos, maquinaria, recipientes, así como las cantidades y tipos de sustancias químicas empleadas en los procesos productivos y sus derivados; con la finalidad de conocer el nivel de riesgo y la acciones de minimización de los mismos, haciendo las industrias más confiables y comprometidos con el bienestar de los trabajadores, la sociedad y el medio ambiente.

Normas Oficiales Mexicanas. La siguiente fase de legislación se encuentra basada en la normatividad vigente, en la cual se encuentran dos principales tipos de normas: las Normas Oficiales Mexicanas identificadas por las siglas NOM y las Normas mexicanas, llamadas NMX, de las cuales únicamente las NOM son de cumplimiento obligatorio y las NMX expresan recomendaciones de parámetros o procedimientos, aunque si son mencionadas en una NOM su uso se vuelve obligatorio. Estas son una serie de normas, cuyo objetivo es asegurar valores, cantidades y características mínimas o máximas en el diseño, producción o servicio de los bienes de consumo.

Se considera que una norma es un criterio de medida, calidad, funcionamiento o práctica, establecido por la autoridad y que se utiliza como base de comparación durante un cierto período de tiempo.

Hoy en día existen más de 250 normas relativas al uso, aplicación, manejo, transporte y disposición de sustancias químicas, 28 Normas Oficiales Mexicanas relativas a condiciones de seguridad en los centros de trabajo, 69 normas de higiene industrial, más de 13 normas para equipos de protección personal y seguridad industrial¹⁷.

De la vasta cantidad de normas existentes respecto a sustancias químicas, se realiza mención de las normas fundamentales de la Secretaria de Trabajo y Previsión Social (STPS).

- NORMA Oficial Mexicana NOM-002-STPS-2000, Condiciones de seguridad, prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-005-STPS-1998, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-010-STPS-1999, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-017-STPS-2008, Equipo de protección personal- Selección, uso y manejo en los centros de trabajo.

- NORMA Oficial Mexicana NOM-018-STPS-2000, Sistema para la Identificación y Comunicación de peligros y riesgos por Sustancias Químicas Peligrosas en los centros de trabajo.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-026-STPS-2008, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-028-STPS-2004, Organización del trabajo-Seguridad en los procesos de sustancias químicas.

La cantidad de normas es abundante, dado que cada secretaria establece la normatividad necesaria dependiendo del rubro de interés, de esta manera para el manejo y transporte de sustancias químicas peligrosas la Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT) ha establecido su normatividad, al igual que la SEMARNAT, instancias que ha establecido sus propias normas y una Guía para la elaboración de Estudio de Riesgo Ambiental, el cual mide el nivel de riesgo en instalaciones en operación y la SENER, antes mencionadas y por medio de las cuales se desarrollan, establecen y dirigen los planes y programas de seguridad laboral, así como el establecimiento y cumplimiento de los acuerdos internacionales que permiten la competitividad de las industrias mexicanas en el extranjero.

La estructura orgánica jurídica para el cumplimiento de la legislación en relación a las condiciones de seguridad va marcando desde las normas oficiales mexicanas, las cuales tienen su origen primario en los ideales establecidos en la constitución política.

I.3 Normatividad Internacional en Seguridad e Higiene.

La Organización de las Naciones Unidas, ha establecido diversos organismos internacionales para la verificación de las leyes y estandarización de las normas, así como la integración de las organizaciones internacionales existente para el manejo y control de la normatividad internacional por lo cual se dio el surgimiento de un organismo especializado en el trabajo; la Organización Internacional del Trabajo (OIT).

La Organización Internacional del Trabajo fue creada en 1919, al término de la Primera Guerra Mundial, cuando se reunió la Conferencia de la Paz, primero en París y luego en Versalles. La Comisión de Legislación Internacional del Trabajo, instituida por la Conferencia de la Paz, redactó la Constitución de la OIT entre los meses de enero y abril de 1919. Integraban esta Comisión los representantes de nueve países (Bélgica, Cuba, Checoslovaquia, Estados Unidos, Francia, Italia, Japón, Polonia y Reino Unido) ⁶¹.

La OIT, se dedica a promover y cumplir las normas, los principios y derechos fundamentales en el trabajo, así como a la creación de mayores oportunidades para que mujeres y hombres puedan tener empleos e ingresos dignos con mejor cobertura y eficacia en seguridad social y el fortalecimiento del dialogo social. A través de políticas y programas internacionales para promover los derechos humanos fundamentales, mejorar las condiciones de trabajo y de vida, y aumentar las oportunidades de empleo, la elaboración de normas internacionales del trabajo respaldadas por un sistema singular de control de su aplicación ⁶¹.

Las normas internacionales del trabajo están respaldadas por un sistema de control que es único en el ámbito internacional y que contribuye a garantizar que los países apliquen los convenios que ratifican. La OIT examina regularmente la aplicación de las normas en los Estados Miembros y señala áreas en las que se podría mejorar su aplicación. La OIT ha creado diversos mecanismos de control que permiten hacer un seguimiento de las medidas adoptadas para hacer efectivos los convenios y recomendaciones por ley y en la práctica, tras su aprobación por la Conferencia Internacional del Trabajo y su ratificación.

Existen dos tipos de mecanismos de control:

Sistema de control periódico: El cual prevé el examen de las memorias que presentan periódicamente los Países Miembros sobre las medidas que han adoptado para poner en ejecución los convenios a los cuales se han adherido

Procedimientos especiales: Los cuales incluyen un procedimiento de reclamaciones y un procedimiento de quejas de aplicación general, así como un procedimiento especial en materia de libertad sindical⁸.

México es de los países que se ha comprometido con la responsabilidad social y la calidad en seguridad del trabajo, a través de su inclusión en varios convenios internacionales de la OIT, de los cuales el convenio 170 es específico para las sustancias químicas y el cual se ha ratificado⁵⁸.

Algunos de los convenios más recientes de la OIT son los siguientes⁵⁸:

- Convenio 184 “Seguridad y salud en la agricultura” del año 2001.
- Convenio 176 “Seguridad y salud en las minas” en 1995.
- Convenio 174 “Accidentes industriales mayores” en 1993.
- Convenio 170 “Productos químicos” en 1990.
- Convenio 162 “Asbesto” en 1986.
- Convenio 161 “Servicios de Salud en el Trabajo” en 1985.
- Convenio 155 “Seguridad y Salud en el Trabajo” en 1981.
- Convenio 139 “Cáncer profesional” en 1974.

El convenio 170 de la OIT sobre la seguridad en la utilización de los productos químicos en el trabajo estipula las obligaciones de los proveedores, así como del empleador y del trabajador para la manipulación, manejo, envase y etiquetado de las sustancias químicas, el cual fue firmado en 1990.

Existiendo un programa internacional para la prevención de riesgos por sustancias químicas, el cual ha sido diseñado por tres organizaciones internacionales, el cual se denomina: “Programa Internacional sobre Seguridad Química”, (IPCS), establecido en 1980, es un programa conjunto de tres organizaciones colaboradoras: la Organización Mundial de la Salud (OMS), la OIT y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la ejecución de actividades relacionadas con la seguridad química.

La OMS es el organismo ejecutor del IPCS, cuyas funciones principales son establecer las bases científicas para el uso seguro de productos químicos, y para fortalecer la capacidad nacional para la seguridad química⁸⁴.

A partir de esto mismo, la OSHA se constituyó como una de las organizaciones de mayor importancia en el área de salud ocupacional, seguridad e higiene y tiene como principales objetivos⁵⁶:

- Establecer normas para reducir los peligros en los centros de trabajo y a poner en práctica programas de seguridad y salud nuevos o a mejorar los ya existentes.
- Formula normas obligatorias sobre seguridad y salud en el trabajo y las hace cumplir por medio de inspecciones, ayuda para los empleadores, y algunas veces, dando citaciones o imponiendo sanciones, o ambas cosas.
- Establece responsabilidades y derechos para empleadores y empleados a fin de lograr mejores condiciones de seguridad y salud.
- Establece programas de entrenamiento para aumentar la competencia del personal de seguridad y salud ocupacional.
- Crea, analiza, evalúa y aprueba programas de seguridad y salud ocupacional.
- Ofrece asistencia técnica y de otro tipo relacionada con el cumplimiento de la ley, capacitación y educación, así como programas y sociedades cooperativas para ayudar a los empleadores a reducir los accidentes y heridas de los trabajadores.

Dentro de la formulación de la normatividad de OSHA, se debe manejar primeramente la fundamentación de las mismas; primeramente en el reconocimiento de las obligaciones del empleador, la cual se encuentra en la Ley Pública 91-597 sección 5(a) en la cual se establece lo siguiente: Cada patrón... debe proveer a cada uno de sus empleados un empleo y un lugar de trabajo libre de riesgos reconocidos que estén causando o que tengan la probabilidad de causar la muerte o un daño físico serio...

Y del mismo modo establecer y reconocer las obligaciones del trabajador, basado en la misma ley sección (b): Todo empleado debe cumplir con las normas de seguridad e higiene y con todas las reglamentaciones y órdenes emitidas por esta ley que sean aplicables a su propia acción y conducta¹⁵.

Con lo cual se debe establecer que el cumplimiento de la normatividad de seguridad e higiene laboral conllevan importantes responsabilidades tanto por parte del trabajador como del empleador.

Con lo cual la legislación puede utilizarse para prohibir o restringir el uso de productos químicos que pueden ser no seguros y para regular los fines para los cuales un producto químico se utiliza y las condiciones bajo las cuales se utiliza. Para los productos químicos y medicamentos, además de regular la seguridad, la legislación puede también regular de la calidad, uso, embalaje y el suministro de información a los usuarios, para asegurarse de que se les proporciona información adecuada acerca de peligrosos productos químicos.

La disponibilidad de los productos químicos puede ser restringida por la legislación, así como las cantidades vendidas de los mismos pueden estar restringidos. La legislación debe garantizar que los empleadores protejan a los trabajadores mediante el uso adecuado, sistemas de trabajo, seguridad de manipulación, almacenamiento y transporte y proporcionar información, instrucciones y la formación del manejo de las sustancias químicas, así mismo permite controlar las emisiones nocivas a la atmósfera⁴⁴.

Organismos internacionales, tales como las Naciones Unidas y de manera específica la OIT, la OMS y la PNUMA, promueven convenciones y recomendaciones en el ámbito de la seguridad química, dirigida a los gobiernos y las organizaciones se ocupan de la seguridad química, para ayudar a garantizar la prevención de las exposiciones tóxicas.

Una serie de convenios internacionales o acuerdos permiten velar por que los productos químicos son fabricados, transportados, producidos, comercializados, usados o desechados bajo normas aceptables. En 1982, las Naciones Unidas produjo una lista de consolidados de productos cuyo consumo o venta ha sido prohibida, retirado, restringido o no aprobados por los gobiernos, lo cual se revisa periódicamente y actualizada⁴⁴.

Las importaciones de productos químicos no deseados que han sido prohibidos o gravemente restringido están controlados por el Convenio de Rotterdam sobre Procedimiento de consentimiento fundamentado para productos químicos peligrosos y plaguicidas en el comercio internacional. El acuerdo asegura que los países importadores de los productos químicos se notificación acerca de cualquiera producto que puede ser prohibido o restringido severamente en el país exportador⁴⁴.

Esta notificación le da la oportunidad de evaluar a las autoridades competentes los riesgos y tomar decisiones adecuadas como a la importación y el uso del producto. El acuerdo es especialmente útil al desarrollo de países que sin saberlo se pueden importar un producto químico peligroso y permitir su uso en circunstancias donde existe un riesgo grave para la salud⁴⁴.

La NFPA (National Fire Protection Association) de los Estados Unidos de América, es la organización americana que ha dispuesto de un sistema de clasificación de peligrosidad para las sustancias reactivas, por el que se establecen los siguientes cinco niveles de riesgo:

Nivel 0 Materiales que son normalmente estables incluso en condiciones de exposición al fuego y que no son reactivos con el agua.

Nivel 1 Materiales que son normalmente estables pero pueden convertirse en inestables a elevadas temperaturas y presiones o que pueden reaccionar con agua con algún desprendimiento de energía no violento.

Nivel 2 Materiales que son normalmente inestables y pueden generar reacciones químicas violentas pero no explosivas. Incluye materiales que pueden reaccionar con rápidos desprendimientos de energía a temperaturas y presiones normales o violentamente a temperaturas y presiones altas. También incluye aquellos materiales que pueden reaccionar violentamente con el agua o pueden formar potenciales mezclas explosivas con la misma.

Nivel 3 Materiales que por ellos mismos son capaces de detonar, descomponerse o reaccionar explosivamente pero requieren un aporte energético inicial significativo o deben ser previamente calentados en condiciones de confinamiento. Incluye materiales que son sensibles térmicamente o a impactos mecánicos a temperaturas y presiones altas o que pueden reaccionar explosivamente con agua sin precisar calor o confinamiento.

Nivel 4 Materiales que son capaces de detonar, descomponerse o reaccionar explosivamente a temperaturas y presiones normales. Incluye materiales que son sensibles a puntuales aportes energéticos térmicos o mecánicos.

Este sistema de clasificación se aplica la identificación de la peligrosidad de las sustancias envasadas, de acuerdo con el código 704 M (NFPA), la simbología de seguridad, en donde se aporta información, además de la reactividad química, sobre la inflamabilidad, toxicidad, y en particular sobre el carácter oxidante o la reactividad con el agua. En los manuales de la NFPA se encuentra una amplia relación de sustancias con sus correspondientes niveles de peligrosidad, la cual se retomara con mayor profundidad posteriormente.

Por lo cual se han desarrollado programas internacionales para la prevención de accidentes, como “El Programa Internacional sobre Seguridad Química” (IPCS), el cual fue establecido en 1980, es un programa conjunto de tres organizaciones colaboradoras – La OMS, la OIT y el PNUMA, la ejecución de actividades relacionadas con la seguridad química. La OMS es el organismo ejecutor del IPCS, cuyas funciones principales son establecer las bases científicas para el uso seguro de productos químicos, y para fortalecer la capacidad nacional para la seguridad química⁶⁵.

Los productos químicos son parte de nuestra vida diaria. Toda la materia viva e inanimada se compone de productos químicos y prácticamente todos los productos manufacturados implica el uso de productos químicos. Muchos productos químicos pueden, cuando se utilicen adecuadamente, contribuyen significativamente a la mejora de nuestra calidad de vida, la salud y el bienestar. Sin embargo, otros productos químicos son muy peligrosos y pueden afectar negativamente a nuestra salud y el medio ambiente cuando la gestión inadecuada.

Por lo que los análisis de riesgos químicos pueden establecerse mediante una vasta cantidad de metodologías y debido a la importancia de la disminución de accidentes por sustancias químicas se han establecido los parámetros nacionales e internacionales de transporte, manejo y aplicación de las sustancias químicas y residuos peligrosos.

CAPÍTULO II

ANÁLISIS DE RIESGOS POR SUSTANCIAS QUÍMICAS.



CAPÍTULO II. ANÁLISIS DE RIESGOS POR SUSTANCIAS QUÍMICAS.

Las sustancias químicas que se encuentran en el comercio en México contribuyen de manera significativa al desarrollo del país en la medida que es la base de una gran variedad de procesos productivos, además de ser empleadas en multitud de aplicaciones. Sin embargo, la producción, extracción, transformación, importación, almacenamiento, transporte, comercialización, aplicación y disposición final de algunas de estas sustancias, pueden tener consecuencias adversas para la salud y el ambiente, si su manejo se realiza de manera irracional y en condiciones que conllevan exposiciones excesivas a ellas⁷¹.

Por lo anterior, se debe promover el manejo de las sustancias químicas de forma segura en todas las fases de su ciclo de vida, (Figura II.1) a la vez que se requiere limitar su liberación al ambiente a través de las emisiones al aire, descargas al agua o de la generación de residuos que las contengan⁷¹.

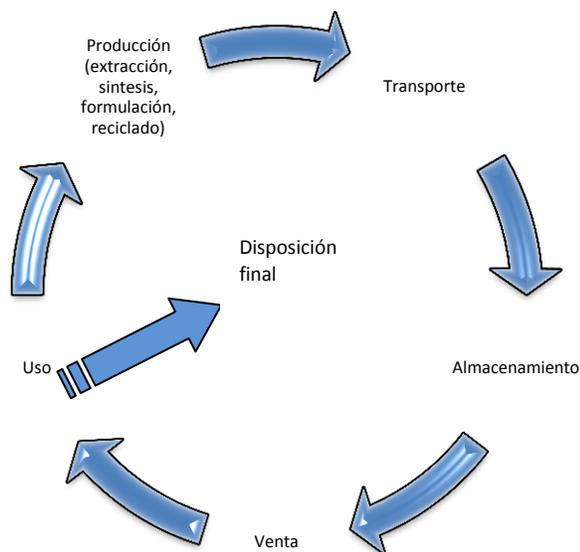


Figura II.1 Ciclo de Vida de las sustancias químicas.

En 2003, según un informe de Comisiones Obreras, el 22 por ciento de los trabajadores inhalaban algún tipo de sustancia tóxica⁸³, existiendo una vasta cantidad de intoxicados, víctimas que en la mayoría de los casos desconocen los riesgos a los que se enfrentan al estar en contacto con las sustancias químicas peligrosas.

La Organización Internacional del Trabajo (OIT) asegura que cada año mueren 10 000 personas por accidentes con sustancias químicas, afectando a demás a muchas más personas de diversas enfermedades, entre ellas cáncer por contacto con este tipo de sustancias⁸³.

II.1 Diagnóstico de riesgos.

Cabe señalar que en el comercio existen más de 100 000 sustancias, y que sólo para un número reducido de ellas se cuenta con información acerca de sus propiedades físico-químicas, su toxicidad y biodegradación, aspectos que definen su peligrosidad para la salud humana y el ambiente².

Todas las sustancias químicas son potencialmente tóxicas o dañinas, dependiendo de la dosis que se reciba: el daño va a depender del tiempo que el trabajador permanece expuesto a esa sustancia y de la concentración de la misma en el ambiente de trabajo⁷⁰.

En la tabla II.1 se tienen los resultados de estudios de algunos accidentes con sustancias químicas en las cuales se han expuesto poblaciones enteras con consecuencias a la salud de la misma⁶³.

Tabla II.1 Ejemplos de exposiciones de población a residuos y sustancias químicas.

Período de operación	Sitio	Residuos	Año del estudio	Hallazgos en la población expuesta
1920-1953	Love Canal, New York, E.U.	Compuestos Orgánicos	1978	Bajo peso al nacer y menor desarrollo físico
1940-1977	New Bedford, Massachusetts, E.U.	Bifenilos policlorados BPC's	1983	Niveles sanguíneos de BPC's
1947-1971	Triana, Alabama, E.U.	Plaguicidas	1983	Hipertensión arterial
1964-1972	Hardeman County, Tennessee, E.U.	Tetracloruro de carbono Hexacloro Pentadieno Hexacloro Heptadieno	1978	Lesiones Hepáticas transitorias
1970-1976	Lekkekerk, Países Bajos	Solventes orgánicos, metales	1980	Niveles sanguíneos de hidrocarburos aromáticos

En todos los casos de accidentes e incidentes con sustancias químicas y los residuos que de ellas se obtienen, es necesario conocer su nivel de peligrosidad, así como los riesgos en su utilización y manejo.

Algunos de los accidentes más difundidos por los medios de comunicación fueron en: Seveso, Italia, y Bophal, India, los cuales contribuyeron a desarrollar una actitud negativa por parte de las comunidades hacia el establecimiento y operación de instalaciones industriales en sus localidades, y cuyo informe de consecuencias se presentan en la tabla II.2.⁶³

Tabla II.2 Accidentes por sustancias químicas más conocidos.

Año	Lugar	Sustancias involucradas	Consecuencias
1977	Seveso, Italia	Dioxinas	193 personas con efectos adversos en la piel (cloro acné) 733 personas evacuadas. 100 000 animales muertos.
1984	Bophal, India	Isocianato de metilo	2 000 muertes; 10 000 personas con efectos agudos; 100 000 personas afectadas en su bienestar.
1986	Basilea, Suiza	Plaguicidas, mercurio, etcétera.	Contaminación del río Rhín

Con lo cual, se ha establecido que el riesgo puede definirse como: *una medida de la pérdida económica o del daño a personas en términos tanto de la probabilidad del incidente como de la magnitud de la pérdida o daño*. A su vez, un incidente puede definirse como: *la pérdida de contención de material o energía*².

Como resultado de un incidente se identifica su manifestación física; para el caso de materiales tóxicos el resultado de un incidente es una liberación tóxica, mientras que para materiales inflamables el resultado de un incidente puede ser una BLEVE (explosión por expansión del vapor de un líquido en ebullición, por sus siglas en inglés Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion), ráfaga de fuego (flash fire), explosión de nube de vapor no confinada, etcétera⁶³.

Para calcular de manera cuantitativa el riesgo es necesario determinar y seleccionar todos los incidentes, una vez definidos éstos, se establecen los resultados de los mismos y de los casos particulares resultado de los incidentes. No existe una manera única de medir el riesgo, y la medición estará determinada por la información y los recursos disponibles, así como el propósito para el cual se hace la estimación.

El riesgo individual considera el riesgo para una persona ubicada en cualquier punto de la zona de impacto de un accidente. Considerando lo anterior puede estimarse para los individuos más expuestos, para personas en lugares específicos o para un individuo promedio en la zona de afectación, obteniéndose para cada caso, valores diferentes de riesgo ante un mismo evento³⁷.

Los principales factores que se toman en cuenta en la evaluación de riesgos por sustancias químicas son; la toxicidad de las sustancias contaminantes, la concentración de dichas sustancias en el aire circundante y el tiempo en que el trabajador se encuentra expuesto a las mismas, cuya evaluación se determina tomando en cuenta los siguientes factores³⁷:

- Tipo de sustancias químicas y los efectos en la salud que pueden ocasionar a corto, mediano y largo plazo, así como el nivel de concentración mínimo de exposición para provocar daños a los organismos.
- Efectos individuales y combinados de las sustancias presentes y de sus productos.
- Causas de contaminación del lugar por las sustancias químicas.
- Vías de entrada de las sustancias al organismo.
- Tiempo real de exposición.
- Tipo de protección personal utilizada y su eficacia.
- Vías de eliminación del cuerpo.
- Mejoras técnicas adoptables en el lugar, laboratorio o el proceso.
- Tipo de actividad específica y detallada que desarrolla el trabajador.

Por otro lado, la evaluación del riesgo toxicológico en los fluidos o tejidos biológicos de los trabajadores expuestos, constituye otro procedimiento complementario a la evaluación ambiental, denominado evaluación biológica.

El organismo humano puede considerarse como el medidor más fiable de la exposición, siempre que sea posible una medición biológica adecuada al indicar exactamente el nivel de tóxico presente en su interior. Los medios biológicos normalmente utilizados para la medición son la orina, la sangre, el aire exhalado, el cabello, las uñas y las heces. Idealmente, debería analizarse el órgano “diana” sobre el que actúa el tóxico, pero esto no es posible⁸⁹.

El parámetro biológico que se puede medir es la concentración del agente químico como tal, sus metabolitos (los compuestos resultantes de la bio transformación que sufre una sustancia al penetrar en un organismo) o los fenómenos bioquímicos que acompañan a la absorción del contaminante. La elección de uno u otro es muy importante para garantizar la detección más precoz, exacta y fiable posible⁷⁰.

Existen diversas maneras de realizar un diagnóstico de un estudio de análisis de riesgo, sin embargo todas ellas conlleva al control de los factores de seguridad en el trabajo por medio de la administración de riesgos; la cual se puede visualizar por medio de la siguiente figura II.1 en la que se muestra el ciclo de la administración². El cual debe llevarse a cabo en cada uno de los procesos de análisis con el propósito de evaluar y re evaluar de manera adecuada las condiciones del laboratorio.

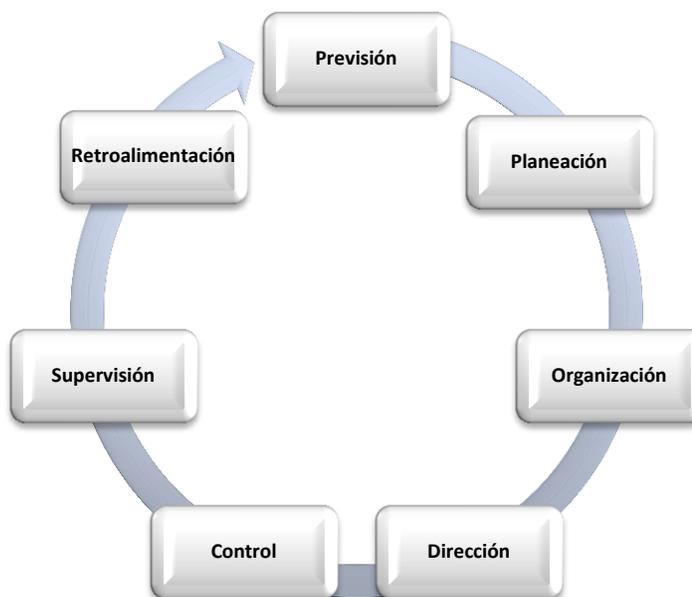


Figura II.1 Ciclo de la administración.

Las fases de la administración nos permiten realizar los análisis de riesgos y diagnóstico de los mismos en los centros de trabajo, ya que cada una de estas fases permite establecer los parámetros del estudio y realizar la valoración diagnóstica del riesgo real de las condiciones laborales⁴⁴.

La fase fundamental del análisis y diagnóstico de riesgos es la previsión, ya que en ella se estipulan los objetivos, alcances y metas, que pueden ser desde el establecimiento del mapa de riesgos, hasta la programación de planes de prevención de accidentes con sustancias químicas.

La planeación es la parte estructural básica del análisis de riesgos, ya que por medio de esta se diseña y programan las metodologías adecuadas para el diagnóstico de riesgos; así como el tiempo en que se llevará a cabo.

La organización requiere del establecimiento del equipo de trabajo, los especialistas y analistas; los cuales en su mayoría son parte de un equipo multidisciplinario.

La dirección conlleva hacia donde se lleva la movilización de la situación actual del lugar; lo que se simplifica en la búsqueda de la minimización de riesgos químicos y evitar los accidentes de trabajo por sustancias químicas peligrosas.

El control, se realiza por medio de la estructuración del historial de los accidentes, incidentes, enfermedades y muertes en el centro de trabajo, lo cual permitirá llevar las estadísticas de los mismos y llevar a cabo estudio de las causas de los mismos.

La supervisión es una de las fases más importantes en toda administración, ya que permite llevar a cabo el control y establecer las decisiones para la mitigación de los riesgos a través de una persona con la capacitación adecuada y con los conocimientos, actitudes, aptitudes y habilidades necesarias para tal efecto.

La fase de desarrollo de una organización se da por medio de la retroalimentación; la cual nos permite establecer parámetros de control y establecer el cumplimiento con las normas nacionales e internacionales y permitir que se evalúen correctamente los riesgos, así como el adecuado tratamiento en el manejo de las sustancias químicas¹.

El diagnóstico de riesgo por sustancias químicas permite establecer las diversas maneras de control de accidentes; las cuales se han establecido en tres tipos^{88, 67}:

- a) Control de Ingeniería: la cual se lleva a cabo mediante el diseño de procesos seguros, el aislamiento de sistemas cerrados, sistemas de extracción de vapores y gases, ventilación en las áreas y humidificación, protecciones en los puntos de operación y mecanismos de transmisión, etc.
- b) Control Administrativo: por medio de la disminución de los tiempos de exposición a las sustancias químicas a través de la rotación del personal en las distintas áreas de los centros de trabajo, supervisión del cumplimiento de los reglamentos de las áreas de laboratorios, seguimiento de instrucciones de operación, control y manejo de sustancias químicas, así como de los procesos de operación de las maquinarias, etc.
- c) Control de Protección Personal: los cuales dependen de las sustancias manejadas y pueden ser mascarillas, guantes, zapatos de seguridad, batas de laboratorios, caretas, etc.

Para proceder a una correcta identificación y posterior cuantificación de los contaminantes químicos presentes en un determinado ambiente laboral, deberá establecerse una secuencia de actuación, marcada por los siguientes pasos⁷⁰:

- Análisis previo: Que consiste en el estudio del proceso productivo y en la identificación de los posibles contaminantes químicos generados por éste, tales como materias primas manipuladas y sustancias generadas en una parte intermedia del proceso o el producto final acabado.
- Establecimiento de la estrategia de muestreo: Que deberá basarse en la naturaleza de los contaminantes, las características inherentes al propio proceso productivo (fases, operaciones, etc.) y el tiempo de exposición de los operarios.
- Muestreo de campo: Que consistirá en la medición directa o en la toma de muestras para su posterior análisis en el laboratorio.
- Vías de entrada de los contaminantes químicos.
- Identificación de los contaminantes químicos: Desde un punto de vista preventivo cualquier estudio o evaluación de un puesto de trabajo debe partir del conocimiento de la sustancia o sustancias que se manipulan o generan en dicho puesto. Así, es importante conocer el nombre químico y no sólo el nombre comercial de las sustancias implicadas en el proceso.

Sin embargo para la fase del análisis y diagnóstico de riesgos se pueden considerar las siguientes etapas fundamentales del estudio de riesgos^{3, 44}:

1. Reconocimiento de la vulnerabilidad de la instalación.
 - Definición de objetivos.
 - Características de los materiales,
 - Tecnología.
 - Ubicación.
 - Recursos humanos.
2. Evaluación y selección de la metodología de identificación de riesgos.
 - Árbol de fallas.
 - HAZOP.
 - ¿Qué pasa si?
 - Listas de verificación.
 - Investigación de accidentes e incidentes.
 - Análisis en modo y efecto de falla.
3. Ejercicio de Identificación Diagnóstica de riesgos.
 - Identificación de eventos que pueden conducir a pérdidas o problemas de operación.
 - Generación y simulación de escenarios.
4. Evaluación de las consecuencias.
 - Índice Dow
 - Dispersión.
 - Fugas.
 - Explosiones.
 - Fuego.
5. Decisiones correctivas y/o preventivas.
 - Jerarquización.
 - Cambio de sustancia.
 - Eliminación.
 - Reducción.
 - Transferencia.
6. Ejecución de los planes de acción.
 - Programas.
 - Proyectos de desarrollo tecnológico.
7. Reevaluación del nivel de riesgo obtenido.
 - Actualización del nivel de riesgo.

Sin embargo para cualquier diagnóstico de riesgos por sustancias químicas es necesario conocer los antecedentes de accidentes e incidentes ocurridos con las sustancias manejadas en el laboratorio en condiciones similares, describiendo brevemente el evento, las causas, sustancia(s) involucrada(s), nivel de afectación y en su caso, acciones realizadas para su atención.

En la aplicación de la(s) metodología(s) utilizada(s), deberá considerarse todos los aspectos de riesgo de cada uno de los sectores que conforman la instalación, mientras que para la jerarquización de Riesgos se podrá utilizar: Matriz de Riesgos, metodologías

cuantitativas de identificación de riesgos, o bien, aplicar criterios de peligrosidad de los materiales en función de los gastos, condiciones de operación y/o características CRETI⁷¹.

Para realizar la jerarquización por medio de las características CRETI, es necesario conocer los parámetros que las identifican, los cuales son mediante las siguientes definiciones, de cada una de ellas, así como de algunos otros conceptos de uso frecuente en las características físico-químicas de interés en los análisis de riesgos^{79, 86}:

Corrosividad: Se considera que una sustancia es corrosiva cuando es capaz de descomponer a otras. En función de la liberación de hidrógeno, degrada químicamente a los materiales con los cuales entra en contacto. Se considera peligrosa una sustancia corrosiva si tiene la capacidad de penetrar el acero con una densidad de 1 cm en un periodo de 24 horas. Para efectos de derrames de materiales peligrosos, es corrosiva cualquier sustancia que exhiba un pH menor de 2 o mayor de 12.

Reactividad: Una sustancia reactiva es aquella que al entrar en contacto con aire o agua, o a causa de un movimiento, sufre cambios químicos y físicos que pueden estar acompañados por la liberación repentina de energía. Esta liberación puede ir desde la efervescencia hasta una explosión violenta.

Flamabilidad: La flamabilidad de un material tiene que ver con su grado de susceptibilidad para arder, al aumentar su temperatura. Las sustancias más flamables son líquidos con punto de ignición por debajo de 60°C.

Temperatura de ignición: Es la temperatura más baja en la cual un material emite vapores flamables en cantidad suficiente para incendiarse en presencia del aire, ante cualquier fuente de ignición.

Temperatura de autoignición: Es la temperatura más baja en la cual un material flamable, al mezclarse con el aire, se incendia por sí sólo, sin la presencia de una flama o chispa. En una atmósfera enriquecida con oxígeno puede ocurrir que una mezcla flamable se incendie espontáneamente, a temperaturas más bajas que las normales.

Capacidad oxidante o comburente: Se define así a la capacidad de liberar oxígeno para auxiliar en la combustión de materiales orgánicos y en la descomposición o degradación de materiales inorgánicos.

Explosividad: Las sustancias explosivas son aquellas que de manera espontánea o por una reacción química pueden desprender gases a una temperatura, presión y velocidad tales que causen daño a los alrededores.

Límites de explosividad en el aire: Los límites de explosividad son dos: el límite bajo (Lower Explosive Level) (LEL) y el superior (Upper Explosive Level) (UEL). El primero se refiere a la concentración mínima de vapores de una sustancia, mismos que pueden explotar si se calientan. Se expresa como porcentaje de vapor en el aire. El segundo se refiere a la concentración más alta, la cual, en presencia de calor, explotará. Se expresa como porcentaje de vapor en el aire.

