

52
257



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

METODO PARA EVALUAR RIESGOS
PRODUCIDOS POR TOXICOS
EN LA INDUSTRIA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
A C T U A R I O
P R E S E N T A:

OLGA AIDE LE MOYNE ECHEVERRIA



Facultad de Ciencias
UNAM

México, D. F.

Director de Tesis: M. en Ciencias

Francisco Pablo Ramirez Garcia



FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR

1996

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

M. en C. Virginia Abrín Batule
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
P r e s e n t e

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:
Método para evaluar riesgos producidos por tóxicos en la industria.

realizado por

Olga Aidé Le Moyne Echeverría , pasante de la carrera de Actuaría
con número de cuenta 9150579-0

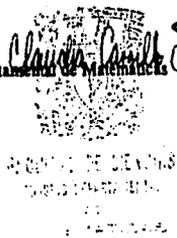
Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis
Propietario Maestro en Ciencias
Francisco P. Ramírez García
Propietario Maestro en Ciencias
Guillermo Gómez Alcaraz
Propietario Actuario
Carlos F. Espinosa López
Suplente Doctor en Demografía
René Jiménez Ornelas
Suplente Físico
Víctor P. Mantilla Caballero

Consejo Departamental de Matemáticas

Fco. Pablo Ramírez G.
[Signature]
Carlos F. Espinosa L.
[Signature]



AGRADECIMIENTOS

**Al M. en C. Fco. Pablo Ramírez García,
Director de la presente Tesis.**

Al M. en C. Guillermo Gómez Alcaraz,

Al Act. Carlos. F. Espinosa López,

Al Dr. René Jiménez Ornelas,

Al Físico Victor P. Mantilla Caballero,

Asesores de la presente Tesis.

A mis profesores por su paciencia y dedicación.

A mi madre, sin ella no sería lo que soy ahora.

A mi familia por su apoyo y comprensión.

A ti que ya no estas.

A mis amigos porque siempre han estado ahí.

A ti que has sido tan importante.

MÉTODO PARA EVALUAR RIESGOS PRODUCIDOS POR TÓXICOS EN LA INDUSTRIA

INDICE

PRÓLOGO	5
INTRODUCCIÓN	8
I.- MARCO TEÓRICO	11
A- Toxicología	11
1. Origen y evolución de la toxicología	11
2. Clasificación de la toxicología	13
3. Toxicología clínica	15
3.1 Introducción	15
3.2 Vías de intoxicación	17
3.3 Características de exposición	21
3.3.1 Concentración	21
3.3.2 Tiempo de exposición	22
3.3.3 Tipo de exposición	22
3.3.4 Efectos de la exposición	23
3.4 Evaluación de la toxicología	26
B- Identificación de materiales por su efecto toxicológico	29
1. Legislación Mexicana del uso de los productos químicos	29
2. Clasificación del riesgo	29
3. Características de los materiales	37
3.1 Cancerígenos	37
3.1.1 Contaminantes potencialmente cancerígenos	37
3.1.2 Cancerígenos potenciales para el hombre	38
3.1.3 Cancerígenos para el hombre	38
3.2 Polvos minerales	39
3.2.1 Partículas molestas	40
3.3 Asfixiantes puros	41
3.4 Mezclas contaminantes	41
3.4.1 Efecto aditivo	41
3.4.2 Efecto independiente	42

3.4.3 Caso especial	42
C- Índice Dow	43
1. Introducción	43
2. Descripción del Método	43
3. Factor Material	47
D- Identificación de Materiales para el Índice Dow	55
1. Antecedentes de la NFPA	55
2. Clasificación del riesgo	55
3. Características de los materiales	63
3.1 Líquidos inflamables y combustibles	63
3.2 Aceites combustibles	65
3.3 Gases	65
3.4 Polvos explosivos	66
3.5 Sólidos inflamables	66
3.6 Metales combustibles	67
3.7 Resinas y plásticos	67
3.8 Materiales oxidantes	68
3.9 Ácidos y otros corrosivos	68
3.10 Tóxicos	69
3.11 Material radiactivo	70
E- Procedimiento de Seguridad	71
1. Antecedentes	71
2. Principios básicos de prevención	72
2.1 Protección personal	73
2.2 Higiene personal	75
3. Control organizacional	75
4. Identificación	76
4.1 Etiquetado	77
4.2 Almacenamiento	77
5. Costumbres en el trabajo	78
6. Monitoreo de exposición	78
7. Supervisión médica	78
8. Entrenamiento y educación	78
9. Plan de emergencia	79

II.- OBJETIVO DEL TRABAJO	81
III.- MÉTODO PROPUESTO	82
A- Introducción	82
B- Método	83
1. Índice toxicológico	83
1.1 Selección del proceso	83
1.2 Factor toxicológico	84
1.3 Riesgos generales	90
1.3.1 El estado del tóxico en el ambiente	90
1.3.2 Manejo y transferencia de materiales	90
1.3.3 Unidades de proceso cerradas o interiores	91
1.3.4 Acceso al área de proceso con equipo de emergencia	91
1.3.5 Drenajes y control de derrames	92
1.3.6 Monitoreo	92
1.4 Riesgos especiales	93
1.4.1 Materiales tóxicos	93
1.4.2 Baja presión	94
1.4.3 Operación en o cerca de los máximos permisibles	94
1.4.4 Almacenamiento de polvos minerales	95
1.4.5 Alivio de presión	95
1.4.6 Baja temperatura	95
1.4.7 Corrosión y erosión	96
1.4.8 Combinación de tóxicos	96
1.4.9 Fugas, juntas y empaques	96
1.4.10 Procesos radiactivos	97
1.4.11 Equipo rotatorio, bombas y compresores	97
1.4.12 Marcado y etiquetado	97
1.4.13 Higiene	97
1.5 Riesgos por cantidad de material	98
1.6 Índice toxicológico	99
1.7 Medidas de corrección	99
1.8 Riesgo toxicológico	102
1.9 Resultados del análisis	103

C- Aplicaciones	116
1. Ejemplo 1	116
1.1 Preparación del material biológico para su estudio en el microscopio electrónico	116
1.2 Evaluación toxicológica	119
1.3 Disminución del riesgo	137
2. Ejemplo 2	141
2.1 Pipa o carro tanque con amoníaco	141
2.2 Evaluación toxicológica	142
2.3 Disminución del riesgo	151
3. Ejemplo 3	152
3.1 Pipa o carro tanque con gas L.P.	152
3.2 Evaluación toxicológica	153
3.3 Disminución del riesgo	164

IV.- CONCLUSIONES	165
--------------------------	-----

ANEXO	170
--------------	-----

BIBLIOGRAFÍA	183
---------------------	-----

INSTITUCIONES	185
----------------------	-----

PRÓLOGO

Este proyecto nació de una inquietud personal por proponer mejoras a la *Seguridad Social Mexicana*. Sin embargo, debido a las dimensiones de esa inquietud, no fue posible reducirla a una tesis de nivel Licenciatura. Siendo becario del Instituto Mexicano del Petróleo y siguiendo con aquella inquietud, surgió la idea de proponer mejoras a la Seguridad Social de los trabajadores de Pemex, lo cual también significó un análisis desbordante para una tesis. Apoyándose en el trabajo de Seguridad Radiológica que realiza Francisco Pablo Ramírez en la Subdirección de Ciencias Básicas del IMP, me propuso formular un método basado en el *Índice Dow para fuego y explosión* modificándolo para evaluar *riesgos producidos por tóxicos*.

En algunos diccionarios se puede encontrar la definición de *actuario* como aquel profesional que elabora estudios de carácter financiero, económico, demográfico, social estadístico, administrativo y de organización, mediante la aplicación de la ciencia matemática. Esta definición abarca el tema de *administración de riesgos*, en donde engrana este trabajo.

El concepto de administración de riesgos combina los *recursos financieros y humanos* de la empresa para identificar y evaluar los riesgos potenciales y decidir cómo manejarlos con la combinación óptima costo-efectividad.

Su clasificación es la siguiente

a) Reconocimiento del riesgo

i) Identificación del riesgo de bienes materiales, de personas y consecuenciales: se incluye aquí asesoría para la elaboración de cuestionarios que servirán de base para la identificación de los riesgos a que está expuesta la empresa, inspecciones periódicas enfocadas a la prevención de pérdidas.

ii) Análisis y evaluación de las pérdidas potenciales identificadas: cuantificar el potencial por daños o destrucción y estimar el impacto financiero. Establecer frecuencia y severidad a través de estadísticas que estimen las pérdidas potenciales. Estimar la pérdida máxima probable para riesgos de alta severidad y baja frecuencia. Evaluación de los riesgos de personas, de bienes materiales, consecuenciales y especulativos. Cálculo de la pérdida máxima probable.

b) Prevención del riesgo

i) Decisión sobre la alternativa óptima: implica la selección que mejor combine la relación costo-efectividad de los métodos para el manejo de los riesgos. Asesoría y evaluación de un programa de protección con el

objetivo de dar las bases de decisión sobre los riesgos que se pueden adquirir o absorber.

ii) Desarrollo de métodos y sistemas de control o de financiamiento: identificar los riesgos controlables o reducibles, aquellos que se puedan absorber por la capacidad financiera de la empresa, los transferibles a través de seguros o terceros. Control de resultados mediante el desarrollo de medidas y sistemas.

Esta propuesta toca este último punto pretendiendo desarrollar *un método que reconozca y prevenga el riesgo de personas a causa del uso de tóxicos.*

Este trabajo está estructurado por tres partes.

El *marco teórico* que es la primera parte, consta de cinco capítulos. El primero de ellos, trata de resaltar la importancia que tiene la *toxicología*. Para ello, se empieza por su *origen y clasificación* para concentrarnos en la toxicología clínica. Se subraya que lo tóxico de las sustancias dependen de *la dosis administrada*.

Este punto ha sido reconocido al grado de existir *normas* y *leyes* a nivel *nacional* (e internacional) que regulan la dosificación de sustancias en el ambiente laboral. Por ello es necesario *identificar y clasificar* tanto las *sustancias*, como el *trabajo* realizado. De esto trata el segundo capítulo.

El tercer capítulo describe un *método cuantitativo* pionero (de ahí el interés de su estudio en este trabajo) en el control de *riesgo de fuego y explosión*, el Índice Dow. Éste identifica y evalúa el potencial por daños o destrucción y estima el impacto financiero.

Para que el Índice Dow pueda cumplir su objetivo, necesita también una previa *identificación y clasificación* de las *sustancias*. Esta identificación de las características físicas y químicas aparece en el cuarto capítulo y está realizada en su mayoría por la NFPA.

El quinto capítulo hace referencia a las *medidas de seguridad* como equipo y entrenamiento necesario para evitar que un accidente de trabajo ocurra. Y en su caso los primeros auxilios y medidas para que los daños a personas e instalaciones se reduzcan.

Con los primeros cinco capítulos del *marco teórico* pretendemos *identificar* plenamente el *riesgo de intoxicación* en el ambiente laboral. Podremos entonces conocer las *características y precauciones* en el uso y manejo de sustancias químicas así como el *peligro* que implicaría un mal uso permitiendo una *excesiva dosificación*.

La segunda parte de este trabajo, *presenta un método que permita implementar un programa de protección para identificar, prevenir y reducir los riesgos producidos por tóxicos en la industria.*

Este método es similar al descrito en la primera parte con las modificaciones que pensamos pertinentes para evaluar el *riesgo toxicológico* y no de fuego y explosión. Al utilizar como esquema el Índice Dow pretendemos un método *cuantitativo, útil y accesible* a la gente que lo pueda necesitar, los empleados y encargados de un ambiente laboral cuyo uso de sustancias químicas sea indispensable. Con este *método* se pretende *evaluar el riesgo* y sentar las bases de *decisión* para *absorber o transferir* el mismo. Con ello, se trató de sentar las bases para la *prevención del riesgo* que es parte importante dentro de la clasificación de la administración de riesgos.

En la tercera parte se presentan los resultados, discusiones, *conclusiones* y perspectivas de la propuesta aquí planteada y termina con un *anexo de definiciones útiles* al tema.

INTRODUCCIÓN

El ser humano siempre se ha enfrentado y se enfrentará a una gran diversidad de *riesgos*. Es por ello que ha modificado su forma de actuar; por ejemplo ante el fuego ha establecido una serie de procedimientos para controlarlo y usarlo, así como para prevenir la ocurrencia de un evento indeseable. Actualmente se conoce que existen tres tipos de fuego (A, B, C), además se han creado equipos (como extinguidores de fuego) y señales, también se capacita a los seres humanos para evitar la ocurrencia de un fuego incontrolable creando además los seguros contra incendio, forma ideada para recuperar la inversión del inmueble. Al indicar el mecanismo por medio del cual se protege actualmente al ser humano de los riesgos se observan los siguientes aspectos:

- 1°- investigar las causas y mecanismos por lo que ocurren los accidentes,
- 2°- conocer el origen físico, químico o biológico del riesgo,
- 3°- establecer procedimientos para prevenirlo y combatirlo,
- 4°- establecer reglas y normas para prevenirlo y combatirlo,
- 5°- establecer símbolos y señalar la presencia del riesgo,
- 6°- capacitar a los seres humanos en todos éstos puntos,
- 7°- crear seguros que permitan recuperar la inversión afectada.

En muchos casos la *evaluación del riesgo* refleja las expectativas de pérdida monetaria sufridas durante un accidente en el ambiente. Es decir, el riesgo es una característica de una pérdida monetaria esperada, basada en la probabilidad de un accidente ambiental ocurrido. Pero la gravedad de un accidente puede no ser solo la pérdida monetaria del accidente en sí, podría medirse también la pérdida por reparación. En realidad, debieran considerarse en los riesgos ambientales, la probabilidad de que el medio ambiente sea capaz de absorber material incompatible y la reducción de la resistencia del sistema en futuros accidentes. Además, debiera dirigirse la investigación del riesgo ambiental no solo al daño material, sino a la interacción entre el Hombre y sus actividades y el impacto al sistema considerado. Desde un punto de vista económico, la organización y planeación de una institución tiene por resultado una buena utilización y manejo de los productos (ya sean químicos o de cualquier otro

tipo), repercutirá en un ahorro sustancial al evitar los daños y perjuicios tanto materiales como humanos y aún en caso de no poderlos evitar, si disminuirán en gran medida los gastos de reparación, hospitalización, indemnización y paro, por nombrar solo algunos. (Timothy 1992)

Específicamente en la Industria Química los riesgos de accidentes son muchos y aunque se ha tratado de mejorar el ambiente de trabajo e implementar medidas de seguridad, éstas aún pueden ser superadas. Dicho esto especialmente en la rama de la *toxicología* ya que se afecta directamente al ser humano e indirectamente a la productividad, a las ganancias y al crecimiento de una empresa.

Estudios de autores como Pines (1992) indican que las estadísticas vitales publicadas en varios países revelan que los accidentes de trabajo son entre el 25% y el 50% de las causas de muerte entre los 30 y 55 años de edad, lo que lleva a un detrimento en la *salud pública* y en la condición *económica* del país. Se considera un accidente o enfermedad de trabajo a una pérdida de al menos 3 días de trabajo.

En México, en Normas Oficiales de la Federación (Julio 1994), se publican *tablas de concentraciones máximas* para productos químicos en el trabajo y la manera de calcularlas. El uso apropiado de éstos métodos de análisis permite evaluar la magnitud y la probabilidad de los riesgos. Con éstos métodos se determinan sistemáticamente, las medidas preventivas para eliminar riesgos o minimizarlos.

Según Ramírez García (1990), existen políticas prioritarias para incrementar los niveles de seguridad del personal y de las instalaciones industriales, incluyendo a la industria petrolera del país. Por ello, se hace necesario llevar a cabo estudios analíticos que generen resultados cuantitativos de los riesgos potenciales que se pueden presentar dentro de las instalaciones industriales. Los análisis sirven de base para tomar una serie de decisiones relacionadas al mantenimiento correctivo, preventivo y en algunos casos para el mantenimiento predictivo.

Los estudios analíticos de la seguridad de los procesos, se apoyan en técnicas diversas para identificar los riesgos potenciales en las unidades de proceso y proponer las medidas preventivas requeridas. Algunos de los más poderosos procedimientos pertenecen a la fiabilidad, que es una ciencia matemática que estudia las leyes de la ocurrencia de las fallas en equipos técnicos.

Para analizar y evaluar los riesgos de plantas industriales susceptibles de dañarse por fuego, explosión, toxicidad, operabilidad, sistemas críticos y de

paro y arranque, están las herramientas de la *fiabilidad* y los índices de fuego y explosión tales como: el análisis de falla y efecto, los árboles de falla, el *Índice Dow*, el índice Mond y el análisis de nubes explosivas.

La aplicación del procedimiento del *análisis de falla y efecto* para la determinación de los riesgos por fuego, explosión y toxicidad, en donde se evalúa la unidad industrial completa es usada para identificar e indicar todas las componentes que ocasionan éstos riesgos. (Ramírez G. Fco. P. 1990)

El gran aumento en la variedad de compuestos químicos crece a la par que la *exposición* a sus efectos perjudiciales *tóxicos*. Los efectos tóxicos de éstos productos no solo conciernen al médico industrial. También los directores de fábrica, los químicos, ingenieros y público en general muestran un interés creciente por ampliar sus conocimientos acerca de los peligros a la salud debido a las sustancias con que ellos trabajan. (Plunkett 1968)

De igual forma, este tipo de información es muy útil para la decisión de transferencia de un riesgo tanto para el industrial como para el asegurador.

I. MARCO TEÓRICO

Esta sección está dividida en cinco capítulos: el primero dedicado a los puntos más importantes de la toxicología; el segundo está enfocado a los materiales desde un punto de vista toxicológico; el tercero describe el Índice Dow para fuego y explosión; el cuarto explica las características esenciales de los materiales y el quinto introduce a los procedimientos y planes básicos de seguridad.