Degradabilidad: Las sustancias pueden ser degradadas de tres maneras: se les puede disminuir su actividad a través del tiempo, mediante procesos químicos (químico degradabilidad), tal como ocurre con los ácidos y las bases; por la acción de la luz (foto

degradabilidad), o mediante la acción de microorganismos (bio degradabilidad), como es el caso de la celulosa, los peróxidos y algunos hidrocarburos.

Aspectos toxicológicos y efectos en la salud: Se define como tóxico a toda sustancia o residuo para el cual se ha encontrado que la exposición de seres humanos incluso a dosis bajas es fatal, o bien que al ser inhalado, ingerido o al ingresar al organismo a través de la piel puede provocar efectos agudos o crónicos, incluyendo cáncer²¹.

Toxico (T): Son aquellas sustancias que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea en muy pequeñas cantidades puedan provocar efectos agudos o crónicos e incluso la muerte.

Es necesario incluir la derivación de los materiales específicos cancerígenos, mutagénicos y peligrados al medio ambiente, los cuales se han definido como:

Carcinogénicos: Las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puedan producir cáncer o aumentar su frecuencia.

Mutagénicos: Las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puedan producir alteraciones genéticas hereditarias o aumentar su frecuencia.

Peligrosos para el medio ambiente son las sustancias o preparados que presenten o puedan presentar un peligro inmediato o futuro para uno o más componentes del medio ambiente⁷⁰.

Los cuales son indispensables para la determinación del grado de riesgo y la aplicación de las metodologías de análisis de riesgos, así como el establecimiento de los planes y programas de seguridad e higiene industrial.

II.2 Métodos cuantitativos de análisis de riesgos.

El primer requisito para un programa de manejo de riesgos, es la identificación de los distintos accidentes que razonablemente pueden producirse en una instalación. Las técnicas de identificación del riesgo nos deben contestar a las preguntas: ¿qué puede funcionar mal?, ¿por qué razón?, ¿con qué frecuencia? Y ¿qué efectos tiene?³

Los métodos para la identificación, análisis y evaluación de riesgos son una herramienta muy valiosa para abordar con decisión su detección, causa y consecuencias que puedan acarrear, con la finalidad de eliminar o atenuar los propios riesgos así como limitar sus consecuencias, en el caso de no poder eliminarlos⁷.

Los objetivos principales son:

- a) Identificar y medir los riesgos que representa una instalación industrial para las personas, el medio ambiente y los bienes materiales.
- b) Deducir los posibles accidentes graves que pudieran producirse.

- c) Determinar las consecuencias en el espacio y el tiempo de los accidentes, aplicando determinados criterios de vulnerabilidad.
- d) Analizar las causas de dichos accidentes.
- e) Discernir sobre la aceptabilidad o no de las propias instalaciones y operaciones realizadas en el establecimiento industrial.
- f) Definir medidas y procedimientos de prevención y protección para evitar la ocurrencia y/o limitar las consecuencias de los accidentes.
- g) Cumplir los requisitos legales de las normativas nacionales e internacionales.

Los diversos tipos de riesgos por sustancias químicas y los factores en que se desarrollan y que deben analizarse de manera específica para el lugar de trabajo y las condiciones en que se desarrolle el mismo se presentan a continuación⁴⁹.

Riesgo de incendio y/o explosión; el cual se puede deber a los siguientes factores:

- Estado físico y grado de división del producto.
- Inflamabilidad del producto (temperatura de inflamación, temperatura de auto ignición).
- Potencia calorífica.
- Concentración ambiental (límites de inflamabilidad).
- Inexistencia o insuficiencia de sistemas de ventilación general o localizada.
- No aislamiento de fuentes de generación de gases, vapores, polvos.
- Focos de ignición térmicos (fumar, operaciones con llama).
- Focos de ignición mecánicos (herramientas, calzado).
- Focos de ignición eléctricos (cargas electrostáticas, sobrecargas, cortocircuitos).
- Focos de ignición químicos (reacciones exotérmicas, productos inestables).
- Atmósfera rica en comburente (% de O₂ >21%).
- Procedimientos de trabajo inseguros en áreas o actividades de riesgo.
- Incremento del riesgo por efectos aditivos en mezclas.

Riesgos por reacciones peligrosas⁴⁹; las cuales se pueden deber a:

- Reactividad e inestabilidad química de sustancias.
- Características de la reacción (balances másicos y energéticos, exotermicidad, desprendimiento de gases tóxicos).
- Sistema de agitación inadecuado.
- Sistema de aporte de calor no suficientemente controlado.
- Sistema de refrigeración infradimensionado.
- Sistema de control de las variables clave de la reacción poco fiable (regulación de presión, temperatura y caudal).

- Dispositivos de seguridad de los equipos inadecuados (reactor, mezclador, agitador).
- Adición manual de sustancias.
- Presencia no controlada de subproductos.
- Procedimientos de trabajo en operaciones peligrosas (toma de muestras, carga de aditivos) inexistentes, insuficientes o no actualizados.

Riesgos por inhalación del agente; a partir de los cuales se establecerá también el daño a la salud de las sustancias químicas, y cuyos factores de incidencia son los siguientes^{7, 49}:

- Concentración ambiental.
- Tipo de exposición (aguda, crónica).
- Tiempo diario de exposición.
- Número y situación de los focos de emisión.
- Separación del trabajador de los focos de emisión.
- Tasa de generación de gases, vapores o aerosoles.
- Aislamiento del agente.
- Sistemas de ventilación general y local insuficientes.
- Procedimiento de trabajo inadecuado.
- Trabajadores especialmente sensibles.
- Exposición simultánea a varios agentes.

Riesgos por absorción a través de la piel; el cual se desarrolla mediante la existencia de uno o más de los siguientes factores⁴⁹:

- Localización y extensión del contacto.
- Duración y frecuencia del contacto.
- Cantidad o concentración del agente.
- Temperatura y humedad ambiental.
- Gestión incorrecta de EPI.
- Procedimiento de trabajo inadecuado.
- Trabajadores especialmente sensibles.
- Exposición simultánea a varios agentes.

Riesgos por vía parenteral; los cuales son dados por las siguientes causas⁴⁹:

- Deterioro de la piel.
- Uso de objetos o herramientas cortantes o punzantes.
- Frecuencia de contacto.
- Procedimiento de trabajo inadecuado.
- Trabajadores especialmente sensibles.
- Exposición simultánea a varios agentes.

Riesgos por ingestión; los cuales se derivan de los siguientes factores:

- Hábitos higiénicos personales.
- Posibilidad de comer, beber o fumar en los puestos de trabajo.
- Trabajadores especialmente sensibles.
- Exposición simultánea a varios agentes.
- Procedimiento de trabajo inadecuado.

Riesgos por contacto de la piel o los ojos con el agente químico; los cuales se establecen por medio de las siguientes causas:

- Procedimiento de trabajo inadecuado.
- Inexistencia de medios de control de fugas y derrames.
- Envases inadecuados.
- Sistema de trasvase incorrecto.

Riesgos químicos derivados de fallos en las instalaciones que puedan tener consecuencias para la seguridad y salud de los trabajadores; los cuales en algunas ocasiones se visualizan hasta la falla del equipo o la ocurrencia sucesos que ponen en riesgo la vida y la salud del trabajador^{7, 49, 70}:

- Corrosión interna de materiales e instalaciones.
- Corrosión externa (humedad, ambiente salino).
- Inexistencia de medios de control de fugas y derrames (cubetas de retención, protección frente a impactos mecánicos).
- Inexistencia de mantenimiento preventivo.
- Instrumentación de regulación y control poco fiable.
- Inexistencia de dispositivos de seguridad (sobrepresiones, alarmas).
- Puestas en marcha y paradas no procedimentadas.
- Inexistencia de medios de confinamiento del riesgo y sectorización.

Para priorizar los procesos que se pueden analizar se recomiendan tomar en cuenta lo siguiente⁷⁹:

- a) Las posibles consecuencias derivadas de accidentes con las sustancias químicas utilizadas en el proceso o almacenamiento.
- b) Las propiedades físicas y químicas de las sustancias.
- c) El número de empleados que pueden ser afectados.
- d) La historia operativa del proceso, tal como la frecuencia de emisiones químicas, la edad del proceso, y cualquier otro factor relevante.

Se pueden definir los objetivos, alcance y tiempos de término para el análisis de riesgo del proceso, así mismo es indispensable contar con un equipo de personas que realice el estudio de análisis de riesgo. Para la selección de las personas se puede tener en consideración lo siguiente:

- Conocimiento de la metodología que se utilice.
- El número de personas que lo integren, puede variar desde dos, hasta un máximo necesario, según se requiera.
- El grupo puede tener por lo menos un integrante que esté familiarizado con el proceso.
- El grupo puede tener integrantes que sean parte del equipo por un tiempo limitado.
- Los integrantes pueden tener conocimiento de los estándares relevantes del proceso, códigos, especificaciones y regulaciones.
- Los integrantes serán capaces de trabajar en grupo para:
 - Resolver problemas.
 - Alcanzar consensos de los resultados buscados en el estudio y las recomendaciones.

Es recomendable que los integrantes del equipo de análisis sean expertos en áreas como son^{3, 39}:

- a) Tecnologías del proceso.
- b) Diseño del proceso.
- c) Procedimientos operativos.
- d) Procedimientos de emergencia.
- e) Instrumentación.
- f) Mantenimiento.
- g) Trabajos rutinarios y no rutinarios.
- h) Suministro de partes y materiales.
- i) Seguridad e higiene.

Además es recomendable recopilar la siguiente información para mantener los registros de las condiciones en que se encuentran cada uno de los aspectos de observación^{2, 7, 49}:

- Diagramas y bosquejos preliminares (en caso de proyectos).
 - Datos completos de los procesos químicos (diagramas y planos del proceso).
 - Diagramas de tuberías, instrumentación y controles (planos de instalaciones).
 - Hojas de datos de seguridad de las sustancias químicas.
 - Copia de las instrucciones de operaciones pertinentes de los procesos u operaciones a ser revisadas.
 - Descripción del equipo.
-

- Planos de diagramas eléctricos y listas de alarmas e interruptores.
- Reportes de accidentes.
- Condiciones de operación.
- Análisis de riesgo previos.
- Copia del plano de distribución de la planta.

Se recomienda incluir las actividades desarrolladas y las técnicas seleccionadas para el análisis de riesgo del proceso, se sugieren sean las siguientes^{7, 49}:

- Identificar los riesgos potenciales.
- Analizar causas.
- Analizar consecuencias.
- Elaborar las recomendaciones para reducir o eliminar un riesgo.
- Identificar los puntos de interés para estudios posteriores.
- Identificar la frecuencia.
- Protección que se requiere.

Debido a la gran cantidad de metodologías de análisis de riesgos, estos pueden clasificarse como cuantitativos y cualitativos; los principales métodos de estudio de riesgo cuantitativos son los siguientes³:

- Índice Dow
- Índice Mond
- Índice SHI (substance hazard index)
- Índice MHI (material hazard index)
- Análisis de árboles de falla (fault tree analysis FTA)
- Análisis de árboles de eventos (event tree analysis ETA)

Los cuales son aplicados mediante los requerimientos del proceso, lo cual es fácilmente establecido mediante la figura II.2 que se presenta a continuación y que puede auxiliar como criterio de decisión en el establecimiento de las metodologías de análisis.

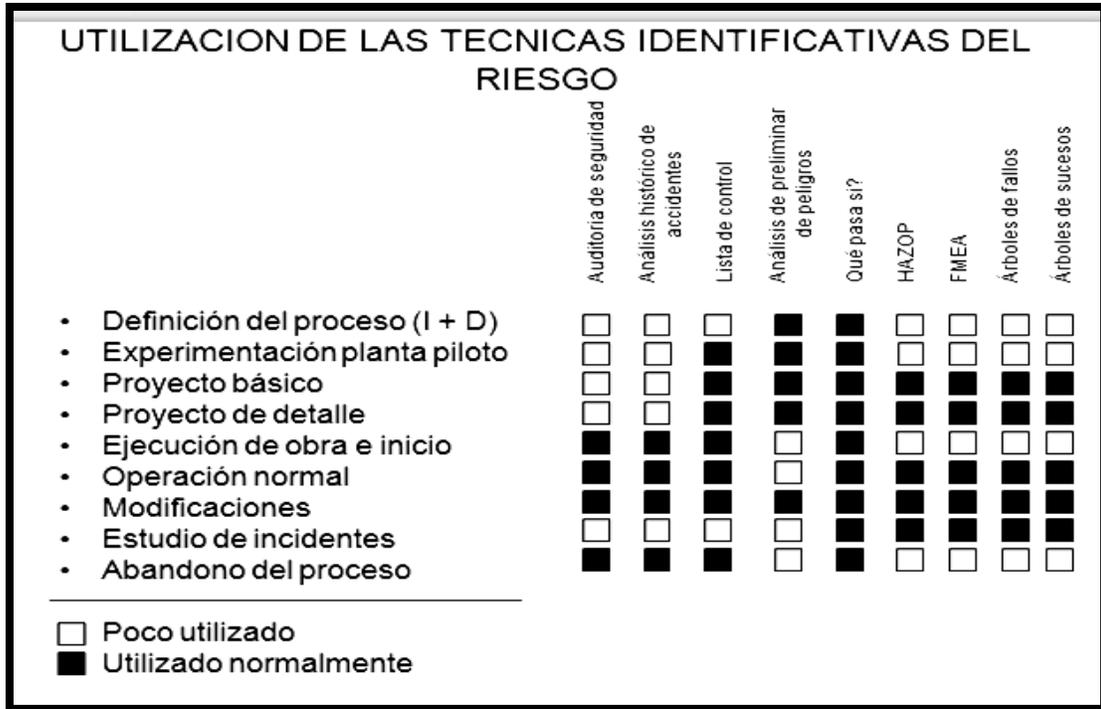


Figura II.2 Utilización de las técnicas de análisis de riesgos.

Entre los métodos cuantitativos aplicados con mayor frecuencia se encuentran los siguientes²⁹:

Índice DOW: Este método fue desarrollado en los años 50's por la empresa DOW Chemical, con el propósito de evaluar los riesgos generados por los procesos químicos al dar una evaluación cuantitativa del riesgo por fuego y explosividad de la misma^{3, 29}.

Índice MOND: Dicha metodología fue desarrollada por la Organización de la Industria Química de los Estados Unidos Americanos, el cual es parecido al Índice DOW, solo que este se dirige a evaluar riesgos en los que intervienen reacciones químicas exotérmicas principalmente²⁹.

Árbol de fallas: Es una técnica de análisis creada por Bell Telephone Laboratories al inicio de la década de los sesenta, para mejorar la fiabilidad del sistema de control del lanzamiento de cohetes. Posteriormente su aplicación se extendió a otros campos de la industria, en especial la nuclear. Es una técnica deductiva que se aplica a un sistema técnico o proceso para la identificación de los sucesos y sus cadenas de sucesos que pueden conducir a un incidente o accidente, y permite la cuantificación de la probabilidad o frecuencia con que se puede producir un suceso²⁶.

Mediante esta metodología al ocurrir un accidente o una falla, se puede identificar la causa raíz del evento negativo. Se analiza cada evento al hacer la pregunta, "¿Cómo es posible que esto suceda?". Al contestar esta pregunta, se identifican las causas principales y como se interactúan para producir un evento no deseado.

Este proceso de lógica sigue hasta identificar todas las causas posibles. A lo largo de este proceso, se usa un diagrama de árbol para grabar los eventos identificados. Las ramas del árbol terminan cuando estén completos todos los eventos que resultan en el evento negativo. Se usan símbolos para representar varios eventos y para describir relaciones²⁶.

Cálculo de modelo: Son una serie de modelos matemáticos para la determinación de posibles riesgos y sus efectos, los cuales son establecidos por programas computacionales.

Los métodos de evaluación de riesgos en la industria química están enfocados en el análisis de las consecuencias de potenciales accidentes mayores, así como a la prevención de la ocurrencia de estos. Se puede establecer el impacto al medio circundante por la reactividad y explosividad de las sustancias manejadas⁶⁴.

Para las reacciones llevadas a cabo en los centros de trabajo como medios de proceso o procedimientos, pueden establecerse estudios específicos en la cinética y reactividad de las sustancias involucradas, por lo que de manera particular para el análisis preliminar de la reactividad química ha de permitir discernir si es necesario disponer de datos muy precisos de peligrosidad mediante ensayos estandarizados de laboratorio, antes de proceder a un análisis del riesgo en las condiciones de almacenamiento o proceso (estudios cinéticos) o bien proceder directamente a un análisis simplificado, dada a priori la inocuidad de la sustancia en cuestión³⁵.

Las cuatro líneas de actuación a seguir en tal análisis preliminar del proceso se ven en la figura II. 3, las cuales son descritas a continuación:

- Verificar la posible inestabilidad debida a determinados grupos funcionales en su estructura molecular.
- Aplicar los criterios termodinámicos de evaluación del riesgo.
- Consultar los códigos de clasificación de sustancias de la NFPA y las hojas de seguridad de producto.
- Finalmente comprobar si existe una posible reactividad con el aire, agua o la exposición a la luz.

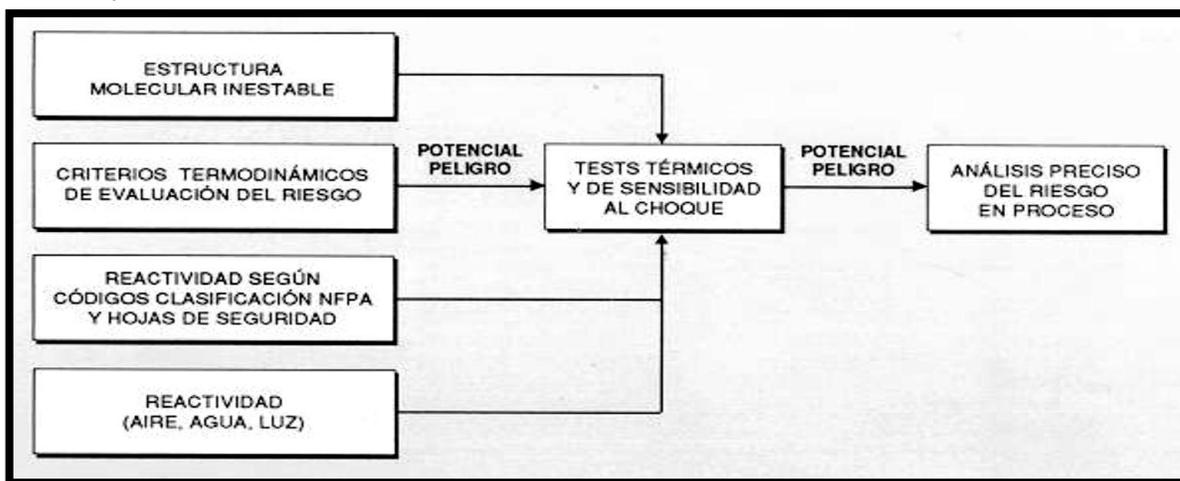


Figura II.3 Análisis de reactividad.

El establecimiento de estudios de reactividad, cinética y efecto del medio a las sustancias químicas empleadas en los centros de trabajo, permitirá a su vez evaluar las condiciones en las cuales pueden ser empleados, así como los lugares y condiciones adecuadas para la minimización de accidentes con las mismas. Determinando con ello las condiciones de las instalaciones, así como la peligrosidad en el manejo, almacenamiento y transporte de las mismas.

II.3 Métodos cualitativos de análisis De riesgos.

El proceso del análisis de riesgo, permite revisar de manera cualitativa y cuantitativa los riesgos, abarcando desde eventos frecuentes a eventos raros y de baja consecuencia a eventos mayores, el cual puede variar en profundidad desde un estudio elemental hasta uno de mayor detalle, de acuerdo al 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.

La complejidad de los modelos para la determinación de consecuencias puede variar, desde ecuaciones algebraicas simples a funciones extremadamente complejas. Asimismo, el número de incidentes considerados puede variar de acuerdo con las clases de incidentes: 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 precursores y causas potenciales de accidentes.
- Probabilidad de que una liberación de una sustancia peligrosa ocurra 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).
- Riesgos posibles, estrategias de prevención y mitigación.
- Magnitud del riesgo.

Asimismo, el análisis de riesgos proporciona una base para comparar sitios de acuerdo al grado de riesgo que presentan y posteriormente establecer prioridades en la planeación de emergencias³⁷.

Los métodos de análisis de riesgos cualitativos son efectuados por personal especializado, mediante grupos de trabajo multidisciplinarios, debido a que su evaluación se basa en el conocimiento y experiencia del personal, así como del conocimiento que se tenga del proceso, siendo los más representativos¹⁹:

- Auditoría de seguridad (safety review)
- Análisis histórico de accidentes

- Análisis preliminar de peligros (preliminar hazard analysis, PHA)
- Lista de verificación (check lists)
- ¿Qué pasa si? (what if?)
- Análisis de riesgos y operabilidad (hazard and operability analysis HAZOP)
- Análisis de modos de falla y efectos (failure mode and effect analysis FMEA)

¿Qué pasa sí...? (¿What if..?): Es un método empírico desarrollado en Estados Unidos, el cual forma parte de Análisis de Seguridad en Procesos (ASP) y se basa en cuestionar “n” cantidad de veces ¿qué pasa sí...?, a un determinado nodo de un proceso o actividad. El método no es inherentemente estructurado como HAZOP o FMEA, por lo que los especialistas tienen que revisar exhaustivamente los principios del sistema²³.

Análisis de modos de falla y efectos (failure mode and effect analysis FMEA): Se basa en el desarrollo de un grupo sistematizado de actividades que se llevan a cabo para: Reconocer y evaluar las fallas potenciales de un producto o proceso y sus efectos, identificar acciones que podrían eliminar o reducir la probabilidad de que ocurra la falla potencial y documentar el análisis²³.

De este análisis existen tres posibilidades en su aplicación, por lo cual este puede ser establecido en el diseño, proceso o en un área específica conocido como de medio²³.

- AMEF de diseño. Que permite diseñar las protecciones de un equipo o sistema mientras está aún en su etapa de diseño.
- AMEF de proceso. Que permite validar la gama de control de un producto o proceso a fin de satisfacer los requisitos de las bases de diseño.
- AMEF de medio o máquina. Que se enfoca sobre el medio de producción a fin de disminuir el número de defectos, la tasa de descomposturas y así aumentar la capacidad.

Se basa en la evaluación de la gravedad, frecuencia y potencia de la falla y el efecto que esta puede tener en el proceso, proponiendo los controles preventivos y correctivos a la ocurrencia de la falla, para lo cual se cuenta con la siguiente escala de clasificación propuesta para el análisis de modo y efecto de falla de análisis de riesgos en la figura II.4 donde se muestran los rangos de medición de riesgo de 1 a 10 en la medición y gravedad del riesgo en el nodo, sustancia, reacción o parte del proceso analizada^{3, 27}.

Por lo que es indispensable el conocimiento del proceso, así como de las propiedades físico químicas de las sustancias empleadas para la evaluación de la magnitud del riesgo mediante la escala propuesta.

Escalas de Clasificación AMEF

Rango	Grado de Severidad	Probabilidad de ocurrencia	Capacidad para detectar
1	Es insignificante para el cliente, ni siquiera se da cuenta del efecto.	Probabilidad remota de que ocurra.	Existe plena seguridad de que la falla potencial se va a encontrar o prevenir antes de llegar al siguiente cliente.
2	El cliente quizá tenga una leve incomodidad.	Bajo índice de fallas respaldadas con documentación	Es casi seguro que la falla potencial se prevenga o se detecte antes de llegar al siguiente cliente.
3	El cliente va a estar inconforme debido a una leve falla de rendimiento.	Bajo índice de fallas sin documentación que lo respalde.	Baja probabilidad de que la falla potencial llegue -sin detectarse- al siguiente cliente.
4	El cliente está insatisfecho debido al mal funcionamiento.	Fallas ocasionales.	Los controles pueden detectar o prevenir que la falla potencial llegue al siguiente cliente.
5	El cliente se siente inconforme o disminuye su productividad considerablemente debido a la baja calidad del efecto.	Índice de falla relativamente moderada con documentación de soporte.	Probabilidad moderada de que la falla potencial llegue al siguiente cliente.
6	Demanda una garantía de reparación o una queja significativa por manufactura o ensamble.	Índice de falla moderado pero sin documentación de soporte.	Es probable que el sistema de control detecte o prevenga una falla potencial antes de llegar al siguiente cliente.
7	Alto grado de insatisfacción del cliente debido a falla en componentes sin que deje de funcionar. Productividad impactada por el alto índice de desecho o retrabajo.	Índice de fallas relativamente alto con documentación de soporte.	Poca probabilidad de que la falla potencial se detecte o se evite antes de llegar al siguiente cliente.
8	Muy alto grado de insatisfacción debido a falla funcional sin afectar la seguridad y sin violar las reglamentaciones del gobierno.	Índice de falla alto sin documentación de soporte.	Muy poca probabilidad de que una falla potencial se detecte o se evite antes de llegar al siguiente cliente.
9	Se pone en peligro la seguridad del cliente debido al mal funcionamiento del sistema de seguridad con advertencia antes de que falle o se violen las legislaciones gubernamentales.	La falla es casi segura basándose en la información de garantía o en las pruebas DV significativas.	Los controles existentes probablemente ni siquiera detecten la falla potencial.
10	Se pone en peligro al cliente debido al efecto adverso sobre el sistema de seguridad sin advertencia previa antes de la falla o la violación a los gubernamentales.	La falla es segura basándose en la información de garantía y en las pruebas DV significativas.	Certeza absoluta de que los controles existentes no van a detectar la falla potencial.

Figura II.4 Escala de clasificación para análisis de riesgo por AMEF

Listas de verificación (Check list): Se han desarrollado las listas de verificación con el propósito de llevar a cabo análisis, inspecciones y auditorías, ya que el empleo de esta herramienta para la identificación de riesgos puede ser muy variada, pero se obtendrán óptimos resultados si se emplea como complemento en los siguientes casos:

- Auditorías a proyectos
- Auditorías a plantas en operación.
- Estudios de análisis de riesgo.

El momento adecuado para su aplicación es cuando el diseño se ha concluido y antes de que sea revisado a través de la metodología HAZOP, ya sea la Ingeniería básica o de Detalle, con el fin de verificar que los conceptos importantes han sido contemplados.

Esta metodología es aplicable a cualquier parte y punto de la operación de un proceso y del manejo, transporte y aplicación correcta de las sustancias químicas, ya que no existe un número limitativo para su extensión, además de que su aplicación es rápida y sencilla; este puede tomar el nivel de evaluación binaria (0-1) o bien mediante la evaluación a escala de (0-5) con mayor dificultad, ya que esta depende de la valoración de cumplimiento con la línea en cuestión; por lo que la más recomendada y adoptada es la evaluación binaria³.

Estudio de riesgo y operabilidad (HAZOP ANALYSIS): Es una técnica de identificación de riesgos inductiva basada en la premisa de que los riesgos, los accidentes o los problemas de operabilidad, se producen como consecuencia de una desviación de las variables de proceso con respecto a los parámetros normales de operación en un sistema dado y en una etapa determinada. El análisis mediante este método se puede establecer mediante el siguiente diagrama de proceso, figura II.5.

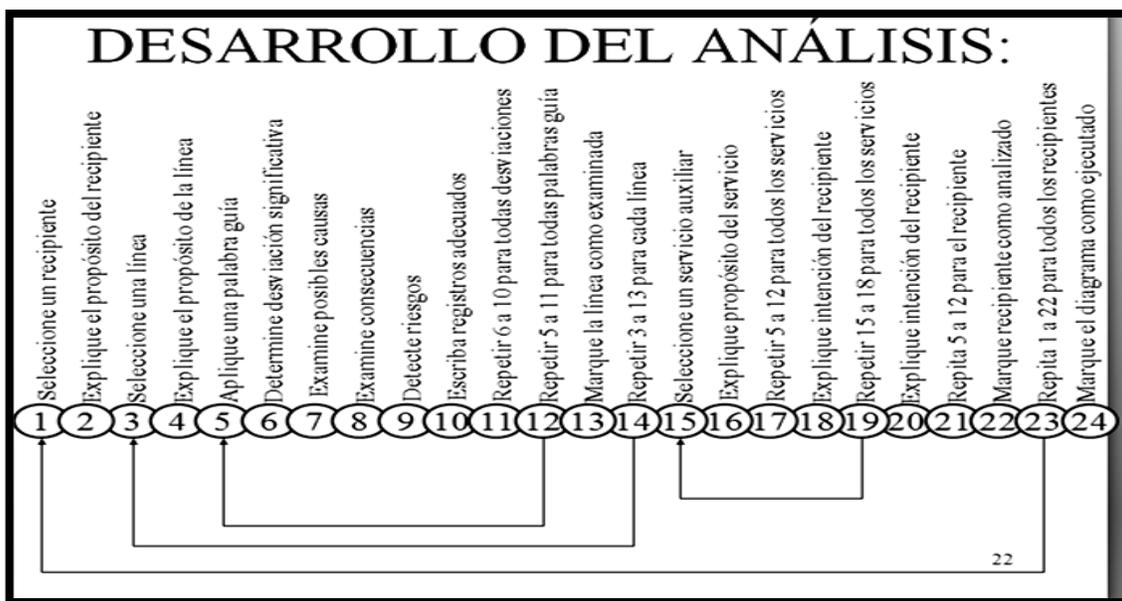


Figura II.5 Desarrollo de Análisis HAZOP

El establecimiento de la metodología de análisis de riesgos, así como el conocimiento del proceso permite reconocer el grado de riesgo existente en un centro de trabajo, donde principalmente pueden reconocerse las características CRET1 para las sustancias químicas, donde además es indispensable contar con las hojas de proceso y el material del mismo, así como las hojas de seguridad de las sustancias químicas y los residuos peligrosos para el aseguramiento de establecer y evaluar el riesgo por sustancias químicas adecuadamente¹⁰.

Uno de los factores primordiales en el análisis de riesgos por sustancias químicas es la facilidad con que pueden reaccionar entre sí, formando en muchos casos productos aun más peligrosos a los iniciales, por lo que el conocimiento de las reacciones de estas especies químicas y su comportamiento es vital, ya que una reacción química tiene lugar a través de una serie de etapas intermedias, con formación de especies químicas de vida muy corta. Algunas de estas etapas son reacciones de equilibrio que pueden frenar el desarrollo de la reacción¹².

Los mecanismos de las reacciones suelen ser complicados. El de las iónicas es una transferencia de electrones seguida de la aparición de nuevos iones o de la formación de un compuesto insoluble. En el de las covalentes, intervienen productos intermedios muy inestables y reactivos, correspondiendo el máximo de la energía de activación a la formación de asociaciones de moléculas en forma de complejos transitorios. Un ejemplo de reacción aparentemente simple, que es muy compleja, es la del oxígeno con el hidrógeno para formar agua. Esta reacción implica muchas etapas con formación de diferentes radicales¹².

Los catalizadores, los inhibidores y el propio disolvente de la reacción, se utilizan para facilitar o controlar el desarrollo de las reacciones químicas.

Los catalizadores son compuestos que contienen átomos con centros activos que participan en el ciclo de la reacción, aunque permanecen inalterados. Hacen más rápido el desarrollo de la reacción química y disminuyen la energía de activación. Aunque normalmente la presencia de un catalizador en una reacción química corresponde a una acción voluntaria, hay muchos casos descritos en los que han ocurrido reacciones violentas por la presencia de pequeñas impurezas que han actuado como catalizador, o porque los propios productos de la reacción actúan como tales¹².

El inhibidor se añade a ciertos productos químicos o a mezcla de ellos para evitar que tenga lugar una reacción química o una aceleración de la misma. Es habitual la adición de un inhibidor a los compuestos auto oxidables para impedir la reacción de descomposición¹².

Reacciones entre ácido y base, o de ácidos frente a ciertos compuestos orgánicos, presentan una evolución totalmente ligada a la concentración de los reactivos. En medio acuoso, el efecto de la dilución en la velocidad de reacción no presenta alteraciones significativas. En medio no acuoso, aparte del efecto de la dilución en la velocidad de reacción, hay que considerar también el producido por el cambio de disolvente. Este aspecto debe ser tenido en consideración al cambiar el disolvente o al cambiar uno de los reactivos para realizar una reacción equivalente (con los mismos grupos químicos, por ejemplo). También existe la posibilidad de controlar la reacción adicionando productos capaces de aumentar la viscosidad del medio, dificultando así los intercambios moleculares⁹.

En el caso de los reactivos sólidos se puede equiparar la concentración al estado de división de los mismos, aumentando con éste su reactividad. Los catalizadores e, incluso, los metales finamente divididos son capaces de generar reacciones especialmente violentas, incluyendo inflamaciones y explosiones. No hay que olvidar, por otra parte, que polvos de sustancias orgánicas combustibles pueden formar mezclas peligrosas con el aire. La manipulación y almacenamiento de estas sustancias pulverulentas en atmósferas inertes y en suspensión en líquidos también inertes es la técnica habitual empleada para prevenir reacciones inesperadas⁹.

Tanto en los laboratorios como en las plantas piloto, no debe olvidarse que las reacciones exotérmicas efectuadas bajo control, pero a temperaturas demasiado bajas, pueden iniciarse de manera retardada, acelerándose peligrosamente. Es deseable que una reacción exotérmica libere rápidamente su energía térmica de manera que ésta pueda ser absorbida inmediatamente por un dispositivo de refrigeración apropiado¹⁶.