Empezaremos entonces por conocer lo que la toxicología es y a lo que se refiere.

A- Toxicología

Desde el punto de vista de Fabre (1948), la *toxicología*, por su desarrollo en nuevas situaciones de la actividad humana, es una ciencia social cuya importancia ya no está a discusión. La ciencia de los venenos es indispensable al biólogo, al agricultor, al médico legista y al higienista. Esta ciencia es delicada ya que necesita de la parte del experimentador, de conocimientos precisos y de métodos analíticos diversos.

1. Origen y evolución de la toxicología

En su investigación Montoya Cabrera (1989) relata que es de suponerse que desde el principio de la humanidad, el hombre conoció los efectos adversos de los tóxicos. Así, en la búsqueda de sus alimentos, seguramente sufrió mordeduras o picaduras de animales ponzoñosos e ingirió una gran cantidad de materiales de origen botánico o animal, muchos de los cuales le resultan perjudiciales e incluso le causan la muerte.

Durante siglos, se tuvo un concepto simplista, puramente cualitativo de éstas sustancias; algunas de ellas las empleó el hombre en la caza o para causar daño a sus semejantes. Hay evidencia de que desde el periodo paleolítico existía la costumbre de mojar las flechas con sustancias ponzoñosas y de ahí seguramente deriva el vocablo *Tóxico* (del griego Τοξικον, que significa flecha). La administración de las mismas en forma de pociones dio lugar a los *Venenos*, término posiblemente derivado del latín *venenum*, que significa poción de amor de Venus.

Las descripciones más antiguas de los venenos, continúa Montoya (1989), provienen del papiro de Ebers (aproximadamente 1500 a.C.), del libro de los Vedas y de la Biblia. Teofastro (307-256 a.C.) en su *Historia Plantarum*, hace referencia a numerosas plantas venenosas como la cicuta empleada comúnmente en Grecia para ejecuciones de orden político y con la cual se dio muerte a Sócrates. Mitridates, rey de Ponto (131-63 a.C.) manifestó especial interés por el estudio de los venenos, mismos que administraba a sus prisioneros para observar cómo reaccionaban. Él mismo, ante el temor de ser envenenado, adoptó la costumbre de ingerir en forma regular y progresiva, mezclas de venenos y antidotos a las que se conoció como *theriaka* o *mithridaticum*, los que se anunciaban como "antídoto para todas las ponzoñas de los reptiles así como para todas las sustancias venenosas". Este proceso fue conocido como mitridización en honor de tan peculiar personaje y seguramente es el antecedente más antiguo de los actuales procedimientos de desensibilización. Es curioso que, ante la posibilidad de ser hecho prisionero por sus enemigos, Mitridates intentó envenenarse, lo que no consiguió; por lo cual, hubo de ser muerto por sus propios soldados. La *theriaka* con algunas modificaciones y llegando a contener más de setenta ingredientes, se usó ampliamente hasta el siglo XVIII extendiendo su acción no solo contra los venenos sino contra otras enfermedades, por lo que llegó a ser considerada como un remedio universal aún cuando se decía de ella: "nunca un medicamento ha contenido tantas cosas y curado tan pocas".

Aecio de Amida, cuya ciudad está a orillas del Tigris, escribió en el siglo VI una obra monumental en 16 volúmenes nombrada *tetrabiblon* y en la que destaca un valioso capítulo sobre los venenos. Abu Ali-Al-Hussein ibn Abdallah ibn Sina, mejor conocido como *Avicena* (980-1037), médico árabe conocido como el Príncipe de la Medicina, escribió una vasta obra conocida como *Canon de Medicina*, uno de cuyos 5 volúmenes dedica al estudio de las drogas y sus efectos adversos. Por su parte, el médico y filósofo judío, nacido en Córdoba, Moisés Ben Maimon o *Maimonides* (1135-1204), escribió cómo evitar intoxicaciones y cómo tratarlas con antidotos. Arnaldo de Vilanova (1240-1311), el maestro más distinguido de la escuela de medicina de Montpellier, inicia su libro sobre los venenos diciendo: "En este libro me propongo con la ayuda de Dios, considerar las enfermedades de las mujeres, pues las mujeres son criaturas venenosas. Luego, trataré de las mordeduras de las bestias venenosas".

Montoya Cabrera (1989) continúa relatando que el iniciador de la toxicología en su concepto cuantitativo fue sin lugar a dudas Bombastus von Hohenheim más conocido con el seudónimo de *Paracelso* (1493-1541), nacido en

Einsiedeln cerca de Zurich. Médico, alquimista y naturalista, tuvo en vida muchos detractores que lo clasificaron de "charlatán, simple curandero y embaucador". A través de los siglos se ha reconocido su grandeza y así Sir William Osler se refirió a él como el "Lutero de la Medicina". Fue el primero que reconoció la relación entre dosis de las sustancias y los efectos a que daban lugar, iniciando así la era cuantitativa de la toxicología. Sus observaciones las sintetizó en su famoso apotegma "dosis sola facit venenum", todo es veneno dependiendo de la dosis.

Como padre de la toxicología moderna se ha considerado a *Mateo José Buenaventura Orfila* (1787-1853), nacido en la isla de Minorca (España) y después nacionalizado francés. Estudió química, matemáticas y más tarde, medicina en París. Fue el primero en aplicar estudios analíticos para identificar los tóxicos en el organismo y tratar de explicar sus mecanismos de acción. Consideró que la Toxicología es una ciencia independiente y escribió varias obras sobre el tema, mismas que le dieron reputación universal.

Al fin, correspondió al filósofo francés *Claude Bernard* (1813-1878), introducir el método experimental en toxicología al emplear algunos venenos, como el curare, para explicar diversas funciones del sistema nervioso. Ya en este siglo, el bioquímico inglés *R. A. Peters* introdujo los conceptos de "lesión bioquímica" y de "síntesis letal", que han servido de base para conocer los mecanismos de acción molecular de los tóxicos. (Montoya Cabrera 1989)

2. Clasificación de la Toxicología

El mismo autor, Montoya Cabrera (1989), sigue explicando que de acuerdo a su etimología, los conceptos de tóxico y veneno tienen más un valor histórico y anecdótico que real, a pesar de lo cual se siguen utilizando de manera amplia e indistinta hasta nuestros tiempos.

La *toxicología* (ver el anexo) es una ciencia multidisciplinaria que se apoya en la Química, la Biología, la Patología, la Fisiología, la Bioquímica, la Inmunología, la Salud Pública y de manera preponderante en la Farmacología. En relación a ésta última se ha considerado que la Toxicología es una de sus ramas más importantes; sin embargo, en el momento actual el campo de acción de la última se ha extendido más allá del estudio de los efectos adversos de los medicamentos y abarca una gran cantidad de productos químicos que tienen otras aplicaciones, i.e.: los metales, los disolventes orgánicos, los plaguicidas, los plásticos, etc. Con esto se ratifica el concepto de Orfila de que la Toxicología se ha dividido en varias ramas, las más importantes son:

i.- Toxicología ambiental: Trata de la exposición accidental del hombre a los compuestos químicos que se encuentran contaminando el medio ambiente general o de trabajo, los alimentos o el agua. Estudia las causas, condiciones, efectos y límites de seguridad de dicha exposición.

ii.- Toxicología económica: Estudia los efectos adversos de los productos químicos cuando intencionalmente se ponen en contacto con los sistemas biológicos, con el propósito de lograr un efecto específico. La mayor parte de los compuestos considerados en este ramo de la Toxicología los ha desarrollado el hombre (especie económica), para combatir plagas que lo afectan directamente o a sus intereses (especies no económicas); como ejemplos tenemos los bactericidas. Su uso inadecuado y el abuso en su empleo, es causa frecuente de intoxicaciones en los humanos.

iii.- Toxicología forense: Trata todos los aspectos médicos y legales de las intoxicaciones (medicina legal). Está estrechamente vinculada con la siguiente rama.

iv.- Toxicología clínica: Estudia los aspectos de exposición del hombre a los tóxicos, los mecanismos, cómo éstos actúan en el organismo y las manifestaciones clínicas a que dan lugar, la metodología para su diagnóstico, su prevención y su tratamiento; en ella se mezclan muchos aspectos de las otras ramas de la Toxicología.

Otras subdivisiones se refieren a grupos humanos con exposiciones específicas a los tóxicos: *Toxicología Industrial, Militar, Pediátrica*, etc.; o bien a grupos de éstos compuestos: *Toxicología de los plaguicidas*, de los *medicamentos*, de los *metales*, de los *plásticos*, de los *disolventes*, etc. (Montoya Cabrera 1989)
De éstas clasificaciones nos vamos a enfocar a la Toxicología Clínica para entender mejor el daño directo que puede hacer un producto químico en el cuerpo humano.

3. Toxicología Clínica

3.1 Introducción

Las intoxicaciones accidentales en los *niños*, las sobredosis con *fines suicidas* o criminales, los problemas derivados de la contaminación *ambiental* o *laboral* y la adicción a las drogas, constituyen en el momento actual una fuente continua de morbilidad y mortalidad en muchos países. (Montoya Cabrera 1989)

Bakar (1990) considera que aún cuando las *intoxicaciones* han significado un problema médico a lo largo de la historia, después de la Segunda Guerra Mundial se han convertido en un *problema de salud pública mundial* por su número progresivamente creciente como consecuencia de la llamada "*explosión de la industria química*". La evolución en la elaboración de sustancias químicas es asombrosa si consideramos que hace solo 15 años era de 1 millón de toneladas anuales. Poco se sabe y poco se ha hecho sobre el análisis de riesgo relacionado con los productos químicos y los procesos químicos. Hoy, cerca de 1000 nuevos productos químicos son producidos cada año. Se estima que entre 5 mil y 10 mil productos químicos comerciales son peligrosos, de entre los cuales 150 a 200 son considerados potencialmente *carcinógenos*.

El mismo autor, Bakar (1990), opina que los productos químicos han mejorado la calidad de vida: los agroquímicos, bajo forma de *pesticidas* y *fertilizantes*, han incrementado en forma exponencial la producción agrícola de comida; la *quimioterapia* ha contribuido al tratamiento del cáncer y con nuevos medicamentos que constantemente son integrados al mercado para diversos fines, como el tratamiento del corazón; las *fibras de carbón* son usadas en la manufactura de nuevos materiales más ligeros; los *adhesivos acrílicos*, el *pegamento* y *plásticos* biodegradables, son otros ejemplos de la importante contribución de la química en la vida diaria.

Hoy día, en casi todo lugar como es el de trabajo, las personas están expuestas a productos químicos (como disolventes, que se usan para limpiar, desengrasar, mezclar pinturas, barnizar y diluir concentrados, compuestos y mezclas).

El producto químico en estado sólido, puede transformarse en pequeños pedazos o polvo el cual puede quedar suspendido en el aire por largos periodos de tiempo. Gases y vapores son empleados en la industria en procesos como soldadura y refrigeración. Los gases también son usados como anestesia en hospitales.

Los laboratorios de las escuelas, universidades, institutos de investigación y agencias privadas y gubernamentales usan una variedad de sustancias químicas en pequeñas y grandes cantidades. En la agricultura, los trabajadores pueden exponerse a fertilizantes, pesticidas y herbicidas. Muchos de los pesticidas son usados para controlar el nacimiento de insectos no deseados. Aún en una moderna oficina, podemos encontrar una gran variedad de sustancias químicas.

Sin embargo, continúa el mismo autor, algunas sustancias químicas pueden herir o matar. Una sustancia química concentrada o mezclada con otra, puede causar una *lesión*, una *enfermedad* o la *muerte*. Su mal uso puede causar incendios o explosiones. Es de suma importancia que cada persona que pueda tener contacto con productos químicos, conozca y comprenda el riesgo y los métodos viables para reducirlo.

Un punto de atención en años recientes ha sido enfocado a los efectos de exposición de las sustancias químicas en la salud de los trabajadores. Muchos productos químicos que se han considerado como inofensivos, se les ha encontrado asociados a lesiones en la *piel*, a enfermedades *crónicas* y *biodegenerativas* como el cáncer. (Bakar Abu et al 1990)

Es importante entonces entender como son los factores, su combinación y su contribución con la situación de riesgo asociado con una sustancia química en el lugar de trabajo, la toxicidad, las propiedades físicas de las sustancias, prácticas de trabajo, la naturaleza de la exposición, exposición combinada, las rutas de entrada y la susceptibilidad del trabajador.

3.2 Vías de intoxicación

En ésta sección se describirá la *forma de entrada* o vía de introducción del agente contaminante en el organismo: ambos autores, Bakar (1990) y Montoya Cabrera (1989), tocan este tema y destacan que las sustancias químicas pueden entrar al cuerpo de tres maneras distintas:

- a) inhalación: se da por las *vías respiratorias* y a ésta corresponden la mayoría de las enfermedades causadas por agentes químicos y biológicos, lo que resulta fácil de comprender si consideramos que éstos agentes se mezclan con el aire que respiramos.

Descripción fisiológico-funcional

Bakar (1990) puntualiza que el aparato respiratorio representa un eficiente punto de entrada para los vapores, líquidos y sólidos suspendidos en el aire. Con una superficie total alveolar del pulmón de 90 m² en un adulto sano, se calcula que es capaz de inhalar 8.5 m³ de aire en el curso de 8 horas (una jornada de trabajo).

El aparato respiratorio, consiste esencialmente en la parte alta (nariz, boca y garganta), ductos respiratorios (traquea, bronquios, bronquiolos y ductos alveolares) y el intercambio de gases (alvéolos) donde el oxígeno del aire se difunde en la sangre y el bióxido de carbono de la sangre sale al aire.

Las vías respiratorias están cubiertas por estructuras ciliadas. Estas estructuras son parte del mecanismo de limpieza de los pulmones, cuando partículas extrañas depositadas en la superficie del aparato respiratorio son llevadas por la mucosa hacia la garganta.

Se estima que 2 litros de mucosa fluye a la garganta cada día. Durante la respiración, las partículas químicas suspendidas en el aire entran por la boca o por la nariz, cruzando los ductos respiratorios y finalmente entran en el área de intercambio de gases donde se depositan o pasan al torrente sanguíneo. (Bakar Abu et al 1990)

Mecanismos de intoxicación

Bakar (1990) continúa su descripción especificando que algunas sustancias irritan las membranas mucosas de la parte superior del tracto respiratorio. Esta irritación puede servir como una alarma de la presencia de la sustancia química. Sin embargo, algunos gases o vapores no tienen este efecto, sin advertirlo, penetran profundamente a los pulmones causándoles daños.

La entrada de *polvo* en el cuerpo depende de su tamaño y solubilidad, solo pequeñas partículas (menores de .007 mm de diámetro) son capaces de alcanzar el área de intercambio de gases. El polvo que sí puede alcanzar el área de intercambio, puede ser también depositado ahí o difundido por la sangre dependiendo de su solubilidad.

Las partículas insolubles se eliminan más fácilmente por el mecanismo de limpieza. Las partículas más grandes son filtradas por los bellos de la nariz, o depositadas en el camino de la nariz a los ductos respiratorios. Pueden ser eventualmente transportadas a la garganta donde pueden ser deglutidas o escupidas.

Los irritantes en forma de polvo, gas o vapor pueden inducir a "quemaduras", cuando entra en contacto con la parte superior del sistema respiratorio. La irritación es causada normalmente por sustancias solubles como amoníaco, formaldehídos, óxidos de azufre, ácidos y alcaloides las cuales son absorbidas por la humedad de la nariz y la garganta. Se debe tener cuidado de que esos vapores no sean inhalados cuando los trabajadores las estén manejando. Algunos irritantes ejercen sus efectos a lo largo de la traquea causando bronquitis y algunas veces serios daños en los tejidos y en la garganta. Ejemplos: *bióxido de azufre* y *cloro*.

Las sustancias químicas que son menos solubles al agua penetran al área de intercambio de gases, causando serias irritaciones. Su presencia en los lugares de trabajo no se detecta normalmente y puede presentar un serio peligro para los trabajadores. La reacción a la sustancia química en el pulmón induce al *edema pulmonar*, inmediatamente o después de algunas horas. Los síntomas empiezan con intensas irritaciones seguidas de tos, respiración cortada y falta de oxígeno así como expectoración de gran cantidad de mucosa. Unos ejemplos serían el *bióxido de nitrógeno* y el *ozono*.

Una sensibilización de las vías respiratorias puede producir *asma*. Los síntomas de ésta reacción alérgica incluyen tos especialmente en la noche y dificultades al respirar. Ejemplos: *formaldehídos*. (Bakar Abu et al 1990)

- b) **absorción:** se da por vía cutánea, la enfermedad se produce por ésta vía al contacto de la piel u otra superficie externa del cuerpo con agentes biológicos o químicos.

Descripción fisiológico-funcional

Montoya (1989) describe que la piel es un tejido complejo, con una superficie de 1.8 m² en el adulto. Está protegida por varias capas dentro de

las que destacan el estrato corneo y la película hidro-oleosa que resulta de las secreciones de las glándulas sudoríparas y sebáceas y que en conjunto le confieren propiedades de una excelente barrera contra la acción de los compuestos químicos. Es relativamente impermeable a las soluciones acuosas y a la mayoría de los iones, en cambio puede ser *permeable* en grado variable a sustancias en estado sólido, líquido o gaseoso.

Mecanismos de intoxicación

Montoya (1989) continúa, la absorción puede ocurrir en la piel intacta sobre todo a través del folículo polisebáceo, pero se facilita con los pequeños traumatismos que rompen el estrato corneo, cuando la capa hidro-oleosa se elimina por acción de los disolventes (alcohol) o los detergentes de uso común, cuando se incrementa la temperatura cutánea o bien con las variaciones de la piel motivadas por la edad. La *velocidad de absorción* va a depender de las propiedades de los tóxicos: su tamaño, solubilidad, lipofilicidad y grado de ionización. Esta absorción no es la misma en toda la *piel* ya que hay variación regional. La distancia que deben recorrer los capilares es de aproximadamente 100µm.

Bakar (1990) agrega que cuando ciertas sustancias químicas entran en contacto con la piel, pueden remover la capa protectora causando una *herida, hinchazón* o inflamación. Hay muchos productos químicos causantes de éstas condiciones a las que se les llama *dermatitis*.

Una *alergia en la piel*, es una condición que podría parecer dermatitis. Este efecto puede no aparecer en el lugar de contacto pero sí ocurrir en cualquier otro lugar del cuerpo. Ejemplos: *resina epóxica y aminas duras*.

El contacto de sustancias químicas en los *ojos* puede causar daños muy grandes (desde temporales hasta permanentes). La gravedad del daño depende de la dosis y de la rapidez con que los primeros auxilios sean administrados. Ejemplos: *ácidos, alcaloides y solventes*. (Bakar Abu et al 1990)

- c) ingestión: se debe básicamente a la falta de conocimientos y de *hábitos de higiene*. Es importante que los trabajadores sepan que no deben comer en los sitios de trabajo con excepción de los lugares autorizados para ello, y también que es necesario lavarse las manos y en algunos casos bañarse antes de tomar alimentos o fumar. (Bakar Abu et al 1990)

Descripción fisiológico-funcional

Montoya (1989) especifica que el *sistema digestivo* consiste en esófago, estómago e intestino delgado y grueso. La absorción de comida y otras sustancias incluyendo productos químicos, puede ocurrir por *la mucosa bucal y rectal*, pero en la mayor parte de los casos se da a través de la *mucosa gastrointestinal*. Ésta tiene una superficie amplia, incrementada por el enorme número de microvelocidades y se ha calculado en 120m².

Mecanismos de intoxicación

La entrada por *ingestión* es posible cuando los trabajadores *comen o fuman* con las *manos contaminadas* o comen en su lugar de trabajo donde los alimentos y bebidas pueden contaminarse por vapores en el aire. La *absorción* se facilita por la ausencia de alimentos (con algunas excepciones) y con la presencia de enzimas en paredes intestinales así como la gran cantidad de secreciones glandulares que se producen durante la digestión. La distancia a recorrer por los tóxicos para llegar a la circulación general es de 30 a 50µm. El pH gástrico (1 a 3 en la escala del pH) permite que los compuestos no se disocien y esto facilita su absorción, lo mismo sucede con el pH intestinal (6 en la escala del pH) cuando las sustancias son básicas.(Montoya Cabrera 1989)

Una segunda vía de ingesta es cuando se *inhalan partículas* transportadas a la garganta y tragadas posteriormente. (Bakar Abu et al 1990)

3.3 Características de exposición

Bakar (1990) continúa describiendo que la *sustancia química* que entra por *inhalación*, *ingestión* o por *absorción* cutánea es transportada por *vía sanguínea*. Algunas de éstas sustancias se almacenan en el tejido u órganos con poca secreción. Otras sustancias se transforman resultando más solubles y salen del cuerpo por la *orina*. Otras son *excretadas* sin cambiar, por vía respiratoria o urinaria. Dichas sustancias pueden causar daño interno en los órganos. La descomposición y desintoxicación de algunas sustancias (normalmente ocurre en el *hígado*) puede producir nuevas sustancias más nocivas. El *daño* hecho por la sustancia química al órgano en especial, depende en principio de su *absorción*. En el caso de la *inhalación*, depende principalmente de la *concentración* de la sustancia en el aire y la *duración* de la exposición.

El *tiempo*, *frecuencia* y *antigüedad* de la exposición del trabajador al agente físico, químico o biológico; la *intensidad del contacto* o *acción continua* en periodos prolongados y la *resistencia* o *propensión* que tenga el propio trabajador a contraer la enfermedad, son factores que intervienen en el *daño* al organismo humano. (Bakar Abu et al 1990)

Se llama *toxicidad*, *virulencia* o *grado de intensidad* según se trate de agentes químicos, biológicos o físicos respectivamente. (STPS 1993)

3.3.1 Concentración

Se refiere al mínimo de partículas en un volumen determinado. Los tratados de toxicología coinciden con Jiménez Navarro (1980) al destacar que la *toxicología* se ocupa en forma prioritaria de sustancias químicas que poseen elevada capacidad lesiva o tóxica (lo que requiere cantidades menores a los 50 gramos para producir efectos nocivos o mortales), no puede establecerse una demarcación precisa que ponga de un lado a las sustancias puramente *benéficas* y del otro, drogas netamente *dañinas*. Lo más razonable es reconocer que cada droga posee cierto potencial de nocividad y cierta capacidad para producir beneficio. Aún la droga más inocua puede producir un efecto indeseable y lesivo si se administra en cantidad suficiente. Lo contrario también es cierto, la más nociva de las sustancias químicas tomada en cantidades suficientemente pequeñas no produce efectos indeseables y aún puede dar lugar a una acción *benéfica*. De ahí que la *inocuidad* o *peligrosidad* del empleo de una sustancia esté en relación, primariamente con la cantidad de compuesto presente en un organismo, dicho de otra manera: el factor único que determina la *peligrosidad*

o *nocividad* es la *dosis*. Por lo tanto la respuesta benéfica o dañina de la administración de un fármaco, es un fenómeno continuo relacionado con cambios progresivos en la dosificación.

Por ello la *concentración* es quizás la más importante característica en la exposición, pero también la más difícil de generalizar. Cada sustancia o grupo de sustancias tiene diferentes efectos en ciertas cantidades o concentraciones. Por ésta razón, se han hecho estudios de la mayoría de las sustancias con diversas concentraciones en algunas familias de animales para determinar sus efectos a diferentes niveles.

3.3.2 Tiempo de exposición

Es el *lapso* en el cual una persona tiene contacto con la sustancia química. Puede ser en menor o en mayor grado dependiendo de qué tan aislado se almacene la sustancia y bajo qué condiciones sea su manejo. (Jiménez Navarro 1980)

3.3.3 Tipo de exposición

Exposición crónica

El cuerpo humano está hecho de muchos sistemas. El envenenamiento sistemático, da una respuesta adversa inducida por sustancias químicas a uno o más sistemas del cuerpo. Los efectos no están localizados en ninguna área específica.

Una *exposición alta* en corto tiempo puede resultar en efectos agudos, y una exposición a *baja concentración* durante un periodo largo puede resultar en una acumulación que dé origen a la misma toxicidad, conocida como un *efecto crónico*. (Bakar Abu et al 1990)

Envenenamiento crónico

Debe considerarse como tal un envenenamiento continuo y prolongado en un paciente *con o sin síntomas*. Para reconocer y evitar siguientes exposiciones es recomendable que:

después de una exposición conocida

- se determine la intensidad de la exposición.
- se determine la magnitud de la complicación orgánica.

sin historia de la exposición

- se genere la historia y se haga un examen médico cuidadoso.
- se investigue la exposición a venenos comunes.
- se realicen exámenes de laboratorio para venenos comunes.

a pacientes sin síntomas después de una exposición conocida:

- se les determine la intensidad de la exposición.
- se les investigue la posibilidad de que haya ocurrido deterioro asintomático de la función en ciertos órganos. (Dreisbach 1984)

Exposición aguda

Una exposición es considerada como tal si en poco tiempo existen efectos *sumamente dañinos* para el ser humano. (Dreisbach 1984)

Envenenamiento agudo

La *rapidez* es esencial.

- El paciente presenta síntomas que se inician poco después de la exposición a un veneno conocido.
- El paciente ha estado expuesto a una sustancia cuyos ingredientes no son conocidos. (Dreisbach 1984)

3.3.4 Efectos de la exposición

- Asfixia simple: el aire normal contiene 21% de oxígeno. Si ésta concentración baja al 17%, los tejidos del cuerpo estarán *desprovistos de oxígeno*, causando síntomas como náusea o pérdida de coordinación. Este tipo de situación puede ocurrir en lugares de trabajo muy chicos. Una fuerte reducción de oxígeno puede producir la inconsciencia o la muerte. (Montoya Cabrera 1989)
- Asfixia química: un ejemplo de ésta situación es producida por el monóxido de carbono en el aire. Concentraciones de .05% de monóxido de carbono pueden reducir considerablemente la *capacidad de la sangre para transportar oxígeno* a varios tejidos del cuerpo. Otro ejemplo es el ácido cianhídrico y el ácido sulfúrico. Estas sustancias disminuyen la habilidad de las células de aceptar oxígeno aún a través de la sangre rica en oxígeno. (Bakar Abu et al 1990)

- **Narcóticos y anestesia:** la exposición a una concentración relativamente alta de algunos productos químicos como alcoholes etílico y propílico, acetona y metil, etil cetonas, acetileno, hidrocarburos así como éteres etílico e isopropílico, deprimen el sistema nervioso central. Estos productos inducen un efecto similar a la *embriaguez*. Una simple exposición a una alta concentración puede resultar en una *inconsciencia* o hasta la *muerte*. También hay casos en los que los trabajadores se han hecho *adictos* a éstas sustancias.

Productos como el cádmio, metanol, plomo, aguarrás, tolueno y xileno, deterioran lentamente las funciones del organismo. El sistema nervioso controla las funciones del cuerpo y se puede atrofiar por ciertos productos. Exposiciones crónicas a solventes han sido ligados a síntomas como *fatiga*, *dificultad para dormir*, *jaqueca* y *náuseas*. Casos más serios causan disturbios motores, parálisis y un mal sentido de la percepción. La exposición al hexano y al plomo, es asociado a efectos en los *nervios periféricos* con síntomas como "*gota*". Exposiciones a algunos compuestos de fosfato orgánico pueden causar fallos en el sistema nervioso. El disulfuro de carbono ha sido ligado a casos de *psicosis*.

La exposición a ciertas sustancias químicas puede tener efectos negativos en el sistema reproductor, dando esterilidad en hombres y aborto en mujeres embarazadas. Productos como el ditromid etileno, benceno, gases anestésicos, plomo, solventes orgánicos y disulfato de carbono, están ligados con la reducción de *fertilidad* en hombres. Los *abortos* están ligados a la exposición de gas anestésico, mercurio, óxido de etileno, glutaraldehído, plomo, solventes orgánicos, disulfuro de carbono, etc. (Bakar Abu et al 1990)

- **Biodegenerativas:** la exposición a ciertas sustancias químicas pueden causar un incontrolable crecimiento de las células, resultando en *tumores cancerígenos*. Estos tumores pueden aparecer muchos años después de la primera exposición a la sustancia. Este periodo se llama latente y puede tener un intervalo de 4 a 40 años. El lugar del cáncer varía y puede no estar confinado al área de contacto. Sustancias como el arsénico, el asbesto, el cromo, el níquel y el biclorometil eter, pueden causar *cáncer*. El cáncer en cavidades nasales y sinusitis es encausado por el cromo, isopropil aceites, níquel o madera. El *cáncer de vejiga* está ligado a la exposición de la benzidina, 2 naftilamina. El *cáncer de piel* está ligado a la exposición del arsénico, petróleo, carbón y alquitrán. El *cáncer de hígado* puede ser causado por la exposición del monómero cloruro de vinilo, mientras que el *cáncer de médula* es causado por el benceno. (Bakar Abu et al 1990)

- **Daños al feto:** *malformaciones congénitas* resultan de exposiciones a sustancias químicas que interfieren con el desarrollo normal del feto. Durante los tres primeros meses de embarazo, los órganos vitales como el cerebro, corazón, brazos y piernas están formándose. Numerosos estudios sugieren que en la presencia de ciertas sustancias químicas como gases anestésicos, mercurio, nicotina y solventes, el proceso normal de la división celular puede ser interferido, causando deformidad en el feto. (Bakar Abu et al 1990)
- **Biogénicas:** los efectos genéticos de algunos productos químicos en trabajadores puede llevar a cambios indeseables en futuras generaciones. La información de los efectos es escasa. De cualquier manera, los resultados de laboratorio sugieren que el 80 y 85% de *sustancias químicas cancerígenas* pueden también tener efectos en futuras generaciones. (Bakar Abu et al 1990)
- **Efectos combinados de las sustancias químicas:** las exposiciones ocupacionales son raramente confinadas a una sola sustancia química. En la mayoría de los casos los trabajadores están expuestos a 2 o más productos. Los efectos combinados de múltiples exposiciones a los productos es un tema en el cual la información es insuficiente. Puede pasar que la combinación de dos sustancias o la reacción o absorción en el cuerpo, produzcan una nueva sustancia con propiedades totalmente diferentes y aún más dañina en la salud. Debido a esta falta de información, los efectos combinados de múltiples exposiciones pueden engañar o reducir los niveles reales. (Bakar Abu et al 1990)
- **Grupos hipersensibles:** hay muy variadas respuestas individuales a los productos químicos. La exposición a una partícula en un tiempo similar puede inducir diferentes respuestas en la gente. Algunos pueden estar severamente afectados y otros solo medianamente y otros no presentar efectos. La sensibilidad individual puede también depender de la edad, sexo, y salud general. Los niños por ejemplo, son más sensibles que los adultos. Por ello en la investigación de posibles riesgos y las variaciones individuales deben ser tomadas en cuenta. (Bakar Abu et al 1990)

3.4 Evaluación de la Toxicología

Montoya (1989) continúa en su libro explicando que dependiendo de la concentración que alcance y del tiempo de exposición, un tóxico verdadero ejerce sus efectos adversos en toda la población expuesta. Este fenómeno permite diferenciar los tóxicos de aquellos productos químicos que sin importar la dosis, pueden causar efectos de hipersensibilidad individual. Por mucho tiempo, se intentó contar con un sistema práctico para cuantificar la *toxicidad intrínseca* de los tóxicos verdaderos. Los sistemas desarrollados se anotan cronológicamente a continuación:

i.- Dosis mínima letal (DML)

Con un valor más histórico que práctico, la dosis mínima letal se refiere a la *cantidad mínima que mata a un animal de prueba*, sin tomar en cuenta que con la misma dosis o aún mayores, otros animales pueden sobrevivir. Con esto se acepta aunque sin reconocerlo, la existencia de una variación biológica. No obstante las obvias desventajas de este sistema, aún a la fecha, es frecuente encontrar en la literatura médica observaciones con DML, incluso referidas a los humanos.

ii.- Dosis letal cincuenta (DL₅₀)

Con los trabajos de *Wijnaard* y *Treva* en la segunda década de este siglo, se inicia la observación de que la *respuesta* obtenida al *suministrar* una droga a un grupo de animales de experimentación de la misma familia, no es arbitraria sino que se comporta probabilísticamente como una *distribución normal*. El propio *Treva* introdujo entonces la dosis letal cincuenta a la que definió como la *cantidad mínima de sustancia, capaz de matar a la mitad de una población* de animales de prueba. El método original de *Treva* se mejoró para hacerlo más confiable y facilitar su manejo estadístico y hasta el momento es la que más se emplea en estudios de toxicidad aguda, subaguda y crónica. Los resultados obtenidos de las dosis letales cincuenta, se pueden extrapolar a los humanos para establecer las concentraciones de cada sustancia química a la que puede exponerse sin sufrir sus efectos adversos. El uso de la DL₅₀ ha permitido elaborar algunos sistemas de clasificación toxicológica ampliamente utilizada a nivel clínico y para establecer normas de límites de tolerancia.

A pesar de las ventajas que ofrece, continúa Montoya (1989), la DL₅₀ tiene limitaciones importantes entre las que destacan:

- a).-Para lograr límites de confianza útiles es necesario emplear un gran número de animales. Aún así, en ocasiones se obtienen grandes variaciones en las respuestas.
- b).- La limitante más importante de este sistema es que DL₅₀ valora la toxicidad en términos de concentraciones de *masa absoluta* (comúnmente expresada en mg/kg, de peso). En el momento actual se considera que la toxicidad intrínseca debe valorarse con base en el conocimiento de los mecanismos intrínsecos que intervienen en la producción de los efectos tóxicos, esto es, expresar la toxicidad en *forma molar*.

Clasificación de la toxicidad con base en la dosis letal cincuenta: (DL₅₀) expresada en mg/kg.