La previsión de las reacciones químicas es una tarea difícil por la cantidad de parámetros que se ponen en juego. El conocimiento previo de la reacción es el primer paso, aunque muchas veces no sea posible por tratarse de una nueva síntesis. Aspectos complementarios a las consideraciones de tipo fisicoquímico realizadas en el apartado anterior son el conocimiento del nivel de reactividad de los grupos químicos, el balance de oxígeno y el cálculo termodinámico del nivel de riesgo.

Cálculo termodinámico del nivel de riesgo: Puede establecerse un nivel de riesgo relativo al carácter inestable de un producto o de una reacción a partir de datos termodinámicos conocidos o medidos de los elementos, grupos químicos o moléculas que constituyen el producto o los reactivos.

Otros parámetros termodinámicos a tener en cuenta son: la entalpía de descomposición, utilizable para los compuestos de los que se sospecha que pueden descomponerse espontáneamente bajo el efecto de un choque o del calor, la entalpía de combustión, que es interesante compararla con la anterior en el caso de las sustancias explosivas y el calor específico a presión constante (C_p), que se emplea para calcular las entalpías o las entropías a diferentes temperaturas¹².

Para calcular de manera cuantitativa el riesgo es necesario determinar y seleccionar todos los incidentes, una vez definidos éstos, se establecen los resultados de los mismos y de los casos particulares resultado de los incidentes. No existe una manera única de medir el riesgo, y la medición estará determinada por la información y los recursos disponibles, así como el propósito para el cual se hace la estimación⁴⁹.

Posteriormente se realiza un análisis de consecuencias, el cual tiene como objeto cuantificar el impacto negativo de un evento. Las consecuencias generalmente se miden en términos del número probable de muertos, aunque también es posible expresarlas en función del número de lesionados o de daños a la propiedad.

Normalmente se consideran tres tipos de efectos: radiación térmica, ondas de sobrepresión por explosión, y exposición a sustancias tóxicas. Existe una gran variedad de modelos que se utilizan en el análisis de consecuencias, los cuales pueden agruparse en los siguientes tipos: de fuente y dispersión, de fuego y explosión, así como los modelos de efectos¹².

Los modelos de fuente y dispersión proporcionan información cuantitativa sobre tasas de liberación y dispersión, así como de niveles de concentración en la atmósfera de la sustancia considerada con respecto a la fuente de liberación y las condiciones en que se realiza la liberación y dispersión de la sustancia en la atmósfera⁵⁷.

Los modelos para fuego y explosión convierten la información sobre nubes formadas por sustancias inflamables en medidas sobre el peligro potencial.

Los modelos de explosión de nube de vapor no confinada, los modelos de ignición instantánea, de explosión, BLEVE y de bola de fuego estiman las ondas de choque por sobrepresión, velocidad de proyección de fragmentos y niveles de radiación térmica¹².

Los modelos de efectos convierten los resultados específicos de un incidente en efectos sobre personas y estructuras.

Los modelos anteriores se basan en el principio de que la severidad con que un incidente afecta a las personas o estructuras, está en función de la distancia con respecto a la fuente de liberación del material o para el caso de nubes explosivas, del punto de detonación¹².

Una vez determinada la distribución de los niveles de concentración, radiación térmica y/o ondas de choque de sobrepresión para los incidentes considerados, el paso siguiente es la determinación de las consecuencias.

Una manera de establecer las consecuencias como resultado de un incidente es el modelo de efecto directo, el cual predice los efectos sobre las personas o estructuras basado en un criterio preestablecido, por ejemplo: se considera que las personas expuestas a cierta concentración de una sustancia tóxica en la atmósfera morirán¹².

El análisis de consecuencias debe contemplar como mínimo:

- a) La cantidad de sustancia liberada.
- b) La concentración de sustancia, la cantidad de radiación o sobrepresión que pueda alcanzar a las personas, o a las propiedades.
- c) 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.
- d) Los efectos esperados de la sustancia liberada.

Las consecuencias de los eventos pueden estimarse de una manera cuantitativa o cualitativa, o en ambas. Los procedimientos cualitativos a menudo utilizan categorías relativas como son: severo, moderado o insignificante, dependiendo de la severidad del incidente; a menudo las categorías cualitativas se establecen a partir de una consecuencia esperada. Los procedimientos cuantitativos estiman el nivel esperado de severidad en términos del número de heridos, muertos, etcétera. Los procedimientos semi cuantitativos a menudo usan un índice numérico para expresar las consecuencias relativas de un evento. En la figura II.6 se muestra un diagrama de estimación de riesgos, mediante la matriz de severidad contra la probabilidad de ocurrencia, categorizando el nivel de riesgo desde nivel 1 al 5; siendo este un nivel crítico e intolerable del riesgo³⁷.

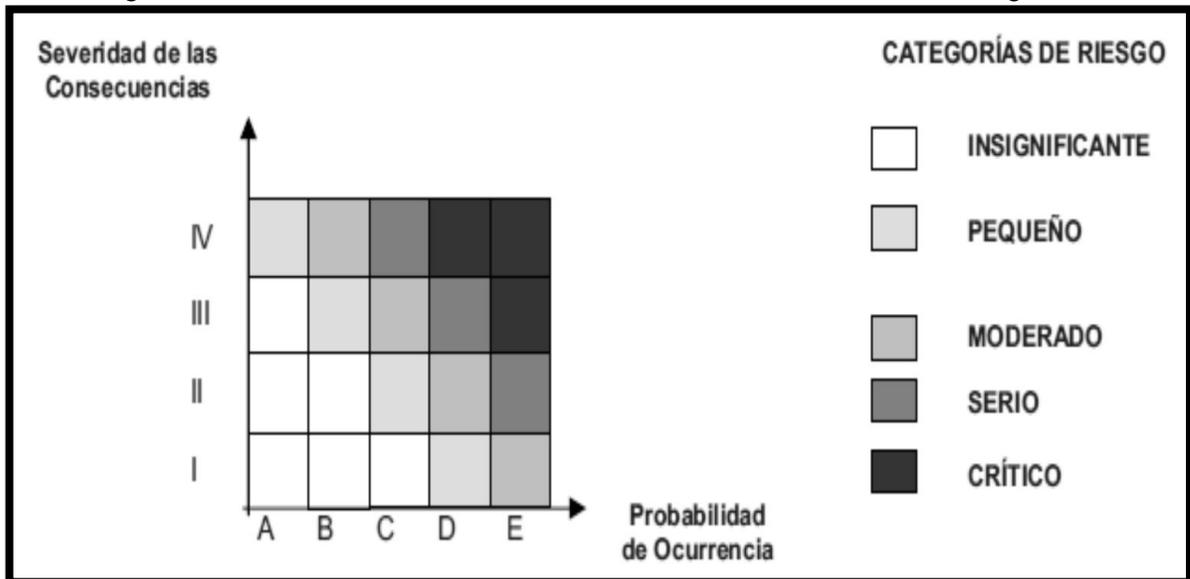


Figura II.6 Matriz de niveles de riesgo.

Una vez que los diferentes escenarios han sido identificados, la frecuencia de los eventos y sus consecuencias han sido determinadas, entonces el riesgo puede evaluarse. En ello es indispensable conocer las diversas categorías de la probabilidad de ocurrencia empleada en los diagramas de riesgo y las categorías de severidad, para la matriz de riesgo. Los cuales se tienen en las siguientes Tablas II.3 y II.4 que se tienen a continuación:

Tabla II.3 Categorías de severidad de consecuencias.

Categoría de consecuencia	Descripción
I. insignificante	No hay degradación mayor en el sistema, daños insignificantes que no representan riesgo.
II. marginal	Degradación moderada del sistema, con consecuencias que pueden ser controladas.
III. crítica	Se degrada el sistema y los daños causados representan un riesgo inaceptable.
IV. catastrófica	Severa degradación del sistema o ambiente, pérdidas económicas y humanas graves.

Tabla II.4 Categorías de probabilidad de ocurrencia.

Categoría	Frecuencia de ocurrencia	Descripción
A - muy raro	$f < 10^{-4}$	Ocurrencia teóricamente posible, pero técnicamente improbable
B - raro	$10^{-3} > f > 10^{-4}$	No se espera que ocurra
C - eventual	$10^{-2} > f > 10^{-3}$	Probablemente ocurra
D - probable	$10^{-1} > f > 10^{-2}$	Se espera que ocurra una vez en 25 años
E - frecuente	$f > 10^{-1}$	Es posible que ocurra más de una vez en 25 años

Una vez que los diferentes escenarios han sido identificados, la frecuencia de los eventos y sus consecuencias han sido determinadas, entonces el riesgo puede evaluarse. El riesgo puede estimarse de manera cualitativa, cuantitativa o en ambas formas³⁷.

A partir de los datos obtenidos mediante el estudio de riesgo, así como los datos requeridos para el informe del análisis de riesgos, se procede a realizar un levantamiento o verificar que la distribución del centro de trabajo concuerde con el último lay out del centro de trabajo; así como a la verificación del cumplimiento con de la normatividad en manejo y uso de sustancias químicas peligrosas, en base a las normas de la STPS: Lo cual se puede establecer de manera interna por la Comisión Mixta de Seguridad e Higiene o bien mediante la verificación de la propia secretaria, por medio de los cuales a su vez se establecen los parámetros y condiciones de certificación como un centro de trabajo seguro.

Una manera efectiva de análisis de cumplimiento es por medio de las listas de verificación, de las cuales se puede establecer una por cada norma y realizar la comprobación del cumplimiento de la misma en los períodos establecidos por la misma.

De esta manera, se corrobora el cumplimiento con la normatividad y se establece la renovación y continuidad de un análisis de riesgos de manera constante. Esto nos permitirá a su vez establecer y realizar la comprobación informática fijada en el mapa de riesgos, así como los cambios y modificaciones pertinentes en los planes y programas de seguridad establecidos.

CAPÍTULO III

SEGURIDAD EN LABORATORIOS QUÍMICOS.



CAPÍTULO III. SEGURIDAD EN LABORATORIOS QUÍMICOS.

En el establecimiento de condiciones de seguridad es necesario reconocer que la seguridad debe establecerse en cualquier centro de trabajo y en el caso específico de laboratorios, es indispensable reconocer las condiciones bajo las cuales se encuentra en contacto el trabajador con las sustancias químicas, así como las acciones que se realizan en el lugar.

Los diversos aspectos y disposiciones para establecer la seguridad en los laboratorios se deben enfocar a los riesgos más importantes que se encuentren en las instalaciones del mismo, en las cuales se pueden mantener sistemas de prevención contra incendios, un plan de emergencia en el cual se establezca la ruta de evacuación y zonas de seguridad del lugar y un buen diseño y mantenimiento en el almacenamiento de las sustancias químicas.

En la formación de planes y programas de seguridad debe contemplarse la aplicabilidad, así como el alcance de los mismos con la finalidad de proporcionar confiabilidad en la aplicación y desarrollo de los mismos, cuyo fin es minimizar los riesgos en el laboratorio y evitar los accidentes.

Los laboratorios son centros en los cuales de forma cotidiana se almacenan y manejan una gran diversidad de sustancias químicas con las cuales se tiene de manera directa e indirecta un contacto constante, situación por la cual se debe designar la distribución del mismo mediante el establecimiento del lay out y la realización del mapa de riesgo del mismo.

III.1 Aspectos generales del mapa de riesgos.

Una de las responsabilidades de cualquier centro de trabajo es mantener en almacenamiento diversos tipos y cantidades de sustancias químicas, así como los residuos que de los procesos y actividades puedan obtenerse; cualquiera que sean las sustancias, debe considerarse el lugar y el espacio adecuado de almacenamiento para evitar contaminación entre las sustancias, considerando la reactividad y compatibilidad de las mismas; por lo que se debe considerar el espacio para el almacén en la distribución del centro de trabajo y en el establecimiento del mapa de riesgos.

Un mapa es la representación plana de una parte de la tierra, en nuestro caso de una parte específica del país o estado, en el cual pueden representarse gráficamente diversos elementos. Cualquier espacio representado en un mapa puede ser⁷²:

- Localizado, cuando se sitúa un punto con precisión
- Ubicado, cuando además se relaciona con su espacio inmediato
- Medido, determinando magnitudes y distancias por medio de escalas.

Para desarrollar los mapas de riesgo es necesario identificar y ubicar los peligros, así como determinar la población expuesta, ya que se trata de una herramienta para la prevención y atención tanto de accidentes como de desastres naturales. El principal resultado del atlas o mapa de riesgo es un programa de manejo y estimación de riesgos³⁷.

El peligro que una sustancia puede representar depende no solo de las propiedades de la misma, sino también del volumen o cantidad presente y de su ubicación. Una manera de diferenciar a las empresas que manejan sustancias y materiales peligrosos es con respecto al volumen o cantidad existente en sus instalaciones.

Posterior a la identificación de fuentes de peligros se deberán elaborar listas de las situaciones, eventos o escenarios que poseen el potencial para provocar daños a las personas, las propiedades o el ambiente³⁷.

El proceso de evaluación de riesgo implica la estimación de la frecuencia del incidente, así como la probabilidad y consecuencia de eventos no deseados.

En el análisis de vulnerabilidad se identifican los puntos de la población susceptibles a ser dañados. El análisis de vulnerabilidad proporciona la siguiente información:

- La extensión de la zona vulnerable debido a una liberación de materiales peligrosos y las condiciones que influyen en la zona de impacto.
- Tamaño y tipo de población dentro de la zona afectable.
- Propiedad pública o privada que puede ser dañada, incluyendo los sistemas de soporte y las rutas o corredores de transporte.

Así, la elaboración de un mapa donde se representen los peligros o los riesgos, permite localizar, ubicar y hacer mediciones sobre los mismos y las consecuencias de un incidente debido a la liberación de sustancias o materiales peligrosos. Para la identificación de los sitios y las áreas en las que existe algún peligro debido al manejo, almacenamiento o transporte de sustancias y materiales peligrosos, de manera general se debe realizar lo siguiente³⁷:

1. Localizar en un plano base (cuyas características se indican más adelante) las instalaciones en las cuales se manejan y almacenan sustancias peligrosas y las vías de comunicación por las cuales se transportan estas sustancias y materiales peligrosos.
2. Establecer los posibles escenarios de incidentes y los resultados de los incidentes
3. Indicar en el plano base las áreas de afectación debido a los incidentes con sustancias y materiales peligrosos, de acuerdo al resultado de cada incidente del escenario propuesto.
4. Señalar en el plano base los puntos o sitios de interés que pueden verse afectados (escuelas, hospitales, fuentes de abastecimiento de agua, etc.).

Para la elaboración del atlas de peligros y riesgos en lo referente a riesgos químicos se debe obtener la información básica descriptiva del estado en la cual está ubicada la localidad en estudio, esta información incluye³⁷:

Los aspectos generales de la entidad federativa:

Descripción del estado de la República en el cual se ubica la localidad de interés; esto incluye:

a) Características del estado

- Nombre del estado.
- Ubicación geográfica del estado.
- Superficie: en kilómetros cuadrados.
- Coordenadas de referencia para el estado.
- Estados con los que limita en cada dirección.
- Aspectos relevantes, por ejemplo: montañas, volcanes, lagunas, ríos, etc. y sus características.
- Altura promedio sobre el nivel del mar u otras relevantes.
- Número de habitantes.

b) División municipal

- Indicar el número de municipios que componen al estado.
- Indicar y describir los principales municipios y las actividades económicas que se realizan en éstos.

c) Vías de comunicación

- Carreteras: indicar su extensión para los diferentes tipos, carreteras principales (origen, ciudades intermedias, destino).
- Vías férreas: indicar su extensión, principales vías (origen, ciudades intermedias, destino).
- Aeropuertos: ubicación y características.

d) Características climáticas

- Describir de manera general los tipos de clima existentes en el estado y sus características: heladas, granizadas, precipitación, huracanes, etcétera.

e) Características geológicas y sísmicas

- Describir y localizar los aspectos relevantes sobre geología y sismicidad del estado.

f) Hidrología

- Establecer la ubicación e indicar las principales características de las aguas superficiales existentes en el estado (ríos, presas, lagos, etc.): ubicación, extensión, usos, etcétera.

Datos Generales del centro de trabajo.

- Nombre o razón social de la empresa u organismo
- Registro Federal de Contribuyentes de la empresa.
- Actividad productiva principal del establecimiento.
- Domicilio del establecimiento (Anexar croquis)

Descripción General de la instalación.

- Nombre de la instalación, haciendo una breve descripción de la actividad.
- Describir la instalación, indicando alcance e instalaciones que lo conforman, origen, destino, número de líneas, diámetro, longitud, servicio, capacidad proyectada, inversión y vida útil.
- Señalar su antigüedad y vida útil remanente⁸⁶.

La identificación de los centros de trabajo e industrias que manejan sustancias químicas y/o materiales peligrosos es fundamental, de los cuales se solicita su dirección y su ubicación geográfica (latitud y longitud) para geo-referenciar el centro de trabajo en un Sistema de Información Geográfica (SIG), esto puede hacerse con el uso de un GPS (Global Positioning System, sistema de posicionamiento global)⁸⁶.

Identificación de sustancias químicas peligrosas almacenadas.

Es preciso conocer las sustancias químicas que se almacenan, así como las cantidades de las mismas; así mismo se requiere el número CAS (Chemical Abstract Service), el número de Naciones Unidas (UN) y el índice de peligro para la Salud, Inflamabilidad y Reactividad de acuerdo con los estándares de la National Fire Protection Association (NFPA, en español Asociación Nacional de Protección de Incendios) estos datos se pueden obtener de las Hojas de Seguridad de los Materiales, que puede proporcionar la empresa que maneja el material²¹.

Estos se asignan a una primera lista (lista 1), considerando únicamente aquellas sustancias que tengan un valor de 3 y 4 en uno o más de los índices de peligro, esto es; salud, inflamabilidad, reactividad, toxicidad, corrosividad, reactividad, etc. las demás no es necesario considerarlas y se enlistan nuevamente (lista 2) que servirá para ubicar actividades peligrosas de interés²¹.

Comparación de los volúmenes de almacenamiento con la cantidad de reporte.

Compare el volumen de almacenamiento de las sustancias peligrosas con la cantidad de reporte que se encuentran en el Primer listado (manejo de sustancias tóxicas, publicado el 28 de marzo de 1990 en el Diario Oficial de la Federación) y el Segundo listado (Manejo de sustancias inflamables y explosivos, publicado el 4 de mayo de 1992 en el Diario Oficial de la Federación) de actividades altamente riesgosas, para considerar solamente las sustancias que se almacenen en una cantidad igual o mayor a la cantidad de reporte. Si la cantidad de reporte es menor que la indicada en los listados de actividades altamente peligrosas, es necesaria su incorporación a la lista 2⁴⁹.

Ubicación en un mapa del centro de trabajo que almacene sustancias químicas peligrosas.

Ubique en un mapa del municipio al que pertenece el centro de trabajo que almacena las sustancias que se encuentran en la primera lista, éstas son las que se consideran actividades altamente peligrosas. Para ubicar las empresas identificadas como de alto riesgo deberá usarse un mapa del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) escala 1:50,000 o de preferencia escala 1:20,000 donde aparezcan las principales características geomorfológicas, como cerros y ríos, zonas de vegetación, asentamientos humanos y vías de comunicación. En el mapa a escala 1:20,000 es posible identificar con claridad la traza urbana y las colonias que serían afectadas en caso de accidente⁷².

Para hacer la ubicación en el mapa se sugiere utilizar la simbología establecida en la Guía Cartográfica para el Levantamiento de Riesgos a Nivel Municipal, publicada por la Secretaría de Gobernación y el Sistema Nacional de Protección Civil.

El documento “*Guía cartográfica para el levantamiento de riesgos a nivel municipal*” publicado por la Secretaría de Gobernación establece tres tipos posibles de mapas:

Mapa referencia (I), el municipio dentro del estado, escala 1:100,000, donde aparecen las principales características geomorfológicas.

Mapa del municipio (II), escala 1:50,000, incluye las características del relieve y el ordenamiento territorial.

Mapa síntesis de riesgos (III), escala 1:20,000, en el que se localizan los agentes perturbadores con el mayor detalle posible, así como su área de influencia, marcando como zonas de alto riesgo aquellas habitadas por concentraciones humanas o complejos de actividades económicas que pueden resultar afectadas en caso de desastre. Un mapa de esta escala, contiene la localización de los agentes perturbadores y las zonas de riesgo.

El mapa a escala 1:20,000 es el apropiado para ubicar con detalle los ductos empleados para el transporte de sustancias peligrosas. Asimismo, el *Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI)* define una notación para cada tipo de ducto la cual deberá emplearse en la elaboración del mapa de peligro⁷².

Trazado de áreas de riesgo.

Trace un círculo para representar el área de peligro alrededor de la empresa, tomando en cuenta el radio propuesto para la sustancia más reactiva y de mayor proporción de almacenamiento, de acuerdo con lo establecido por la SEMARNAT⁸⁶.

Se considera que el incidente que se presenta es el máximo posible, ya sea que ocurra en la industria o en el transporte terrestre.

Los criterios para calcular el área donde se tiene el 100% de muerte debido a nubes tóxicas son:

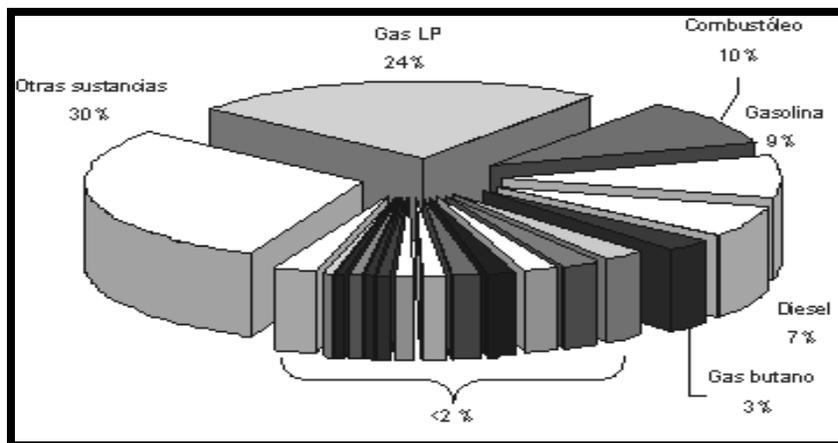
- Concentración de la sustancia a un LC50 durante 30 minutos, para los seres humanos.
- Con estas condiciones se sobreestima, para el área de dicha concentración y se subestima, para la zona que está afuera de la concentración antes señalada, ya que algunas personas pueden ser sensibles a la sustancia en cuestión.
- Se calcula la dispersión para gases tóxicos a una estabilidad atmosférica de clase D en la cual se consideran condiciones neutras de un día nublado, con la velocidad de viento de 5 m/s, estos factores se tomaron como condiciones ambientales promedio.
- Para incendio se considera la distancia a la cual se alcanza una radiación de 5-10 Kw/m² durante 30 minutos que causaría la muerte del 100% de las personas en dicha área.
- Para nubes explosivas, se consideró una presión de 0.3 bares para la zona de alto riesgo y de un bar para las inmediaciones.

Estimación del número de personas con posibilidad de afectación

Ubicar las zonas habitacionales y de concentración de población como son: escuelas, hospitales, centros comerciales y de entretenimiento, etcétera; dentro de las áreas de peligro establecidas en el punto anterior. Se debe conocer el número de personas o la densidad de población dentro de las áreas de afectación de las industrias que manejan sustancias peligrosas, para así poder estimar el número de personas que se encuentran dentro de la zona de peligro y en caso de accidente considerarlas para su evacuación⁷⁸.

Para elaborar los mapas de riesgo se requiere de información diversa sobre los vehículos que transportan sustancias y materiales peligrosos, esta información incluye las características generales de las unidades de transporte, de las sustancias y materiales transportados, las vías de comunicación por donde transitan las unidades de transporte, y sobre los accidentes ocurridos³⁷.

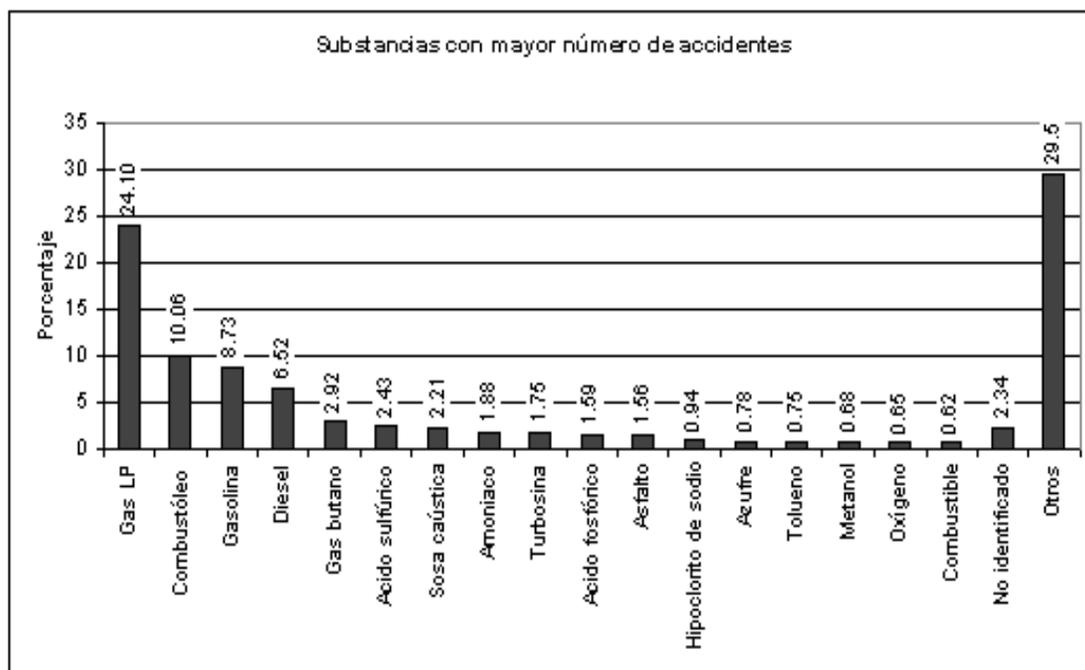
Las actividades cotidianas que lleva a cabo la población y que requieren el uso de distinto tipo de hidrocarburos, ya sea para usarlo en vehículos terrestres, marítimos y aéreos (como la gasolina), obtención de energía (como es el caso de gas LP) o en maquinaria (como es el diesel); esto hace que el transporte de este tipo de materiales se encuentre presente en absolutamente todo el país, por lo que su consumo se encuentra íntimamente relacionado con la ocurrencia de accidentes, aún en un número reducido, en todos los estados de México. A continuación se presenta la grafica III.1, en la cual se visualiza la importancia que han tenido los hidrocarburos, debido a la presencia de los mismos en los accidentes⁸⁵.



Grafica III.1 Sustancias Químicas involucradas en accidentes de transporte (Ene 1997- Dic. 2000)

Después de los hidrocarburos, algunas de las sustancias más usadas en actividades industriales son los ácidos (como es el caso del ácido sulfúrico, ácido clorhídrico, ácido nítrico, ácido acético, entre otros), las bases (hidróxido de sodio, hidróxido de calcio, etc.), y compuestos inorgánicos como el amoníaco y el hipoclorito de sodio, cuya participación en accidentes⁸⁶ se puede visualizar en la grafica III.2.

De esta manera, estos mismos materiales son los que presentan el mayor número de accidentes en el transporte carretero, ya que deben ser distribuidos en cantidades importantes en todo México. Las cantidades transportadas pueden ser muy variadas, siendo desde algunos miles de litros hasta cantidades de 40,000 a 80,000 litros en cada unidad de transporte⁸⁵.



Grafica III.2 Sustancias Químicas involucradas mayormente en accidentes (1996-2000)

En el establecimiento del mapa de riesgos, es fundamental la inspección y cumplimiento del código de colores establecido en la NOM 026 STPS 2008, la cual especifica el color de la tubería de acuerdo al fluido que es transportado por la misma, este código puede visualizarse en la siguiente tabla III.1

Tabla III.1 Colores de seguridad, su significado e implicaciones.

COLOR DE SEGURIDAD	SIGNIFICADO
Rojo	Identificación de fluidos para el combate de incendio conducidos por tubería.
Amarillo	Identificación de fluidos peligrosos conducidos por tubería.
Verde	Identificación de fluidos de bajo riesgo conducidos por tubería.

Es común encontrar leyendas que indiquen la característica del fluido transportado mediante tubería, estas pueden ser las presentadas en la tabla III.2 siguiente:

Tabla III.2 Leyendas para fluidos peligrosos.

TOXICO
INFLAMABLE
EXPLOSIVO
IRRITANTE
CORROSIVO
REACTIVO
RIESGO BIOLÓGICO
ALTA TEMPERATURA
BAJA TEMPERATURA
ALTA PRESION

Un mapa de riesgos requiere que en las áreas determinadas como de afectación sea determinado el riesgo, ya sea de manera cuantitativa o cualitativa, es decir en el área se deberá establecer una medida de riesgo ya sea de daño (lesiones) o muerte.

III.2 Almacenamiento de sustancias químicas.

En los laboratorios químicos por lo general se mantienen diversas sustancias químicas en almacenamiento y aplicación, sin embargo en más de una ocasión es factible notar prácticas de almacenamiento de pobre calidad, como las siguientes⁹¹:

- Productos químicos almacenados en orden aleatorio
- Productos químicos almacenados en orden alfabético
- Productos químicos almacenados por medio de categorías pobremente elegidas tales como todos los ácidos (orgánicos, inorgánicos y oxidantes fuertes) juntos inflamables almacenados en refrigeradores domésticos
- Alimentos almacenados junto con productos químicos en el refrigerador

- Productos químicos almacenados en estantes por encima de los ojos del trabajador
- Una botella con producto químico encima de una segunda botella
- Estantes sobrepoblados de botellas que impiden el fácil acceso a los productos químicos que le interesan
- Los productos químicos ubicados a la izquierda de su mesa de trabajo donde los últimos usados han sido apartados de su vista para hacer el espacio necesario para su próximo experimento
- Las estanterías en las que los productos químicos son almacenados son débiles para soportar tanto material
- las estanterías no son aseguradas a una estructura permanente.
- Las estanterías carecen de bordes adelante y detrás para evitar caídas de frascos o botellas.
- El control del inventario es pobre o inexistente, los frascos con soluciones no tienen fecha de fabricación y se ven viejos
- Algunos frascos no tienen etiquetas o son inapropiadas, lo que produce una inadecuada descripción de su contenido o peligro.
- Los frascos se encuentran en el piso
- Las tapas de los frascos están perdidas o muy deterioradas

Los accidentes que resultan de una técnica de almacenamiento pobre se pueden prevenir, de manera que esta se puede establecer como una medida clara de orden de trabajo, mejora en productividad y la mitigación de riesgos.

Almacenamiento al azar. Es el peor sistema por lejos y con él no existen restricciones para que los productos químicos sean almacenados a fin de limitar el número de reacciones adversas que pueden ocurrir debido a contactos incompatibles. Puede encontrar ácidos junto con las bases, oxidantes cerca de los inflamables, agua oxigenada cerca de una rejilla y tóxicos severos cerca de un lugar de escritura⁹⁴.

Almacenamiento alfabético. Es el más común de los almacenamientos en la práctica. Al estar ordenados alfabéticamente se mejora la situación respecto del sistema al azar, pero sigue existiendo un gran potencial de que sustancias incompatibles tomen contacto físico, particularmente durante una situación de emergencia tal como fuego, derrames o desastres naturales.

Problemas asociados con el almacenamiento alfabético debido a la incompatibilidad de los reactivos.

- ❖ Anhídrido Acético y acetaldehído producen violentas reacciones de condensación (explosión)
- ❖ Soluciones acuosas de Acroleína y amoníaco, producen reacciones de polimerización violenta en presencia de un álcali o amina.
- ❖ Aluminio metálico y nitrato de aluminio tienen un gran potencial explosivo.
- ❖ Aluminio metálico y Tricloruro de antimonio. El primero se enciende en presencia de los vapores del segundo.

- ❖ Aluminio metálico finamente dividido y cualquier bromato (de cloro o de iodo) tiene un potencial de explosión que puede detonar con calor, por fricción o luz.
- ❖ Cloruro de aluminio es auto catalítico, reacciona con sí mismo, luego de un tiempo prolongado de almacenamiento puede explotar al abrir el recipiente.
- ❖ La mezcla de nitrato de amonio y ácido acético puede encenderse, especialmente si el ácido está concentrado.
- ❖ El sulfuro cúprico y el clorato de cadmio pueden explotar por contacto.
- ❖ El peróxido de hidrógeno y el sulfuro de hierro producen una reacción altamente exotérmica.
- ❖ Perclorato de Plomo y Metanol es una mezcla explosiva si es agitada.
- ❖ Anhídrido maleico e hidróxido de magnesio tienen un potencial de explosión de reacción alto.
- ❖ Nitrato de Mercurio y Metanol tienen potencial de formar un explosivo
- ❖ Ácido Nítrico y nitrobenzeno mezclados pueden ser detonantes
- ❖ Cianuro de Potasio y Nitrato de potasio mezclados son explosivos con el agregado de calor.
- ❖ La mezcla de Plata y Ácido tartárico es explosiva
- ❖ La mezcla de óxido de plata y azufre es potencialmente explosiva
- ❖ Ácido acético y acetaldehído: pequeñas cantidades del primero pueden causar la polimerización del segundo liberando grandes cantidades de calor.
- ❖ El sodio y el selenio se incendian si están juntos
- ❖ El sodio más el bromuro de sodio, bromuro de plata, fluoruro de plata o ioduro de plata forman sistemas de impacto sensitivo
- ❖ El sodio y el sulfuro producen una reacción con violencia explosiva.
- ❖ El sodio y los haluros de estaño mezclados producen impactos sensibles
- ❖ El cianuro de sodio con el ácido sulfúrico producen vapores de ácido cianhídrico que es mortal.

Almacenamiento incompleto o categorías pobremente escogidas. Este sistema tiene algunas diferencias entre las clasificaciones de productos químicos al azar y significa una mejora sobre el ordenamiento alfabético. Los ejemplos de cómo los productos químicos pueden ser divididos son listados debajo.

- ❖ Los ácidos son almacenados en un lugar separado del resto separadas, pero el ácido nítrico y el perclórico no son aislados, este último puede almacenarse en estanterías de madera (combustible).
- ❖ Los sólidos se almacenan separados de los líquidos, pero los sólidos inflamables son almacenados cerca de los sólidos oxidantes.
- ❖ Los productos orgánicos son separados de los inorgánicos, pero los inflamables y tóxicos extremos no son segregados de los materiales menos peligrosos.
- ❖ Ninguna provisión para líquidos o sólidos reactivos con el agua.

Cualquiera de estas categorías tiende a segregar clases peligrosas de sustancias, es mejor que ninguna separación y el resultado del potencial de contacto peligroso entre sustancias incompatibles fue significativamente disminuido. Sin embargo, el contacto no deseado es todavía posible y una clasificación más completa debe ser realizada. Esto es acompañado a través de un sistema de almacenamiento completo por categorías.

Muchos esquemas aceptables de almacenamiento en categorías han sido propuestos y usados por laboratorios en instituciones académicas, industriales, estatales y médicas. La característica en común de los esquemas propuestos es la separación de materiales incompatibles. Las diferencias entre los distintos esquemas de almacenamiento se deben al número de grupos de segregación propuestos. Los diez grupos más citados son inflamables, oxidantes, reductores, ácidos concentrados, reactivos con agua, extremadamente tóxicos, formadores de peróxido, pirofosfóricos y cilindros de gases⁶.

Los primeros cinco grupos son separados para evitar el contacto accidental con material incompatible que puede resultar en reacciones violentas o explosivas. Los productos reactivos con el agua son aislados en ambientes donde haya menos probabilidad de situaciones de incendio. Los tóxicos extremos son segregados por ser materiales regulados (carcinógenos), para proveer algún grado de control sobre la distribución y reducir la posibilidad de derrames accidentales.

Los formadores de peróxidos deben ser almacenados en un ambiente frío, sin luz, mientras que los productos fosforados necesitan solo evitar el contacto con el aire para no encenderse. Los cilindros de gases fueron agregados como peligrosos, independientemente del contenido porque poseen energía cinética alta debido a la naturaleza del gas comprimido que tienen en su interior⁶.

Almacenamiento basado en la incompatibilidad No existe un claro consenso en la cantidad de clases de productos químicos deben ser segregados. Para una mejor explicación, la forma en que los grupos de productos químicos son divididos y asignados dependerá del espacio disponible.

El riesgo asociado con los productos químicos incompatibles cuando entran en contacto debe ser evitado independientemente del lugar en que los mismos son manipulados o almacenados.

En general, cuando los productos químicos reaccionan para formar compuestos, existe una energía consumida o liberada. La generación de energía en el caso de la reacción de productos químicos incompatibles puede ser extremadamente violenta, resultando en catastróficas explosiones. Los productos gaseosos formados, que son peligrosamente inflamables, liberan vapores que pueden viajar a lo largo de las mesas hasta una fuente de calor, creando situaciones de incendio muy peligrosas. Finalmente, aún cuando los vapores no sean peligrosos pueden ser dañinos porque su liberación en grandes volúmenes puede desplazar al oxígeno generando así una atmósfera deficiente en oxígeno.

El mezclado de productos químicos incompatibles puede ocurrir aún dentro de una mezcla accidental de dos reactivos, o bien, cuando dos productos químicos son mezclados intencionalmente juntos, durante un experimento. En ambos casos el desastre puede ser evitado si se toman las medidas de precaución antes que los productos químicos sean manipulados o almacenados.

La aislación de químicos en clases de peligro podrá eliminar muchas reacciones accidentales adversas que pueden ocurrir debido a roturas de frascos en el área de almacenamiento. Un cuidadoso análisis de las propiedades químicas podrá contra restar reacciones adversas involucradas durante el mezclado intencional de productos químicos.

Segregación basada en clases de peligro Un nivel de segregación de productos químicos exigente en el laboratorio de investigación es complejo y lleva tiempo. Sin embargo, el mínimo requerido consiste en establecer un sistema que separe los productos químicos de acuerdo a riesgos similares, tales como inflamabilidad, corrosión, sustancias sensibles al agua o al aire y tóxicos. Las principales categorías de químicos peligrosos son:

- Inflamables
- Oxidantes
- Corrosivos
- Ácidos
- Bases
- Altamente reactivos
- Extremadamente tóxicos/Material regulado por ley
- Bajo riesgo

Un problema con la implementación de este tipo de sistemas asignando los productos químicos a un área de almacenamiento basada en peligros químicos es la identificación actualizada de los peligros. La legislación hace posible la tarea porque todos los fabricantes etiquetan de forma similar los productos químicos y cada producto químico debe ir acompañado de su hoja de seguridad. Entonces, las etiquetas proveen de un método rápido de determinación del peligro de incendio, contra la salud o la reactividad del producto químico.

Otro problema con la implementación de este sistema es que muchos de los químicos tienen peligros múltiples y que una decisión debe tomarse sobre qué área de almacenamiento es la más apropiada para cada producto químico específico, por lo cual se recomienda establecerse mediante la determinación de sus propiedades.

Cuando se está estableciendo un esquema de almacenamiento, el número de consideraciones deben ser la inflamabilidad característica del material. Si es inflamable debe ser almacenado en un gabinete de seguridad. Si el material contribuye en forma significativa al fuego, debe ser colocado lo más lejos posible de los inflamables.

Al producirse fuego en el laboratorio y la respuesta al fuego es con agua el peligro es mayor, el material reactivo con agua debe retirarse fuera del contacto con el agua. Luego busque el material corrosivo y almacénelo en forma apropiada. Finalmente, considere la toxicidad del material. En algunos casos puede significar que ciertos productos químicos sean aislados dentro de un área de almacenamiento especial.

Para establecer de manera sencilla el almacenamiento por incompatibilidades de las propiedades de las sustancias químicas, se puede aplicar la tabla III.3 que se presenta a continuación^{77, 80}:

Tabla III.3 Tabla de incompatibilidades de almacenamiento de sustancias químicas.

	 F Inflamable	 E Explosivo	 T Tóxico	 Radioactivo	 O Comburente	 Xn Nocivo Xi Irritante
 F Inflamable	+	--	-	-	-	+
 E Explosivo	-	+	-	-	--	--
 T Tóxico	-	--	+	-	-	+
 Radioactivo	--	-	-	+	-	-
 O Comburente	-	-	-	-	+	○
 Xn Nocivo Xi Irritante	+	--	+	-	○	+

+

Se pueden almacenar conjuntamente

○

Solamente podrán almacenarse juntas, si se adoptan ciertas medidas específicas de prevención

--

No deben almacenarse juntas

Siempre existirán algunos químicos que no estén comprendidos por una categoría u otra, pero una cuidadosa consideración de los peligros involucrados en la mayoría de los casos deben ser tratados de una forma razonable⁷⁷, por lo que de esta manera se establecen algunos ejemplos de incompatibilidad de reactivos en la siguiente tabla, III.4.

Tabla III.4 Incompatibilidades de sustancias químicas.

Reactivo	Incompatible con:
Acetona	Mezclas de ácido sulfúrico y nítrico, cloroformo, t-botóxido de potasio y oxidantes
Ácido acético	Ácido crómico, ácido acético, compuestos hidroxilados, ácido perclórico, peróxidos, permanganatos, acetaldehído, amoníaco y nitrato de amonio
Ácido clorhídrico	Anhídrido acético, hidróxido de amonio y alcalinos, ácido perclórico, cianuros y acetato de vinilo
Ácido crómico y trióxido de cromo	Ácido acético, naftaleno, alcanfor, glicerol, etanol y líquidos inflamables en general
Ácido nítrico concentrado	Ácido acético, anilina, ácido crómico, sulfuro de hidrógeno, líquidos y gases inflamables, cobre y cualquier metal pesado, acetileno, alcoholes, materia orgánica y sodio
Ácido sulfúrico	Cloratos, perclorados y permanganatos de metales alcalinos, acrilonitrilo, hierro y agua
Amoníaco	Mercurio, cloro, hipoclorito de calcio, yodo, bromo, fluoruro de hidrógeno
Bromo	Amoníaco, acetileno, butadieno, hidrocarburos gaseosos, hidrógeno, carburo de sodio, metales finamente divididos
Carbón activado	Hipoclorito de calcio y todos los agentes oxidantes
Cianuros	Ácidos
Eter etílico	Ácido crómico, ácido perclórico, peróxido de sodio
Líquidos inflamables	Nitrato de amonio, ácido crómico, peróxido de hidrógeno, ácido nítrico, peróxido de sodio y halógenos
Hidrocarburos	Flúor, cloro, bromo, ácido crómico, peróxido de sodio
Hidróxido de amonio	Sulfato de dimetilo, flúor, nitrato de plata y ácido sulfúrico
Hidróxidos de potasio	Ácido acético, fósforo, tetrahidrofurano y agua
Hidróxido de sodio	Anhídrido acético, nitroetano, aluminio, ácido sulfúrico y agua
Mercurio	Acetileno, amoníaco
Metales alcalinos y alcalinotérreos	Agua, hidrocarburos clorados, dióxido de carbono y halógenos
Metales en polvo	Cloritos
Oxidantes	Hidrocarburos, materia orgánica
Oxígeno	Aceites, grasas, hidrógeno y líquidos, sólidos y gases inflamables
Permanganato de potasio	Ácido acético, peróxido de hidrógeno, metales como antimonio, arsénico y titanio, fósforo y ácido sulfúrico
Peróxido de hidrógeno	Cobre, cromo, hierro, alcoholes, acetona, materia orgánica, anilina y materiales combustibles
Peróxidos orgánicos	Ácidos orgánicos o minerales

La organización del almacenamiento basados en incompatibilidades, es quizás muy complejo para muchos laboratorios de investigación y educación, pero todos los laboratorios son capaces de establecer un esquema mínimo de almacenamiento basado en clases de peligro. El material peligroso debe ser segregado por seguridad de todo el personal y para proteger la integridad de los edificios.

IV.3 Prevención de incendios.

Se ha estimado que más de 32 millones de trabajadores están expuestos a 650,000 productos químicos peligrosos en más de 3 millones de lugares de trabajo. El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) ha elaborado una lista consolidada con cerca de 600 sustancias que han sido prohibidas, severamente restringidas, no autorizadas o retiradas del comercio en diferentes países; de las cuales alrededor de 15 son objeto de control internacional a través del Procedimiento de Información y Consentimiento Previo (PIC por sus siglas en inglés), que permite a los gobiernos tomar decisiones informadas acerca de si aceptan o no la importación de estas sustancias⁸³.

La NFPA es la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego de los Estados Unidos Americanos, (National Fire Protection Association), la cual es la fuente principal mundial para el desarrollo y diseminación de conocimiento sobre seguridad contra incendios, la NFPA es una organización internacional que desarrolla normas fundada en 1896 para proteger gente, su propiedad y el medio ambiente del fuego. El sistema de desarrollo de los códigos y normas de la NFPA es un proceso abierto basado en el consenso que ha producido algunos de los más referenciados materiales en la industria de la protección contra incendios, incluyendo el Código Eléctrico Nacional, el Código de Seguridad Humana, el Código Uniforme contra Incendios, y el Código Nacional de Alarmas de Incendios⁸⁴.

La norma NFPA 704 establece los criterios para la clasificación de los productos químicos utilizando la información que a menudo se encuentran en una hoja de datos de seguridad.

Bajo dicho código, se ha establecido el sistema de identificación de riesgos de sustancias químicas y materiales peligrosos, el cual consiste en el establecimiento del rombo de seguridad que consta del nombre del material y cuatro secciones con un color asignado a cada caso, como se muestra en la figura III.1 siguiente:

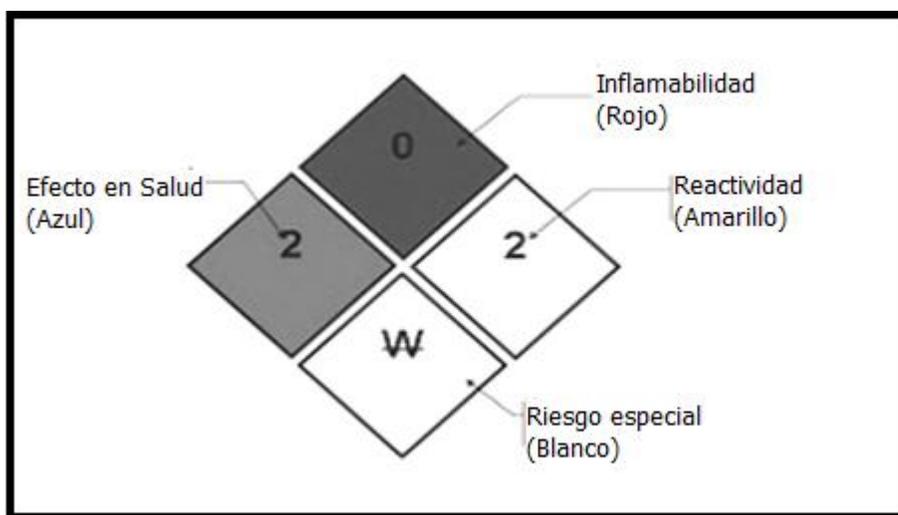


Figura III.1 Rombo de seguridad.

Para codificar el riesgo en el rombo en cada una de las secciones se coloca el grado de peligrosidad con valores entre (0 y 4), siendo (0) el de menor peligrosidad e incrementándose hasta el nivel más alto de (4), como se visualiza en la siguiente tabla III.5⁷⁶:

Tabla III.5 Valoración del peligro en el rombo de seguridad.

VALOR	SALUD (AZUL)	INFLAMABILIDAD (ROJO)	REACTIVIDAD (AMARILLO)	LETRA	ESPECIAL (BLANCO)
0	Material corriente. En exposición en condiciones de incendio no ofrecen riesgos mayores que los que dan los materiales combustibles corrientes.	No arde. Materiales que se queman en el aire cuando se los expone a temperaturas de 815 °C por un período de 5 min.	Estable normalmente. Materiales que, en sí mismos, son normalmente estables, aún expuestos en las condiciones de un incendio y que no reaccionan con el agua.	W	Evite uso de agua
1	Ligeramente peligroso. Materiales que por su exposición pueden causar irritación, pero solamente producen lesiones residuales menores si no se administra tratamiento médico.	Debe precalentarse para arder, sobre 93°C.	Inestable si se calienta. Materiales que, en sí mismos, son normalmente estables pero que pueden tornarse inestables a temperaturas y presiones elevadas, o que pueden reaccionar con el agua con alguna liberación de energía, pero no violentamente.	OX	Oxidante
2	Peligroso. Materiales que en una exposición intensa o continuada pueden causar incapacidad temporaria o posibles lesiones residuales si no se suministra pronto tratamiento médico.	Ignición al calentarse normalmente, debajo de 93°C. Para encenderse requieren ser previamente calentados con moderación o estar expuesto a temperaturas ambientes relativamente altas.	Posibilidad de cambio químico violento. Materiales que en sí mismos son normalmente inestables y que fácilmente experimentan cambios químicos violentos pero no detonan.	ALC	Alcalino
3	Muy peligroso. Materiales que en una exposición corta pueden causar lesiones serias, temporarias o residuales, aun cuando se haya dado pronto tratamiento médico.	Ignición a temperaturas normales, debajo de 37°C. Líquidos y sólidos que se pueden encender bajo todas las condiciones de temperatura ambiente.	Puede explotar por fuerte golpe o calor, en sí mismos son capaces de detonar o de reaccionar o de descomponerse en forma explosiva, pero que requieren una fuente de ignición fuerte.	ACID	Acido
4	Demasiado peligroso, son materiales que con una exposición muy corta pueden causar la muerte o lesiones residuales mayores, aun cuando se haya dado pronto tratamiento médico.	Extremadamente inflamable, debajo de 25°C, se vaporizan rápidamente a la presión atmosférica y a las temperaturas ambiente normales, y que están bien dispersos en el aire y se queman con mucha facilidad.	Puede explotar. Materiales que, a temperatura y presiones corrientes, en sí mismos son fácilmente capaces de detonar o descomponerse o reaccionar en forma explosiva.		

El establecimiento del rombo de seguridad ha facilitado la comprensión del peligro de las sustancias químicas; el cual debe ser visible, claro en todos los recipientes y contenedores de sustancias químicas.

Para el acetileno, compuesto empleado en síntesis de diversos productos se tiene el cuadro de riesgos por código NFPA⁴⁹ a continuación mostrado en la figura III.2

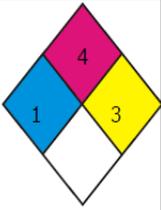
Código NFPA		<u>ACETILENO</u>	
Salud :	1	"Ligeramente peligroso"	
Inflamabilidad :	4	"Extremadamente inflamable"	
Reactividad :	3	"puede detonar pero requiere de una fuente de ignición"	

Figura III. 2 Rombo de seguridad del Acetileno.

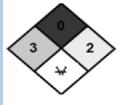
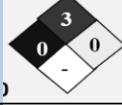
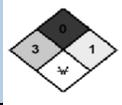
Uno de los disolventes de mayor uso es el metanol, o alcohol metílico, del cual se presenta el rombo de seguridad en la figura III.3 presentada en seguida.



Figura III. 3 Rombo de seguridad de metanol

Algunos otros ejemplos comunes de aplicación del rombo de seguridad se muestran en la tabla III.4

Tabla III.6 Ejemplos de peligrosidad se sustancias mediante el rombo de seguridad.

SUSTANCIA	ROMBO	SALUD	FLAMABILIDAD	REACTIVIDAD	ESPECIAL
H ₂ SO ₄	Rótulo NFPA 	3. Muy peligroso	0. No arde a condiciones normales.	2. Reactividad violenta.	Evite reacción con agua.
CH ₃ CH ₂ OH		0.No peligroso	3. Muy inflamable.	0. No peligroso	
NaOH	Rótulo NFPA 	3. Muy peligroso	0. No arde a condiciones normales.	1. Reactividad baja.	Evite reacción con agua.
NH ₄ Cl	ROTULO NFPA 	1.Ligeramente peligroso	0. No arde a condiciones normales.	0. No peligroso	

A partir de estos parámetros se estableció la *Guía de Protección Contra Incendios para Materiales Peligrosos*, 13^a edición disponible desde abril de 2002, la cual es un libro basado en los datos y requerimientos de las normas de la NFPA, la cual contiene entre otras las siguientes normas de interés^{48, 49}:

- NFPA 49: productos químicos peligrosos de datos (325 sustancias químicas en formato de hojas de seguridad).
- NFPA 325: Incendio de propiedades de líquidos inflamables, gases y sólidos volátiles (más de 1.300 productos químicos en forma de cuadro de lista de datos diferentes).
- NFPA 430: Código para el Almacenamiento de Líquidos y Sólidos Oxidantes (clasificación oxidante de 90 sustancias químicas).
- NFPA 432: Código para el almacenamiento de los preparados de peróxidos orgánicos (los requisitos de almacenamiento, incluidas la clasificación de los peróxidos orgánicos y "diamante" clasificaciones de 160 sustancias químicas).
- NFPA 491: Guía para las reacciones químicas peligrosas (3550 mezclas peligrosas).
- NFPA 497: Práctica recomendada para la clasificación de líquidos inflamables, gases o vapores y peligrosas (clasificadas) para instalaciones eléctricas en áreas de proceso químico (parámetros para determinar el grado y el alcance de lugares peligrosos para los líquidos, gases y vapores, incluidos los grupos NEC).
- NFPA 499: Práctica recomendada para la clasificación de polvos combustibles y de sustancias peligrosas (clasificadas) para instalaciones eléctricas en áreas de proceso químico (parámetros para determinar el grado y el alcance de lugares peligrosos para los polvos, incluidos los grupos NEC).
- NFPA 704: Norma para el Sistema de Identificación de los Riesgos de Materiales para Respuesta a Emergencias.

Para poder establecer las condiciones de seguridad contra incendios, es necesario conocer los siguientes parámetros de clasificación de las sustancias químicas peligrosas^{79, 81}.

- Explosivos.
- Gases comprimidos, refrigerados, licuados o disueltos a presión.
- Líquidos Inflamables.
- Sólidos Inflamables.
- Oxidantes y peróxidos orgánicos.
- Tóxicos agudos (venenos) y agentes infecciosos.
- Radioactivos.
- Corrosivos.

Un incendio esta dado por la aparición de fuego, el cual es la oxidación rápida con desprendimiento de luz y calor, de forma no controlada y para su desarrollo requiere de un combustible y un comburente en presencia de calor, la cual es la temperatura mínima de ignición del combustible, a lo cual se le conoce como el triángulo de la combustión, que se ve en la siguiente figura III.4



Figura III.4 Triángulo de la combustión.

Por otra parte, para que se inicie la combustión, es necesario que los materiales se encuentren en forma de gases o vapores. La gasolina, que desprende vapores a temperatura ambiente, se inflama con mucha facilidad, pero los materiales sólidos deben primero calentarse para que desprendan vapores que puedan inflamarse. Sin embargo, esto no quiere decir que se vayan a inflamar por sí solos, sino requieren una mayor temperatura para que se inflamen⁷⁶.

Cuando se ha logrado encender un fuego, con frecuencia puede mantenerse por sí solo, sin apagarse, hasta que sólo quedan cenizas.

Para explicar este aspecto del fuego, la ciencia actual agrega un cuarto elemento a los tres que ya hemos visto: la reacción en cadena. Cuando el fuego es suficientemente intenso, aparecen llamas y se libera mucho calor. Esto facilita que el oxígeno y los combustibles se combinen, con lo cual hay nuevas llamas y más calor. Esta reacción en cadena se repite mientras quede oxígeno y combustible, a menos que algo interrumpa este circuito⁷⁶.

No todos los incendios se desarrollan de la misma manera, sin embargo se pueden establecer que todos siguen el mismo patrón de comportamiento diferenciado en cuatro etapas, las cuales se han establecido como las siguientes⁵³:

- Etapa incipiente, su característica es la carencia de llamas, sin embargo existe una pequeña cantidad de humo generándose una gran cantidad de partículas como resultado de la combustión, las cuales son invisibles y se comportan como gases.
- Etapa latente, no existen llamas o calor significativo, aunque comienza a incrementarse la cantidad de partículas hasta hacerse visibles hasta visualizarse en forma de humo.
- Etapa de llama, en esta se alcanza el punto de ignición del material y comienza la aparición de las llamas, baja la cantidad de humo y aumenta el calor llevando el proceso a la última etapa en cuestión de segundos.
- Etapa de calor, en esta se genera una gran cantidad de calor, llamas, humo y gases tóxicos.

Dependiendo del tipo de combustible que se consuma, el fuego se comporta de forma diferente por lo que han sido clasificados en cuatro clases, la cual se presenta de acuerdo a la NOM 002 STPS 2000⁷⁶ en la tabla III.7

Tabla III.7 Clasificación de los tipos de fuego.

CLASE DE FUEGO	DESCRIPCIÓN
A	Son los fuegos por material sólido, generalmente de naturaleza orgánica tales como: madera, papel, tela, etc.
B	Se dan por materia líquido inflamable o que se licua con el calor como las gasolinas, aceites, pinturas y grasas; así como por gases combustibles como los hidrocarburos, gas natural, butano, etc.
C	Son dados por material y equipo eléctrico, los cuales debido a la presencia de la energía son contenidos de forma especial.
D	Son iniciados por metales de características especiales, tales como el magnesio y el aluminio.

Aunque el peligro de incendio es siempre latente en cualquier centro de trabajo, los laboratorios deben clasificar las sustancias almacenadas y empleadas en el mismo de acuerdo al grado de reactividad y el potencial de inflamabilidad que presentan las mismas.

Determinación del grado de riesgo de incendio.

Para determinar el grado de riesgo de incendio en el centro de trabajo, el patrón debe seleccionar el rubro de la tabla III.8, la cual se encuentra en la NOM 002 STPS 2000, con forme a las características de su centro de trabajo. Este sistema establece los criterios básicos para determinar su grado de riesgo⁷⁶.

Tabla III.8: Determinación del grado de riesgo de incendio.

CONCEPTO	GRADO DE RIESGO		
	BAJO	MEDIO	ALTO
ALTURA DE LA EDIFICACION, EN METROS	HASTA 25	NO APLICA	MAYOR A 25
NUMERO TOTAL DE PERSONAS QUE OCUPAN EL LOCAL, INCLUYENDO TRABAJADORES Y VISITANTES	MENOR DE 15	ENTRE 15 Y 250	MAYOR DE 250
SUPERFICIE CONSTRUIDA EN METROS CUADRADOS	MENOR DE 300	ENTRE 300 Y 3000	MAYOR DE 3000
INVENTARIO DE GASES INFLAMABLES, EN LITROS (EN FASE LÍQUIDA)	MENOR DE 500	ENTRE 500 Y 3000	MAYOR DE 3000
INVENTARIO DE LIQUIDOS INFLAMABLES, EN LITROS	MENOR DE 250	ENTRE 250 Y 1000	MAYOR DE 1000
INVENTARIO DE LIQUIDOS COMBUSTIBLES, EN LITROS	MENOR DE 500	ENTRE 500 Y 2000	MAYOR DE 2000
INVENTARIO DE SOLIDOS COMBUSTIBLES (A EXCEPCIÓN DEL MOBILIARIO DE OFICINA) EN KILOGRAMOS	MENOR DE 1000	ENTRE 1000 Y 5000	MAYOR DE 5000
INVENTARIO DE MATERIALES PIROFORICOS Y EXPLOSIVOS	NO TIENE	NO APLICA	CUALQUIER CANTIDAD

Ya que es reconocido el grado de riesgo, es necesario establecer el cumplimiento de la normatividad nacional, así como la aplicación de las normas de la NFPA 704, la cual establece el rombo de seguridad en el manejo de sustancias químicas, por medio del cual es posible identificar las características de las sustancias químicas peligrosas manipuladas en los laboratorio y establecer la forma de prevención y extintores adecuados a las mismas.

Una vez determinado el riesgo por sustancias químicas peligrosas como fuente de combustible en casos de incendios, es necesario que en los laboratorios y en general los centros de trabajo de manejo de sustancias químicas se establezca el plan de seguridad contra incendios, por medio del cual se verificará el cumplimiento de la norma 704 de la NFPA y la NOM 002 STPS 2000, para lo cual es imprescindible reconocer la función de los extinguidores y los tipos de extinguidores adecuados para el control del fuego⁷⁶.

Para el control de fuego es indispensable contar con el equipo extintor adecuado, el cual tiene un agente extinguidor que es expulsado por la acción de una presión interna, los cuales se seleccionan de acuerdo a la clase de fuego conforme a la tabla III.9⁷⁶.

Tabla III.9 Determinación del agente extinguidor de acuerdo al tipo de fuego.

Agente extinguidor	Fuego Clase A	Fuego Clase B	Fuego Clase C	Fuego Clase D
Agua	SI	NO	NO	NO
Polvo Químico Seco, tipo ABC	SI	SI	SI	NO
Polvo Químico Seco, tipo BC	NO	SI	SI	NO
Bióxido de Carbono (CO ₂)	NO	SI	SI	NO
Halón	SI	SI	SI	NO
Espuma Mecánica	SI	SI	NO	NO
Agentes Especiales	NO	NO	NO	SI

En función del tipo de riesgo por incendio, el extintor puede ser manual o móvil, en el caso de laboratorios; donde las cantidades de sustancias químicas son controladas es favorable el establecimiento de equipos manuales⁷⁹.

La mayoría de los solventes orgánicos son inflamables o altamente inflamables, dependiendo de su volatilidad. Las excepciones son algunos solventes tratados con cloro como el di cloro metano y el cloroformo, sin embargo las mezclas de vapores en el aire eleva la potencialidad de que detonen. Los vapores de solventes son más pesados que el aire, por lo cual se van al piso y pueden viajar grandes distancias casi sin diluirse⁷⁹.

El éter di etílico y el bi sulfuro de carbono presentan de manera excepcional bajas temperaturas de auto ignición las cuáles incrementan el riesgo de fuego asociado a estos solventes.

El éter di etílico y el tetrahidrofurano (THF) pueden formar peróxidos altamente explosivos en su exposición a oxígeno y la luz, elevando las condiciones de seguridad que deben manejarse en su manipulación. Los peróxidos pueden ser quitados lavándose

con el sulfato ácido del hierro (II), filtrándose a través alúmina, o destilación de sodio/benzofenona. La alúmina no destruye los peróxidos; los atrapa simplemente, por lo que los éteres tienen que ser almacenados en la obscuridad en frascos cerrados en presencia de los estabilizadores como el hidróxido del sodio⁷⁰.

De los agentes extinguidores el agua es el más antiguo y a su vez el más común, debido a que su acción se debe al enfriamiento, absorbiendo calor del fuego para evaporarse. La cantidad de calor que absorbe es muy grande. Es más eficaz si se emplea pulverizada ya que se evapora más rápidamente por lo que absorbe más calor. Aunque su aplicación es recomendada únicamente para el fuego tipo A y con fines de confinamiento de áreas de incendio, control del fuego y enfriamiento y protección de equipos y espacios cercanos⁵³.

Las espumas son emulsiones de un producto espumógeno en agua. Apaga por sofocación, al aislar el combustible del ambiente que lo rodea, ejerciendo también una cierta acción refrigerante debido al agua que contiene. Se utiliza en fuegos sólidos y líquidos, clase A y B^{48, 53}.

El Anhídrido carbónico - CO²: Es un gas que se almacena en estado líquido a presión elevada. Al descargarse se solidifica parcialmente en forma de copos blancos, por lo que a los extintores que lo contienen se les llama de "Nieve Carbónica". Apaga principalmente por sofocación desplazando el oxígeno del aire y produce un cierto enfriamiento. Se emplea para apagar fuegos sólidos y líquidos, clases A y B⁵³.

Los polvos químicos secos: Son polvos de sales químicas de diferente composición, los cuales se descomponen por el calor, combinándose con los productos de descomposición del combustible, paralizando la reacción en cadena. Puede ser de dos clases⁵³:

- Normal: Sales de sodio o potasio combinadas con otros compuestos para darles fluidez y estabilidad. Son apropiados para fuegos líquidos y gases, clases B y C.
- Polivalentes: Tienen como base fosfatos de amonio, con aditivos similares a los de los anteriores y son apropiados para fuegos líquidos y sólidos, clases C y A, ya que funden recubriendo las brasas de una película que las sella aislándolas del aire.

Derivados halogenados: Son productos químicos resultantes de la halogenación de hidrocarburos. Se comportan frente al fuego de manera semejante a los polvos químicos secos, apagando por rotura de la reacción en cadena. Se emplean en fuegos sólidos y líquidos, clases A y B.

Como se mencionó anteriormente, la sustancia extinguidora es impulsada por un gas, el que suele ser nitrógeno o CO² aunque a veces se emplea aire comprimido. El único agente extintor que no requiere gas impulsor es el CO². Los polvos secos y los halógenos requieren un gas impulsor exento de humedad, como el nitrógeno o el CO² seco. Si el extintor está constantemente bajo presión, el gas impulsor se encuentra en contacto con el agente extintor en el interior del cuerpo. A este tipo de extintor se le llama de "presión incorporada" estando generalmente equipados con manómetro que indica la presión interior⁷⁶.

Los métodos de extinción se basan en la eliminación de uno o más de los elementos del triángulo del fuego y de la reacción en cadena, los cuales se describen ⁴³ como:

- Por enfriamiento: Este método actúa contra el calor, tratando de bajar la temperatura a un nivel en que los materiales combustibles ya no puedan desprender gases y vapores inflamables. Uno de los mejores elementos para lograr esto es el agua.
- Por sofocación: En este caso, se trata de eliminar el oxígeno, con lo cual el fuego ya no puede mantenerse. El uso de mantas para cubrir el fuego es una aplicación de este sistema. Las espumas especiales que se aplican en fuegos de hidrocarburos (como petróleo o gasolina), actúan de este modo.
- Por dispersión o aislamiento del combustible: En este caso, tratamos de evitar que el combustible se encienda, alejándolo del lugar, impidiendo que llegue hasta él o poniendo barreras para que el fuego no lo alcance. El fuego no puede continuar, porque no tiene combustible que quemar. Las paredes "cortafuegos", el cierre de las llaves de paso de combustibles, son formas de aplicar este método.
- Por inhibición de la reacción en cadena: Al interrumpir la reacción en cadena mediante ciertas sustancias químicas, el fuego tampoco puede continuar y se extingue. Los extintores de polvo químico y de halógenos funcionan mediante este método.

La cantidad de material inflamable en los laboratorios depende de los requerimientos y manipulación que se realicen en el mismo, sin embargo es necesario considerar los volúmenes de todas las sustancias presentes en el mismo, con la finalidad de mantener las condiciones de almacenamiento y manipulación adecuadas.