Clase	Toxicidad	DL ₅₀	Equivalente en una persona de 70kg
1	Relativamente inocuo	>15000	>1.05kg
2	Prácticamente no tóxico	[5001-15000]	[0.35007kg-1.05kg]
3	Débilmente tóxico	[501-5000]	[35.07g-350g]
4	Moderadamente tóxico	[51-500]	[3.57g-35g]
5	Altamente tóxico	[5.1-50]	[3.557g-3.5g]
6	Extremadamente tóxico	[1-5.0]	[0.07g-0.35g]
7	Super tóxico	<1	<0.07g

iii).- Toxicidad Potencial. Tp

El término potencial de toxicidad fue introducido recientemente por *Luckey y Venugopal*. Estos autores combinan la DL₅₀ con el cálculo de la concentración molar, que es a fin de cuentas la responsable de la toxicidad intrínseca y de esta manera proponen un nuevo sistema de clasificación toxicológico en el que, emulando el concepto del pH, obtienen una escala logarítmica positiva en la que cada incremento corresponde a diez veces la toxicidad para un producto

dato. Así, una sustancia clasificada con el número 2 es diez veces más tóxica que aquellas clasificadas con el número 1. La formulación para calcular el T_p es la siguiente:

$$T_p = -\log[T]$$

donde T_p , es la toxicidad potencial que se calcula como el logaritmo, base 10, del inverso de la concentración molar del compuesto en estudio. El valor de $[T]$ se obtiene al convertir una DL_{50} conocida, de mg/kg., a gramos y de dividir el resultado entre el peso molecular. El sistema T_p ofrece varias ventajas:

- a) Establece la toxicidad comparativa entre las sustancias químicas en función de su concentración molar, responsable del comportamiento biológico.
- b) Se expresa en números absolutos que corresponden directamente a los efectos de las sustancias en una población dada; al señalar la toxicidad en forma molar, se evita el uso de las concentraciones en masa absoluta (mg/kg.) y el empleo, con base en la misma, de términos subjetivos como "débilmente tóxico", "super tóxico", etc.
- d) El T_p puede extender su aplicación al estudio comparativo de diferentes especies de animales, dosis letales como DL_{50} y DL_{100} , y estudios de otras sustancias que no sean químicas como son las toxinas bacterianas y biológicas. (Montoya Cabrera 1989)

B Identificación de materiales por su efecto toxicológico

1 Legislación Mexicana del uso de productos químicos

Con base en las disposiciones de la *Constitución Política* de los Estados Unidos Mexicanos (art.123), y con fundamento en los artículos 16 y 40 fracciones I y XI de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 512 y 523 fracción I, 424 y 527 último párrafo; 509 y 473-474 de la Ley Federal del Trabajo; 3º, fracción XI, 38 fracción II, 40 fracciones I y VII, 41-47 y 52 de la Ley Federal sobre *Metrología y Normalización*; 2ª, 3ª y 5ª, 193-195, 197-198 del Reglamento General de *Seguridad e Higiene* (art.193-195,197-198) y 5ª del Reglamento Interior de la *Secretaría del Trabajo y Previsión Social* y con el objeto de establecer medidas para prevenir y proteger la salud de los trabajadores y mejorar las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan, almacenen o manejen sustancias químicas que por sus propiedades, niveles de concentración y tiempo de acción sean capaces de contaminar el medio ambiente laboral y alterar la salud de los trabajadores, así como los niveles máximos permisibles de concentración de dichas sustancias, de acuerdo al tipo de exposición. Por Ley y por éstas razones, en todas las empresas deben integrarse las Comisiones Mixtas de Seguridad e Higiene, encargadas de prevenir cualquier daño que pueda sobrevenir a la salud de los trabajadores mediante la investigación de las causas de los accidentes y enfermedades, la proporción de medidas para prevenirlos así como la vigilancia de su cumplimiento. (STPS 1993)

2 Clasificación del riesgo

Las *leyes Mexicanas* (NOM 1994) con la finalidad de determinar los efectos de la sustancia química a la salud y el nivel de exposición (concentración ponderada en el tiempo CPT y concentración de exposición a corto tiempo CCT) de los trabajadores, establecen la siguiente *selección de riesgos generales* publicada en Diarios Oficiales y está dividida en tres: a) los trabajos peligrosos, b) los trabajadores con mayor riesgo o peligro y c) la concentración y nivel de exposición.

a) Trabajos peligrosos:

En todo centro de trabajo se deberá elaborar una tabla que resuma todos los trabajos peligrosos que se realizan, incluyendo cada una de las actividades que

desde el *punto de vista de seguridad* deban considerarse para su ejecución. Dicha tabla debe elaborarse como sigue:

En la primera columna de la izquierda se enunciarán los trabajos peligrosos que la empresa realice. En el renglón superior se enunciarán los procedimientos específicos de seguridad necesarios para ejecutar el trabajo peligroso considerado. En la intersección de la columna y el renglón correspondiente se harán las anotaciones convenientes.

A continuación se presenta una tabla que ejemplifica lo antes expuesto:

Procedimientos específicos de seguridad					
Trabajo peligroso	Introducción de actos peligrosos	Descontaminación área de equipo	Uso de equipo de protección personal	Control de equipo	Control de derrames
Entrada a principiantes que manejan sustancias irritantes corrosivas o tóxicas					
Trabajo con juntas, manijas o sustancias peligrosas					
control y acciones que involucran sustancias peligrosas					
almacenamiento de sustancias					
Transporte de sustancias					

b) Trabajadores con mayor riesgo:

Se determina la *exposición* de los trabajadores que la tienen muy elevada, basándose en una medición primaria sobre el total de trabajadores expuestos en el área, en la planta o empresa. Cuando son varias las operaciones de un proceso, conviene seleccionar un trabajador de cada operación y muestrearlo, comparando los niveles. Una *muestra* de exposición es una medición de la exposición obtenida de cantidad de medida de un material presente en el aire y recolectado en dispositivos físicos (dosímetro, tubo de carbón, etc.) por lo que se presentan los criterios de elección para los 4 tipos de muestras que se manejan durante la jornada de trabajo de 8h, como se ve en la Tabla.

Criterios de muestras según las Normas Oficiales Mexicanas:

Tipo de muestra									
	A								-Muestra simple en el periodo completo
2	A				B				-Muestras consecutivas en el periodo completo
	A				B				
	A		B		C				
3	A				B				-Muestras simples en un periodo parcial
	A		B		B				
	A	B		C					
4	A	B		C	D	E		-Muestras puntuales	
	□	□		□	□	□			
	A	B		C					D
	0	1	2	3	4	5	6	7	8

El promedio ponderado en el tiempo de una serie continua de mediciones de exposición (de duración igual o desigual) se obtiene durante el periodo de tiempo promedio deseado. Esta es la mejor estrategia en cuanto a que proporciona una estimación con la mínima incertidumbre, los límites de confiabilidad más estrechos. Hay beneficios estadísticos moderados obtenidos por el aumento en el número de muestras. Por ejemplo: 8 muestras de 1 hora contra 4 de 2 horas, pero con el aumento sustancial de los costos de análisis por

estimación de exposición, los beneficios prácticos son imperceptibles. El problema principal creado por la estrategia, son los niveles de exposición desconocidos durante la porción no muestreada del periodo de la exposición ponderada en el tiempo.

En la Tabla las muestras consecutivas en un periodo parcial dan el promedio ponderado en el tiempo de una serie de mediciones de exposición continuas o no continuas, de duración igual o diferente, obtenidas durante un lapso total menor que el periodo de tiempo deseado.

Muestras puntuales: la utilidad de las muestras puntuales se observa cuando un proceso comprende únicamente un pequeño lapso de exposición del trabajador al contaminante o por ejemplo una exposición accidentada como pueden ser

-carga o descarga de un equipo.

-casos de derrames o fugas.

-tomas de muestras, etc.

La muestra puntual es una alternativa de muestreo en situaciones donde la exposición de los contaminantes sea especial. Sin embargo, no es recomendada si la exposición es continua o esté dentro de los criterios de la exposición de corto tiempo.

c) Concentración y nivel de exposición:

Los cálculos propuestos por las Normas de la Federación Mexicana (NOM 1994) están basados en la Concentración Ponderada en el Tiempo "CPT", Concentración para Exposición de Corto Tiempo "CCT", Concentración Pico "P", Concentración Letal cincuenta "CL50", ellos se ilustran en los cuatro cuadros siguientes:

Efectos de la sustancia química en la salud

Grado	Descripción	Criterios de toxicidad			
		Rata DL50	Conejo DL50	Rata CL50	
		Oral (tragado)	Piel(contacto)	Inhalación	
		mg/kg.	mg/kg.	mg/l	ppm
0	Efectos leves reversibles o sin efectos conocidos	mayor que 5000	mayor que 5000	mayor que 200	mayor que 10000
1	Efectos moderados reversibles	mayor que 500 hasta 5000	mayor que 1000 hasta 5000	mayor que 20 hasta 200	mayor que 2000 hasta 10000
2	Efectos severos reversibles	mayor que 50 hasta 500	mayor que 200 hasta 1000	mayor que 2 hasta 20	mayor que 200 hasta 2000
3	Efectos irreversibles	mayor que 20 hasta 50	mayor que 20 hasta 200	mayor que 0.2 hasta 2	mayor que 20 hasta 200
4	Efectos incapacitantes o fatales	menos de 20	menos de 20	menos de 0.2	menos de 20

*ppm= partes por millón

Nivel de exposición potencial

Nivel de exposición comparada con el nivel de Concentración Promedio Ponderada en el Tiempo (CPT), CMA= Concentración media en el ambiente.

Grado	Categoría	Descripción	Rango
0	no exposición	no exposición con la sustancia química	$0.1 \text{ CPT} > \text{CMA}$
1	exposición baja	exposición poco frecuente con la sustancia química a bajos niveles o concentraciones	$0.1 \text{ CPT} < \text{CMA} \leq 0.25 \text{ CPT}$
2	exposición moderada	exposición frecuente con la sustancia química a bajas concentraciones o exposición poco frecuente a altas concentraciones	$0.25 \text{ CPT} < \text{CMA} \leq 0.5 \text{ CPT}$
3	exposición alta	exposiciones frecuentes a altas concentraciones	$0.5 \text{ CPT} < \text{CMA} \leq 1.0 \text{ CPT}$
4	exposición muy alta	exposiciones frecuentes a muy altas concentraciones	$1.0 \text{ CPT} < \text{CMA}$

Nivel de exposición potencial

Nivel de exposición comparada con el nivel de Concentración de Corto Tiempo (CCT),
CMA=Concentración media en el ambiente.

Grado	Categoría	Descripción	Rango
0	no exposición	no exposición con la sustancia química	$0.1 \text{ CCT} < \text{CMA}$
1	exposición baja	exposición poco frecuente con la sustancia química a bajos niveles o concentraciones	$0.1 \text{ CCT} < \text{CMA} = 0.25 \text{ CCT}$
2	exposición moderada	exposición con la sustancia química a bajas concentraciones o exposición poco frecuente a altas concentraciones	$0.25 \text{ CCT} < \text{CMA} = 0.5 \text{ CCT}$
3	exposición alta	exposiciones frecuentes a altas concentraciones	$0.5 \text{ CCT} < \text{CMA} = 1.0 \text{ CCT}$
4	exposición muy alta	exposiciones frecuentes a muy altas concentraciones	$2.0 \text{ CCT} < \text{CMA}$

Clasificación Cualitativa del Riesgo

4					Muy alta
3				Alta	
2			Moderada		
1		Baja			
0	Inocua				
	0	1	2	3	4

concentración contra nivel de exposición. (NOM-010-STPS-1994)

3 Características de los materiales

La Secretaría del Trabajo y Previsión Social (NOM 1994) divide los elementos y productos químicos como sigue:

3.1 Cancerígenos

3.1.1 Contaminantes potencialmente cancerígenos

Microfibras de asbestos suspendidas en la atmósfera laboral: 2 fibras/cm³ de longitud > 5m y menor de 100m, espesor menor a 3m.

Contaminante	Niveles máximos de concentración permisibles:	
	ppm	mg/m ³
Breas de carbón y volátiles (hidrocarburos aromáticos policíclicos y partículas)	.2	
Cromita mineral de proceso (cromato)	.05	
Cloruro de vinilo	10	20
Níquel sulfuro de humos y polvos	1	
Partículas policíclicas de hidrocarburo aromáticos como bencenos solubles	.2	

*ppm=partículas por millón

3.1.2 Cancerígenos potenciales para el hombre

	ppm	mg/m ³
Antimonio, trióxido de (producción)		1
Acrilonitrilo	2.0	4.5
Benceno	10	30
Berilio		.002
Cadmio óxido de (producción) como Cd		.05
Cloroformo	5	50
Cromatos de zinc (como Cr)		.05
1,1 Dimetilhidracina (piel)	.05	1.0
Bióxido de vinilo		
ciclohexeno	10	60
Hidracina, piel	.1	.1
4,4 Metilen bis (2 cloro anilina) (piel)	.02	.22
Monometil hidracina (piel)	.2	.35
2 Nitropropano	25	90
Propilenimina (piel)	2.0	5.0
Sulfato de dimetilo (piel)	1.0	5.0
Tetracloruro de carbono (piel)	10	65
Trióxido de arsénico (producto)		.5
Yoduro de metilo (piel)	5.0	28

3.1.3 Cancerígenos en el hombre

No se permite la exposición del trabajador por ninguna vía, a las sustancias asociadas con procesos industriales reconocidas como cancerígenas potenciales sin asignación de un valor máximo permisible. Por ello se deben utilizar los

métodos de control específicos. En este caso se encuentran las siguientes sustancias:

- 4 Amino difenil (p-xenilamina).
- Bencidina, piel.
- b-naftilamina.
- 4 nitrodifenilo.

3.2 Polvos minerales

Sustancia	fórmula	Nivel Máximo permisible (NMP)
Silicio SO ₂	(1)	NMP en ppm
Cuarzo cristalino		10590
		%Cuarzo +10
	(2)	NMP para polvo respirable en mg/m ³
		10 mg/m ³
		%Cuarzo respirable +2
	(3)	NMP para polvo total respirable y no respirable
		30 mg/m ³
		% Cuarzo +3

*ppm: millones de partículas por metro cúbico.

Algunas sustancias deberán manejarse específicamente como sigue
Cristobalita: use la mitad del valor calculado con la fórmula (1) o (2) para cuarzo.

Tridimita: use la mitad del valor calculado de la fórmula para cuarzo.

Trípoli: use la fórmula (2) para cuarzo.

Sílice amorfo: 706 ppm.

Sílice fundido: use la fórmula para cuarzo.

Silicatos (< 1% de cuarzo).

Sustancia	Nivel máximo permisible
Grafito natural	530 ppm
Mica	706 ppm
Fibra de vidrio mineral	10 mg/m ³
Porlita	1060 ppm
Cemento portland	1060 ppm
Soapstone	705 ppm
Talco (que no contenga fibras de asbestos) como polvo respirable	2 mg/m ³
Talco (fibroso)	use los limites para asbestos
Polvos de carbón	2 mg/m ³
	(si la fracción de polvo respirable contiene menos de 5% de cuarzo; si contiene más de 5% use la fórmula (2) para el cuarzo.)

3.2.1 Partículas molestas

Para los siguientes contaminantes la concentración máxima permisible en el ambiente laboral es de 10 mg/m³, siempre que no estén presentes impurezas tóxicas. En el caso de *polvos*, la concentración máxima permisible es de 10 mg/m³ como polvo total a 5 mg/m³ como polvo respirable.

Contaminantes:

Carbonato de calcio	Emery (esmeril)
Silicato de calcio	Niebla de glicerina
Celulosa (fibra de papel)	Grafito (sintético)
Cemento portland	Gypsum (yeso)
Corundum (AL ₂ O ₃)	Caolín
Cal	Sacarosa
Magnesita	Oxido de estaño
Mármol	Bióxido de titanio
Pentearitritol	Oxido de zinc (polvo)
Plaste de París	Niebla de aceites vegetales
Silicio (carburo de)	(excepto aceites irritantes)
Brea	

3.3 Asfixiantes puros

El *contenido mínimo de oxígeno* en el aire del ambiente laboral, cuando se encuentra presente alguno de los gases que se enuncian a continuación debe ser mínimo del 19% en volumen bajo condiciones normales de presión (equivalentes a una presión parcial de 135mm Hg).

Contaminantes:

- Acetileno.
- Argón.
- Butano.
- Etano.
- Etileno.
- Helio.
- Hidrógeno.
- Heptano.
- Neón.
- Propano.
- Propileno.

3.4 Mezclas contaminantes

3.4.1 Efecto aditivo

Es el caso de dos o más sustancias las cuales actúan sobre un mismo sistema de órganos, dando como resultado la *suma de sus efectos individuales*. Cuando no exista información sobre el efecto de una sustancia debe considerarse aditivo. En este caso la suma de las concentraciones determinadas para cada sustancia presente referida a su concentración máxima permisible para 8 horas de exposición, deberá ser *menor o igual a la unidad*, en caso contrario se excede el nivel máximo permisible de concentración para la mezcla, esto es:

$$\frac{C_1}{cpt_1} + \frac{C_2}{cpt_2} + \dots + \frac{C_n}{cpt_n} \leq 1$$

Donde: C_n son concentraciones evaluadas de las sustancias presentes.
 CPT_n concentraciones evaluadas para 8 horas de exposición.

3.4.2 Efecto Independiente

En este caso si se tiene evidencia de que las sustancias presentes en las mezclas no tienen efectos aditivos, pero sí tienen efectos independientes sobre diferentes órganos del cuerpo o puramente locales, entonces tendrá un nivel máximo permisible de concentración excedido por la mezcla si uno solo de los miembros de la serie

$$\frac{C_n}{cpt_n} \leq 1$$

es mayor a la unidad.

3.4.3 Caso especial

Cuando la fuente de concentración es una *mezcla líquida volátil* y se asume que la composición en el aire laboral es similar a la fuente, en este caso debe conocerse la composición en por ciento peso de la mezcla líquida y la CPT en mg/m³. Así la CPT de la mezcla está dada por

$$\frac{1}{\frac{f_1}{cpt_1} + \dots + \frac{f_n}{cpt_n}}$$

donde f= fracción porcentual en peso. (NOM-009-STPS-1993), (NOM-010-STPS-1994)

C- Índice Dow

De los muchos métodos para evaluar el riesgo de fuego y explosión mencionados anteriormente, solo el índice Mond aborda el tema de la toxicidad en las sustancias. Sin embargo lo hace como elemento secundario al fuego y la explosión, ya que el principal objetivo del índice Mond es evaluar precisamente el riesgo de fuego y explosión sin descartar que debido a ello algún elemento sea tóxico. De tal manera que las medidas de seguridad y corrección no están enfocadas a la toxicidad. El esquema de este índice es exactamente igual al del Índice Dow (ideado por la Dow Chemical) y ya que este último fue pionero en la evaluación de riesgos, tomaremos también su esquema para construir un método que sí analice las características principales de la toxicología y sea éste su principal objetivo. Analicemos entonces en este capítulo al Índice Dow.