Es vital realizar la revisión en todo caso de las normas de la Secretaría de Trabajo y Previsión Social adecuadas para el establecimiento de los símbolos de prevención, rutas de evacuación, localización y uso de extintores, hidrantes y material de seguridad, tales como:

- NORMA Oficial Mexicana NOM-002-STPS-2000, Condiciones de seguridad, prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-018-STPS-2000, Sistema para la Identificación y Comunicación de peligros y riesgos por Sustancias Químicas Peligrosas en los centros de trabajo.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-100-STPS-1994 Seguridad-Extintores contra incendio a base de polvo químico seco con presión contenida-Especificaciones.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-101-STPS-1994 Seguridad-Extintores a base de espuma química.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-102-STPS-1994 Seguridad-Extintores contra incendio a base de bióxido de carbono.

- NORMA Oficial Mexicana NOM-103-STPS-1994 Seguridad-Extintores contra incendio a base de agua con presión contenida.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-104-STPS-2001 Agentes extinguidores-Polvo químico seco tipo ABC a base de fosfato mono amónico.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-106-STPS-1994 Seguridad-Agentes extinguidores-Polvo químico seco tipo BC, a base de bicarbonato de sodio.

Las cuales son de apoyo en el establecimiento de los planes y programas de seguridad en los laboratorios y centros de trabajo con sustancias químicas peligrosas.

Para la prevención y las acciones de lucha contra incendios, se debe contar con una brigada contra incendio interna que coordine las operaciones de atención del incendio. El personal que trabaja en las instalaciones debe ser entrenado en el combate contra el fuego y la forma de usar los extintores en caso de emergencia, debiéndose efectuar ejercicios o simulacros en forma regular para revisar las condiciones de los equipos de combate contra el fuego y familiarizar al personal en su uso⁷⁶.

En caso de incendio, se deben efectuar las siguientes acciones en forma inmediata, y simultáneamente según el tipo de emergencia:

1. Hacer sonar la alarma y despejar el área de todo el personal excepto de los que participan en la emergencia.
2. Tratar de extinguirlo, si es posible, y si no lo es, al menos limitarlo y prevenir que se extienda a otras instalaciones adyacentes, sin provocar poner en riesgo las vidas humanas.
3. Asegurar que los encargados de las instalaciones sean avisados.
4. Avisar a los servicios médicos correspondientes.

Para combatir el incendio, la brigada debe tomar las siguientes medidas: trabajar con el viento a favor, trabajar lo más lejos posible de la fuente del fuego en caso de una posible explosión, y enfriar las instalaciones adyacentes con agua.

Para ciertas clases de productos químicos, pero se requiere una destreza especial para su aplicación, siendo preferible en la mayoría de los casos utilizar polvos químicos⁷⁶.

En incendios en que intervengan sustancias inmiscibles con el agua, tales como petróleo, kerosene, gasolina, benceno, estireno e hidrocarburos en general, se puede utilizar eficientemente espuma de fluoro proteínas o espuma de film acuoso.

En incendios en que intervengan sustancias miscibles con el agua tales como alcoholes, cetonas, éter, glicol, etc., se utilizan espumas de alcohol resistente. Las espumas alcoholes resistentes también se utilizan para combatir fuegos que involucran pesticidas. Sin embargo, debido a su contenido de agua, estas espumas no se deben usar en situaciones que involucren equipos eléctricos o sustancias que reaccionen violentamente con agua⁷⁶.

Todos los residuos, productos de un derrame tales como materiales de empaque, estibas rotas, material absorbente, residuos acuosos, el suelo afectado, etc., se deben disponer en forma segura y responsable. Si estos elementos se encuentran contaminados con sustancias peligrosas deben considerarse como residuos peligrosos. No se debe permitir que los contaminantes derramados fluyan hacia el sistema de alcantarillado interno, a menos que su destino sea una planta de tratamiento apropiada, o que se disponga de un tanque de almacenamiento para su recolección y posterior tratamiento y disposición. En todo caso la disposición segura de estos elementos puede requerir de asesoría especializada⁸¹.

La empresa responsable de elaborar la Hoja de Seguridad podría indicar el método de disposición más adecuado de acuerdo con las características de las sustancias involucradas. En cuanto a los recipientes que se decida reutilizar, éstos deben descontaminarse apropiadamente; si no se les va a dar uso deben ser destruidos o dispuestos en forma responsable⁸⁰.

Durante un incendio, los principales impactos ambientales están relacionados con la emisión de gases de combustión, el drenaje del agua de extinción contaminada y el suelo contaminado por ésta agua o sustancias peligrosas derramadas durante la combustión⁸⁰.

Se debe restringir el uso de agua al máximo para controlar o extinguir el incendio con sustancias químicas, las bodegas de almacenamiento y las áreas de proceso deberían tener resaltos o bordillos perimetrales que eviten el drenaje hacia cuerpos de agua y el piso deberá ser impermeable para evitar infiltraciones que contaminen el suelo y los acuíferos. Es necesario construir diques de contención en tierra en los casos en que el agua contaminada o los fluidos derramados (producto de una emergencia en carretera, en campo abierto o de instalaciones) tengan posibilidad de alcanzar los cuerpos de agua o extender el área de contaminación del suelo⁸⁰.

En todos los casos, inmediatamente culmine la emergencia, la organización responsable debe elaborar un estudio para identificar los impactos generados, y definir y ejecutar las medidas de mitigación y compensación apropiadas al impacto ambiental encontrado⁶⁸.

Cuando las acciones posteriores al accidente se realizan de manera correcta, permiten determinar las causas de él y sugerir a tiempo medidas adecuadas para reducirlas o eliminarlas y, por lo tanto, contribuir a evitar accidentes futuros. Una investigación a fondo puede identificar áreas problema en una organización, o sectores vulnerables, y contribuir a reducir los riesgos respectivos. Las acciones de seguimiento de los accidentes se realizan para^{68, 92}:

- Reunir datos y evidencias al respecto.
- Analizarlos objetivamente.
- Obtener conclusiones.
- Hacer recomendaciones para evitar que el accidente se repita.

El objetivo de la investigación del accidente es identificar los hechos y las condiciones en que se produjo, así como cada uno de los daños que ocasionó, además de registrar estos datos y evaluarlos. Es esencial recordar que el objetivo de la investigación de un accidente no es buscar culpables sino identificar causas para, en una etapa posterior, eliminarlas o reducirlas, en la medida de lo posible⁹².

III.4 Desechos químicos.

En los últimos años se ha puesto especial atención a la definición de “residuos”, “desechos” o “desperdicios” peligrosos. La mayor preocupación actualmente es implementar un control estricto sobre los movimientos transfronteros de los residuos peligrosos. También es importante entender los posibles efectos sobre la salud y el medio ambiente de los residuos. Para esto se debe entender claramente las propiedades químicas y físicas de los residuos así como el camino potencial a través del ecosistema hacia el hombre⁹⁴.

Típicamente, el concepto de “residuo” se refiere a algo que no tiene valor o que no puede ser utilizado. Esta definición se complica cuando se trata de definir lo que son propiamente residuos y subproductos; en otras palabras, si un residuo puede ser reciclado o usado de alguna manera, adquiere de inmediato un cierto valor y no se considera un residuo⁵³.

Por lo que se puede definir de forma práctica a un residuo como un material movable que no tiene un uso directo y que es descargado continuamente. Todos los residuos deben recibir un tratamiento y disposición de modo de proteger el ambiente y aumentar la calidad de vida. Los residuos pueden clasificarse de varias maneras, dentro de las cuales podemos tener⁵³:

1.-Residuos inorgánicos:

Ácidos y Alkalís están entre los mayores componentes de la totalidad de los residuos peligrosos generados. Aparecen en muchos sectores de la Industria, aunque en término de cantidad, los residuos ácidos provienen fundamentalmente de la industria de preparación y terminado de metales. El mayor peligro con los ácidos y los alkalís es su acción corrosiva, complicada a veces por la presencia de componentes tóxicos⁵³.

Los residuos de Cianuros son generados principalmente en la industria de terminado de metales y en el tratamiento térmico de ciertos aceros. El principal riesgo asociado con los cianuros es su aguda toxicidad.

Soluciones de metales pesados de mayor preocupación son aquellas que contienen metales tóxicos, arsénico, cadmio, cromo hexavalente, plomo, mercurio, níquel, zinc, y cobre. Estos residuos son generados por un amplio rango de procesos de manufactura que incluyen la producción de Cloro, Textiles, Plateado de Metales y Curtiembres⁵³.

2.-Residuos aceitosos:

Los Residuos Aceitosos se generan principalmente a partir del procesamiento, uso y almacenamiento de aceites minerales. Como ejemplos podemos citar los residuos de aceites lubricantes y de líquidos de frenos o hidráulicos.

3.-Residuos orgánicos:

Los Solventes halógenados son generados principalmente por operaciones de secado en seco, limpieza de metales y en menor extensión por desengrasado y eliminación de aceites en la industria textil y del cuero. Los peligros de estos residuos consisten en su gran toxicidad, movilidad y relativamente alta persistencia en el ambiente⁶⁹.

Los residuos de Solventes no-halogenados incluyen un gran número de hidrocarburos (algunos oxigenados), de los cuales los más comunes son el tolueno, metanol, isopropanol y etanol. Estos solventes se utilizan amplia aplicación en la producción de pinturas, tintas, adhesivos, resinas, artículos de tocador, saborizantes de alimentos, cosméticos y también para la limpieza de equipos. La toxicidad de estos productos varía grandemente, y en muchos casos el mayor peligro es la inflamabilidad⁵³.

Los Residuos de Bifenilos Policlorinados, PCBs, son generados en la producción de PCBs y en el desarme de equipos en los cuales se utilizan, tales como fluidos dieléctricos en transformadores y capacitadores, y también como fluidos hidráulicos y fluidos de transferencia de calor. La mayor preocupación con los PCBs esta asociada con su alta persistencia y su potencial bioacumulación.

4.-Residuos orgánicos putrefactos:

Los Residuos Orgánicos Putrefactos incluyen los residuos de la producción de aceites comestibles, así como también los residuos de mataderos, curtiembres y otras industrias basadas en animales.

Todos los residuos incluyendo material de empaque, deberá ser desechado de una manera ambientalmente segura y responsable. Residuos potencialmente peligrosos incluyen productos obsoletos, productos fuera de especificación, material contaminado, residuos líquidos y material absorbente que ha sido utilizado para limpieza de derrames.

En el desempeño del trabajo la primera tarea del personal de un laboratorio de manejo de residuos peligrosos es^{3, 53}:

1. Determinar cuándo un material es un residuo.
2. Determinar si el residuo es un residuo peligroso.

Para establecer una base, los residuos peligrosos comprenden:

- Los residuos aislados, mezclados o en solución; pueden presentarse en estado sólido, líquido o en forma de lodos y son generados como subproductos del proceso.

- Los residuos resultantes de operaciones unitarias.
- Los residuos que se generan del almacenamiento, transporte, confinamiento o tratamiento final de los residuos anteriores.
- Todos aquellos materiales con la característica de que sus propiedades fisicoquímicas y toxicológicas representan un peligro para la salud humana y los ecosistemas.

Aunque es bastante difícil establecer un sistema o método de tratamiento general para los residuos específicos de un laboratorio, ya que depende del volumen generado, del tipo de laboratorio que se trate y, sobre todo, de la variedad de residuos que se generan; de manera general los residuos casi nunca están constituidos por un solo producto, casi siempre son mezclas complejas. En algunas ocasiones se han almacenado en los laboratorios residuos generados en el pasado, por diferentes causas (no saber cómo tratarlos, reactivos caducos, reactivos que han perdido su etiqueta, etc.); éstos pueden ser conocidos o desconocidos (en cuanto a su composición química)⁵³. Por lo que en estos casos se recomienda realizar análisis de composición y determinar el tratamiento adecuado para los mismos.

El tratamiento de los residuos generados en los laboratorios debe ser llevado a cabo por personal capacitado, siendo esta la manera más efectiva para proteger a los seres vivos y no contaminar el ambiente.

Los métodos de tratamiento se pueden clasificar, de manera general, en⁵³:

- 1) Químicos [Neutralización, Precipitación, Oxidación, Reducción]
- 2) Físicos [Filtración, Cristalización, Destilación, Adsorción]
- 3) Biológicos [Aeróbicos, Anaeróbicos, Enzimáticos]
- 4) Térmicos
- 5) Incineración

Por otra parte se debe enfatizar en que nunca se deben mezclar productos químicos desconocidos, debido a que esto puede causar una reacción peligrosa y por lo tanto conviene que los residuos sean bien etiquetados, proporcionando en la etiqueta la información adecuada de su composición; saber que en un contenedor se tienen los productos finales de una reacción (por ejemplo, residuos de la reacción de Diels-Alder), no es suficiente, se requiere del compuesto específico o estructura, (número de productos, naturaleza y cantidad), esto da una idea de su peligrosidad, clase química, grupos funcionales y así se puede establecer su compatibilidad.³

III.5 Mitigación de riesgos.

El mantener los datos de análisis de riesgos, bitácoras de trabajo, registros de las sustancias empleadas en el laboratorio y las hojas de seguridad nos permitirán tomar acciones de minimización de riesgos por sustancias químicas, dentro y fuera de los laboratorios, y con ello llegar a los siguientes puntos^{3, 49, 53, 70}:

- ❖ La sustitución de un producto tóxico por otro menos tóxico, como las pinturas con pigmentos de plomo y cromo por otras con metales menos tóxicos, los disolventes orgánicos por soluciones acuosas o aceites especiales, o bien efectuar un cambio en las condiciones físicas de la materia prima. En el caso de los disolventes hay que tener en cuenta su índice de peligrosidad o relación entre la capacidad de pasar el estado de vapor y la toxicidad (el valor límite) del compuesto.
- ❖ La modificación del proceso productivo por otro menos contaminante, como la sustitución de la pintura a pistola por la pintura con rociado electrostático, brocha o inmersión.
- ❖ El aislamiento de determinados procesos contaminantes del resto de las áreas de trabajo, como el chorreado con arena, o bien realizar determinadas operaciones fuera de las horas normales de trabajo, como el lavado de tanques o la limpieza y el mantenimiento de las instalaciones.
- ❖ La utilización de métodos húmedos, por atomización de agua o de cualquier otro líquido sobre la fuente de contaminación, puede ser muy efectiva en operaciones de mecanizado en máquinas, el tratamiento de rocas minerales y el paso de vehículos en explotación a cielo abierto⁷⁰.

Los métodos anteriormente expuestos deben complementarse con un mantenimiento periódico de los equipos e instalaciones, así como:

- La limpieza adecuada del puesto, las instalaciones y las áreas de trabajo por medios húmedos o de aspiración.
- La ventilación general por dilución.
- El aumento de la distancia entre el foco emisor y el receptor.
- El hecho de disponer de equipos de detección de contaminantes conectados a sistemas de alarma.

El propósito de la aplicación de la administración en la prevención de riesgos es mantener los parámetros de accidentes e incidentes en su menor nivel posible, con lo cual se debe lograr el control de los riesgos, lo cual se puede establecer mediante las siguientes acciones llevadas a cabo en los laboratorios⁵³:

Para disminuir las estadísticas de accidentes por sustancias químicas es considerable mantener estas bajo un estricto control de seguridad, en el cual no deben mantenerse en disposición de personal no autorizado o no capacitado en su manejo, transporte y seguridad, así como en el uso del equipo de seguridad personal⁷⁰.

Existe una gran diversidad de metodologías para mantener el control de los laboratorios, la utilización de registros, bitácoras y documentación oficial es parte además de las normas unificadas para el control de la seguridad ambiental, así como en el seguimiento de las normas de control de calidad, mediante las cuales se establece el seguimiento de las estadísticas, así como de los registros e informes de eventos, con la especificación de los datos de hojas de seguridad, así como de los manuales de práctica, y los manuales de operación establecidos¹.

La aplicación de la normatividad de la STPS, es un primer fundamento de la aplicabilidad de las condiciones mínimas de seguridad requerida para conservar la vida y la salud del trabajador, por medio de la cual se establece desde la fundamentación de la formación de las comisiones mixtas de seguridad e higiene, hasta los análisis de riesgos, la utilización del equipo de protección personal y el manejo de las sustancias químicas requeridas en el laboratorio.

Así mismo se pueden hacer las siguientes recomendaciones en el almacenamiento de sustancias químicas en los laboratorios.

Además de la separación de productos químicos incompatibles es necesario hacer algunas sugerencias generales para que el almacenamiento seguro sea implementado.

La cantidad de productos químicos que son almacenados en el laboratorio deberá ser minimizada, por ejemplo como lo especifican las normas NFPA 45 o las OSHA.

Envases de más de 5 L deben ser almacenados en forma separada, en un área de almacenamiento. La transferencia de líquidos inflamables desde envases de 20 L o más no debe realizarse en el laboratorio⁵².

Los productos químicos deben almacenarse en niveles de temperatura y humedad adecuados. Estos pueden ser un problema en lugares con climas húmedos y calientes. Como regla general, los productos químicos no deben ser almacenados cerca de fuentes de calor, tales como cañerías de vapor, hornos, ni deben estar expuestas a la luz del sol⁵².

Los productos químicos deberán tener una fecha de recepción y fecha de apertura. Si el producto químico puede degradarse o dejar de ser seguro después de un tiempo de almacenamiento prolongado, el tiempo de vencimiento debe ser especificado⁴⁸.

El contenido de los productos químicos y la inspección visual del material y debe ser evaluados periódicamente, dentro de los motivos de disposición final de los productos químicos se incluyen los siguientes⁵³:

- Nieblas en líquidos
- Material que cambió de color
- Evidencia de líquidos en sólidos o de sólidos en líquidos
- El recipiente transpira el material que contiene
- Se ha generado un aumento de presión en la botella
- Deterioro obvio del recipiente

Otras consideraciones que deben tenerse en cuenta son las siguientes⁶:

- Los productos químicos no deben almacenarse sobre los estantes. En estas circunstancias se encuentran desprotegidos y expuestos a la participación en una situación de fuego y también son fácilmente derribados. Cada producto químico debe tener un lugar específico de almacenamiento y debe ser retornado al lugar luego de ser usado. Grandes cantidades de material inflamable no deberían almacenarse en el laboratorio. En las mesas debe mantenerse solo la cantidad necesaria para trabajar y el resto debe almacenarse en gabinetes de seguridad.
- Los productos químicos líquidos o corrosivos no deberán almacenarse en estantes por encima del nivel de la vista. Los recipientes de vidrio no deberían ser tocarse unos con otros en un mismo estante. Recipientes de contención o bandejas deberían usarse para almacenar productos químicos, a fin de evitar mayores derrames. Las botellas de base redonda deberían estar soportadas sobre anillos de corcho o algún otro material para evitar que se vuelquen fácilmente.
- Deberá permitirse el acceso a los laboratorios al personal solo al personal autorizado, para evitar que las personas no autorizadas tengan acceso al material peligroso. Los productos químicos no deben almacenarse en el piso, tampoco en forma temporal. Los productos químicos que no se usan más para trabajos de investigación en el laboratorio deben estar debidamente almacenados fuera del mismo o pasar a otro grupo que los necesite.
- Los materiales inflamables no deberían estar almacenados en heladeras domésticas. Solo estaría permitido el almacenamiento en heladeras diseñadas para tal fin.
- Todos los recipientes almacenados en la heladera deben estar firmemente ajustados para evitar que los vapores entren en contacto unos con otros y la mezcla de olores. Los frascos con tapas de corcho, goma o vidrio deben evitarse por eventuales derrames. Todo el contenido debe estar etiquetado convenientemente.
- El inventario de materiales en las heladeras deberá ser revisado frecuentemente para evitar la existencia de materiales que no se usan o que han sido olvidados.
- Mantenga la heladera en un punto de no fomentar congelamientos para que los productos químicos no sean atrapados por el hielo
- Antes de almacenar en la heladera productos químicos inflamables debería determinarse si sirve para algún propósito mantenerlos a baja temperatura. No se derivan beneficios por enfriamiento de productos químicos cuyo punto de ebullición está por debajo de la temperatura de la heladera.

- Las campanas de seguridad química no deben ser usadas para almacenar productos químicos. Esto produce serios problemas en la capacidad de ventilación de la cabina.
- Los cilindros de gases deben estar asegurados a una estructura permanente del laboratorio (paredes, mesadas, etc) Cuando no se usan deben ser tapadas con los capuchones.

No obstante el cumplimiento de lo anterior, siempre se debe estar preparado para responder ante una emergencia. La preparación ante emergencias debe llevarse a cabo indistintamente del tamaño de la organización o del riesgo que esta genere. Para dar pronta respuesta a una emergencia, la organización debe tener diseñado y planeado un Plan de Emergencia. Este es aquel en el cual se definen las políticas, la organización y los métodos, que indican la manera de enfrentar una situación de emergencia o desastre tanto en lo general como en lo particular. Su objetivo es proporcionar un conjunto de directrices e información destinadas a la adopción de procedimientos técnicos y administrativos estructurados para facilitar respuestas rápidas y eficientes en situaciones de emergencia^{92, 94}.

En términos generales, un plan debe tener las siguientes características:

- Posibilitar la restricción de los daños a un área determinada, previamente designada para evitar que los impactos sobrepasen los límites de seguridad preestablecidos.
- Contemplar las acciones necesarias para evitar que situaciones (internas o externas), de las instalaciones involucradas en el accidente, contribuyan a su agravamiento.
- Ser un instrumento práctico que facilite respuestas rápidas y eficaces en situaciones de emergencia.
- Ser lo más sucinto posible y contemplar, clara y objetivamente, las atribuciones y responsabilidades de las personas involucradas.

El estudio de análisis de riesgos es un requisito para la organización del Plan de Emergencia, ya que permite identificar los escenarios de riesgo. De esta manera se facilita la proyección adecuada de las siguientes acciones⁸⁸.

- Aislamiento.
- Señalización.
- Definición de puntos de encuentro y vías de escape.
- Determinación de la cantidad y localización estratégica de equipos de seguridad y protección individual.
- Definición de procedimientos contra derrames, fugas e incendios.

Es importante resaltar que por cada escenario de riesgo se debe establecer un procedimiento de respuesta en caso de presentarse una emergencia asociada al escenario específico³.

Es necesario reconocer que una emergencia, es debido a un accidente en el caso particular del presente, con sustancias químicas, el cual es un suceso inesperado que puede afectar al ambiente y a la población en el área próxima al sitio donde sucede el accidente o incidente. Cuando acontece un accidente se requiere la interacción y cooperación de diversas autoridades, dependencias y en su caso empresas u organizaciones privadas. La atención de una emergencia puede dividirse en cuatro componentes³⁷:

- Identificación de la naturaleza de la emergencia.
- Evacuación de la población en riesgo.
- Aislamiento y confinamiento del incidente.
- Mitigación de los efectos de la emergencia y descontaminación.

La respuesta a una emergencia se relaciona de manera directa o indirecta con cada uno de los componentes anteriores. Así, puede decirse que es la parte del manejo en la cual el personal está involucrado en el control de un incidente con materiales peligrosos mediante operaciones defensivas y/u ofensivas. Cuando la respuesta a una emergencia, es oportuna, el incidente puede controlarse antes de que las consecuencias sean mayores; sin embargo, si el lapso entre el incidente y el inicio de las acciones de respuesta se incrementa, la posibilidad de que las consecuencias sean mayores también aumenta. Es así, que la efectividad de la respuesta a emergencias (en lo relativo a tiempo y acciones) se relaciona directamente con la disminución en la severidad de las consecuencias de un incidente³⁷.

Para atender de manera adecuada una emergencia con sustancias químicas se requiere de una planeación efectiva, sin embargo para el desarrollo de uno o más planes de acción se necesita información diversa, que incluye entre otros: los posibles tipos de emergencias, características del recipiente que contiene al material, propiedades del material, condiciones particulares en que se encuentra el material, distribución de la población, características del sitio donde ocurre el incidente, capacidades materiales y humanas de los organismos responsables de la respuesta, localización de los organismos responsables de la respuesta, tiempo requerido para el arribo al sitio del accidente o incidente de los grupos de respuesta e inventario de los recursos disponibles.

El diseño y establecimiento de planes y programas de seguridad es de suma importancia en la preparación de reacciones y aplicación de sustancias químicas diversas, tal como en el caso de los laboratorios, en los cuales esto implica necesariamente los siguientes parámetros de control, mantenimiento y vigencia del plan y programa de seguridad⁶⁷:

- Las condiciones de trabajo, el ramo de la actividad y localización determinan los medios preventivos.

- Conocimiento de las causas y consecuencia del contacto con las sustancias químicas manejadas en el laboratorio.
- El plan no debe limitarse al área de producción o laboratorios, ya que depósitos, oficinas y las instalaciones en general ofrecen diversos riesgos.
- Preparación y capacitación en manejo, uso y aplicación de las sustancias químicas manejadas.
- Capacitación en el manejo y desecho de las sustancias químicas residuales y los desechos y reactividad de los mismos.
- Control y cumplimiento de la normatividad.
- Inspección periódica de los equipos de control contra incendios, equipos de ventilación y extracción de gases.
- Revisión de uso y manejo adecuado del equipo de protección personal.
- Reconocimiento de las situaciones inesperadas, incidentes y accidentes
- Simulación de accidentes y contingencias.
- Instrucciones de seguridad; Preparación del Reglamento Interno del Laboratorio.
- Mantener vigentes y en disponibilidad las hojas de seguridad de las sustancias químicas empleadas en el laboratorio.
- Mantener las sustancias químicas adecuadamente clasificadas e identificadas, de acuerdo al rombo de seguridad y reactividad de las sustancias.

Por medio de esto se establecen los procedimientos de los planes de emergencia, los cuales con llevan, la evaluación de las emergencias, la evacuación y asilamiento del lugar, así como las acciones de lucha contra incendios, control de fugas y derrames, reparaciones de emergencia, etc.

Por lo general, uno de los primeros pasos que se debe seguir en la atención de una emergencia que involucra sustancias químicas peligrosas es el reconocimiento del tipo y grado de riesgo presente del incidente, para lo cual es necesario identificar las sustancias implicadas y determinar sus propiedades químicas y físicas. Como un paso preliminar, se deben revisar las Hojas de Seguridad las cuales brindan información sobre las propiedades, los riesgos y la forma adecuada de tratar las sustancias.

El reconocimiento implica el uso de toda la información disponible, resultados de muestras, datos históricos, observación visual, análisis instrumental, rótulos, etiquetas, documentos de transporte y otras fuentes para identificar las sustancias implicadas¹⁸.

CAPÍTULO IV

HIGIENE EN LABORATORIOS

QUÍMICOS.



Anafilaxia

Pérdida del conocimiento

Urticaria

Hinchazón de la lengua, incapacidad para tragar

Rápida hinchazón de los tejidos de la garganta

© Shutterstock

CAPÍTULO IV. HIGIENE EN LABORATORIOS QUÍMICOS.

Se puede definir la higiene industrial como el trabajo reconocido, evaluado y controlado de la salud de los trabajadores el cual requiere básicamente de un programa de protección de salud, prevención de accidentes y enfermedades ocupacionales⁴⁵.

Los trabajos de un laboratorio químico requieren de técnicas especiales y precauciones, debido a que las sustancias que se manejan son de alguna manera agresivas al organismo humano⁴⁰.

Uno de los efectos más preponderantes en el manejo de sustancias químicas son la aparición y desarrollo de enfermedades laborales, las cuales son influenciadas por la biodegradación interna de la sustancia contaminante en el cuerpo humano ya que durante cualquier etapa del ciclo de vida de las sustancias químicas peligrosas existe la posibilidad de enfrentarse a situaciones de emergencias, tales como incendios, explosiones, fugas o derrames y por supuesto el progreso de enfermedades. Estas emergencias se pueden prevenir aplicando normas legales y técnicas relacionadas con el manejo adecuado de las sustancias peligrosas propias de la actividad.

Uno de los aspectos de vital importancia es el reconocimiento de las enfermedades laborales desarrolladas por la exposición continua a sustancias químicas en la cual se encuentra el trabajador dentro de los laboratorios químicos, principalmente en el caso de ácidos, álcalis y solventes; los cuales son de uso frecuente en este tipo de instalaciones.

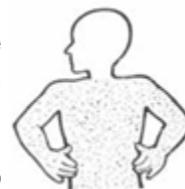
IV.1 Exposición a las sustancias químicas.

El envenenamiento es un importante problema de salud pública mundial. Según datos de la OMS, en 2002 se estima que 350.000 personas murieron en el mundo del envenenamiento no intencional. En 2000, el envenenamiento no intencional fue la novena causa más común de muerte en el mundo de los adultos jóvenes (15-29 años), y en este grupo de edad era la sexta causa más común de muerte en la India y el noveno más común en China. Más del 94% de las intoxicaciones mortales se produjeron en países de ingresos bajos y medios bajos⁶².

Las diversas sustancias químicas manipuladas en los laboratorios se introducen al organismo humano; las cuales hacen llegar al cuerpo las sustancias químicas que se metabolizan en el organismo.

- **Vía respiratoria.** Es la vía de penetración de sustancias tóxicas más importante en el medio ambiente de trabajo, ya que respiramos aire y con el aire pueden venir todo tipo de sustancias: sólidos en forma de polvo, líquidos en forma de vapor y gases que se mezclan directamente con el aire.

- **Vía dérmica o cutánea.** Existen sustancias capaces de atravesar la piel, sin provocar alteraciones en ella, pasando a la sangre que será la que la distribuye por todo el organismo. Los factores que van a intervenir son: superficie total de piel expuesta, estado de la piel y las características de la propia sustancia (más o menos liposoluble).





- **Vía digestiva.** Es una vía de penetración poco vulgar ya que las sustancias con las que trabajamos no nos las metemos en la boca, de todas formas hay posibilidad de penetración por vía digestiva cuando se come en el puesto de trabajo, se fuma, se bebe y no se lava las manos antes de comer aunque sea fuera del puesto de trabajo.

- **Vía parenteral.** Se llama parenteral a la entrada de sustancias a través de una herida o llaga preexistente o provocada por un accidente como un pinchazo o un corte.

Debido a que en la industria, se emplea una gran cantidad de productos químicos que pueden resultar perjudiciales para la salud. Cuanto menor sea la dosis necesaria para que una sustancia produzca daños en el organismo, mayor es su toxicidad. Sus efectos se pueden manifestar incluso mucho tiempo después de cesar la exposición⁷⁰.

Los efectos en el organismo pueden ser de muy diversos tipos, dependiendo de la vía de entrada y de la naturaleza de la sustancia, los cuales pueden ser sencillos desde irritación de las vías respiratorias por amoníaco, hasta alteraciones del SNC (Sistema Nervioso Central) por mercurio o por disolventes orgánicos, alteraciones en la sangre producidas por el monóxido de carbono (CO) o alteraciones en la piel y alergias por óxido de manganeso, diversos tipos de cáncer por sustancias orgánicas como el benceno, tolueno y xileno, etc.

Uno de los peligros mayores de los compuestos químicos es la inhalación; los cuales de acuerdo a sus efectos fisiológicos pueden clasificarse en venenosos, asfixiantes, irritantes y anestésicos⁴⁵.

Las sustancias peligrosas pueden tener muchos efectos diversos, entre los que se incluyen⁷¹:

- Efectos graves: envenenamiento, asfixia, explosión e incendios.
- Efectos a largo plazo, como enfermedades respiratorias (reacciones en las vías respiratorias y pulmones) como asma, rinitis, asbestosis y silicosis.
- Cáncer profesional (leucemia, cáncer de pulmón, cáncer de la cavidad nasal)
- Efectos sobre la salud que pueden ser graves y a largo plazo al mismo tiempo: Enfermedades cutáneas, problemas reproductivos y patologías perinatales, alergias.
- Algunas sustancias se pueden acumular en el organismo.

Independientemente del tipo de efecto que nos puede producir un contaminante, debemos tener en cuenta la intensidad de dicho efecto ya que ésta va a depender de la cantidad de sustancia que penetra en el organismo es decir de la dosis. Lo que se pretende al adoptar medidas preventivas contra la introducción de sustancias químicas peligrosas al cuerpo humano es conseguir que las dosis que recibimos sean las menores posibles, evitando con ello una innumerable cantidad de enfermedades laborales por contacto con sustancias químicas.

En la siguiente figura IV.1, se muestran los efectos locales y sistémicos que pueden darse en el organismo por ingreso de diversas sustancias químicas al cuerpo humano, así como el órgano o sistema mayor mente perjudicado por esta misma.

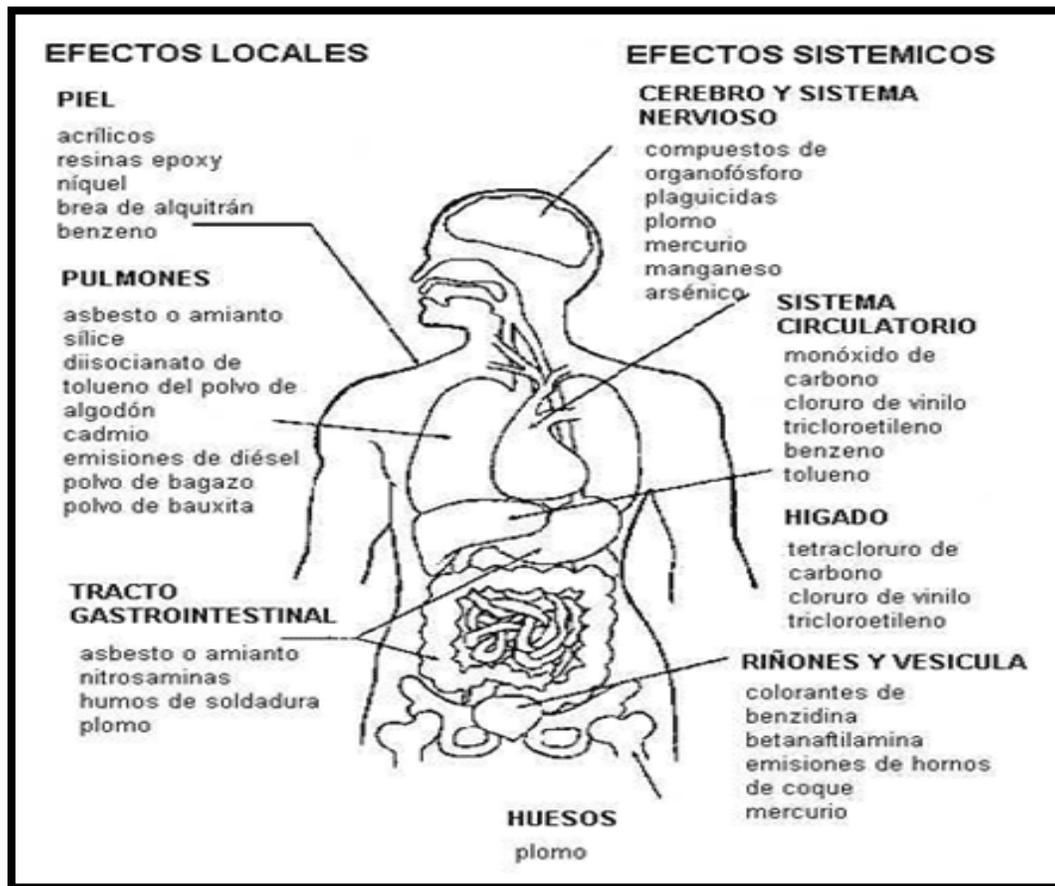


Figura IV.1 Efectos de sustancias químicas en el cuerpo humano.

Es imprescindible hablar de salud ocupacional al referirnos al contacto del hombre con las sustancias químicas, por lo cual se considera que la salud ocupacional es una dualidad de la seguridad y la higiene en los centros de trabajo, debido a que la finalidad de ambas es preservar la salud y la vida del trabajador, en base a la minimización de riesgos por accidentes, incidentes y enfermedades laborales; de las cuales pocas veces el trabajador es consciente, debido al desconocimiento del contacto mismo que tiene con las sustancias químicas en el lugar de trabajo, así como de la utilización correcta del equipo de protección personal, los reglamentos de seguridad y el manejo de las sustancias.

Debido a que algunas de las consecuencias del contacto de las sustancias químicas en el organismo son a largo plazo la ley federal del trabajo cuenta con una lista extensa con más de 150 de las diversas enfermedades de trabajo, algunas de estas provocadas por el ingreso de diversas sustancias químicas al organismo, de los cuales pueden los efectos más comunes en el contacto de sustancias químicas al ser humano son las mostradas en la siguiente tabla IV.1⁷⁰.

Tabla IV.1 Efectos de las sustancias químicas en la salud.

TIPO DE EFECTO.	EJEMPLO DE LA SUSTANCIA QUÍMICA.
Venenosos. Provocan intoxicaciones agudas directamente o por descomposición en el organismo.	Cianuros.
Neumoconióticos. Producen alteración en los pulmones al inhalar el tóxico en forma de partículas sólidas.	Sílice, Amianto.
Irritantes. Producen irritación en la piel, mucosas o en los ojos al entrar en contacto con el tóxico.	Ácido clorhídrico, formaldehído, ozono, fosgeno, haluros de acilo.
Asfixiantes. Dificultan o impiden el proceso de respiración, sin obstaculizar el mecanismo respiratorio.	Dióxido de carbono, nitrógeno, monóxido de carbono, ácido cianhídrico.
Anestésicos. Producen un efecto sedante o depresivo en el sistema nervioso central, mientras se está en contacto con el tóxico.	Tolueno, acetona, éter.
Sensibilizantes. Producen una reacción alérgica.	Isocianatos, fibras vegetales, formaldehído.
CANCERÍGENOS. Producen o aumentan la posibilidad de padecer cáncer, malformaciones o anomalías en la descendencia que pueda tener el trabajador.	BENCENO, CLORURO DE VINILO, AMIANTO, TOLUENO, XILENO, ETC.
Tóxicos Sistémicos. Producen alteraciones en uno a varios órganos.	Mercurio, Cadmio, cloroformo, óxido de manganeso.
Corrosivos. Destruyen los tejidos que están en contacto con el tóxico.	ÁCIDOS. ALCALIS.

Las sustancias químicas, al entrar al organismo son considerados agentes contaminantes, debido a que un agente contaminante es un elemento con características físicas, químicas o biológicas, cuya presencia o ausencia en el medio interactúa con el organismo humano, causando efecto molecular, bioquímico, celular, en tejidos u órganos⁷¹.

Los Agentes contaminantes se dividen en tres: Biológicos, que son los organismos vivos que por sus características y bajo ciertas condiciones en el ambiente o el hombre, pueden causar daño a la salud humana; Físicos, relacionados con la materia y la energía que, al entrar en contacto con el medio provocan respuesta molecular, bioquímica, celular o funcional en tejidos y órganos y; Químicos, que son los elementos, sustancias químicas o mezclas que en contacto o interacción con el organismo, producen efecto molecular, bioquímico o celular en tejidos u órganos⁷¹.

Sin embargo, al clasificar los contaminantes y sustancias químicas en cuanto a su forma de presentarse se dividen en⁷⁰:

- Moléculas Individuales, en forma de gases o vapores.
- Grupos de moléculas como en aerosoles, polvos, humos y niebla.

Los gases y los vapores se mezclan perfectamente con el aire y llegan a los pulmones donde pasan a la sangre y se distribuyen por todo el organismo. Se expanden por el espacio rápidamente y permanecen en el aire durante largos períodos de tiempo.

Los aerosoles también permanecen en el aire durante largo tiempo, son partículas finamente divididas suspendidas en el aire, los aerosoles líquidos son las “nieblas” y los aerosoles sólidos pueden ser: “polvo” que se produce por generación mecánica como puede ser el polvo de sílice en las canteras o el polvo de la madera en las carpinterías y “humos” que se origina en una combustión. Las fibras vienen a ser aerosoles sólidos como el polvo pero con la característica de que la forma de la partícula es diferente, su longitud tiene que ser 3 veces su anchura.

El tamaño de la partícula es muy importante, por varios motivos. Por un lado cuanto más grande y pesada sea la partícula, menos tiempo permanecerá el aerosol suspendido en el aire y además hay que tener en cuenta que las vías respiratorias actúan como filtro dejando pasar según a que zonas un tamaño determinado de partícula. (Cuanto más nos acercamos a los alvéolos pulmonares las partículas que pueden pasar tienen dimensiones más pequeñas.). En la exposición a contaminantes químicos en el trabajo estamos hablando generalmente de tamaños de partículas que el ojo humano no es capaz de captar⁷⁰.

Vapores: Son sustancias en forma gaseosa que normalmente se encuentran en estado líquido o sólido y que pueden regresar a su estado de agregación mediante disminución de la temperatura o bien por aumento en la presión. Uno de los más conocidos es el de benceno, el cual es uno de los más significativos por sus amplios usos y aplicaciones en las reacciones orgánicas.

Clínicamente la intoxicación por benceno puede establecerse como de tres tipos dependiendo de su severidad, aunque en todas permanece su acción anestésica.

Es importante tener en cuenta las etapas de la interacción de las sustancias químicas con el organismo humano; las cuales se pueden establecer de la siguiente manera⁶⁴:

- Exposición: se considera que un individuo está expuesto cuando la sustancia química o residuo peligroso se encuentra en la vecindad inmediata de las vías de ingreso al organismo: respiratoria (inhalación); tegumentaria (absorción a través de la piel y las mucosas) y gastrointestinal (ingestión).
- Absorción: consiste en el paso de la sustancia, a través de las membranas biológicas correspondientes, a la circulación sistémica. En la sangre las sustancias que lo componen se solubilizan en el plasma y/o se unen a las proteínas plasmáticas o a los glóbulos rojos.
- Distribución: corresponde a la fase en la cual la sustancia o residuo peligroso o las sustancias que lo componen son distribuidos por la sangre a los tejidos corporales para luego ser metabolizados, retenidos o excretados.

- Eliminación: ocurre ya sea por excreción urinaria y/o intestinal y por biotransformación (sinónimo de metabolismo). En términos globales, el metabolismo tiende a generar sustancias menos activas y fácilmente excretables.
- Acumulación: de acuerdo con las características físico-químicas del residuo peligroso, o de las sustancias que lo componen, puede llegar a fijarse en ciertos tejidos y acumularse en ellos e interactuar con las macromoléculas celulares.

Así mismo se debe determinar el grado de exposición que se tiene con respecto a la sustancia o sustancias químicas peligrosas manejadas en el laboratorio; para lo cual se realiza la evaluación mediante la correspondiente estimación cualitativa o cuantitativa de la dosis, frecuencia, período y ruta en la cual se produce la exposición.

En el caso de los residuos de sustancias químicas, se dificulta la determinación de la exposición, debido a que frecuentemente se trata de mezclas complejas de sustancias químicas en concentración variada y cuyos efectos pueden diferir en esas condiciones, ya que las sustancias entre sí pueden antagonizarse o potenciarse, y para determinar la exposición potencial es preciso conocer⁶⁷:

- El número, tipo y volumen de los agentes químicos desechados.
- El periodo de tiempo de las operaciones de manejo de las sustancias químicas y residuos peligrosos.
- Las cantidades de los agentes particulares que los componen en un momento dado.
- Las rutas más probables de movilización de los residuos químicos peligrosos.
- La integridad y estructura de los depósitos de residuos químicos.
- Los métodos de contención de los mismos.
- La persistencia de los agentes químicos.
- Las características meteorológicas y geológicas del sitio de desecho.
- Las fuentes de abastecimiento de agua.

Se debe contar con un botiquín de primeros auxilios equipado de acuerdo a la actividad realizada. Así mismo, se debe contar con personal capacitado en su uso y con los manuales, el equipo de primeros auxilios debe ser frecuentemente revisado y se debe mantener en perfecto estado para asegurar su uso. En caso de emergencia las etiquetas o las hojas de seguridad deben ser enviadas al doctor junto con el paciente.

Para asesoría detallada sobre primeros auxilios en relación a productos determinados, se debe consultar la hoja de seguridad. Aunque de manera general se puede establecer los siguientes métodos de acción de emergencia, por contacto de alguna sustancia química.

- Exposición a humos o vapores: remover la persona afectada inmediatamente al aire libre.
- Contacto con los ojos: lavar profundamente con agua por 15 minutos.

- Contacto con la piel: lavar pronta y abundantemente con agua, después de remover toda la ropa contaminada. Esta debe ser puesta en bolsas plásticas para posterior descontaminación o disposición.
- Ingestión: no inducir el vómito a menos que sea indicado por asesoría médica o lo indique la hoja de seguridad.

Descontaminación de los equipos después de una emergencia, la descontaminación es un proceso que consiste en la remoción física de los contaminantes o en la alteración de su naturaleza química para hacerlos inocuos, para lo cual se recomienda seguir los siguientes pasos⁸¹:

1. Lavar con agua la ropa de protección y equipo de respiración.
2. Después del lavado, retirar la ropa y equipo, y colocarlos en envolturas plásticas para el transporte.
3. No fumar, comer, beber ni tocar el rostro.
4. El personal que realice la descontaminación deberá estar protegido con equipos de protección personal, de acuerdo a la sustancia que contamina.
5. Los equipos de medición, herramientas y otros materiales usados para la atención, se deberán colocar en envolturas plásticas para su posterior descontaminación.

Un gran número de personas resultan heridas o mueren cada año como resultado de la exposición a los productos químicos fabricados y toxinas naturales. La mayoría de los casos de envenenamiento a causa de falta de conocimiento acerca de los riesgos y de descuido. Además, el mal uso de productos químicos con frecuencia conduce al daño del medio ambiente. Esto se puede evitar mediante la educación y la información.

IV.2 Hojas de datos de seguridad.

Uno de los aspectos más importantes para manejar las sustancias químicas en los laboratorios, es el contar con las hojas de seguridad de cada una de las sustancias almacenadas, manipuladas y requeridas para las labores del mismo.

Todos los centros de trabajo deben tener la HDS de cada una de las sustancias químicas peligrosas que en él se manejen, y estar disponibles permanentemente para los trabajadores involucrados en su uso, para que puedan contar con información inmediata para instrumentar medidas preventivas o correctivas en el centro de trabajo, de la cual la información debe ser confiable, para que su uso normal reditúe en una atención adecuada para el cuidado de la vida y la salud humana o para controlar una emergencia.

No se deben dejar espacios en blanco. Si la información requerida no es aplicable o no está disponible, se anotarán las siglas NA o ND respectivamente, según sea el caso, y se deberá anotar al final de la HDS, la fuente o fuentes de referencia que se utilizaron en su llenado, además esta debe ser actualizada en caso de existir nuevos datos referidos a la sustancia química peligrosa⁸¹.

Estas son los documentos que reúnen en forma ordenada, resumida y la información básica de las características Físico-Químicas de Seguridad, de Ecología, de Toxicología y de acciones de Emergencia de todas las sustancias químicas, debe ser considerada como una herramienta básica para prevenir accidentes e incidentes dentro y fuera del laboratorio⁹¹.

Las Hojas de Datos de Seguridad, deben estar basadas en las correspondientes hojas internacionales también denominadas Fichas Internacionales de Seguridad Química (FISQ), las cuales son Tarjetas Internacionales de Seguridad Química esenciales que proporcionan información de seguridad sobre los productos químicos para promover su uso seguro⁴¹.

Las Fichas Internacionales de Seguridad Química proporcionan información sobre los peligros intrínsecos de las sustancias químicas específicas junto con los primeros auxilios y lucha contra el fuego, y la información sobre las precauciones de derrame, eliminación, almacenamiento, etiquetado, embalaje y transporte, son una forma potencial de ayudar a aplicar el Sistema Mundialmente Armonizado para la Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA). Esta iniciativa de creación de capacidad se está desarrollando a través de IPCS, como contribución a las Asociaciones del SGA en acción⁴¹.

Esto es una iniciativa conjunta entre la OMS y la OIT. La OMS proporciona a la Secretaría técnica de este proyecto. La preparación de las tarjetas es un proceso en curso de redacción y revisión por un grupo de científicos que trabajan para instituciones especializadas en los distintos países. El proceso de revisión por pares asegura la naturaleza autoritaria de la información contenida en las tarjetas¹¹.

De manera general cualquier hoja de datos de seguridad se compone de 12 secciones, las cuales deben cumplir con los siguientes requerimientos⁸¹:

Las Hojas de Datos de Seguridad (HDS) deben estar en idioma español, aunque el formato es libre, la información debe ser confiable, para que su uso normal reditúe en una atención adecuada para el cuidado de la vida y la salud humana o para controlar una emergencia y deberá contener, en orden, como mínimo la información establecida a continuación^{81, 80, 91}:

Sección 1. Datos generales de la HDS.

- ✓ Título: hoja de datos de seguridad.
- ✓ HDS y el nombre de la sustancia. En todas las páginas de la HDS debe aparecer, arriba a la derecha, el nombre de la sustancia.
- ✓ Fecha de Elaboración.
- ✓ Fecha de Actualización.
- ✓ Nombre o Razón Social de quien elabora la HDS.
- ✓ Nombre y Domicilio completo del fabricante o importador.
- ✓ A dónde comunicarse en caso de Emergencia.

Sección 2. Datos de sustancia química peligrosa.

- ✓ Nombre Químico o Código. (Nombre Comercial.)

- ✓ Familia Química.
- ✓ Sinónimos.
- ✓ Otros Datos Relevantes

Sección 3. Identificación de la sustancia química peligrosa.

- ✓ Identificación N° CAS, N° ONU, LMPE-CPT, LMPE-CT, LMPE-P, IDLH.
- ✓ Clasificación de los grados de riesgo a la Salud, de Inflamabilidad, de Reactividad, Especiales.
- ✓ Componentes Riesgosos.

Sección 4. Datos de las propiedades físicas y químicas.

- ✓ Temperaturas de; ebullición, fusión, Inflamación y auto ignición.
- ✓ Densidad
- ✓ pH
- ✓ Peso Molecular
- ✓ Estado Físico
- ✓ Color
- ✓ Olor
- ✓ Velocidad de Evaporación
- ✓ Solubilidad en Agua
- ✓ Presión de Vapor
- ✓ Porcentaje de Volatilidad
- ✓ Límites de Inflamabilidad
- ✓ Explosividad

Sección 5. Datos de los riesgos de fuego o explosión.

- ✓ Medio de Extinción.
- ✓ Equipo de protección personal específico a utilizar en labores de combate de incendios.
- ✓ Procedimiento y precauciones especiales durante el combate de incendios.
- ✓ Productos de combustión que sean nocivos para la Salud.
- ✓ Condiciones que conducen a otro riesgo.

Sección 6. Datos de reactividad.

- ✓ Condiciones de Estabilidad e Inestabilidad.
- ✓ Incompatibilidad.
- ✓ Productos Peligrosos de la descomposición.
- ✓ Polimerización espontánea.
- ✓ Otras condiciones.

Sección 7. Riesgo a la salud y primeros auxilios.

- ✓ Según la vía de ingreso al organismo.-Ingestión, inhalación o contacto.
- ✓ Sustancia química considerada como.-Carcinogénica, mutagénica y teratogénica.

- ✓ Información Complementaria.
- ✓ Emergencias y Primeros Auxilios.

Sección 8. Indicaciones en caso de fuga o derrames.

- ✓ Procedimiento y Precauciones inmediatas.
- ✓ Métodos de mitigación.

Sección 9. Protección especial para situaciones de emergencia.

- ✓ Equipo de protección personal específico a utilizar en estos casos.

Sección 10. Información sobre su transportación.

- ✓ Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos.
- ✓ Recomendaciones de la ONU para el Transporte de Mercancías Peligrosas.
- ✓ Guía Norteamericana de Respuesta en casos de Emergencia.
- ✓ NOM-004-SCT-2000

Sección 11. Información sobre ecología.

- ✓ Indicar el comportamiento de la sustancia química peligrosa cuando se libera al aire, agua o suelo y sus efectos en flora y fauna.

Sección 12. Precauciones Especiales.

- ✓ Para su manejo, transporte y almacenamiento, así como otra precaución especial, si existe.

Una parte medular para el establecimiento y control de las hojas de datos de seguridad es el conocimiento sobre las sustancias empleadas en los procedimientos llevados a cabo en el laboratorio, ya que en todo caso son más de las 83 especies ubicadas en las tablas de propiedades físicas y químicas, las cuales no eliminan la importancia y requerimiento de mantener las hojas de datos de seguridad vigentes y de disponibilidad general, debido a que se debe considerar las sustancias químicas intermediarias y los residuos que de las mismas puedan obtenerse¹¹.

El origen del comportamiento inestable de una sustancia química está generalmente en su propia estructura molecular, por lo cual su identificación y reconocimiento es indispensable. El tipo de enlaces interatómos y determinados grupos funcionales confieren a la molécula una determinada facilidad para reaccionar con otras sustancias y descomponerse en estructuras más estables^{11,30}.

Determinados grupos funcionales, como los que se relacionan en la tabla IV.2, contribuyen a incrementar la cantidad de energía liberada en la reactividad de las sustancias que las contienen, además al conocer la estructura molecular de las mismas podrá proporcionar una idea del comportamiento y las propiedades reactivas que tienen las mismas¹¹.

Tabla IV. 2 Grupos inestables.

GRUPO FUNCIONAL	DENOMINACION PRODUCTO
$-C \equiv C-$	Compuestos acetilénicos
$-C \equiv C - \text{Metal}$	Acetiluros metálicos
$-C \equiv C - X$	Derivados haloacetilénicos
$N = N$ $>C <$	Diazirinas
$\overset{\overset{ }{N}}{\underset{\underset{ }{ }}{C}} N_2$	Compuestos diazo
$\overset{\overset{ }{C}}{\underset{\underset{ }{ }}{C}} - N = O$	Compuestos nitrosos
$\overset{\overset{ }{C}}{\underset{\underset{ }{ }}{C}} - NO_2$	Compuestos nitroalcanos, C nitro y polinitroarilos
$\overset{\overset{ }{C}}{\underset{\underset{ }{ }}{C}} (NO_2)_2$	Compuestos polinitroalqui- los, trinitroetilortoésteres
$\overset{\overset{ }{C}}{\underset{\underset{ }{ }}{C}} - O - N = O$	Alquil nitritos
$\overset{\overset{ }{C}}{\underset{\underset{ }{ }}{C}} - O - NO_2$	Alquil nitratos
$\overset{\overset{ }{C}}{\underset{\underset{ }{ }}{C}} - \overset{\overset{ }{O}}{\underset{\underset{ }{ }}{C}} - \overset{\overset{ }{O}}{\underset{\underset{ }{ }}{C}} -$	1.2 epóxidos
$\overset{\overset{ }{C}}{\underset{\underset{ }{ }}{C}} = N - O - \text{Metal}$	Oxisales nitro, oxímatos
$(NO_2)_2CF -$	Compuestos fluordinitro- metilos
$\overset{\overset{ }{N}}{\underset{\underset{ }{ }}{N}} - \text{Metal}$	Derivados N metálicos
$- N = Hg^+ = N -$	Sales de polimercurioamonio
$\overset{\overset{ }{N}}{\underset{\underset{ }{ }}{N}} - N = O$	Compuestos N - nitrosos
$\overset{\overset{ }{N}}{\underset{\underset{ }{ }}{N}} - NO_2$	Compuestos N - nitro
$= N^+ - N^- - NO_2$	N - Azo - nitroimidatos
$\overset{\overset{ }{C}}{\underset{\underset{ }{ }}{C}} - N_2 - \overset{\overset{ }{C}}{\underset{\underset{ }{ }}{C}} -$	Compuestos azo
$\overset{\overset{ }{C}}{\underset{\underset{ }{ }}{C}} - N_2 - O - \overset{\overset{ }{C}}{\underset{\underset{ }{ }}{C}} -$	Arendiazoatos
$\overset{\overset{ }{C}}{\underset{\underset{ }{ }}{C}} - N_2 - S - \overset{\overset{ }{C}}{\underset{\underset{ }{ }}{C}} -$	Arendiazo aril sulfuros
$\overset{\overset{ }{C}}{\underset{\underset{ }{ }}{C}} - N_2 - O - N_2 - \overset{\overset{ }{C}}{\underset{\underset{ }{ }}{C}} -$	bis-arendiazo óxidos
$\overset{\overset{ }{C}}{\underset{\underset{ }{ }}{C}} - N_2 - S - N_2 - \overset{\overset{ }{C}}{\underset{\underset{ }{ }}{C}} -$	bis-arendiazo sulfuros
$\overset{\overset{ }{C}}{\underset{\underset{ }{ }}{C}} - N_2 - NR - \overset{\overset{ }{C}}{\underset{\underset{ }{ }}{C}} -$	Triazeno
$- N = N - NH - N -$	Compuestos altamente nitrogenados, tetrazoles
$\overset{\overset{ }{C}}{\underset{\underset{ }{ }}{C}} - O - OH$	Hidroperóxidos, peroxoácidos
$- CO - O - O -$	Perácido, persal, perester
$\overset{\overset{ }{C}}{\underset{\underset{ }{ }}{C}} - O - O - \overset{\overset{ }{C}}{\underset{\underset{ }{ }}{C}} -$	Peróxidos, peroxiésteres
$- CO - O - O - CO -$	Peróxido de diácilo
$- O - O - \text{Metal}$	Peróxidos metálicos, sales de peroxoácidos
$- O - O - \text{No metal}$	Peroxiácidos, peroxiésteres
$- N_2$	Azos (halógeno, no metal, orgánicos)
$\overset{\overset{ }{C}}{\underset{\underset{ }{ }}{C}} - N^+ = NS$	Sulfuros de diazonio y deriva- dos, xantatos
$- N^+ - HZ^-$	Sales de hidracinio, oxosales de bases nitrogenadas
$- N^+ - OHZ^-$	Sales de hidroxilamonio
$\overset{\overset{ }{C}}{\underset{\underset{ }{ }}{C}} - N_2^+ \cdot Z^-$	Carboxilatos de diazonio
$(N - \text{Metal})^+ \cdot Z^-$	Oxosales de aminometal
$N - X$	Azohalógenos
	Compuestos N - halógenos N - haloimidias
$- O - X$	Hipohalogenitos, halogenitos, halogenatos, perhalogenatos
$- ClO_3$	Sal de perclorilo
$- NF_2$	Compuestos difluoramínicos
$R - \text{metal} - H$	Hidruro de alquilmetal
$R - \text{metal} - X$	Halógeno alquilmetal
$\text{Metal} - (H)_n$	Hidruro metálico
$\text{No metal} - (H)_n$	Borano arsina, fosfina, silano

Las sustancias que tienen tales grupos funcionales tienen tendencia a reaccionar a relativamente bajas temperaturas, con significativos desprendimientos energéticos que pueden propiciar la ignición o la explosión.

Tales grupos funcionales son obviamente sólo una parte de la molécula y no todos los compuestos que tienen tales grupos son explosivos.

Ciertas sustancias consideradas especialmente peligrosas, como resultado de su reacción con el oxígeno del aire, generan peróxidos inestables o explosivos. Estructuras químicas que son capaces de generar peróxidos han sido identificadas empíricamente. En la tabla IV.3 se indican algunas estructuras moleculares contenidas en compuestos peroxidables. Tales compuestos están caracterizados por débiles enlaces C-H o dobles enlaces capaces de generar reacciones de polimerización por adición¹¹.

Tabla IV.3 Grupos generantes de peróxidos.

GRUPO FUNCIONAL	DENOMINACION PRODUCTO
$\overset{ }{-}\text{CH}-\text{O}-$	Acetales, éteres
$\begin{array}{l} -\text{CH}_2 \\ \quad \diagup \\ \quad \text{CH}- \\ \quad \diagdown \\ -\text{CH}_2 \end{array}$	Compuestos isopropílicos, decahidronaftalenos
$\overset{ }{\text{C}}=\text{CH}-\text{CH}-$	Compuestos alilos
$\overset{ }{\text{C}}=\text{CH}-\text{X}$	Haloalquenos
$\overset{ }{\text{C}}=\text{CH}-$	Compuestos vinílicos
$\overset{ }{\text{C}}=\text{CH}-\text{CH}=\overset{ }{\text{C}}$	Dienos
$\overset{ }{\text{C}}=\text{CH}-\text{C}\equiv\text{C}-$	Vinilacetilenos
$\overset{ }{\text{C}}-\underset{ }{\text{CH}}-\text{Ar}$	Cumenos, tetrahidronaftalenos, estirenos
$-\text{CH}=\text{O}$	Aldehidos
$-\text{CO}-\underset{ }{\text{N}}-\overset{ }{\text{C}}\text{H}$	N-alquil-amidas, ureas, lactamas

Con lo cual se establece de manera más efectiva el análisis de riesgos, la distribución de almacenamiento y la aplicación de las hojas de seguridad, en la cual deberá estar identificada la sustancia de origen orgánico o inorgánico y facilitará el reconocimiento de la reactividad de las sustancias dependiendo del origen y grupo funcional identificado.

IV.3 Toxicidad de los solventes orgánicos.

Los compuestos orgánicos son sustancias que tienen como base el elemento carbono, el cual tiene 4 valencias o enlaces con la propiedad de combinarse consigo mismo formando moléculas que tienen como eje una estructura de carbonos ligados entre sí, por uno, dos o tres enlaces de este tipo; estas cadenas pueden ser lineales o bien cíclicas.

En los enlaces que quedan libres en la cadena pueden fijarse otros elementos, dando lugar a la formación de una gran cantidad de compuestos cuya caracterización se hace por medio de las propiedades que le imparten algunos sub grupos de átomos contenidos

en la molécula, así se pueden reconocer los alcoholes, aldehídos, cetonas, óxidos, ácidos, ácidos, anhídridos, etc. En los cuales intervienen principalmente el hidrogeno y oxígeno, sin embargo cuando entran otros elementos como el nitrógeno, fosforo, cloro, yodo o azufre, se forman derivados halogenados, aminas, amidas, compuestos azufrados, etc.

Los subgrupos iguales dentro de las moléculas orgánicas caracterizan a una familia de compuestos y esta funcionalidad hace que las moléculas compartan un comportamiento físico – químico similar entre ellos ^{13,48}.

Aunque el solvente más común es agua, en los laboratorios la mayoría de los otros solventes de uso general son orgánicos, los cuales generalmente tienen un punto bajo de ebullición y se evaporan fácilmente, habitualmente presentes en la mayor cantidad. Son generalmente líquidos descoloridos y muchos tienen un olor característico. Las aplicaciones comunes para los solventes orgánicos están en la limpieza en seco, como diluyentes de la pintura, como los removedores, en los detergentes, en perfumes, y en síntesis químicas.

Los disolventes orgánicos son sustancias que a temperatura ambiente se encuentran en estado líquido y pueden desprender vapores, por lo que la vía de intoxicación más frecuente es la inhalatoria, aunque también se puede producir por vía digestiva y cutánea⁴⁶.

Todos los disolventes orgánicos son tóxicos, aunque su toxicidad varía de unos productos a otros. Los vapores que desprenden son más pesados que el aire, por lo que su mayor concentración estará cerca del suelo. Estos vapores son rápidamente absorbidos a través de los pulmones, cruzan con gran facilidad las membranas celulares, y, debido a su gran solubilidad en grasas, alcanzan concentraciones especialmente altas en el SNC^{51,66}.

Los efectos fisiológicos de los solventes son demasiado complejos y variables como para ser discutibles en detalle; sin embargo, pueden hacerse algunas generalizaciones.

Los solventes orgánicos como material nocivo o potencialmente tóxico que con frecuencia se manipula en las labores industriales y de laboratorio pueden alcanzar el sistema nervioso central o periférico después de haber sido inhalados y absorbidos por la sangre⁵¹.

Según sea la substancia, el tiempo y el grado de exposición pueden reducir, o incluso destruir las funciones de las células nerviosas, alterar la función renal, hepática, de la médula ósea, etc. Al margen de la vía de ingreso a nuestro organismo que puede ser también a través de la piel⁴⁶.

Conjuntamente puede presentarse disminución del nivel de conciencia con progresión a convulsiones, status epiléptico o coma. La muerte súbita es un riesgo conocido de la intoxicación por disolventes, y se piensa que se debe a arritmias cardíacas graves. Por otra parte, la mayor parte de los disolventes, en contacto con la piel, producen dermatitis por sensibilización o por eliminación de las grasas de la piel, de lo cual se profundizara en párrafos siguientes⁵¹.

Además de los síntomas debidos a la intoxicación aguda, los disolventes producen efectos a largo plazo por exposiciones repetidas a bajas concentraciones, debido a la

lesión del hígado, riñones, SNC y médula ósea. Está bien reconocida la lesión hepatorenal debida a tolueno, tricloroetileno, cloroformo y tetracloruro de carbono, así como la depresión de médula ósea^{51,66}.

Como tantos trabajadores están expuestos a los solventes y vapores tóxicos, han sido considerables los esfuerzos para determinar los niveles inocuos de exposición. Se han establecido valores umbral límites (TLV) o concentraciones máximas autorizadas (CMA) para los venenos aerotransportados; El TLV representa la concentración a la que la mayoría de los trabajadores puede exponerse sin riesgos durante un período de 8 horas⁹⁰.

La toxicidad de los solventes orgánicos en general y de los hidrocarburos aromático: tolueno, xileno y benceno en particular, es reconocida por su gran afinidad por los tejidos ricos en grasas, como el sistema nervioso central, el sistema nervioso periférico (retina, vías visuales, nervio óptico) y por sus propiedades físico-químicas que facilitan su absorción⁸⁹.

Muchos solventes pueden conducir a una pérdida repentina de sentido si es inhalado en grandes cantidades. Los solventes tienen como el éter di etílico y el cloroformo se han utilizado en medicina como anestésicos, sedativos; el metanol puede causar daño interno a ojos, incluyendo ceguera permanente; el etanol es ampliamente utilizado en muchas industrias y laboratorios; así como muchos otros con efectos de salud a largo plazo como en el sistema neurológico o cáncer.

El metanol ha sido responsable de varios casos fatales en la industria y de daños fisiológicos. Se destaca especialmente por el deterioro de la visión, incluyendo lesión sobre el nervio óptico. Produce metabolitos tóxicos en forma lenta. Por esta razón tiene una toxicidad crónica mayor que el etanol. El etanol es un alcohol alifático importante. Se metaboliza rápidamente, convirtiéndose principalmente en dióxido de carbono y es el menos tóxico de los alcoholes.

El propanol es metabolizado a productos derivados tóxicos y es un tóxico sistemático más potente que el etanol, mientras que el isopropanol o el n-propanol no son considerados como peligros de importancia, salvo por su capacidad para eliminar grasas de la piel⁹³.

Ya que debido a que todos los solventes orgánicos afectan de alguna medida el sistema nervioso central porque actúan como depresores y anestésicos produciendo además otros efectos en función del grado de exposición y del solvente involucrado, estos efectos pueden variar desde una narcosis suave a la muerte por paro respiratorio.