1. Introducción

Como Ramírez García (1990) describe, el *análisis de la seguridad de los procesos* tiene como objeto conocer el *área de exposición, costos y días perdidos*, con el fin de determinar las medidas necesarias para *prevenir* los posibles daños. Entre los *métodos para aumentar la seguridad de los procesos*, se puede mencionar el *Índice Dow*. Este *índice de fuego y explosión* es un número que indica el riesgo relativo de fuego y explosión de una cierta unidad industrial estudiada y puede ser *calculado* mediante las características de los *materiales involucrados, el tipo de proceso y las condiciones del proceso*. El índice no considera la posibilidad o consecuencia de un error de operación. Estos principios deben ser evaluados separadamente y deben tomarse acciones inmediatas para minimizar o neutralizar el riesgo.

2. Descripción del Método

Ramírez García (1990) continúa en su publicación describiendo los diez pasos fundamentales del Índice Dow.

- i) Se divide el proceso que se analizará en unidades o en secciones. El análisis se aplica a las *unidades* del proceso donde existe un *mayor riesgo* (o un *gran impacto*) de incendio o de explosión, de acuerdo con los materiales existentes, las reacciones o lo peligroso del proceso.

La parte de la planta seleccionada se tratará como una *sección*, la cual puede ser el área donde existe un proceso particular y/o un riesgo material, diferente de aquellos presentes en otras secciones cercanas (almacenamiento de materias primas, productos intermedios o finales, sección de reacción o destilación).

- ii) Se determina el *Factor Material* (FM) considerando los *riesgos de inflamabilidad y de reactividad del material*. Existen tablas publicadas que indican el valor del FM de algunos compuestos. En ellas también se indican otros datos como el punto de flama y el punto de ebullición. En el tercer punto de este capítulo se explica el Factor Material con mayor detalle.
- iii) Se identifican y *evalúan los Riesgos Generales del Proceso* considerando los siguientes factores:
 - a) reacciones exotérmicas,
 - b) reacciones endotérmicas,
 - c) manejo y transferencia de materiales. Se consideran actividades relativas al mezclado, carga, descarga, almacenamiento y empaçado,
 - d) unidades de proceso cerradas,
 - e) acceso con equipo de emergencia al área del proceso. Se recomienda que se pueda llegar a la unidad de proceso con equipo de emergencia y combate contra incendios, por lo menos por dos caminos distintos,
 - f) manejo y cambios físicos,
 - g) reacción única,
 - h) reacción única por etapas,
 - i) reacciones múltiples en un mismo equipo,
 - j) transferencia de material,
 - k) contenedores transportables.

A cada uno de éstos puntos le corresponde un cierto valor preestablecido con base en estadísticas y probabilidades estudiadas por la Dow.

Cuando ya se tienen los *valores de los factores por riesgos generales del proceso*, se suma y a la suma se le llama Fl.

- iv) Se identifican y *evalúan los Riesgos Especiales del Proceso*, considerando los siguientes factores:
 - a) temperatura del proceso,
 - b) baja presión. Se aplica a cualquier proceso donde la entrada de aire al sistema pueda ser un riesgo,
 - c) operación en/o cerca de la temperatura de ebullición,
 - d) polvos explosivos,

- e) presión (alta y con dispositivos de alivio como "Discos de ruptura o Válvulas de alivio"),
- f) baja temperatura,
- g) cantidad de material inflamable,
- h) corrosión externa e interna y erosión,
- i) fugas-juntas y empaques,
- j) equipo calentado con fuego directo. Se recomienda que el factor de riesgo se determine usando la temperatura del proceso y la distancia de la fuente de fuga al equipo,
- k) intercambio de calor con aceite,
- l) equipo rotatorio-bombas y compresores,
- n) vibración, ciclos de carga,
- o) oxidantes altamente fuertes,
- p) sensibilidad del proceso a la ignición,
- q) riesgos electrostáticos.

A cada uno de éstos puntos le corresponde un cierto valor preestablecido con base en estadísticas y probabilidades estudiadas por la Dow.

Cuando se dispone de los *factores de los riesgos especiales* se suman y a su suma se la llama F2.

- v) Se determinan los *Riesgos Especiales del Material M*=suma de factores que pueden ser:
 - a) material oxidante,
 - b) reacción con agua que produzca gases o vapores combustibles,
 - c) características de mezclado y dispersión,
 - d) materiales sujetos a calentamiento espontáneo,
 - e) materiales sujetos a rápida polimerización espontánea,
 - f) materiales con susceptibilidad a la ignición,
 - g) materiales sujetos a descomposición explosiva,
 - h) materiales sujetos a detonación en fase gaseosa,
 - i) propiedades explosivas de la fase condensada.

A cada uno de éstos puntos le corresponde un cierto valor preestablecido con base en estadísticas y probabilidades estudiadas por la Dow.

vi) *Determinación de Riesgos por Cantidad de Material total Q*

Se recomienda calcular la cantidad total de material en toda la unidad que se está estudiando, incluyendo tuberías tanques y recipientes de proceso.

Se determina el *Valor de Riesgo de la Unidad*, representada por F3, de acuerdo con la ecuación:

$$F3 = F1 \cdot F2 \cdot M \cdot Q$$

Una interpretación de esto podría ser una medida de la magnitud del daño probable relativo a la exposición.

- vii) Se determina el *Índice Dow* con la ecuación siguiente

$$I_{dow} = FM \cdot F3$$

En otras palabras, el producto del factor material y el factor de riesgo de la unidad F3, es un indicador de la *probabilidad de daño al área determinada por el radio de exposición*.

- a) se determina el factor de daño.
- b) se determina el radio de exposición.

- viii) Se determina el *Daño Máximo Probable a la Propiedad base (DMPP)*, considerando el valor de reposición o de reemplazo del equipo, dentro del área de exposición, usando la ecuación:

$$V_r = C_o \cdot 0.82 \cdot F_e$$

Donde

V_r = Valor de reposición

C_o = Costo original

F_e = Factor de escalamiento

Entonces:

$$DMPP = F_d \cdot (V_r + C_i)$$

Donde

DMPP = Daño Máximo Probable a la Propiedad

F_d = Factor de daño

C_i = Costo del inventario (materias primas y materiales)

- ix) Se determina la *Corrección por Medidas de Seguridad*: en control del proceso (C1), en aislamiento del material (C2) y en protección contraincendios (C3).

El *factor de corrección total C* es el producto de los tres factores o sea:

$$C = C1 \cdot C2 \cdot C3$$

Este valor de corrección también es un valor especificado por la Dow entre 0 y 1 de manera que de existir una medida de seguridad adicional, el valor total del DMPP se vea reducido.

- x) Se determina el *Valor Definitivo del Daño Máximo Probable a la Propiedad (DMPP)*, como una función del valor DMPP base.

- xi) Se determina el *Número Máximo de Días Probables Fuera de Operación (MDPFO)* tomando en cuenta el DMPP definitivo. (Ramírez García Fco. P. 1990)

3. Factor Material

La asignación de un *Factor Material* (FM) al material o sustancia clave que se utiliza en un proceso, depende mucho de su forma así como de sus propiedades físicas. De ante mano se sabe que todo material utilizado en un proceso, se presenta en forma de gas, líquido o sólido. Según Ventura (1995), las propiedades mediante las cuales se pueden identificar los materiales se llaman *propiedades específicas o características*. De éstas, las más útiles son las que se pueden medir, o sea las que se pueden expresar con números y unidades; ya que sirven de parámetros para realizar una *clasificación de materiales*, lo cual es indispensable en la determinación del FM. Tales propiedades características pueden ser físicas o químicas. Entre las propiedades físicas se mencionan las propiedades termodinámicas (punto de inflamación, punto de ebullición, densidad, etc.), así como concentración, temperatura y presión. (Ventura Daniel 1995)

Por tal motivo, es de indudable utilidad saber algunos conceptos y su relación con el FM, tema que tocaremos más adelante con el título "identificación de materiales para el Índice Dow".

Según Ramírez García (1990), para que un material esté en cantidades significativas, la cantidad debe ser de tal magnitud que el *peligro del material realmente exista*. Por ejemplo, en muchos procesos, una catálisis concentrada es la más peligrosa en el área. Si de alguna manera la catálisis ha sido diluida en otras áreas, y está presente en pequeñas cantidades donde el peligro real no existe, entonces la concentración de catálisis no es la base del Factor Material.

Según manuales Ventura (1995), el Factor Material (FM) es un número comprendido entre 1 y 40. Éste se define como una *medida del fuego, explosión o energía potencial liberada* por el material, a una temperatura de 25°C y a presión atmosférica (gas, líquido o sólido).

El mismo autor continúa, en la industria existen múltiples oportunidades de que se produzcan atmósferas con una cantidad significativa de gas, que mezclado con el aire y en presencia de una fuente de calor puede dar origen a un incendio y/o explosión. Por lo tanto, se puede decir que cuando la sustancia sólida o líquida combustiona, lo hace en forma relativamente lenta, dado que la superficie de intercambio con el oxígeno del ambiente es pequeño. Sin embargo, la misma masa en forma de gas o finamente dividida como polvo, mezclado con el aire y en suspensión, combustiona brusca y violentamente,

desprendiendo con rapidez la energía que posee. Dado que los materiales tienen diferencias amplias en cuanto a sus características físicas, la Dow Chemical Co. recomienda la siguiente clasificación para sólidos, líquidos y gases.

Sólidos que comprenden:

- Sólidos que no están sujetos a combustión y no son oxidantes.
- Sólidos que no encienden fácilmente; y si se encienden se pueden apagar con agua.
- Sólidos que tienen características de ignición e inflamabilidad similares.
- Sólidos que encienden fácilmente, o que arden rápidamente pero se pueden apagar con agua.
- Sólidos que son susceptibles de formar polvo, el cual origina ignición.
- Sólidos inflamables que no se pueden extinguir con agua, porque reaccionan y producen vapores explosivos.

Líquidos que comprenden:

- Líquidos que no están sujetos a combustión y no son oxidantes.
- Líquidos inflamables, los cuales son capaces de entrar en combustión, cuyo punto de llama sea inferior a 37.8° C y con una presión de vapor que no exceda a 2.812 kg./cm a 37.8° C.
- Líquidos combustibles, los cuales son capaces de entrar en combustión y que tengan un punto de llama igual o mayor a 37.8° C.

Gases que comprenden:

- Gases que están sujetos a la combustión y no son oxidantes.
- Gases que no arden fácilmente.
- Gases que arden fácilmente.
- Gases que son inestables y están sujetos a descomposiciones explosivas.

Ventura (1995) continúa su explicación, con ésta información se puede construir la tabla que relaciona los valores de los *riesgos de reactividad (Nr)* e *inflamabilidad (Nf o St)* con el *estado físico de los materiales* para determinar el FM. La tabla fue realizada por la Dow Chemical Co. y se utiliza en varios sistemas de análisis de riesgos.

		Reactividad o inestabilidad				
Líquidos y gases (inflamabilidad o combustibilidad)	NFPA 325M o 49	Nr=0	Nr=1	Nr=2	Nr=3	Nr=4
No combustible	Nf=0	1	14	24	29	40
f.p.>93°C	Nf=1	4	14	24	29	40
37.8°C<f.p.<93°C	Nf=2	10	14	24	29	40
f.p.<37.8°C b.p.>37.8°C	Nf=3	16	16	24	29	40
f.b.<22.8°C b.p.<37.8°C	Nf=4	21	21	24	29	40
Polvo o vapor combustible						
(Kst<73000 psi/seg)	st-1	16	16	24	29	40
(Kst=7300-22000psi/s)	st-2	21	21	24	29	40
(Kst>22000 psi/seg)	st-3	24	24	24	29	40
Sólidos combustibles						
Denso>40mm de espesor	Nf=1	4	14	24	29	40
Abierto<40mm de espesor	Nf=2	10	14	24	29	40
Espuma, fibra, polvo, etc.	Nf=3	16	16	24	29	40

f.p.= Punto de inflamabilidad.

b.p.= Punto de ebullición a temperatura y presión ambiente.

Kst= Constante que indica la violencia de una explosión.

Nf= Riesgo de inflamabilidad para líquidos, gases y sólidos.

Nr= Riesgo de reactividad para todos los estados físicos.

St= Riesgo de inflamabilidad para polvos y vapores.

Ventura (1995) prosigue explicando que, la selección de los intervalos para asignar la calificación del riesgo dentro de las categorías de inflamabilidad y reactividad se basa en las recomendaciones del Comité Técnico sobre Calificaciones y Propiedades de los Materiales de la *Asociación Nacional de Protección contra Fuego* (de EUA) *NFPA*. Este Comité inició el estudio que sirvió de base para el desarrollo de la norma de identificación de riesgos de los materiales. Existe una estrecha colaboración entre este Comité y el Comité de Riesgos de Materiales de EUA.

Independientemente de los valores de Nf, St y Nr se puede ver en la tabla que los valores que toma el FM son [1, 4, 10, 14, 16, 21, 24, 29, 40] y para cada estado físico del material existen diferentes valores: para los líquidos y gases hay 25 valores, para los polvos o vapores combustibles hay 15 valores y para los sólidos combustibles hay 15 valores; en total son 55 valores.

Para poder determinar el Factor Material es necesario: 1) seleccionar el *material clave* en la Unidad de Proceso analizada; 2) conocer los riesgos de *inflamabilidad* Nf ó St y *reactividad* Nr; para determinar estos riesgos se deben saber algunas propiedades termodinámicas y químicas del material que se va a analizar. Tales propiedades termodinámicas con sus parámetros son: *punto de inflamación*, *punto de ebullición inicial* y *reactividad del material*. Estas propiedades, de igual forma, sirven cuando se encuentran sustancias nuevas, mezclas difíciles o compuestos, en las cuales es necesario aplicar pruebas de ingeniería química para determinar el FM.

El punto de inflamación sirve para determinar el valor Nf de líquidos y gases.

El valor Nf de sólidos combustibles depende de la naturaleza del material (grosor del material y su forma física).

Para determinar el valor St que indica la clase de polvo, se realizan pruebas de explosión; con los conocimientos actuales que posee la Ingeniería Química es posible estimar matemáticamente la violencia de una explosión mediante la constante "Ley Cúbica".

$$K_{st} = (dp/dt)_{maxv}$$

Donde:

K_{st} = es una constante que indica la violencia de una explosión

p = es la presión que se ejerce en el recipiente particular

V = es el volumen del recipiente

t = es el tiempo en que se lleva a cabo la explosión

$(dp/dt)_{maxv}$ = máxima tasa a que se eleva la presión por unidad de tiempo durante una combustión de polvo o gas en un recipiente particular.

En la evolución de una explosión, en un volumen cerrado, la violencia de la misma está dada por el máximo incremento de la presión por unidad de tiempo que se alcanza durante la misma (lo que corresponde al punto de inflexión de la curva).

Una vez obtenido el valor K_{st}, se puede determinar el *tipo de polvo* (St-1, St-2, St-3).

El *valor de reactividad* (Nr) puede obtenerse por medio de una descripción cualitativa de la inestabilidad (o reactividad con el agua) de la sustancia, mezcla, o componente a temperatura ambiente.

El *valor de reactividad* (Nr) se puede obtener más objetivamente al determinar “*el inicio exotérmico*”, para lo cual se emplea un calorímetro de tasa acelerada u otro calorímetro similar. Los parámetros se muestran a continuación:

Temperatura Exotérmica en °C	Nr
>400	0
305 a 400	1
215 a 305	2
125 a 215	3
<125	4

Ventura (1995) señala que, el “*Inicio Exotérmico*” puede estimarse por medio de “*El Análisis Térmico Diferencial*” o por medio de “*El Calorímetro Exploratorio Diferencial*”, en ambos casos:

- a) se sustraen 70°C desde la primera temperatura de “*Inicio Exotérmico*”.
- b) se sustraen 100°C desde la primera temperatura “*Exotérmico*” pico.

De acuerdo con la guía para la protección y clasificación de riesgos el uso de la primera es preferido por las empresas que utilizan sistemas de análisis de riesgos. Por lo tanto, si la temperatura de “*Inicio Exotérmico*” real se conoce a través de experiencias de operación (con un reactor en planta, por ejemplo), se debe utilizar ésta temperatura “*real*”.

Consideraciones importantes para el Nr:

-Si el inicio exotérmico resulta Nr=4, pero la sustancia mezcla o componente no es sensible a golpes, reducir Nr a 3.

-Si la sustancia o componente es un oxidante, aumentar Nr un punto más (pero no más de Nr=4).

-Los materiales que son sensibles a golpes se les asigna Nr=3 o Nr=4, dependiendo de la temperatura *exotérmica*.

Si el valor Nr obtenido parece *inconsistente* con las propiedades de la sustancia, mezcla o componente, se deben hacer pruebas de reactivos químicos adicionalmente de acuerdo a las normas de Ingeniería Química.

Generalmente los valores de Nf y Nr se determinan a temperatura ambiente, por lo que se dice que el FM del material clave representa el *riesgo del material a temperatura y presión ambiente*. El riesgo de un líquido

combustible a una temperatura superior a su punto de inflamabilidad es equivalente al *riesgo de líquidos inflamables a temperatura ambiente*. Las tasas de reacción también aumentan notablemente con un incremento de temperatura en la operación de una Unidad de Proceso. Por tal motivo, los intervalos de temperaturas de Operación de la Unidad de Proceso son importantes en la determinación de un FM; y se debe realizar un ajuste en el mismo cuando la Unidad de Proceso trabaja con una temperatura arriba de 60°C. En las unidades de proceso que trabajan a temperatura menor a 60°C y presión ambiental, el FM del material clave no recibe ajustes, independientemente de que su punto de inflamabilidad se rebase, por lo tanto, es el que se utiliza para determinar el *Índice Dow* ya que refleja adecuadamente el riesgo del material en la situación específica de la Unidad de Proceso. El efecto de presiones altas se ve en la sección de *Riesgos Especiales del Proceso*, pero si la temperatura de la Unidad de Proceso es superior a 60°C, el FM debe recibir un ajuste, siempre y cuando, la temperatura de trabajo sea superior al punto de inflamabilidad del material clave.