Los hidrocarburos alifáticos saturados, son bioquímica y químicamente inertes. Aún como contaminantes del aire se encuentran entre los menos reactivos y nos constituyen un problema importante, los hidrocarburos alifáticos no saturados, alquenos y los alquinos, con uniones dobles y triples respectivamente, son también inertes para el organismo. Sin embargo, son químicamente más reactivos que los hidrocarburos saturados. Como contaminantes del aire, son reactivos y crean un problema de control. El problema primario con los alifáticos es la dermatitis^{51, 93}.

Un porcentaje significativo de los hidrocarburos cíclicos es metabolizado a compuestos que poseen una toxicidad menor, aunque los hidrocarburos cíclicos no saturados son generalmente más irritantes que los saturados.

El benceno es notable por sus efectos sobre los tejidos formadores de sangre en la medula ósea. Se lo señala como agente leucemógeno. Los niveles tóxicos del benceno son fácilmente absorbidos a través de la piel y por inhalación⁹³.

En general los hidrocarburos aromáticos son irritantes y vasodilatadores y cuando se absorben en concentraciones suficientes producen lesiones vasculares y pulmonares severas, siendo narcóticos potentes.

Los halógenos constituyen una notable familia de elementos destacados por su gran actividad química. Los efectos de los hidrocarburos halogenados varían considerablemente con el número y el tipo de átomos de halógenos presentes en la molécula. En un extremo de la escala esta el tetracloruro de carbono, que es altamente tóxico, actuando en forma aguda y produciendo lesiones en riñones, hígado, sistema nervioso central y tracto gastrointestinal³⁴.

La exposición crónica al tetracloruro de carbono también produce lesión en hígado y riñones. Esta sustancia se ha convertido en un tóxico hepático clásico en los estudios sobre efectos de daño hepático⁵¹.

Los hidrocarburos clorados, especialmente el tricloroetileno, se destacan por sus efectos energéticos con el alcohol. Estos incluyen el rubor, cara roja, y cambios significativos en la personalidad. El tricloroetileno y el percloroetileno son posibles carcinógenos³⁴.

Las nitroparafinas son más conocidas por sus efectos irritantes acompañados por náuseas, con acción sobre el sistema nervioso central e hígado que se hacen significativos durante exposiciones agudas. Por otra parte, los nitroderivados aromáticos, como el nitrobenceno, son mucho más peligrosos; provocan la formación de metahemoglobina y actúan sobre el sistema nervioso central, hígado y otros órganos⁵¹.

A los esterés se los conoce por sus efectos irritantes sobre superficies expuestas de la piel y tracto respiratorio. También son anestésicos potentes.

Las cetonas comunes producen en general una acción narcótica. Todas son irritantes para los ojos, nariz y garganta, y por esta razón no son en general toleradas en concentraciones altas. Se ha comunicado que el metal etil cetona en conjunto con el tolueno o xileno produce vértigo y náusea. Concentraciones tolerables menores pueden menoscabar la capacidad de razonamiento y, por lo tanto, crear peligros secundarios. Las cetonas alifáticas saturadas de cadena más corta son excretadas rápidamente, y por esta razón producen solo efectos sistemáticos menores.

Los éteres di-alquil glicol son éteres puros con un olor suave y agradable. Los glicoles éteres tienen efecto sobre el cerebro, sangre y riñones. De estos el más tóxico es el monometil éter del etilen glicol, que es rápidamente absorbido por la piel y se destaca por provocar síntomas neurológicos que incluyen alteraciones en la personalidad. Por otra parte, el monoetil éter del etilen glicol es definitivamente menos tóxico que el monometil

éter del etilen glicol o el monobutil éter del etilen glicol, existiendo escasa evidencia de enfermedad o daño provocado por el uso de monoetil éter del etilen glicol.

El éter di etílico, es un solvente que comúnmente se aplica como agente separador de sustancias orgánicas, del cual el límite actual de la OSHA para el éter etílico es de 400 ppm, lo cual puede expresarse como 1200 mg de éter por metro cubico de aire (mg/m³). Existen diversos efectos tras la exposición del organismo al éter, los cuales solo serán mencionados de manera llana⁹².

La exposición aguda al éter puede ocasionar irritación en los ojos, la nariz y garganta, también puede provocar mareos, somnolencia, pérdida de consciencia e inclusive la muerte⁹².

La sobre exposición crónica al dietil éter puede ocasionar la pérdida de apetito, mareos, resequedad y agrietamiento de la piel, somnolencia, dolor de cabeza, agotamiento, excitación, inclusive en algunos casos se producen trastornos alimenticios como la anorexia en consecuencia de la falta de aptito, y trastornos mentales^{92,53}.

Los signos son principalmente el enrojecimiento de ojos, palidez, así como inflamación de las vías respiratorias, y debido a ello presenta diversos síntomas como respiración irregular, salivación, vómitos, dolor de cabeza, entre otros. Sin embargo esto solo la parte inicial del problema crónico degenerativo que puede establecerse en presencia de este solvente, el cual puede desarrollar una vasta cantidad de enfermedades respiratorias, renales y neurológicas⁹².

Los aldehídos son bien conocidos como irritantes de la piel y mucosas y por su acción sobre el sistema nervioso central. Es común la dermatitis por aldehidos. Los aldehidos se caracterizan también por sus propiedades sensibilizantes, siendo comunes las respuestas alérgicas⁸³.

En la determinación de la toxicidad de los diversos tipos de solventes, es necesario conocer algún tipo de clasificación química de los mismos, la cual se presenta en la siguiente tabla IV.4.

Tabla IV.4 Clasificación química de los solventes orgánicos.

GRUPO QUÍMICO.	NOMBRE DE LOS SOLVENTES.
Aromáticos.	Benceno, tolueno, xileno, etil benceno, estireno.
Hidrocarburos clorados.	Tricloroetileno, tetracloroetileno, metil cloroformo, tetracloruro de carbono.
Alcoholes.	Metanol, isopropanol, butanol, etc.
Aldehídos.	Formaldehido, propionaldehido.
Cetonas.	Acetona, dimetil cetona, metil butil cetona, terbutil acetona, metil etil cetona, metil isobutil cetona, etc.
Éteres.	Dietil éter, THF, éter isopropilico, etc.
Esteres.	Metil acetato, etil acetato, butil acetato.
Derivados del glicol.	Etilen glicol, propilenglicol.
Clorofluorocarbonos.	Fluorotriclorometano, trifluoroetano, etc.
Otros.	n-hexano, bisulfuro de carbono, dimetilamina.

Entre los solventes más usados están: la acetona, el benceno, el tolueno, el estireno, el cloroformo, el éter, el tetracloruro de carbono, el tricloroetileno, el cloruro de metileno, etc. Sus efectos agudos se observan cómo, una sensación de intoxicación, aturdimientos, mareos y finalmente por una pérdida de conciencia. Una exposición aguda es casi siempre accidental, de corta duración y los efectos terminan por desaparecer pronto. Por el contrario, una exposición no controlada y a pequeñas concentraciones es mucho más nociva. Los primeros síntomas de una lesión nerviosa son de carácter subjetivo.

Las manifestaciones clínicas relacionadas con los solventes las podemos apreciar en la tabla IV.5.

Tabla IV.5 Efecto de los solventes en la salud.

SOLVENTE	EFECTO
Tolueno.	Ataxia cerebral. (falta de coordinación)
Benceno.	Cáncer, leucemia.
Tri cloroetileno, diclorocetileno.	Nauralgía.
Bisulfuro de carbono.	Parkinsonismo.
Bi sulfuro de carbono/tolueno.	Psicosis.
Metanol/tricloroetileno.	Neuropatía óptica
Éter dietílico.	Neurotóxico, acción desengrasante, dermatitis.

Muchos de estos productos afectan las células nerviosas, las cuales se dilatan después de haber estado expuestas a los solventes, bloqueando así el flujo sanguíneo en los vasos delgados que aprovisionan a las células distribuyendo oxígeno y glucosa, dos elementos que aseguran el buen funcionamiento del sistema nervioso. Si privamos de oxígeno a la célula nerviosa durante más de dos minutos, pueden producirse daños irreversibles.

Ciertas regiones del cerebro son muy sensibles a la falta de oxígeno, por tal motivo es afectado incluso cuando se trata de una mediana exposición a solventes, los efectos se manifiestan como perturbaciones en la memoria inmediata (afectación del hipocampo), de la memoria mediata (corteza), dificultad para ejecutar movimientos con precisión^{53, 93}.

Es conocido que la membrana celular constituye otro punto vulnerable, en la cual los solventes dañarían la capa lipídica llegando a la mitocondria. Las células que son dependientes del oxígeno producen sustancias tóxicas que, si no son neutralizadas corren el riesgo de dañar las diferentes estructuras del interior de la célula⁵³.

La sinapsis entre las células nerviosas constituye otro punto débil, ya que es probable que algunos solventes actúen de manera indirecta sobre la producción de neuro transmisores, acelerándola o frenándola. Así el tricloroetileno aumenta el número de impulsos nerviosos transmitidos entre las sinapsis⁹³.

Aún se ha determinado a que grado de exposición las células son respetadas, no obstante existe mayor cantidad de malformaciones del sistema nervioso central entre los fetos y los niños de madres que han estado expuestas a solventes que entre aquellos de madres que nunca tuvieron exposición⁹².

Mucho de los solventes son agentes químicos sensibilizantes, las cuales se introducen al cuerpo por inhalación o penetración cutánea, pudiendo ocasionar una reacción de hipersensibilidad, de forma que una exposición posterior a esa sustancia de lugar a efectos negativos⁹².

Todos los solventes que tocan y mojan la piel producen dermatitis-inflamación de la piel, que puede variar desde una simple irritación a un daño sistemático de la misma. Los solventes disuelven la barrera protectora natural de las grasas y aceites y dejan a la piel susceptible a mayor irritación y daño⁵³.

Inicialmente, la respuesta de las personas a un compuesto sensibilizante puede ser pequeña o no existir. Sin embargo, después de que un individuo se ha sensibilizado, la exposición siguiente puede producir respuestas intensas incluso a muy bajas concentraciones. La sensibilización se produce en la mayoría de los casos mediante un mecanismo inmunológico. Las reacciones alérgicas pueden llegar a ser muy graves. Sus manifestaciones más comunes, dependiendo de la vía de exposición, son: rinitis, asma, alveolitis, bronquitis, urticaria de contacto y blefaro conjuntivitis^{33, 34}.

Los trabajadores que se han sensibilizado a un compuesto en particular también pueden presentar una reactividad cruzada a otros compuestos con estructura química similar. Sustancias que no son sensibilizantes, pero sí irritantes, pueden igualmente provocar o agravar la reacción alérgica de los individuos sensibilizados³⁴.

La reducción de la exposición a los sensibilizantes y a sus análogos estructurales generalmente disminuye la incidencia de las reacciones alérgicas entre las personas sensibilizadas. Sin embargo, para algunas personas sensibilizadas, la única forma de prevenir la respuesta inmune a los agentes sensibilizantes y sus análogos estructurales es evitar por completo la exposición, tanto en el puesto de trabajo como fuera del mismo.

La capacidad de producir sensibilización está contemplada en la normativa sobre clasificación de sustancias peligrosas, que asigna a estos agentes las frases de riesgo R42 "Puede causar sensibilización por inhalación" y/o R43 "Puede causar sensibilización por contacto con la piel"⁹³.

La mayoría de las dermatosis alérgicas profesionales pueden clasificarse como dermatitis de contacto eczematosas agudas. Los signos clínicos son calor, enrojecimiento, hinchazón, formación de vesículas y exudación, el enfermo sufre picores, sensación de quemazón y malestar general. El dorso de las manos y la parte interna de las muñecas y los antebrazos son los puntos afectados con más frecuencia, aunque la dermatitis de contacto puede aparecer en cualquier punto de la piel⁹³.

Si la dermatitis de contacto es generalizada y no se limita a una o unas pocas zonas, suele tener su origen en una exposición más general, como vestir una ropa contaminada, o por auto sensibilización a partir de una dermatitis previa. La aparición de lesiones vesiculares internas con destrucción de tejidos indica en general la acción de un agente irritante absoluto o muy intenso. Los antecedentes de exposición, que deben investigarse en todo control médico de la dermatitis profesional, pueden revelar el agente causal sospechoso⁹³.

Mediante un efecto acumulativo, el contacto reiterado con irritantes débiles y moderados puede provocar una forma sub aguda de dermatitis de contacto caracterizada por la aparición de placas rojas y secas.

Las zonas afectadas con más frecuencia por las lesiones eczematosas crónicas son las manos, los dedos, las muñecas y los antebrazos; la piel afectada está enrojecida, seca y es descamada. En algunos casos se producen grietas y fisuras en los dedos y las palmas de las manos. Otro síntoma frecuente es la distrofia ungueal crónica. Con frecuencia, las lesiones resumen líquido tras una nueva exposición al agente responsable o a causa de un tratamiento o cuidado inapropiados.

Las quemaduras, la dermatitis de contacto, y el contacto con ciertos compuestos de hidroquinona u otros agentes oxidantes (como los aminofenoles terciarios, y el fenol butilo terciario) pueden provocar hipo pigmentación o despigmentación en zonas cutáneas determinadas. Las quemaduras químicas o térmicas, las heridas contusas o las infecciones bacterianas o fúngicas pueden provocar excavaciones ulcerosas de la parte afectada, por lo que es necesario mantener nuestra preocupación por los riesgos de los solventes en las áreas laborales⁴⁶.

La excreción de cualquier solvente que entra al cuerpo tiene lugar a través del pulmón, y aquellos que se metabolizan por oxidación hepática para formar compuestos solubles en agua, pueden ser excretados por el riñón. Además de ser depresores del SNC, los disolventes producen efectos subjetivos, aunque las alucinaciones visuales son más intensas. También producen otros síntomas como euforia, excitación y sentimiento de omnipotencia, acompañados de visión borrosa, zumbidos de oídos, alteraciones del lenguaje, dolor de cabeza, dolor abdominal, dolor torácico o bronco espasmo³⁴.

Sin embargo no debe olvidarse que la toxicidad de los solventes es un peligro en sí mismo y que la manera en que se desarrolla el trabajo es parte del aseguramiento de mantener la salud de la población que constantemente maneja este tipo de productos.

IV.4 Intoxicación con sustancias químicas.

Cuando se ha tenido contacto directo con alguna sustancia química de forma aguda, esta puede afectar de manera severa al organismo, por lo que es recomendable observar algunas de las siguientes disposiciones^{53, 71, 93}:

Si el material es inhalado

1. Tratar de identificar el material. Si es cloro, ácido sulfhídrico, ácido cianhídrico, fosgeno u otro gas altamente tóxico, utilizar la mascarilla apropiada en el área contaminada.
2. Trasladar al intoxicado inmediatamente a lugares ventilados.
3. A la primera señal de dificultad en respirar, iniciar respiración artificial boca a boca; el oxígeno debe ser administrado sólo por personal calificado.

Si el material es ingerido

1. Identificar la naturaleza del producto ingerido, si es posible.
2. Dar de dos a cuatro vasos de agua inmediatamente, o leche en caso de no contar con agua. Precaución: nunca dar algo por la boca a una persona inconsciente.
3. Inducir el vómito inmediatamente. Colocar el dedo índice lo más adentro posible (de la lengua) y frotarlo de un lado hacia el otro (realizar esta maniobra por el

paciente si es necesario), o dar abundantes tragos de agua salada tibia (una cucharada de sal por vaso de agua). No inducir el vómito si el paciente ha ingerido parafina, gasolina, ácidos y álcalis fuertes, o si está inconsciente.

4. Repetir el procedimiento anterior hasta que el fluido (vomitado) sea claro.
5. De no ser posible la identificación de la sustancia, dar 15 g. De “antídoto universal” en medio caso de agua tibia.
6. Conservar muestra del vómito, si es posible.

Si el material está en contacto con la piel

1. Identificar el material si es posible; el grupo de ayuda debe evitar el contacto con el contaminante mediante el uso de equipo de protección adecuado.
2. Lavar con abundante agua la parte del cuerpo afectada por lo menos 15 minutos.
3. Quitar toda la ropa contaminada, incluyendo zapatos, relojes y otros objetos.
4. No usar aceites, grasas (mantequilla) o bicarbonato de sodio en la piel a menos que sean específicamente indicadas por el grupo médico de ayuda.

Si el material está en contacto con los ojos

1. Lavar inmediatamente ambos ojos con abundante agua, asegurándose de que los párpados estén completamente abiertos, de tal forma que el agua corra debajo de ambos.
2. Continuar el lavado por lo menos durante 15 minutos.
3. No administrar ninguna solución hasta la llegada del médico especialista.

Quemaduras por fuente de calentamiento

1. En caso de presentarse quemaduras menores debe mantenerse la parte afectada bajo un chorro de agua fría durante 5-10 minutos, y aplicar una pomada que alivie el dolor.
2. En caso de quemaduras severas provocadas por fuego, es probable que la víctima entre en shock; por lo que debe ser acostada en el piso y mantenerla abrigada con una manta o abrigo (sin tocar el área quemada). No se debe lavar la quemadura (sólo en caso de apagar fuego de la ropa) ni aplicar ninguna pomada.

Cortaduras

1. Las pequeñas cortaduras deben ser lavadas con agua limpia y fría para remover alguna sustancia o astillas de vidrio. Colocar un venda en la herida.
2. En caso de cortaduras mayores o hemorragias severas, elevar el miembro afectado si es posible y colocar una venda de presión.

De ser posible la identificación o conocer la causa de intoxicación se considera seguir las siguientes pautas:

Ácidos corrosivos

- Si es por ingestión, no inducir el vómito.
- No dar carbonatos o bicarbonato de sodio.
- Dar suspensión de hidróxido de aluminio o leche de magnesia en grandes cantidades.

- Continuar con leche o clara de huevo batida con agua.
- Para el contacto cutáneo u ocular, seguir el procedimiento general.

Álcalis, cáusticos

- Si es por ingestión, no inducir el vómito.
- Dar grandes cantidades de solución de ácido acético al 1%, vinagre (1:4), ácido cítrico al 1% o agua de limón.
- Continuar con leche o clara de huevo batida con agua.
- Para el contacto cutáneo u ocular, seguir el procedimiento general.

Alcaloides

- Si es por ingestión, los antídotos recomendados son: un vaso de solución de permanganato de potasio al 0.01% o “antídoto universal”, 15 g. En medio vaso de agua tibia.

Bromo

- Si es por inhalación, seguir el procedimiento general, proporcionando inhalación de amoníaco.
- Si es por ingestión, dar una cucharada de tiosulfato de sodio en un vaso de agua y posteriormente leche de magnesia (30 ml) en agua, una sola vez.
- Si es por contacto cutáneo, seguir el procedimiento general, aplicar agua en la parte afectada y bicarbonato de sodio; mantenerla húmeda.
- Si es por contacto ocular, seguir el procedimiento general.

Cianuros

- Iniciar con los primeros auxilios y solicitar inmediatamente ayuda médica.
- Si es por inhalación y si el paciente está consciente, inducir el vómito con agua salada tibia (una cucharada de sal por vaso de agua), trata de que el vómito se repita hasta que el fluido sea claro.
- Romper una perla de nitrito de amilo en un pañuelo y mantenerlo ligeramente bajo la nariz por 15 segundos; repetir cinco veces esta operación a intervalos de aproximadamente 15 segundos cada uno.
- Iniciar y mantener la respiración artificial boca a boca a la primera señal de dificultad respiratoria.

Fenol

- Si es por ingestión, inducir el vómito dando una cucharada de sal en un vaso de agua tibia.
- Repetir hasta que el fluido del vómito sea claro.
- Dar grandes cantidades de leche o clara de huevo batida con agua.
- No dar bebidas alcohólicas o aceites al paciente.
- Si es por contacto cutáneo, lavar inmediatamente con grandes cantidades de agua y jabón, y posteriormente lavar suavemente con alcohol.
- Si es por contacto ocular, seguir el procedimiento general.

Antídoto universal: *carbón activado (2 cucharadas), leche de magnesia (1 cucharada) y ácido Tánico (te cargado, 1 cucharada)*⁵³.

Precaución: nunca dar aceites, grasas o alguna bebida alcohólica, a menos que sea especificado por el médico.

IV.5 Prevención de enfermedades por sustancias químicas.

Las enfermedades degenerativas derivadas de la exposición habitual a agentes químicos son, con mucho, más importantes y frecuentes que los accidentes de trabajo. A nivel mundial la OIT estima que de los 2 millones de muertes laborales que tienen lugar cada año en el mundo, 440.000 se producen como resultado de la exposición de trabajadores a agentes químicos⁵.

La probabilidad de desarrollar enfermedades como el cáncer o enfermedades cardiovasculares y respiratorias si el agua o aire no es de la calidad adecuada es elevada, sin embargo en la comprobación del desarrollo de dichas enfermedades por contacto con sustancias químicas es difícil²⁷.

Los trabajadores de laboratorio químico requieren técnicas especiales y precauciones ya que las sustancias que manejan son de alguna manera agresivas al organismo humano⁴⁶.

Cuando se trasvasan sustancias que desprenden vapores picantes, corrosivos o tóxicos, los laboratoristas deben protegerse con el equipo de protección personal adecuado y emplear dispositivos que faciliten su labor⁴⁶.

Para establecer la profilaxis o medidas preventivas de las enfermedades profesionales debidas al contacto con sustancias químicas es necesario establecer las etapas de identificación del riesgo a la salud correspondiente a la cantidad y tipos de sustancias que se manejan, el cual se puede establecer de la siguiente forma:

- Identificación y evaluación del grado de riesgo, mediante el estudio de riesgos.
- Identificar y clasificar por medio de las características CRETIB el tipo y cantidad de sustancias químicas que representen peligro a la salud.
- Evaluación de la toxicidad, valorando la información toxicológica de todas las sustancias.
- Estimación de la exposición, evaluando las rutas de exposición, frecuencia, concentración y duración de la misma.
- Caracterización diagnóstica del riesgo, en la cual se establece la incidencia probable de efectos dañinos a la salud.

La identificación de las patologías causadas por la gran diversidad de sustancias, especialmente de solventes orgánicos es muy compleja y debe ser establecida por el personal especializado en salud ocupacional y medicina del trabajo. Por lo cual, se establecerán solamente algunas de las cuestiones de mayor relevancia en la identificación y diagnóstico de las enfermedades laborales y evitar así la potencialización de los efectos nocivos de los solventes utilizados en los laboratorios químicos.

Una de las principales causas de enfermedad en los trabajadores dentro de los laboratorios son el contacto y constante exposición a las sustancias químicas, por lo cual se hace indispensable contar con el seguimiento de la salud del trabajador, mediante los diversos exámenes médicos.

El envenenamiento por sustancias químicas puede producirse de dos maneras, ya sea de manera aguda en la cual la exposición a la sustancia es única, pero con altas concentraciones de las sustancias o bien de forma crónica, en la cual la exposición es en repetidas ocasiones, con concentraciones más bajas e incluso poco perceptibles; sin embargo la lesión causada en la intoxicación crónica es mucho más dañina y puede considerarse que la probabilidad de disminuir sus consecuencias o simplemente de sobrevivir son menores con respecto a una situación de intoxicación aguda, aunque esta última es la causante de la mayor parte de las enfermedades crónico degenerativas debidas a sustancias químicas³³.

La acción de un agente químico sobre el cuerpo humano puede clasificarse como local o sistemática, en la tipificación de acción local se tiene a los irritantes primarios, los cuales son los ácidos, álcalis y solventes orgánicos; mientras que en los irritantes específicos se encuentran englobados los solventes orgánicos, junto con algunas sales corrosivas y polvos¹³.

Este tipo de valoraciones requieren además de los conocimientos del equipo multidisciplinario de evaluación de riesgos, personal capacitado y expertos en toxicología, epidemiología, patología y médicos de salud ocupacional¹³. Sin embargo debe tomarse en cuenta que la susceptibilidad de los trabajadores varía de unos a otros en función de la calidad de vida que se mantenga³³.

Entre los pasos para la evaluación de riesgos para la salud en el trabajo se encuentran¹⁵:

- La identificación de los peligros para la salud en el trabajo (fruto de los resultados de la vigilancia sobre el medio ambiente de trabajo).
- El análisis del modo en que el peligro puede afectar al trabajador (vías de entrada y tipo de exposición, valores límite umbral, relaciones dosis-efecto, efectos adversos potenciales para la salud, etc).
- La identificación de los trabajadores o grupos de trabajadores expuestos a peligros específicos.
- La identificación de personas y grupos con puntos vulnerables especiales.
- La evaluación de las medidas actuales de prevención y control de peligros.
- La revisión periódica y, en caso necesario, reevaluación. (importancia pdf)

Los objetivos principales de los reconocimientos médicos son evaluar la adecuación del trabajador para determinados trabajos, deficiencias potencialmente relacionadas con la exposición a agentes nocivos inherentes al proceso de trabajo e identificar los casos de enfermedad profesional. Debe quedar claro que el reconocimiento médico no es un sustitutivo de las acciones de prevención o control de exposiciones peligrosas en el medio ambiente laboral.

Todos los datos reunidos con respecto a los reconocimientos médicos son confidenciales y deben quedar registrados por el servicio de salud en el trabajo en archivos confidenciales de salud. Los datos personales relativos a la evaluación de la salud sólo pueden comunicarse a otras personas con el consentimiento consciente del trabajador afectado¹³.

Los servicios de salud en el trabajo no sólo son responsables de la detección y evaluación de riesgos potenciales para la salud de los trabajadores, sino también de la presentación de asesoramiento sobre medidas preventivas y de control que ayuden a evitarlos, lo cual se establece mediante los diversos exámenes médicos que deben realizarse desde el ingreso del trabajador y el seguimiento de los mismos^{15, 25}.

Examen médico de ingreso: El cual es realizado y determinado por un médico, para conocer el estado físico y mental del trabajador para determinar si es factible o no que se exponga a las sustancias químicas peligrosas presentes en el centro de trabajo.

Posteriormente, en caso de alguna enfermedad o alergia recurrente se realizan **Exámenes médicos específicos:** Estos son realizados por un médico, cuyo contenido está determinado por la literatura específica. Se realiza cuando se sospecha que hay alteración en la salud del trabajador, con la finalidad de realizar una evaluación médica exhaustiva con respecto a las sustancias químicas peligrosas a las que está expuesto en el centro de trabajo y poder recomendar acciones correctivas o evitar la exposición al agente contaminante.

Es importante que conocer las diversas patologías que se pueden establecer como consecuencia del contacto con las sustancias químicas, desde leves alergias o irritaciones, hasta cáncer o quemaduras internas en la aspiración de las mismas, las cuales deben estar contempladas en las hojas de seguridad, con claridad y precisión contando con la descripción sintomática o disfuncional del organismo.

Es importante e imprescindible la realización de un **Examen médico periódico:** Este examen es realizado y determinado por un médico, y tiene por objetivo vigilarla salud del trabajador expuesto a las sustancias químicas peligrosas presentes en el centro de trabajo.

Los registros de la información de salud del trabajador deben mantenerse bajo resguardo y vigentes, así como los archivos sobre los accidentes e incidentes suscitadas.

El mejor método para determinar la causa y el efecto de las enfermedades profesionales es una historia detallada, en la que se investigará el estado de salud pasado y presente, así como las condiciones en que labora el trabajador, conocer los antecedentes familiares, sobre todo las alergias y las enfermedades personales pasadas y de la infancia.

Es importante que se lleve el registro sobre el tipo de trabajo, los materiales que se manipulan y el tiempo de permanencia en ese puesto, lo cual ayudara a establecer las condiciones de trabajo de manera adecuada o mitigar las condiciones inseguras encontradas en el centro de trabajo.

Un factor indispensable es el saber cuándo y dónde apareció la sintomatología, cómo evoluciona ésta fuera del trabajo, si hay otros trabajadores afectados, qué productos se utilizaron para limpiar y proteger la zona afectada en caso de contacto directo y qué fármacos se han empleado en el tratamiento (automedicación y medicamentos prescritos); así como las características del órgano o sistema dañado; además, hay que comprobar qué medicamentos se utilizaron en el tratamiento de cualquier enfermedad concreta, y, por último, qué materiales se han utilizado en actividades domésticas⁴³.

Los elementos siguientes son un parte importante del diagnóstico clínico⁴⁹:

- *Aspecto de las lesiones*, de haberlas.
- *Áreas afectadas*. Localización de los órganos, sistemas y/o tejidos afectados.
- *Pruebas diagnósticas*. Se recomienda la realización de pruebas de laboratorio para detectar bacterias, hongos y parásitos. A veces puede obtenerse información práctica mediante el análisis bioquímico de la sangre, la orina o los tejidos (piel, pelo y uñas).
- *Evolución*. De todas las alteraciones inducidas por agentes o por ciertas condiciones de trabajo, las dermatosis de contacto eccematosas crónicas y agudas son las más frecuentes.

Los métodos para llevar a cabo el control biológico de la exposición son métodos de toma de muestra y análisis para la determinación analítica de los contaminantes químicos, de sus metabolitos o de otro indicador biológico directa o indirectamente relacionado con la exposición del trabajador al contaminante en cuestión. Este tipo de determinaciones se realizan básicamente en sangre, orina o aire exhalado⁴⁹.

Sólo hay límites establecidos para un pequeño grupo de sustancias: menos del 10% de las que se utilizan habitualmente en la industria, 700 en el caso de los VLA, aun así los límites no garantizan la protección de todos los trabajadores, debido a que no tienen en cuenta la variabilidad individual, además de no considerar todas las vías de exposición (sólo la respiratoria) y, muchas veces, no contemplan todos los posibles efectos que causa una misma sustancia al organismo⁴³.

Frente a sustancias con riesgo de cáncer, de alteraciones genéticas o alteración del sistema hormonal, no existe ningún límite de seguridad: la única manera de anular el riesgo es evitar la exposición (límite cero). Los límites se fijan individualmente para cada sustancia, pero en los laboratorios los trabajadores están habitualmente expuestos a pequeñas dosis de muchos contaminantes a la vez, lo que se conoce como multi exposición, lo cual puede crear situaciones de mayor riesgo aunque cada uno de los contaminantes esté por debajo de su límite²⁵.

Las concentraciones de los contaminantes pueden variar y oscilar mucho en función de diversas circunstancias (ritmo de producción, temperatura verano/invierno, ventilación, humedad, limpieza, etc.) y las mediciones sólo representan el día y el momento en que se realizan, y por tanto no reflejan estos cambios, por lo que el hecho de no superar el valor límite no significa que no se deban tomar medidas protectoras o revisar las existentes²⁵.

A pesar de que son muy pocos Valores Límite Biológicos, únicamente alrededor de 50, cuando existen permiten una información muy útil sobre la exposición. La utilización de las técnicas de control biológico de exposición debe ser orientada como actividad coordinada y correlacionada con el control ambiental⁴⁷.

En primer lugar, sirven para que el trabajador conozca de forma individual y más precisa la exposición a la que está sometido y que tome conciencia más real de la misma.

En segundo lugar nos sirve para comprobar la eficacia de las medidas de control tomadas, tanto colectivas como individuales, en la medida que nos informa de la dosis real de contaminación recibida.

En tercer lugar, sirve para conocer la influencia sobre la exposición de la actividad física desarrollada en el trabajo ya que aquellos trabajadores que tengan que realizar esfuerzos físicos en el trabajo, van a tener que forzar la intensidad respiratoria y van a recibir más contaminante que los que no realizan esfuerzos. Y por último, también nos permite comprobar si el contaminante puede entrar a nuestro organismo por vías diferentes a la respiratoria, tales como la piel o vía digestiva⁹³.

En el proceso de diagnóstico se debe conocer los siguientes parámetros de influencia de la sustancia en el organismo¹³:

- Historia de la exposición.
- Concentración y duración de la exposición.
- Análisis de la atmosfera de trabajo, promedio.
- Análisis del disolvente y las condiciones en que fue empleado.
- Hematología completa.
- Signos y síntomas.
- Biopsia.
- Exámenes de orina.

La exposición a tóxicos viene caracterizada, en la actualidad, por ser de baja intensidad (bajas concentraciones) pero de larga duración, pudiendo abarcar incluso toda o gran parte de la vida laboral de un trabajador. Ello motiva que los efectos aparezcan a largo plazo, después de años o décadas de exposición y que su evolución sea muy lenta, tardando mucho tiempo en manifestarse los síntomas de la afectación.

Se trata de enfermedades crónico-degenerativas, con largos períodos de evolución y que se manifiestan en edades tardías: tales como la encefalopatía tóxica por disolventes o los diferentes cánceres por agentes químicos y sustancias peligrosas.

Su orientación y sus resultados tienen sentido sólo si forman parte del proceso de la evaluación de riesgos, aportando información sobre incidencia de enfermedades profesionales por agentes químicos y accidentes tóxicos, datos sobre el control biológico de exposición, etc., y si sus resultados se utilizan como indicador de la eficacia de la actividad preventiva.

Otra de las situaciones que debe afrontar la vigilancia de la salud para agentes químicos es el seguimiento de las causas de absentismo. Sobre todo referido a bajas de media y larga duración. Estas bajas pueden esconder alteraciones o patologías que pueden aparentar ser de origen común si las consideramos aisladamente en cada caso, pero que cuando se hace un seguimiento colectivo nos puede servir para detectar alteraciones o fenómenos agrupados, que puedan tener relación con la exposición a agentes químicos.