Factor Material	Nf	St	Nr
a. Registrar el valor de Nf (St para polvos)			
b. Si la temperatura es menor de 60°C ir a "e"			
c. Si la temperatura es superior al punto de inflamabilidad, registrar 1 bajo Nf			
d. Si la temperatura es superior al inicio exotérmico o autoignición, registrar 1 bajo Nr			
e. sumar cada columna, pero poner 4 donde el total sea 5			
f. Usando el valor determinado en "e" y la tabla para calcular el FM, determinar el nuevo FM.			

Como se observa, una temperatura superior afecta el riesgo del material utilizado así como la manera en que se maneja el material (almacén, operación etc.). Por ello siempre que la temperatura de operación sea mayor a 60°C y superior al punto de inflamación del material clave se debe realizar un ajuste en el FM. Si la temperatura es mayor a 60°C pero no mayor al punto de inflamación del material clave, no se debe realizar el ajuste. Esto es con el fin de cuantificar el riesgo en forma más realista.

Ventura (1995) subraya que, es importante indicar que una combustión es un proceso de oxidación que comprende una o varias reacciones químicas en las

que puede haber desprendimiento de luz y calor, así como producción de flamas. El fuego es el efecto calorífico y luminoso de la combustión; de esto se establece que no habrá un fuego que no tenga como base una combustión.

Una deflagración puede, bajo algunas condiciones, acelerarse y crear una detonación. La deflagración por tránsito de detonación (D-T-D) está influenciada por limitaciones altas, éstas últimas continúan y aumentan las tasas de deflagración. Esto generalmente se llama "Pira presurizada".

Indudablemente la *reactividad* es un peligro muy grande ya que muchas veces después de una explosión sobreviene un incendio. Por tal razón la "Sección del Comité en Propiedades de Productos Químicos Riesgosos de EUA" se dedica a recopilar e investigar productos que tienen un alto grado de reactividad.

Las características y propiedades de tales sustancias se estudian y comprueban mediante métodos de Ingeniería Química y criterios del propio Comité, los cuales siguen la clasificación de la *NFPA* y son:

-Un grado de *riesgo de salud* de dos o mayor.

-Un grado de *reactividad* de uno o mayor.

-Que sean materiales que presenten almacenaje inusual o problemas para combatir los incendios.

-Que sean materiales que presentan alto peligro de incendio.

-Que sean materiales *contaminantes*.

-Que los materiales estén mezclados con otros productos químicos.

Existen muchos productos químicos que cumplen con estos puntos y no están incluidos, ya que la "Sección del Comité de Propiedades de Productos Químicos Riesgosos de EUA" no ha completado la compilación de éstos datos, dado que cada día existen más y más productos que se manejan o comercializan.

De acuerdo a las investigaciones y estudios de la *NFPA*, para determinar el valor de *Ns*, *Nr* y *Nf* es necesario considerar otros factores de suma importancia, donde se toma en cuenta que algunos materiales son capaces de un desprendimiento rápido de energía por si mismos y por reacciones violentas de polimerización, o pueden soportar reacciones violentas eruptivas o explosivas en contacto con agua u otros agentes extintores o con otros materiales.

Ventura (1995) señala que, es importante indicar que la violencia de la reacción o de los materiales puede acelerarse por el aumento de temperatura y presión, por mezclarse con ciertos materiales capaces de formar combinaciones de oxidación del combustible o por contacto de materiales incompatibles, compatibles, sensibilizadores o catalizadores. A causa de que existe una gran variedad de combinaciones accidentales posibles durante un fuego u otra

emergencia, los factores no pueden considerarse individualmente para establecer un grado de riesgo ni medidas de seguridad prioritarias, como separación o segregación. Tales consideraciones son particularmente importantes cuando se almacenan o manejan grandes cantidades de materiales.(Ventura Daniel 1995)

D- Identificación de materiales para el Índice Dow

Este cuarto capítulo, ayuda a conocer más las características de las sustancias químicas para identificar los riesgos de los diferentes grupos de sustancias químicas así como el aumento o disminución de la peligrosidad en el manejo de dichas sustancias. Esto es importante principalmente para la evaluación del Índice Dow y su Factor Material.

1. Antecedentes de la NFPA

La Asociación Nacional de Protección contra Fuego (The National Fire Protection Association, *NFPA*) es la principal organización que prepara estándares de protección contra fuego. *Listas de procedimientos* son publicadas periódicamente por la *NFPA* (1970) según las siguientes bases que ella misma describe:

- Los procedimientos son usados como normas de operación industrial y como reglamento.
- Los inspectores pueden ofrecerlos como soporte a su revisión.
- La preparación de las normas es resultado de esfuerzos de personal voluntario.
- El trabajo está respaldado por 70 años de experiencia tomando cada área del problema de incendio por separado.
- Provee de importantes medidas de seguridad para accidentes innecesarios.
- Cada norma es publicada por la *NFPA* en formatos separados.

2. Clasificación del Riesgo

Según David (1992), en ciertos países el *factor de riesgo* es usado por la industria para determinar el inicio o no de las actividades de una compañía. Los *índices de riesgo* están basados en *factores políticos, económicos y comerciales* y son por naturaleza determinísticos. La evaluación del riesgo es responsabilidad de algunos individuos de cada organización. Estos individuos procuran reducir el riesgo de acuerdo al impacto potencial de su productividad. Recientemente, compañías independientes relativamente pequeñas han entrado a esta campaña. Todos estos modelos siguen un cierto conjunto de criterios de

riesgos, podemos mencionar algunos de ellos: *sistemas políticos internacionales, tratados de guerra, servicios obligatorios, entorno fiscal, sistema legal, fuerza laboral*, etc. (David Aniel 1992)

Sin embargo de manera muy esquemática y simplificada, la *NFPA* ofrece una clasificación útil a los objetivos de este trabajo.

La *NFPA* (1970) reconoce que el nombre de varios materiales (por ejemplo: madera, papel, gasolina, gas LP) está relacionado fácilmente a una lucha contra el *peligro de incendio*, este último pueden ser evaluado tanto por diseños de ingeniería como por prevención de pérdida de personal.

En muchos casos, el peligro de la sustancia puede no ser identificado fácilmente. La *NFPA* recomienda el uso de un *sistema de marcado* que dará una idea general del peligro inherente de cualquier material y se podrá poner una medida al riesgo. Esto resulta muy útil en la evaluación de problemas de almacenamiento y manejo de materiales.

La *evaluación del riesgo* debe ser *corregida* por la experiencia de personas técnicamente competentes. Es concebible que *diferentes niveles de riesgo* puedan ser asignados a las mismas sustancias por diferentes personas en iguales circunstancias. De cualquier manera, el sistema dará una guía de decisiones de *medidas de protección* que ayudan a determinar aspectos como:

- a) el agente extintor a ser usado,
- b) la clase de protección para acercarse al fuego,
- c) las mejores áreas de seguridad.

Riesgos generales según ocupación y material empleado

a) Ocupaciones con riesgo mínimo

Ocupaciones consideradas poco riesgosas pueden incluirse en departamentos y casas, casas club, iglesias, dormitorios, hospitales, hoteles, oficinas y escuelas donde la cantidad usada de combustible es poco y no ofrece obstrucción en la toma de agua. (NFPA 1970)

b) Ocupaciones con riesgo ordinario

El riesgo ordinario se incluye en establecimientos mercantiles, plantas manufactureras o secciones en donde no hay un gran peligro. El riesgo ordinario se divide en *tres grupos*. El *grupo 1* incluye ocupaciones donde la cantidad utilizada de combustible es baja, con líquidos no flamables o algún otro material que queme rápido y otros factores favorables. El *grupo 2* incluye ocupaciones donde la combustión de los contenidos es menos favorable que en

el anterior pero donde hay solo un pequeño aumento en líquidos inflamables. Se esperan mayores pérdidas que en el grupo 1. El grupo 3 incluye contenedores de combustible, juntos o separados, donde sean aún más desfavorables las condiciones de operación y donde son esperadas grandes pérdidas. (NFPA 1970)

c) Ocupaciones con riesgo mayor

Se incluyen aquellos lugares con configuraciones inusuales de material combustible o donde haya la posibilidad de explosión. En general, éstos están fuera del ámbito de las ocupaciones con protecciones comunes y medidas especiales deberán ser tomadas. Cuando hay combustibles que quema muy rápido deben tenerse medidas especiales de seguridad. (NFPA 1970)

La NFPA (1970) manifiesta una clasificación de los materiales según el tipo de riesgo; siendo éstos: salud, inflamabilidad y reactividad. A continuación se presenta la descripción de las características de clasificación de éstos riesgos.

Riesgo de salud

a) Riesgo de salud 0

Un valor de 0 es dado a los materiales cuya exposición bajo condiciones de fuego *no tiene riesgo* más allá de los materiales combustibles ordinarios.

b) Riesgo de salud 1

Un valor de 1 es dado a los materiales que causarían *irritación* en la piel sin destrucción del tejido.

Ejemplos:

SÓLIDOS	LÍQUIDOS	GASES
Carbonato de calcio	Acetona	Butano
Nitrato de plata	Gasolina	Propano
	Turpentina	

c) Riesgo de salud 2

Un valor de 2 es dado a los materiales cuya exposición intensa o prolongada puede causar *temporalmente daños* residuales incluyendo (pero no limitado a) materiales que dan *vapores tóxicos* y materiales que dan toxicidad o alta irritación en productos combustibles. Estos son todos los materiales por los cuales el uso de protección respiratoria con aire independiente es requerido.

Ejemplos:

SÓLIDOS	LÍQUIDOS	GASES
Nitrato de amonio	Éter etílico	Butadieno
Nitrato de celulosa	Acrilato de metilo	Formaldehído
Azufre	Ácido nítrico	Cloruro de vinilo
	Estireno	

d) Riesgo de salud 3

Un valor de 3 es dado a los materiales que pueden causar *serios daños* a corta exposición; incluyendo a los materiales que son corrosivos o tóxicos por absorción cutánea, también materiales que dan *alta toxicidad* en productos combustibles.

Ejemplos:

SÓLIDOS	LÍQUIDOS	GASES
Fósforo blanco y amarillo	Ácido clorhídrico	Amoniaco
Potasio	Ácido perclórico	Cloro
Sodio	Ácido sulfúrico	Bióxido de azufre
Peróxido de sodio	Tetraetilo de plomo	

e) Riesgo de salud 4

Un valor de 4 es dado a los materiales que bajo condiciones de fuego o condiciones normales, dan gases con *peligro extremo* por inhalación o por absorción cutánea. Hay materiales que pueden penetrar en la ropa ordinaria y son muy peligrosos al acercarse sin ropa protectora especial. Con poca exposición pueden causar un *daño mayor o la muerte*. (NFPA 1970)

Ejemplos:

SÓLIDOS	LÍQUIDOS	GASES
Polvo de berilio	Ácido cianhídrico	Bromuros
		Flúor

De igual manera la *NFPA* (1970) considera la clasificación del riesgo de inflamabilidad.

Riesgo de inflamabilidad

a) **Riesgo de inflamabilidad 0**

Un valor de 0 es dado a los materiales que *no se queman*. Esto está definido para los materiales que no se queman si están expuestos a una temperatura de 815°C (1500°F) durante 5 min.

b) **Riesgo de inflamabilidad 1**

Un valor de 1 es dado al *más ordinario material* que incluye líquidos y sólidos y semisólidos cuyo punto de ebullición sea 93°C (200° F) y a los materiales que queman a 815°C (1500° F) por un periodo de 5 minutos o menos (Necesitan calentarse demasiado).

Ejemplo:

SÓLIDOS	LÍQUIDOS	GASES
Nitrato de amonio	Aceites varios	Amoniacó
Fósforo rojo	Dietilen glicol	
Azúfre	Asfalto	
	Glicerina	

c) **Riesgo de inflamabilidad 2**

Un valor de 2 es dado a los sólidos y semisólidos que deben *calentarse moderadamente* o exponerse a relativamente altas temperaturas antes de la ignición. Se incluyen líquidos con punto de inflamabilidad cerca de los 37.7°C (100° F) pero por debajo de los 93°C (200°F).

Ejemplos:

SÓLIDOS	LÍQUIDOS	GASES
Naftalina	Ácido acético	Formaldehído
	Solventes de limpieza	
	Aceites combustibles	
	Tetraetilo de plomo	

d) Riesgo de inflamabilidad 3

Un valor de 3 es dado a los líquidos, los cuales inflaman bajo cualquier condición de temperatura. Los materiales en fibra o en pedazos pueden quemarse rápidamente, también materiales sólidos en forma bruta en polvo *quemam rápidamente pero no son explosivos con el aire.*

Se incluyen materiales que contienen usualmente oxígeno que se queman con extrema rapidez. También los líquidos con un punto de inflamabilidad por debajo de los 22.77°C (73°F) y punto de ebullición sobre los 37.7°C (100°F).

Ejemplos:

SÓLIDOS	LÍQUIDOS	GASES
Nitrato de celulosa	Acetona	
Fibras combustibles	Alcoholes	
Fósforo blanco y amarillo	Gasolina	
Sodio	Acrilato de metilo	
Potasio	Estireno	
	Turpentina [C ₁₀ H ₁₆]	

e) Riesgo de inflamabilidad 4

Un valor de 4 es dado a todos los gases *combustibles* y polvos. Se incluye cualquier líquido o gas que tenga un punto de inflamabilidad por debajo de los 22.77°C (73°F) y un punto de ebullición por debajo de los 37.7°C (100°F).

Ejemplos:

SÓLIDOS	LÍQUIDOS	GASES
Polvos combustibles	Éter etílico	Butano
Metales combustibles	Nitrato de etilo	Butadieno
	Ácido cianhídrico	Propano
		Propileno
		Cloruro de vinilo

Como se vio en la descripción del FM el riesgo de reactividad es determinante para su evaluación, la NFPA (1970) especifica los siguientes grados:

Riesgo de reactividad

a) Riesgo de reactividad 0

Un valor de 0 es dado a los materiales que tienen capacidad de *resistir cambios* en su composición química, a pesar de la exposición al aire, agua o al calor como en las condiciones de fuego, así como mezclas de varios materiales que formen combinaciones peligrosas como combustibles-oxidantes.

Muchos factores deben ser considerados en casos individuales.

Nr=0 Sustancias que son completamente estables, aún cuando están bajo condiciones de fuego.

b) Riesgo de reactividad 1

Un valor de 1 es dado a materiales cuyo estado normal es *estable*, pero que pueden ser inestables a elevadas temperaturas y presión. Este rango incluye materiales que reaccionan con el agua, liberando algo de energía pero no violentamente.

Ejemplos:

SÓLIDOS	LÍQUIDOS	GASES
Fósforo	Ácido acético	Cloro
Nitrato de plata	Éter etílico	Propileno
	Ácido nítrico	Cloruro de vinilo

Nr=1 Reactividad ligera después de calentado o bajo presión.

c) Riesgo de reactividad 2

Los materiales *inestables* son aquellos que polimerizan vigorosamente, se descomponen o cambian ellos mismos y llevan a otros cambios químicos violentos. Un valor de 2 es dado a aquellos materiales que no detonan, pero que pueden provocar cambios químicos con rápida pérdida de energía, a temperatura y presión normal o que pueden dar violentos cambios químicos a temperatura y presión elevadas. Se incluyen aquellos materiales que reaccionan violentamente con el agua o que pueden ser potencialmente explosivos en combinación con el agua.

Ejemplos:

SÓLIDOS	LÍQUIDOS	GASES
Metales combustibles	Ácido cianhídrico	Butadieno
Carbonato de calcio	Acrilato de metilo	
Peróxido de sodio	Estireno	
	Ácido sulfúrico	

Nr=2 Reactividad significativa, aún sin calentado o presión.

d) Riesgo de reactividad 3

Un valor de 3 es dado a los materiales que alcanzan la explosión con agua al estar calientes. Se incluyen materiales que son sensibles a cambios térmicos o mecánicos a elevadas temperaturas y presión. También los materiales que por ellos mismos son capaces de detonar, tener una descomposición explosiva o una reacción explosiva. Los materiales que tienen un valor de 3 difieren de los de 4 principalmente porque *requieren una fuerte detonación inicial* o si están por detonar deben ser expuestos al calor.

Ejemplos:

SÓLIDOS	LÍQUIDOS	GASES
Nitrato de amonio	Ácido perclórico	Flúor
Nitrato de celulosa	Tetraetilo de plomo	

Nr=3 Posible detonación con confinación.

e) Riesgo de reactividad 4

Un valor de 4 es dado a los materiales que son peligrosos aún a temperatura y presión normal. Se incluyen materiales que por ellos mismos son capaces de detonar o descomponerse explosivamente o tener una *reacción explosiva*. También materiales que son sensibles a sustancias químicas o a un punto térmico crítico. (NFPA 1970)

Ejemplo:

SÓLIDOS	LÍQUIDOS	GASES
Ácido pícrico (Trinitrofenol [C ₆ H ₂ (NO ₂) ₃ OH])	Nitrato de etilo	
Trinitrotolueno		

Nr=4 Posible detonación sin confinación.

3. Características de los materiales

La materia se encuentra en tres formas fundamentales que reciben el nombre de 'estados físicos de la materia' y son: estado sólido, líquido y gaseoso.

3.1 Líquidos inflamables y combustibles

En manuales de la *NFPA* (1970) se explica que los líquidos inflamables *desprenden vapores*, los cuales se queman y pueden ser explosivos cuando se mezclan con el aire en ciertas proporciones. La distinción entre un líquido inflamable y uno combustible pero no flamable, radica en la facilidad de emitir vapores inflamables; por ejemplo: la gasolina, el alcohol y la acetona son inflamables; los lubricantes, los aceites vegetales o de peces o la glicerina son combustibles no flamables.

Cualquier combustible líquido agitado suficientemente, se vuelve inflamable. Puede ser también inflamable si se dispersa en un fino "spray", en donde pequeñas partículas se mezclan con el aire, produciendo una condición donde el vapor se mezcla con el aire.

El punto de inflamabilidad de los líquidos con un punto de flama menor a 93.4°C, debe determinarse de acuerdo con la norma ASTM-D-56-85 "Método típico de prueba para punto de inflamación por prueba de copa cerrada".

El punto de inflamabilidad de líquidos que tienen un punto de flama de 93.4°C o más, se puede determinar de acuerdo con la norma ASTM-D-93-85 "Método típico de prueba de punto de inflamación por la prueba Pensky-Martens cerrada".

Los vapores de un líquido inflamable pueden estar arriba del punto de inflamabilidad y no tener ignición, sin embargo, sí hay una pequeña flama, por ejemplo la gasolina en un tonel abierto.

Los líquidos que tienen un punto de inflamabilidad particularmente bajo, igual al ambiente, son muy riesgosos porque dan lugar a vapores inflamables en cualquier parte.

Para sustancias químicas viscosas y sólidas la determinación puede hacerse con la norma ASTM-E502-94, "Punto de inflamación de químicos usando el método de copa cerrada".

El *punto de inflamación* indica varias cosas:

- Si el material no tiene punto de inflamación no es material inflamable.
- Si tiene punto de inflamación debe clasificarse como inflamable o como combustible.

-El punto de inflamación es usualmente una indicación de la susceptibilidad a incendiarse. (NFPA 1970)

Clase de líquidos	Punto de inflamación Grados Centígrados	Punto de ebullición Grados Centígrados
I A	menor a 22.77°	menor a 37.77°
I B	menor a 22.77°	mayor a 37.77°
I C	entre 22.77° y 37.77°	
II	entre 37.77° y 60°	
III A	entre 60° y 93.3°	
III B	mayor a 93.3°	

Efectos de temperatura y presión:

Los líquidos inflamables así como los sólidos tienden a evaporarse cuando se vuelven gas, la temperatura sube o la presión disminuye. La diferencia entre un líquido y un gas es solo por temperatura y presión.

Con algunas excepciones (disulfato de carbono) los líquidos inflamables son más ligeros que el agua y flotan en ella. Otros como la acetona y el alcohol se disuelven en una mezcla compleja con el agua.

La *densidad de vapor* se calcula como el cociente del peso molecular del gas entre el peso molecular promedio del aire. Por lo tanto un valor de densidad de vapor menor que 1, indica que el vapor es más ligero que el aire y tenderá a ascender hacia una atmósfera relativamente calmada. La densidad de 2 del vapor muestra que el vapor es dos veces más pesado que el aire. Los vapores con alta densidad pueden flotar grandes distancias sin ser apreciados, finalmente pueden encontrar una fuente de ignición que los inflame.

El tricloretileno, percloroetileno y solventes similares no inflamables son mucho más tóxicos que la gasolina o la nafta. Se objeta su uso como salva-incendios por el peligro en la salud, se deben usar en espacios abiertos. (NFPA 1970)

3.2 Aceites combustibles

La identificación del nivel de riesgo de aceites combustibles es en muchos casos difícil. El sentido del olfato no es un indicador de riesgo, sin embargo, un olor fuerte puede servir para decidir si se inicia o no una evaluación de determinado producto. El punto de inflamación mínimo es de 37.77°C (100° F), el siguiente nivel de inflamación es de 43.33°C (110 F); seguido de 54.4°C (130 F); y por último de 65.5°C (150F) o más. (NFPA 1970)

3.3 Gases

La NFPA (1970) continúa explicando que el riesgo de los gases es generalmente similar al de los líquidos. Las mezclas de los gases con el aire arden rápidamente o explotan al provocar una flama flotante.

La densidad de los gases afecta su entorno cuando se escapan. Los gases más pesados tienen mayor probabilidad de estar en contacto con fuentes de ignición, ya que se difunden más lentamente que los ligeros.

Para la mayoría de los gases es posible aplicar la *ley de los gases ideales* que da una relación entre temperatura, presión y volumen.

$$T1/T2=(P1*V1)/(P2*V2)$$

T= temperatura absoluta

P=presión absoluta

V=volumen

T1, P1, V1 son condiciones iniciales

T2, P2, V2 condiciones finales

Densidad de ciertos gases no inflamables:

Bióxido de carbono	1.529	Nitrógeno	0.97
Cloro	2.4	Oxido de nitrógeno	1.53
Halocarburos	3-4.4	Oxígeno	1.1
Helio	0.138	Bióxido de azufre	2.2
Neón	0.67		

aire = 1

3.4 Polvos explosivos

El polvo de muchos materiales explosivos cuando se mezcla con el aire en ciertas proporciones pueden explotar. No todos los polvos son igualmente peligrosos, los factores que afectan el entorno de una explosión incluyen cantidad de polvo, distribución, tamaño de las partículas, humedad, concentración de oxígeno, tamaño y temperatura de la fuente de ignición y la construcción del recipiente o cuarto en donde el polvo esté suspendido.

Los valores de la violencia de una explosión están dados para una prueba de recipiente cerrado de 16 litros o más de acuerdo a la norma NFPA 68.(NFPA 1970)

3.5 Sólidos inflamables

Algunas sustancias sólidas son capaces de provocar fuego o explosión cuando se frotan, absorben humedad, en contacto con aire o al recibir un golpe moderado.

Peligrosos por fricción	
Peróxido de benzoilo	Fósforo (rojo, blanco, amarillo)
Azufre	Pentasulfato de fósforo
	Sesquisulfato de fósforo

Peligrosos por absorber humedad		
Carburo de aluminio	Oxido de calcio	Selenio
Polvos de aluminio	Sulfato de hierro	Sodio
Peróxido de bario	Hidrato de litio	Hidrato de sodio
Polvo de bronce	Magnesio	Hidrosulfato de sodio
Calcio	Potasio	Polvo de zinc
Carburo de calcio		

Peligrosos con aire		
Peróxido de benzoilo	Litio	Hidrato de sodio
Carbón	Fósforo	Polvo de zirconia
Diborano	hierro pirofosfórico	

Peligrosos bajo un golpe moderado	
Pentasulfato de antimonio	Pentasulfato de fósforo
Nitrato de celulosa	Sesquisulfato de fósforo
Carbón	Piroxilina
Dinitroanilina	Polvo de zirconia
Dinitrobenzeno	

Solubilidad en agua: la información del grado en el cual un líquido inflamable es soluble en agua es útil para determinar el método y agente de extinción efectivo. (NFPA 1970)

3.6 Metales combustibles

Algunos metales están referidos como combustibles por su *rápida ignición* cuando funden en finas partículas o aún en la forma de pequeñas secciones. Ejemplos: magnesio, titanio, sodio, potasio, calcio, litio, hafnio, torio, uranio y plutonio. Hierro y aluminio también arden y queman, aunque no son comúnmente descritos como combustibles. Los metales combustibles en forma compactada y sólida, alcanzan difícilmente la ignición. El polvo del metal envuelve un humo con riesgo de explosión. El grado de fuego o explosión está dado por la reactividad del metal con el aire, agua o algún otro material de uso frecuente. Es necesario examinar cada metal en detalle y observar cómo se afecta su reactividad, presión o temperatura en condiciones ambientales.

3.7 Resinas y Plásticos

Las resinas naturales y sintéticas son comúnmente descritas como *plásticos* y presentan un amplio rango de condiciones. Los plásticos están definidos como *materiales orgánicos*, los cuales pueden tener varias formas. La madera es la mejor y más conocida fuente de resinas naturales. Otras resinas naturales son el ámbar y la laca.

Prácticamente todos los materiales orgánicos cuando se calientan sueltan un vapor que es flamable, todos ellos tienen productos de combustión con algún grado de toxicidad.

Algunos materiales sintéticos se queman solo cuando hay una flama continua (Ejemplo: asbestos, cloro, acetatos de vinilo). Otros se queman como el papel (Ejemplos: formaldehido, caseína, fenolformaldehído, algodón y maderas).

Plásticos: son conocidos como celuloideos, fiberloides, piroxilina, viscosos y zilonita. Estos son muy combustibles y cuando alcanzan más de 148.8°C (300° F) se empiezan a descomponer. La descomposición está acompañada por la ignición espontánea. (NFPA 1970)

3.8 Materiales oxidantes

Los materiales oxidantes pueden estar bajo cualquier estado pero son más los que son sólidos, contienen oxígeno y son sustancias altamente combustibles, *de fácil ignición*. Un caso típico es el nitrato en fertilizantes y plantas químicas. Cuando se emplea un depósito de madera, este contenedor absorbe la sustancia química y puede quemar rápidamente. El lavado y limpieza parcial hacen de un recipiente más peligroso que uno no lavado. (NFPA 1970)

Ejemplos:

Bromatos	Nitratos	Peróxidos
Cloratos	Nitritos	Permanganatos
Cloritos	Percloratos	Persulfatos

3.9 Ácidos y otros corrosivos

Los ácidos minerales fuertes como el flúor, el hipoclorito de calcio, concentrados de hidrógeno, el peróxido y otros fluidos, en contacto con materiales combustibles, crean un choque suficiente como para causar fuego. También, los efectos corrosivos aumentan el riesgo del choque; por lo que los ácidos o corrosivos no deben almacenarse junto con polvos de metales. (NFPA 1970)

Ácidos y corrosivos		
Acetil cloro	Soluciones de ácido crómico	Ácido perclórico
Pentacloruro de antimonio	Flúor	Oxícloruro de fósforo
Cloruro de benzoilo	Ácido clorhídrico	Cloruro de azufre
Cloruro de bencilo	Ácido sulfhídrico	Trióxido de azufre
Bromina	Peróxido de hidrógeno	Ácido sulfúrico
Hipoclorato de calcio	Ácidos mezclados	Cloro
Cloruro de cloracetil	Ácido nítrico	Ácido nítrico

3.10 Tóxicos

En realidad una gran cantidad de sustancias químicas no están consideradas como tóxicos, aún si son ingeridas o inhaladas. Sin embargo, existen productos químicos que cuando entran al organismo en pequeñas cantidades, o están en contacto con la piel, producen un gran daño que en algunas ocasiones causan la muerte. También algunos gases y vapores en pequeñas cantidades al mezclarse con el aire son extremadamente tóxicos. (NFPA 1970)

Ejemplos:

Acroleína	Diborano	Gas mostaza
Bromacetona	Dimetil sulfato	Tetróxido de nitrógeno
Disulfato de carbono	Flúor	Fosgeno
Clorpicrina	Ácido hidrocianhídrico	
Cianógeno	Metil bromuro	

Menos peligrosos pero aún dañinos son:

Alcohol alílico	Dinitrobenzeno	Nitrobenzeno
Amonio	Dinitroclorobenzeno	Nitroclorobenzeno
Compuestos de arsénicos	Etilamina	Procilamina
Polvos de berilio	Ácido cianhídrico	Estricnina
Ácido carbónico	Ácido fluorhídrico	Tetraetilo de plomo
Cloro	Compuestos de mercurio	Sales de Talio
Cresol	Nicotina	Dimetil sulfato
Cianuros	Clorhidrato de nicotina	

3.11 Materiales radiactivos

Los materiales radiactivos y los riesgos radiactivos están asociados al uso de los radioisótopos, equipos de radiación y reactores nucleares. En general el manejo de radioisótopos está involucrado en una pequeña parte del trabajo específico en que se utilizan y no son especialmente peligrosos. Substancialmente el problema se centra al tomar radiografías y realizar pruebas como son la esterilización de la comida y la terapia médica. Los radioisótopos usualmente se encuentran dentro de un pequeño cilindro de metal o de una pequeña válvula para guardar líquido o polvo. La protección requerida está pensada para evitar una inhalación o ingestión de polvo de vapores o elementos radiactivos, por lo que su manejo involucra ciertas medidas especiales de seguridad. (NFPA 1970)

E- Procedimientos de Seguridad

1 Antecedentes

Según Sheridan (1994) el *análisis de riesgo* de una instalación es lo que permite *identificar* los riesgos inherentes a ella. Deficiencias en este estudio han provocado costos en las finanzas y en la imagen de muchas compañías. Estos análisis ayudan a determinar el riesgo y fallas potenciales en el uso cotidiano asociado al proceso tecnológico, equipo y sustancias usadas. Se han determinado tres causas primarias de los accidentes de trabajo: el *error humano, fallas en los equipos y casos externos*.

Por otro lado Argent (1988) afirma que la principal propuesta del procedimiento de seguridad es crear un *equipo de revisión* de riesgos formalmente constituido y encargado de *cuantificar y reducir* en lo posible el riesgo asociado a todo proyecto ya sea nuevo o que esté en funcionamiento.

Smith (1992) opina que existen *tres etapas concernientes* a la seguridad industrial, la primera está dirigida a los *problemas técnicos*. Sin embargo, las soluciones técnicas no son suficientes por lo que la segunda es necesaria y se refiere a los *errores de operación*. La tercera fase, no menos importante, es el estudio del *factor humano* que concierne a los operadores, técnicos, organización y gerencia de las funciones de sistemas industriales. El mismo autor resalta que se ha observado que las causas más frecuentes de accidentes son por entrenamiento inadecuado, procedimientos escritos inadecuados y falta de investigaciones de los accidentes pasados. Debido a ello, el objetivo del procedimiento de seguridad debe ser la *prevención de catástrofes* y para ello es necesario recopilar información de procesos de seguridad, análisis de procesos de riesgo, procedimientos de operación, prácticas de seguridad en el trabajo, entrenamiento, equipo mecánico, medidas de emergencia y control.

Por su parte la STPS considera que la seguridad y la higiene industrial son el conjunto de conocimientos científicos y tecnológicos destinados a localizar, evaluar, controlar y prevenir las causas de los accidentes en el trabajo a que están expuestos los trabajadores en el ejercicio o con motivo de su actividad laboral. Por lo tanto, es importante establecer que la *seguridad* y la *higiene* poseen la misma naturaleza siendo instrumentos de *prevención de los accidentes*.

2 Principios básicos de prevención

De acuerdo con la STPS se deben adoptar medidas preventivas tomando en cuenta la *naturaleza del trabajo*:

- a) las características *físicas, químicas y toxicológicas* de las *sustancias*,
- b) las *características, la naturaleza, el tiempo y la frecuencia* de la *exposición* de los trabajadores a dichas *sustancias*,
- c) las características de las *fuentes generadoras*.

Es necesario también efectuar el reconocimiento, la evaluación y el control necesarios para prevenir alteraciones en la salud de los trabajadores expuestos.

Es conveniente llevar, conservar, mantener actualizado y mostrar a las autoridades competentes el *registro* de los niveles de concentración de las sustancias químicas a fin de adoptar las medidas de seguridad e higiene tendientes al *control* de la exposición a dichas sustancias. Es *útil* elaborar los procedimientos de salud, seguridad e higiene para los trabajadores que estén expuestos a las sustancias químicas. Así como informar a los trabajadores de las posibles alteraciones en su salud por la exposición a las sustancias químicas contaminantes en el ambiente laboral. De igual manera *adiestrar* y capacitar a los trabajadores y a los miembros de la comisión mixta en los procedimientos de seguridad y medidas preventivas para proteger su salud frente a los peligros específicos. De igual manera delimitar las zonas donde exista el riesgo de exposición. Al igual que determinar el número de trabajadores potencialmente expuestos. Determinar la instrumentación y el método de muestreo. Efectuar la evaluación periódica por medio de este *muestreo*. Es importante señalar con *avisos de seguridad* los locales de almacenamiento y las zonas de exposición a dichas sustancias. Los avisos deberán ser colocados en lugares visibles y ajustarse, en general a la Norma Oficial en vigor. Así como identificar las fuentes generadoras. De ser posible modificar o sustituir las sustancias que están alterando el *medio ambiente* de trabajo, capaces de causar daño a la salud de los trabajadores por otras sustancias que no lo causen. Así como *reducir* al mínimo las *sustancias químicas* contaminantes. Efectuar las modificaciones en los procedimientos o en los equipos de trabajo. Aislar las fuentes de contaminación en los procesos, los equipos o las áreas de trabajo. Aislar a los trabajadores. De igual manera *limitar los tiempos y frecuencias* en que el trabajador esté expuesto a las sustancias químicas contaminantes. Dotar a los trabajadores con equipo de protección específico al peligro. (STPS 1993)

2.1 Protección personal

Bakar (1990) concuerda en que los trabajadores deben protegerse usando *equipo especial*. Este equipo forma una barrera entre el tóxico y la ruta de entrada, disminuyendo o eliminando el peligro de exposición. Cualquier ruptura en él significa exposición inmediata al tóxico. Esto no debe ser visto como una medida primordial, pero sí como un suplemento en las medidas de control.

El equipo de protección personal, continúa Bakar (1990), es un conjunto de *aparatos y accesorios* fabricados especialmente para ser usados en diversas partes del cuerpo, con el fin de impedir las lesiones y enfermedades causadas por los agentes a los que está expuesto el trabajador. Es imposible que el equipo de protección personal dé una seguridad total al trabajador, por lo que se habrá de tomar en cuenta los riesgos que no pueden ser evitados mediante su uso y ver la mejor manera de prevenirlos.