La escasa integración de la vigilancia de la salud en la evaluación de riesgos plantea la necesidad de asegurar su incorporación. Deberán reflejarse, entre otros, los datos como la descripción de riesgos de enfermedad profesional existentes, la incidencia de accidentes tóxicos y sus causas, las enfermedades profesionales declaradas, los datos de los resultados de los controles biológicos realizados y los resultados de la vigilancia específica si hubiera existido. Este conjunto de informaciones servirán para identificar problemas en la evaluación de riesgos e incorporar su solución al plan de prevención^{13, 43}.

Así, cuando la exposición del trabajador a las concentraciones de los contaminantes del medio ambiente laboral rebase el nivel de acción, pero esté por debajo de los límites máximos permisibles de exposición, el patrón debe llevar a cabo exámenes médicos específicos por cada contaminante a cada trabajador expuesto, según lo que establezcan las normas oficiales mexicanas que al respecto emita la Secretaría de Salud.

Cuando se trasvasen sustancias que desprendan vapores picantes, corrosivos o tóxicos deben protegerse los operadores con el equipo personal necesario, el cual depende de las sustancias manipuladas y sus características físico-químicas⁷⁸ y emplear dispositivos que faciliten la labor⁹³. De forma específica para la selección del equipo de protección personal, puede considerarse la tabla A1 de la NOM 017 STPS 2008⁷⁸.

La vigilancia a la salud que se deba realizar redituara en el establecimiento y aplicación de un programa de control, en el que se implementarán las siguientes medidas, considerando la naturaleza de los procesos productivos, aspectos tecnológicos, económicos, factibilidad y viabilidad⁷⁷:

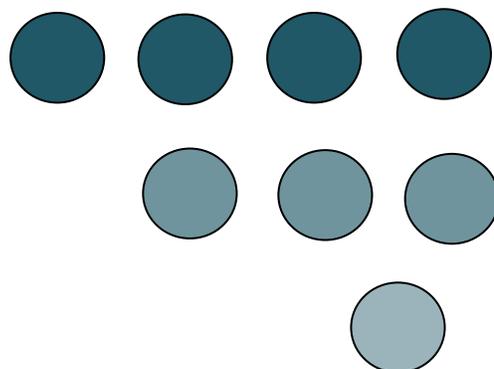
- Sustitución de las sustancias del medio ambiente laboral, por otras sustancias cuyos efectos sean menos nocivos.
- Modificación o sustitución de los procesos o equipos, por otros que generen menor concentración de contaminantes.
- Modificación de los procedimientos de trabajo, para minimizar la generación de contaminantes del medio ambiente laboral o la exposición del trabajador.
- Aislamiento de los procesos, equipos o áreas para evitar la dispersión de los contaminantes.
- Aislamiento del trabajador del medio ambiente laboral contaminado, a una atmósfera libre de contaminantes.
- Utilización de sistemas de ventilación por extracción localizada, para evitar la dispersión de los contaminantes.
- Utilización de sistemas de ventilación general.

Dentro de todo ello y con la gran cantidad de información que se maneja en las áreas especializadas de toxicología, algunas de las medidas básicas para disminuir la ocurrencia de padecimientos causados por sustancias químicas en los laboratorios son⁹³:

- Evitar ser expuesto a los vapores solventes de manera directa, en lo cual se recomienda trabajar en la campana de extracción o en un área bien ventilada.
- Procurar mantener los envases de almacenaje cerrados firmemente.
- Evitar utilizar solventes cerca de las llamas, calefacción o estufas.
- Evitar en lo máximo posible la inhalación de vapores solventes y residuo de los mismos en el ambiente de trabajo.
- Evadir el contacto de los solvente con la piel.

Los esencial de la realización de los estudios médicos y el correcto diagnostico de las enfermedades provocadas por las sustancias químicas que se manejan en los laboratorios es evitar la aparición de las mismas o bien minimizar la cronicidad de las mismas, a través del diagnóstico y tratamiento de las mismas.

CONCLUSIONES.



CONCLUSIONES.

La relación de la Ingeniería Química Industrial con la Salud Ocupacional, Seguridad e Higiene laboral está radicada en tres condiciones básicas:

Primeramente, el ingeniero se mantiene en permanente contacto directo e indirecto con sustancias químicas.

Segundo, la formación permite tener el conocimiento y la plena conciencia del peligro que implican las actividades no supervisadas y capacitadas del manejo de sustancias químicas, dando la importancia debida a la capacitación y adiestramiento del personal que tiene a su cargo.

La normatividad nacional e internacional sobre seguridad e higiene en el trabajo marcan de manera constante las condiciones a desarrollar para establecer el manejo adecuado de las sustancias químicas, estableciendo siempre los parámetros mínimos, lo cual implica que es lo menos posible que debe realizarse para mantener los centros de trabajo con condiciones seguras más no lo único.

Por otra parte, el manejo constante y experimentado de sustancias químicas produce sobre confianza en el trabajador, haciéndolo "inmune" a los efectos que estas pueden tener sobre el mismo.

El análisis de riesgos debe estar comprometido en el uso y aplicación constante de la administración de riesgos, con una constante actualización o verificación del cumplimiento normativo.

Los análisis de riesgos contienen la estructura funcional de evaluación de seguridad e higiene laboral, por lo que debe establecerse que esto es un conjunto de acciones para salvaguardar la vida y la salud de los trabajadores.

El tiempo de residencia de la población fija en los laboratorios químicos es un factor fundamental para considerar la factibilidad de coger alguna enfermedad laboral, en especial en el contacto con sustancias volátiles y por contaminación del medio ambiente laboral.

Seguridad laboral, debe concebirse como el conjunto de acciones tendientes a evitar accidentes e incidentes y evitar evocarle únicamente como una respuesta a lo que se debe hacer en caso de emergencia, ya que la normatividad se ha establecido con la finalidad de establecer los parámetros mínimos precautorios.

Las condiciones de seguridad deben ser claramente identificables en los centros de trabajo, es decir disminuir las condiciones de peligro mediante la estructuración de los mapas de riesgos.

En las instalaciones de laboratorios se recomienda mantener un buen control, manejo y almacenamiento de las diversas sustancias que se manipulen, evitando el desecho de reactivos y/o productos sin la estabilización adecuada de los mismos.

Es favorable mantener información en los centros de laboratorio, especialmente las indicaciones, manejo y significado del rombo de seguridad de las materias empleadas en el mismo.

Es aconsejable contar con un equipo para primeros auxilios dentro de las instalaciones de los laboratorios, sobre todo cuando se cuenta con personal en capacitación o con poca experiencia en el manejo de las sustancias químicas y los residuos de las mismas.

La higiene ocupacional va íntimamente ligada a la salud ocupacional, lo cual esta aun más relacionado con las condiciones ambientales de trabajo que con la higiene personal del trabajador, encontrándose que es vital manejar el binomio orden y limpieza para el aseguramiento de las condiciones de trabajo optimas.

La salud ocupacional es la parte medular en que el trabajador es totalmente consciente de la realidad de las condiciones laborales bajo las cuales realiza sus actividades.

El cumplimiento de la normatividad de seguridad e higiene laboral son las pautas de desarrollo del análisis de riesgos con resultados óptimos.

Los trabajadores de laboratorios químicos son las personas más propensas en adquirir enfermedades laborales por el efecto nocivo de las sustancias que emplean en el desarrollo propio de la manipulación de las sustancias químicas, las cuales son diagnosticadas de manera inapropiada debido a la falta de los exámenes médicos secuenciales de seguimiento y específicos a los que se hace mención.

Es preocupante la falta de seguimiento del historial clínico y de salud de los trabajadores de los laboratorios, debido a que ello propensa a agravar la cronicidad de los padecimientos adquiridos por contacto con sustancias químicas.

Muchas de las enfermedades respiratorias son propiciadas con mayor vulnerabilidad en la población que mantiene contacto con solventes orgánicos, lo cual es pocas veces considerado por los trabajadores de los laboratorios químicos los cuales representan a una parte de la población trabajadora altamente expuesta a estas sustancias.

Es recomendable mantener las condiciones de seguridad e higiene en los laboratorios químicos, para minimizar las condiciones de riesgo a que se enfrentan los trabajadores.

Es indispensable mantener vigente la estructuración de planes y programas de seguridad, los cuales deben contener las medidas de acción para la prevención y ocurrencia de eventos.

Se sugiere la capacitación al personal de laboratorios en el área de seguridad e higiene industrial, especialmente en la profilaxis por sustancias químicas y acciones preventivas de accidentes e incidentes.

Se recomienda la atención al adiestramiento del personal de laboratorios en el manejo adecuado del equipo de protección personal, el cual debe ser competente al grado de riesgo causado por el material empleado en el desarrollo de las actividades propias de su labor.

Es importante considerar la evaluación de las condiciones de laboratorio, especialmente en la ventilación y extracción de sustancias volátiles.

En un primer esfuerzo por acercar la visión de la seguridad e higiene laboral en el desarrollo de la práctica en los laboratorios químicos, se han contemplado las bases fundamentales de la misma, dejando como opción futura estructurar estudios de mayor especificidad y profundidad.

Las enfermedades laborales son difícilmente diagnosticadas debido a la poca relación que se puede establecer en la ocurrencia de una patología determinada con la existencia de exposición a las diversas condiciones de trabajo que se pueden tener, por lo cual es altamente recomendable hacer la mención sobre el tipo de trabajo que se realiza al profesional de la medicina, el cual tiene el compromiso de considerarlo en el diagnóstico.

Debido a que la mayoría de los síntomas que se presentan en las enfermedades debidas a la intoxicación crónica con solventes orgánicos son inespecíficos y se pueden confundir con otras enfermedades, es conveniente tener a disposición el historial médico, así como establecer los exámenes médicos específicos recurrentes de la población fija del laboratorio con la finalidad de descartar la influencia o gravamen de las sustancias que son empleadas, especialmente bajo condiciones de trabajo que propicien patologías bronco pulmonares.

En el diagnóstico de enfermedades es importante no restar importancia a la presencia de las sustancias químicas por mínima que sea la cantidad en el lugar de trabajo, así como las condiciones bajo las cuales se realizan las labores, debido a que esto puede representar algunos efectos de cronicidad a la enfermedad a largo plazo, así el establecimiento del tratamiento adecuado para las condiciones de trabajo del laboratorio.

Finalmente, los costos no tangibles de los accidentes con sustancias químicas son mayores a los de cualquier otro tipo; considerando que además es ciento por ciento recomendable la prevención antes de la remediación.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Academia de Economía, Seguridad Industrial, ESIQIE- IPN, México, 2010.
2. Academia de economía, Varela Meneses María Guadalupe, “Conceptos Básicos de seguridad industrial” curso de seguridad e higiene industrial, ESIQIE- IPN. México. agosto, 2010
3. Academia de Ingeniería Ambiental, Estudios de Impacto y Riesgo Ambiental, IPN, México, 2010.
4. Aldana Torres, Porfirio; **Manejo de sustancias químicas; sistema de identificación y comunicación de riesgos**, SSA México 2010, diciembre, 2010
5. Alfonso A. Calera, **Diagnóstico de la utilización de sustancias químicas en la industria española**, Edita: Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud. ISTAS, 2005
6. Almacenamiento de sustancias químicas, online, <http://seguridadybioseguridad.wordpress.com/2009/07/30/almacenamiento-de-sustancias-quimicas-en-el-laboratorio/>
7. Análisis de riesgos, online, http://www.unizar.es/guiar/1/Accident/An_riesgo/An_riesgo.htm, diciembre, 2010.
8. Aplicación y promoción de las normas, online, http://www.ilo.org/global/What_we_do/InternationalLabourStandards/ApplyingandpromotingInternationalLabourStandards/lang--es/index.htm 22-11-2010
9. Arroyo, M^a. C. **La Red Europea de programas de evaluación externa de la calidad y aptitud de laboratorios para la determinación de Agentes Químicos en los lugares de trabajo**. Comunicación al XII Congreso Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, Valencia 20-23 noviembre 2001.

-
-
10. Bautista Martínez, César Alejandro. ***Propuesta de un manual básico para la implementación de un programa de seguridad e higiene industrial en una planta metal-mecánica*** Tesis, ESIME-IPN, Ingeniería Industrial, 2009.
 11. Berenguer Subils, María José y Gadea Carrera, Enrique; ***Información sobre productos químicos: fichas de datos de seguridad. Ministerio de trabajo y asuntos sociales de España***, Universidad Autónoma de Barcelona, 2009.
 12. Bestratén Belloví, Manuel; ***Reactividad e inestabilidad química: análisis termodinámico preliminar. Ministerio de trabajo y asuntos sociales de España***, Universidad Autónoma de Barcelona, 2009.
 13. Bloomfield, J.J. ***Introducción a la higiene industrial*** Editorial, Reverte, 1964, pp. varias.
 14. Boletín de la Sociedad Peruana de Medicina Interna - Vol. 13 N°1 , 2000
 15. C Ray Asfahl. ***Seguridad industrial y salud***, 4ª. edición, Editorial Pearson Education, 2000.
 16. Calera, Alfonzo A. ***Diagnostico de la utilización de sustancias químicas en la industria española***, Edita: Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud. ISTAS. 2010.
 17. Canarios Mandariaga, Haydee. ***Efecto financiero en la disminución de los accidentes de trabajo en la industria***, Tesis, Administración Industrial, UPIICSA-IPN, México, 2010.
 18. Carol Llopart, Sergio. ***Una nueva metodología para la predicción de la gravedad en los accidentes industriales aplicando el análisis histórico***, Tesis Doctorado en Ingeniería Industrial, Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona España, 2001.

-
19. Casal, J. Montiel H. **Análisis del riesgo en instalaciones industriales**, Editorial Alfa omega, 2001.
 20. Chávez Pérez, Guillermo; Cruz Rubio, Ernesto y Vera Rodríguez, Jesús. **Normas y Tolerancias**, Editorial Continental, 1987, pp. 13-20.
 21. Clavero Subias, Jose María y Ysern Comas, Pere; **La gestión de los residuos peligrosos función en los laboratorios universitarios y de investigación**. Ministerio de trabajo y asuntos sociales de España, Universidad Autónoma de Barcelona, 2009.
 22. Comisión para la cooperación laboral **Guía sobre seguridad e higiene en el trabajo en México**, comisión para la cooperación laboral, México 2010.
 23. De Lucio Rodríguez, Erika Virginia; **Metodología para la planeación del análisis de riesgos en planta de proceso**; Tesis, M. en C. Ingeniería de sistemas, ESIME-IPN, 2009.
 24. Directrices sobre la prevención de la exposición a sustancias tóxicas http://www.who.int/ipcs/poisons/prevention_guidelines/en/index.html, diciembre, 2010.
 25. E. E Velazco, **Importancia de los Exámenes Médicos en la exposición a sustancias químicas en la Industria Automotriz**, Clariant (México) S.A. de C.V., 2007
 26. El Centro de Recursos del Departamento de Seguros de Texas División de Compensación para Trabajadores Servicios Laborales y Médicos, Alcance y Educación, **El Análisis de Fallas con Diagramas de Árbol**, Departamento de Seguros de Texas, División de Compensación para Trabajadores (TDI/DWC).
 27. Enfermedades por sustancias químicas, online, <http://www.rtve.es/mediateca/videos/20100317/ministerio-trabajo-reconocio-ano->

pasado-41-personas-sufren-cancer-contacto-sustancias-quimicas/722432.shtml,
diciembre, 2010.

28. Enrique E. Rueda Licenciado en Higiene y Seguridad Industrial Buenos Aires-
Argentina e-mail: eerueda@mixmail.com
http://www.pharmaportal.com.ar/tem_seguridad_08.htm
29. Farrera Velázquez, Rosalinda y Martínez Muñiz, Héctor Lenin. **Análisis de riesgo en el Colegio Bilbao para establecer medidas preventivas de seguridad e higiene**, Tesina, Ingeniería Industrial, UPIICSA-IPN, México, 2009.
30. Fichas Internacionales de Seguridad Química
<http://www.who.int/ipcs/publications/icsc/en/index.html>
31. Fichas Internacionales de Seguridad Química (FISQ)
http://www.ilo.org/safework/info/databases/lang--en/WCMS_113134
32. Francisco. Javier Pascual. Ldo. en Ciencias Ambientales. Consultor Medioambiental. **Los disolventes orgánicos tóxicos en higiene industrial**, www.riesgolaboral.net
33. Grimaldi, John V; Simonds, Rollin H. **La seguridad industrial, su administración**, Alfa omega, 2 edición ,1996 pp. 417-421
34. Grolero, María Luisa, **Enfermedades roncopulmonares ocupacionales**, Rev Med Uruguay 1989; 5: 74-77
35. Guardino Solá, Xavier; **Prevención del riesgo en el laboratorio químico: reactividad de los productos químicos**. Ministerio de trabajo y asuntos sociales de España, Universidad Autónoma de Barcelona, 2009.
36. Guevara Ortiz, Enrique; Quaas Weppen, Roberto y Fernández Villagómez, Georgina. **Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de**

-
- peligros y riesgos**, Centro Nacional de Prevención de Desastres, México, 2006, Cap. I.
37. Guevara Ortiz, Enrique; Quaas Weppen, Roberto y Fernández Villagómez, Georgina. **Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos**, Centro Nacional de Prevención de Desastres, México, 2006, Cap. VII.
38. Handley, William y E.L.M. Roberts. "Manual de seguridad industrial, Manejo de productos químicos" MC Graw Hill, 1980.
39. Hernández García C., Hernández Ortega J. A., Contreras Cruz J. C. **Distancias de seguridad en ductos de transporte de hidrocarburos**, 7º Congreso Internacional de Ductos, Puebla, Pue., noviembre, 2003.
40. Hernández Zuñiga, Alfonzo; Malfavon Ramos, Nidia y Fernández Luna, Gabriela, **Seguridad e Higiene Industrial**, limusa noriega editores, 1999, pp. 14-19
41. Hojas de datos de seguridad
http://www.iztacala.unam.mx/www_fesi/proteccioncivil/higieneyseguridad/memorias_emerg_quim/miercoles/3b_HDSSUSOPELIG.pdf
42. Información sobre Accidentes y Enfermedades de Trabajo Distrito Federal 2000-2009, pdf, 2010, STPS
43. Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud **Guía para la intervención la prevención del riesgo químico en el lugar de trabajo**, Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (ISTAS), Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo.
44. International Programme on Chemical Safety, **Guidelines on the prevention of toxic exposures. Education and public awareness activities**, International Labour Organization United Nations Environment Programme World Health Organization, 2004

-
45. Janina Abraham, Camilo, **Manual de Seguridad e Higiene Industrial**; Editorial Limusa, 1997 5ª impresión pp. 66,67
46. Julio Piscocoya Arbañil, **Toxicidad de los solventes como riesgo ocupacional**, Universidad Nacional de Piura. <http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/spmi/v13n1/Toxicidad.htm>
47. La Contaminación Ambiental como una de las posibles causas de la Endometriosis, online, http://www.viveplena.com/index.php?option=com_content&view=article&id=65:la-contaminacion-ambiental-como-una-de-las-posibles-causas-de-la-endometriosis-&catid=2:seccespecialista&Itemid=6}, diciembre, 2010
48. Laza Cema, Humberto, **Higiene y seguridad industrial**, México, IMSS, 4 edición, 1961
49. Leodegario Fernández Sánchez, **Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos presentes en los lugares de trabajo relacionados con agentes químicos**, Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo, ministerio de trabajo y asuntos sociales de España, 2010.
50. López Hernández Enrique, Posgrado en salud ocupacional, Escuela Nacional de Medicina y Homeopatía, IPN México 2010.
51. Lorenzo Fernández, Pedro y Ladero Quezada, José María. **Drogodependencias; farmacología, patología, psicología, legislación**. Editorial Médica Panamericana, 3ª. Edición, 2009. Pp. 373-387
52. Marisol anglés Hernández, “**Sustancias peligrosas, riesgos y salud en México, marco normativo.**”, México D.F. 2007.
53. Márquez, Fernando, **Manejo de sustancias peligrosas**, Universidad de Concepción. Santiago de Chile, 2006.

-
54. Molina Moctezuma, Mireya. **Implementación de un sistema para la prevención de incendios de una industria alimenticia**, Tesis, Ingeniería Mecánica ESIME-AZC, 2009.
55. Nava Hernández, **Legislación en materia de salud en el trabajo**, Departamento de Salud Pública, Facultad de Medicina, UNAM.2007
56. Normatividad de seguridad, online, http://www.ilo.org/global/What_we_do/InternationalLabourStandards/ApplyingandpromotingInternationalLabourStandards/lang--es/index.htm, diciembre, 2010.
57. Occupational Safety and Health Administration, **Todo sobre la osha**, OSHA, EUA. 2002.
58. Occupational Safety and Health Administration, EUA, **Manual for the classification and prioritization of risks dueto major accidents in process and related industries**. IAEA-TECDOC-727, 1996.
59. Occupational Safety and Health Administration, online, osha.europa.eu/en/campaigns/hw2008/campaign/es_ds.ppt · Página en caché · Archivo PPT <http://seguridadyambiente.wordpress.com/2008/09/19/rombo-nfpa-704/>
60. Organización Internacional del Trabajo, **“Mi vida, mi trabajo en seguridad – Gestión del riesgo en el medio laboral”** OIT, 5 DE Agosto de 2010.
61. Organización Internacional del Trabajo, **Seguridad, salud y condiciones de trabajo en la transferencia de tecnología a los países en desarrollo**, alfa omega, repertorio de recomendaciones practicas de la OIT,1995
62. Organización Internacional del Trabajo, online, <http://www.ilo.org/public/spanish/about/history.htm>, diciembre, 2010.

-
63. Organización Mundial de la Salud 2010 Salud Pública y Medio Ambiente, ***Ambientes Saludables y Prevención de Enfermedades***, OMS 2010
64. Ortiz Monasterio F., Cortinas de Nava C., Maffey García L., ***Manejo de los desechos industriales en México***. Fundación Universo XXI, 1987.
65. Pintor Prado, Enrique. ***Metodología para la evaluación del puesto de trabajo en la fabricación de productos químicos de higiene industrial***, Tesis, M. en C. Salud Ocupacional, Seguridad e Higiene, ENMH-IPN, México, 2009.
66. Programa Internacional sobre Seguridad Química
http://www.who.int/ipcs/features/chemicals_concern/en/index.html 2010
67. Ramos, Gustavo, "Neurotoxicidad por solventes orgánicos Aspectos neurológicos y neurofisiológicos", Acta Neurol Colomb • Vol. 20 No. 4 Diciembre 2004 pp 190-202
68. Rebollo Sandoval, David Miguel y Rangel Vázquez, Ricardo; ***Implementación de un programa de evaluación, prevención y control de riesgos industriales***, Ingeniería Mecánica, Tesis, ESIME Azcapotzalco IPN, 2008
69. Reglamento de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente en el Trabajo, Sector Público Federal, México 2006.
70. Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, México, 1997.
71. Riesgos por sustancias químicas, online,
http://www.atexga.com/prevencion/es/estudio-sustancias-nocivas/5_riesgos_especificos.php , diciembre, 2010.
72. Riesgos por sustancias químicas, online,
<http://www.semarnat.gob.mx/tramites/gestionambiental/materialesactividades/Paginas/MatPeligro.aspx>, diciembre, 2010.
-

-
73. Rivera Balboa, Rubén Darío; Arcos Serrano, María Esther; Izcapa Treviño, Cecilia y Bravo Medina, Enrique. **Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos, Fenómenos Químicos**. Centro Nacional de Prevención de Desastres, México, 2006, Cap. I.
74. Ruz Estévez, Lidia; **Improvement of strategies for the management of fire blight (*Erwinia Amylovora*). Evaluation and optimization of physical and chemical control methods, and use of decision support systems**. Doctorado en ingeniería química, Universidad de Georgia, 2003.
75. Salud, seguridad y medio ambiente en la industria, online, www.estrucplan.com.ar, enero 2011.
76. Secretaria de Trabajo y Previsión Social, **Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías** Norma Oficial Mexicana NOM-026-STPS-2008.
77. Secretaria de Trabajo y Previsión Social, **Condiciones de seguridad, prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo**, Norma Oficial Mexicana NOM-002-STPS-2000.
78. Secretaria de Trabajo y Previsión Social, **Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral**, Norma Oficial Mexicana NOM-010-STPS-1999.
79. Secretaria de Trabajo y Previsión Social, **Equipo de protección personal- Selección, uso y manejo en los centros de trabajo**, Norma Oficial Mexicana NOM-017-STPS-2008.

-
80. Secretaria de Trabajo y Previsión Social, ***Organización del trabajo-Seguridad en los procesos de sustancias químicas***, Norma Oficial Mexicana NOM-028-STPS-2004.
81. Secretaria de Trabajo y Previsión Social, ***Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas***, Norma Oficial Mexicana NOM-005-STPS-1998.
82. Secretaria de Trabajo y Previsión Social, ***Sistema para la Identificación y Comunicación de peligros y riesgos por Sustancias Químicas Peligrosas en los centros de trabajo***, Norma Oficial Mexicana NOM-018-STPS-2000.
83. Seguridad industrial y previsión de riesgos laborales, Diez mil accidentes laborales al año son causados por la contaminación de los productos químicos, online, http://www.belt.es/noticias/2005/julio/21/acc_laborales.asp diciembre, 2010.
84. Seguridad Industrial, online, http://www.belt.es/noticias/2005/julio/21/acc_laborales.asp, diciembre, 2010.
85. Seguridad Química, online, http://www.who.int/ipcs/features/chemicals_concern/en/index.html, diciembre, 2010.
86. Seguridad, accidentes de trabajo, online, http://www.ilo.org/global/about-the-ilo/press-and-media-centre/press-releases/WCMS_071435/lang--es/index.htm. diciembre, 2010.
87. Subsecretaria de Gestión para la protección ambiental. Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas, ***“Guía para la elaboración del Estudio de Riesgo Ambiental”***, SEMARNAT.

-
88. Sustancias peligrosas y evaluación de riesgos, campaña sobre evaluación de riesgos, European Agency for safety and health at work, <http://hw.osha.europea.eu> 2010
89. Tavera Barquín, Jesús. **Seguridad Industrial**, Ing Jesus Tavera Barquin IPN México, 1974 AMHSAC Editor.
90. Toxicidad de solventes orgánicos, <http://tratado.uninet.edu/c100803.html>, enero, 2011.
91. Toxicidad de solventes orgánicos, online, <http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/es/Solvent>, enero 2011.
92. Varios, **Hojas de datos de seguridad, sustancias químicas peligrosas**, UNAM IZTACALA, protección civil, memoria de higiene y seguridad, México, 2010.
93. Varios, **Investigación de Incendios, Éter etílico**, Revista Seguriart año4 vol 42 nov 2206.
94. Varios, **límites de exposición profesional para agentes químicos en España 2010**, Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (ISTAS), España, 2010.
95. Zagal, Jesús, **Método de evaluación de riesgos en accidentes químicos**, Memoria del simposio regional sobre preparativos para emergencias y desastres químicos: Un reto para el siglo XXI, México D.F., Diciembre 1996

ANEXO A.

FRASES R EN LAS HOJAS DE DATOS DE SEGURIDAD.

A continuación se listan todas las frases R o sus combinaciones, con su definición.

Aparecen en **negrita** las frases R que hacen referencia a las propiedades toxicológicas o a los efectos específicos sobre la salud. RD 363/1995, de 10 de marzo (BOE nº133 del 5 junio de 1995) y modificaciones posteriores.

Estas frases R podrán ser sustituidas a partir del 1 de diciembre del 2010 por las frases H, conforme a la nueva normativa de clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas (Reglamento (CE) nº 1272/2008 sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas).

- R1 Explosivo en estado seco.
- R2 Riesgo de explosión por choque, fricción, fuego u otras fuentes de ignición.
- R3 Alto riesgo de explosión por choque, fricción, fuego u otras fuentes de ignición.
- R4 Forma compuestos metálicos explosivos muy sensibles.
- R5 Peligro de explosión en caso de calentamiento.
- R6 Peligro de explosión en contacto o sin contacto con el aire.
- R7 Puede provocar incendios.
- R8 Peligro de fuego en contacto con materias combustibles.
- R9 Peligro de explosión al mezclar con materias combustibles.
- R10 Inflamable.
- R11 Fácilmente inflamable.
- R12 Extremadamente inflamable.
- R14 Reacciona violentamente con el agua.
- R15 Reacciona con el agua liberando gases extremadamente inflamables.
- R16 Puede explosionar en mezcla con substancias comburentes.
- R17 Se inflama espontáneamente en contacto con el aire.
- R18 Al usarlo pueden formarse mezclas aire-vapor explosivas/inflamables.
- R19 Puede formar peróxidos explosivos.
- R20** Nocivo por inhalación.
- R21** Nocivo en contacto con la piel.
- R22** Nocivo por ingestión.
- R23** Tóxico por inhalación.
- R24** Tóxico en contacto con la piel.
- R25** Tóxico por ingestión.
- R26** Muy tóxico por inhalación.
- R27** Muy tóxico en contacto con la piel.
- R28** Muy tóxico por ingestión.
- R29** En contacto con agua libera gases tóxicos.
- R30 Puede inflamarse fácilmente al usarlo.
- R31** En contacto con ácidos libera gases tóxicos.

R32 En contacto con ácidos libera gases muy tóxicos.
R33 Peligro de efectos acumulativos.
R34 Provoca quemaduras.
R35 Provoca quemaduras graves.
R36 Irrita los ojos.
R37 Irrita las vías respiratorias.
R38 Irrita la piel.
R39 Peligro de efectos irreversibles muy graves.
R40 Posibles efectos cancerígenos.
R41 Riesgo de lesiones oculares graves.
R42 Posibilidad de sensibilización por inhalación.
R43 Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel.
R44 Riesgo de explosión al calentarlo en ambiente confinado.
R45 Puede causar cáncer.
R46 Puede causar alteraciones genéticas hereditarias.
R48 Riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada.
R49 Puede causar cáncer por inhalación.
R50 Muy tóxico para los organismos acuáticos.
R51 Tóxico para los organismos acuáticos.
R52 Nocivo para los organismos acuáticos.
R53 Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.
R54 Tóxico para la flora.
R55 Tóxico para la fauna.
R56 Tóxico para los organismos del suelo.
R57 Tóxico para las abejas.
R58 Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente.
R59 Peligroso para la capa de ozono.
R60 Puede perjudicar la fertilidad.
R61 Riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto.
R62 Posible riesgo de perjudicar la fertilidad.
R63 Posible riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto.
R64 Puede perjudicar a los niños alimentados con leche materna.
R65 Nocivo: Si se ingiere puede causar daño pulmonar.
R66 La exposición repetida puede provocar sequedad o formación de grietas en la piel.
R67 La inhalación de vapores puede provocar somnolencia y vértigo.
R68 Posibilidad de efectos irreversibles.
R14/15 Reacciona violentamente con el agua, liberando gases extremadamente inflamables.
R15/29 En contacto con el agua, libera gases tóxicos y extremadamente inflamables.
R20/21 Nocivo por inhalación y en contacto con la piel.
R20/22 Nocivo por inhalación y por ingestión.
R20/21/22 Nocivo por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel.
R21/22 Nocivo en contacto con la piel y por ingestión.
R23/24 Tóxico por inhalación y en contacto con la piel.

R23/25 Tóxico por inhalación y por ingestión.
R23/24/25 Tóxico por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel.
R24/25 Tóxico en contacto con la piel y por ingestión.
R26/27 Muy tóxico por inhalación y en contacto con la piel.
R26/28 Muy tóxico por inhalación y por ingestión.
R26/27/28 Muy tóxico por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel.
R27/28 Muy tóxico en contacto con la piel y por ingestión.
R36/37 Irrita los ojos y las vías respiratorias.
R36/38 Irrita los ojos y la piel.
R36/37/38 Irrita los ojos, la piel y las vías respiratorias.
R37/38 Irrita las vías respiratorias y la piel.
R39/23 Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación.
R39/24 Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por contacto con la piel.
R39/25 Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por ingestión.
R39/23/24 Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación y contacto con la piel.
R39/23/25 Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación e ingestión.
R39/24/25 Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por contacto con la piel e ingestión.
R39/23/24/25 Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación, contacto con la piel e ingestión.
R39/26 Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación.
R39/27 Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por contacto con la piel.
R39/28 Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por ingestión.
R39/26/27 Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación y contacto con la piel.
R39/26/28 Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación e ingestión.
R39/27/28 Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por contacto con la piel e ingestión.
R39/26/27/28 Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación, contacto con la piel e ingestión.
R42/43 Posibilidad de sensibilización por inhalación y en contacto con la piel.
R48/20 Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación.
R48/21 Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por contacto con la piel.
R48/22 Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por ingestión.
R48/20/21 Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación y contacto con la piel.
R48/20/22 Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación e ingestión.

R48/21/22 Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por contacto con la piel e ingestión.

R48/20/21/22 Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación, contacto con la piel e ingestión.

R48/23 Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación.

R48/24 Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por contacto con la piel.

R48/25 Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por ingestión.

R48/23/24 Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación y contacto con la piel.

R48/23/25 Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación e ingestión.

R48/24/25 Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por contacto con la piel e ingestión.

R48/23/24/25 Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación, contacto con la piel e ingestión.

R50/53 Muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

R51/53 Tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

R52/53 Nocivo para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

R68/20 Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por inhalación.

R68/21 Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por contacto con la piel.

R68/22 Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por ingestión.

R68/20/21 Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por inhalación y contacto con la piel.

R68/20/22 Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por inhalación e ingestión.

R68/21/22 Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles en contacto con la piel e ingestión.

R68/20/21/22 Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por inhalación, contacto con la piel e ingestión.