El equipo de protección personal más usado según la STPS es el siguiente:

a) Protección para la *cabeza*:

-casco de seguridad, de diseño y características que cumplan con lo establecido en las Normas Mexicanas,

-gorras, cofias, redes, turbantes o cualquier otro medio de protección equivalente, bien ajustado y de material de fácil aseo.

b) Protección para los *oidos*:

-conchas acústicas, tapones o cualquier otro equipo de protección contra el ruido que cumpla con las Normas.

c) Protección para la *cara y ojos*:

-caretas, pantallas o cualquier otro tipo de protección contra radiaciones luminosas más intensas de lo normal, infrarrojas y ultravioletas, así como contra cualquier agente mecánico, químico o biológico; que cumpla con las Normas,

-anteojos, gafas, lentes, visores o cualquier otro equipo de protección de los ojos que cumpla con las Normas.

d) Protección para las *vías respiratorias*:

-mascarillas individuales de diversos tipos y usos o equipos de protección respiratoria con abastecimiento propio de oxígeno, que cumpla con las Normas.

Las mascarillas que cubren la boca y la nariz del trabajador previenen la entrada de la sustancia química en el cuerpo por inhalación. El uso de respiradores debe ser cuando los controles de ingeniería no son practicable, o bien, para complementar los controles de ingeniería durante el mantenimiento y reparación. Durante emergencias deben ser seleccionados de acuerdo a los criterios de identificación del contaminante, concentración máxima posible del contaminante en el lugar de trabajo y aceptabilidad del trabajador tomando en cuenta que la ropa y los accesorios le queden bien para evitar fugas sin disminuir la libertad de movimiento.

e) Protección para *cuerpo* y los *miembros*:

-guantes, guanteletes, mitones, mangas o cualquier otro equipo semejante construido y diseñado de tal manera que permita los movimientos de las manos y de dedos y que pueda quitarse fácil y rápidamente,

-polainas diseñadas y construidas con materiales de acuerdo con el tipo de riesgo y que puedan quitarse rápidamente en caso de emergencia,

-calzado de seguridad que cumpla con las Normas

-mandiles y delantales, diseñados y construidos con material adecuado al tipo de trabajo y tipo de riesgo de que se trate,

-cinturones de seguridad, caretas, salvavidas o equipos de prevención semejantes, que cumplan con las Normas. Es necesario una talla apropiada para prevenir fugas.

Es de suma importancia proteger los ojos y la piel de salpicaduras de sustancias químicas. La exposición al polvo, vapor o humos puede requerir protección especial. Por ejemplo para los ojos y la cara se incluyen anteojos de seguridad. Para la cara se pueden usar cascos con careta para proteger contra líquidos corrosivos, sólidos o vapores y otros cuerpos extraños.

Para proteger la piel, es necesario emplear la ropa adecuada, como guantes, botas y cobertores hechos de materiales especiales, pueden ser provistos para eliminar contactos prolongados o repetidos con solventes y otras sustancias químicas. Un gran número de materiales es usado para éstos fines y se requiere de una selección especial. También cremas protectoras y lociones son usadas para proteger la piel. Las cuales son efectivas si se les da un uso adecuado.

Por último, en relación al equipo de protección personal, es importante destacar dos aspectos:

a) su uso debe ser exclusivamente *personal*,

b) significa un esfuerzo para la *prevención de las enfermedades*, por lo que no sustituye las *medidas de control del ambiente de trabajo* ni a la *vigilancia médica de la salud de los trabajadores*. (STPS 1993)

2.2 Higiene personal

De acuerdo con Bakar (1990) la higiene personal ayuda a mantener el cuerpo limpio y a que éste no conserve nada dañino, evitando así absorberlo por el organismo.

Las reglas básicas de higiene personal, para aquel que emplea sustancias químicas en el trabajo, son:

- *evitar exposiciones directas* a las sustancias químicas siguiendo procedimientos seguros, entre los cuales están usar ropa y equipo de protección adecuados,
- lavar las partes expuestas del cuerpo antes de comer, beber o fumar y antes y después de usar los baños,
- *examinar el cuerpo regularmente* para asegurarse de que la piel esté limpia y sana,
- *proveer de ropa adecuada* para cualquier parte del cuerpo donde haya heridas y en los casos donde se pueda, no realizar trabajos con las sustancias químicas cuando las heridas sean recientes,
- *evitar la contaminación* de uno mismo sobre todo en el momento de quitarse la ropa o al descontaminarla, adoptando procedimientos adecuados a éstos como pueden ser que otra persona, con guantes adecuados, le quite su ropa,
- no cargar contaminantes en uno mismo como podría ser en los bolsillos.

3 Control organizacional

El mismo autor, Bakar (1990), se refiere a los procedimientos establecidos por la empresa como parte de un programa de control. Es decir, *políticas* de la empresa sobre *seguridad e higiene*:

- revisión del proceso de trabajo, de las materias primas usadas y de los productos elaborados por la empresa,

- adiestramiento periódico sobre los procesos de trabajo seguros, agentes a que están expuestos los trabajadores (tanto en el aspecto de accidentes como de enfermedades de trabajo) y métodos de prevención personal,
- reglamento interior de trabajo,
- uso de extintores e hidrantes (tipos, localización, alarmas, etc.) y formas de proceder en caso de incendio,
- salidas de emergencia,
- uso de regaderas de presión, lava rostros y lava ojos y formas de proceder en caso de un derrame o accidente sobre el individuo,
- análisis, registros y archivos de los tipos de accidentes que ocurren con más frecuencia en la empresa,
- primeros auxilios y localización de los botiquines.

Las políticas dirigidas al *uso de sustancias químicas* deberán tomar en cuenta las siguientes medidas:

- identificar el *uso correcto* de las sustancias químicas,
- *etiquetar*,
- realizar *prácticas seguras* para su manejo y uso,
- aplicar *medidas de seguridad* en el lugar de trabajo,
- llevar a cabo *monitoreo* de las posibles exposiciones,
- programar *revisiones médicas* periódicas,
- *archivar* los resultados,
- realizar programas de *entrenamiento* y educación técnico práctico periódicamente.

4 Identificación

Los procesos de identificación del riesgo son conocer qué sustancias químicas son usados, cómo entran en contacto con el cuerpo y qué problemas causa en él y en el medio ambiente. Cada sustancia química usada en el lugar de trabajo debe ser conocida y acompañada de instrucciones sobre como disminuir su exposición. Para obtener ésta información, los empleados deben informarse con la literatura respectiva de la sustancia a utilizar. De hecho, cualquier producto químico que no pueda ser identificado a pesar de su etiqueta, es decir que no indique cuales son los peligros inherentes, no debe ser usado hasta contar con la información relevante y ésta sea entendida.

4.1 Etiquetado

El mismo autor Bakar (1990), especifica que el etiquetado debe ser *informativo* y estar claramente *expuesto* en botellas, bolsas y en cualquier otro contenedor químico. De la misma manera, deben concordar las características y cantidades etiquetadas con las contenidas en el recipiente. El objetivo del etiquetado, es prevenir a los usuarios del peligro potencial, así como de las precauciones necesarias a considerar y qué hacer en caso de emergencia. Será apropiado incluir en la etiqueta la información siguiente:

- nombre común,
- identificación de la sustancia química,
- nombre, dirección y teléfonos de los supervisores,
- riesgos especiales asociados al uso de la sustancia química,
- medidas de seguridad,
- símbolos de peligro.

En la lista de regulaciones internacionales, los letreros de los símbolos tienen los siguientes significados:

E: explosivo,

O: oxidante,

F: muy flamable,

T: tóxico,

C: corrosivo,

Xn: dañino (menos que T),

Xi: irritante (menos que C).

Los principales colores de los símbolos indicando peligro son *negro* con fondo *naranja*.

4.2 Almacenamiento

Las siguientes reglas generales para guardar productos químicos deberán ser seguidas:

- *sustancias no compatibles* no deberán ser guardadas juntas.
- proporcionar una adecuada *ventilación* para asegurar el no estancamiento del vapor. (Bakar Abu et al 1990)

5 Costumbres en el trabajo

Bakar (1990) opina que las buenas costumbres juegan un papel importante en el control de la exposición a la sustancia química. Las bancas, pisos y muebles deben ser limpiados regularmente para eliminar posibles contaminaciones. Todo desecho debe ser almacenado en un lugar seguro al igual que los contenedores, para ser dados posteriormente a las autoridades correspondientes. Es recomendable tener un procedimiento escrito para ello.

6 Monitoreo de exposición

Según la STPS (1993) el monitoreo en el lugar de trabajo incluye el muestreo de aire común para ver la concentración de *tóxicos en el ambiente*. Si la concentración es alta (mayor o igual al máximo permisible), se debe identificar su origen y adoptar las medidas de seguridad necesarias para reducir la exposición en el trabajo.

7 Supervisión Médica

La supervisión médica incluye exámenes periódicos y un examen preempleo o pre-asignación al trabajo para detectar *hipersensibilidad* en el trabajador. Todo registro del médico debe ser archivado y mantenido en orden. Muchos efectos causados por sustancias químicas tienen repercusiones a largo plazo. Los registros proveen una información valiosa de estudios *epidemiológicos* que contribuyen a un futuro entendimiento del peligro que implica el uso de sustancias químicas. (Bakar Abu et al 1990)

8 Entrenamiento y educación

En un artículo, Cresson (1993) explica que el *error humano* suele ser el más grande y serio causante de interrupciones en una empresa. En términos monetarios, el error humano es la mayor causa de pérdida productiva y económica. El error puede ser de omisión o comisión. El error de *omisión* ocurre cuando una persona falla en tomar una acción correcta que está prescrita o requerida. El error de *comisión* ocurre cuando una persona ejecuta una acción incorrecta o prohibida. Cuando un error ocurre, si el error se propaga puede

considerarse como un error inherente. En cada máquina, de alguna manera, hay una extensión directa de la mente humana. Por ello, la organización empresarial necesita hacer más explícitas las responsabilidades en materia de seguridad, contar con un procedimiento que permita relacionar las responsabilidades y la información. (Cresson Charles 1993)

Cualquiera que trabaje con sustancias químicas debe estar *capacitado* con base en las características de cada sustancia, medidas de seguridad, el cuidado y el uso del equipo de seguridad así como medidas de emergencia y primeros auxilios. El trabajador debe estar entrenado para *identificar* cuando las medidas de seguridad fallan e interpretar los niveles de riesgo correspondientes a la sustancia química. El entrenamiento debe ser periódico. (Bakar Abu et al 1990)

Por otro lado, la Secretaría del Trabajo y Previsión Social indica que es necesario que los patrones reciban una capacitación periódica en el mismo sentido además de la información sobre las *pérdidas* en la producción ocasionadas por los accidentes de trabajo y la posibilidad de reducirlas mediante la prevención de los mismos. (STPS 1993)

9 Plan de emergencia

Según Bakar (1990), el plan de emergencia debe incluir las medidas de *primeros auxilios* como son técnicas básicas de extinción y evacuación así como *acciones apropiadas* en los primeros segundos del accidente. El plan de emergencia es esencial para cualquier lugar de trabajo y debe tener los siguientes datos:

- evaluación del trabajo (actividad laboral),
- asistencia médica o protección especializada,
- el rol del personal seleccionado para dirigir en caso de emergencia, así como la selección de un lugar de reunión global fuera del edificio,
- la localización, uso y mantenimiento de cada equipo de emergencia en la planta.

Cada plan de emergencia debe ser *informado, entendido y practicado* en detalle. El plan debe describir claramente las salidas de emergencia, alarmas, programa periódico de verificación de alarmas y entrenamiento de evacuación a todo el personal. Localizar e indicar un *lugar seguro* y al aire libre donde agrupar al personal desalojado.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

En la organización de primeros auxilios se deben tener en cuenta la naturaleza, cantidad y peligro de la sustancia presente, para ello es de suma importancia:

- la eficiencia de la gente capacitada en primeros auxilios,
- la proximidad de los medicamentos,
- la eficiencia del transporte y la cercanía de los lugares médicos,
- la habilitación de dos vías de comunicación de emergencia al exterior,
- el equipo de emergencia como regaderas o chorros de agua para los ojos,

Algunas de las *primeras medidas* necesarias para personas que tienen contacto con las sustancias químicas:

- en zonas expuestas a gases y humos, usar aparatos de respiración antes de entrar al área de peligro,
- cuando la piel o la ropa estén muy contaminados la persona debe mojarse en agua mientras se le retira la ropa,
- para zonas en lugar cerrado, se requiere de una alarma para pedir ayuda,
- en todos los casos los afectados deberán ser llevados a un área segura fuera de peligro,
- cuando no haya pulso, una resurrección cardio-pulmonar deberá ser administrada, cuando no haya intoxicación con gases emplear equipo de oxígeno,
- ya que muchas de las sustancias químicas causan quemaduras, las personas que hayan tenido contacto con ellas, primero deberán aplicarse cremas o líquidos que los neutralicen y deberán ser puestos bajo observación por lo menos 10 minutos. (Bakar Abu et al 1990)

II OBJETIVO DEL TRABAJO

Como se pudo apreciar en el primer capítulo, la *toxicología* y en especial la *clínica*, se centra en estudiar lo que ocurre en el cuerpo humano una vez que la sustancia *entra* en el organismo.

En el segundo capítulo se señala que la *legislación* mexicana regula la *concentración máxima permitida* por sustancia, aquí estamos hablando de *concentración* y *dosis*. Sin embargo, no le presta mayor importancia ni al estado físico de la misma ni a la vía de acceso al organismo.

Por otro lado, en el tercer capítulo se muestra que el *Índice Dow*, al estar enfocado a los riesgos de fuego y explosión toma en cuenta *características físicas y químicas* de las sustancias así como *cantidad* y *características* de usos (todo ello dirigido al fuego).

Por su parte, en el cuarto capítulo, la NFPA ofrece una gama amplia de *características* de las *sustancias* pero con un gran énfasis o interés en el riesgo de *fuego*.

En el quinto capítulo se ofrecen *medidas de seguridad* tanto para el tipo de sustancia como para su uso, pero no presenta un análisis formal ni un método que permita una evaluación cuantitativa.

Del marco teórico destacan ciertas características fundamentales como son a) *efectos en la salud*, b) *concentración y dosis*, c) *propiedades físicas y químicas*, d) *uso y manejo de las sustancias* y e) *medidas de seguridad*.

Desafortunadamente no encontramos en la investigación algún método cuantitativo con todas éstas características. Ante las ventajas y desventajas del amplio marco de opciones encontradas, nos propusimos el siguiente objetivo:

- Desarrollar una metodología que permita calcular un índice de *riesgo toxicológico* evaluando la *dosis de la sustancia*, el *estado físico de la misma*, su *cantidad*, *uso y manejo* en una actividad o proceso determinado en una empresa que utilice productos químicos.

III MÉTODO PROPUESTO

A- Introducción

Se requiere de un método para evaluar el *Riesgo Toxicológico (RT)* de una empresa, para lo cual se propone modificar el *Índice Dow* y crear el *Índice Toxicológico (Ítox)*. Para ello se necesita un *Factor Toxicológico (FT)* que evalúe la toxicidad de un material según su *concentración, efecto a la salud y estado físico*. Dicho factor comprende las características mencionadas debido a que, como se ha visto a lo largo de este trabajo, son éstas las propiedades fundamentales para determinar la peligrosidad de un material, tóxicamente hablando. Las modificaciones al Índice Dow requieren de cambiar el objetivo y algunos conceptos. El *objetivo* básico ahora es reducir al máximo el riesgo *toxicológico* de un material en un proceso determinado. Ya que no se desea evaluar los efectos de fuego y explosión, se cambiaron los conceptos básicos de la prevención del fuego por los *conceptos* básicos para la prevención de efectos toxicológicos en el ser humano. Estos últimos ya han sido discutidos en los capítulos uno y dos del marco teórico destacando la importancia de cada uno de ellos. La metodología del Índice Dow ya fue presentada en los capítulos tres y cuatro del marco teórico. Ahora vamos a presentar la metodología del Índice Toxicológico. El lector podrá observar el paralelo con el primero, sin embargo, una vez explicada a fondo la concepción del Índice Toxicológico se presentará una tabla comparativa de los conceptos de ambas metodologías.

B- Método

1 Índice Toxicológico

1.1 Selección del proceso

La parte seleccionada como una sección será el *área* donde exista al menos un *material peligroso* o donde existan materiales que al mezclarse sean tóxicos, por lo que es conveniente analizar dónde se almacenan las materias primas, cuales son los productos intermedios y finales que se manejan en las secciones de reacción, destilación o separación.

Se divide el proceso que se va a analizar en unidades o en secciones. El análisis se aplica a las unidades del proceso donde existe un mayor riesgo (o un gran impacto) de *toxicidad*, de acuerdo con los materiales existentes, las reacciones y lo peligroso del proceso.

Las unidades pueden ser: de alimentación, almacenamiento, precalentamiento, reacción, absorción, adorción, purificación, mezclado, destilación, etc.; o considerar equipos específicos como bombas, tanques, reactores, evaporadores, columnas de destilación, etc. El interés de este trabajo es que las unidades de estudio no solo sean específicas de la industria, pudiéndose ampliar el análisis a un laboratorio, una clínica o la cochera del hogar; mencionando éste último por el posible *almacenamiento de productos tóxicos* de uso común (tíner, alcohol, gasolina, pintura etc.). En casos como una bodega, la unidad de proceso será considerada como el volumen donde está almacenado el material.

Las unidades deben estar físicamente separadas ya sea por barreras o por medio de distancia.

Es necesario un *análisis cuidadoso* al definir las secciones a estudiar cuando los equipos están en serie y no hay separación efectiva entre ellos.

Es importante identificar el área específica a analizar según la *rama industrial* (textil, cinematográfica, minera, petrolera, etc.).

1.2 Factor Toxicológico

Como ya vimos el Factor Material para fuego y explosión está basado en la temperatura, presión y estado físico del material; lo que se propone aquí es construir un FM para medir el aspecto tóxico de las sustancias conjuntamente con el FM estudiado. Dado que la toxicidad depende de la concentración y del tiempo de exposición, es necesario formar una combinación de todas éstas características para cada compuesto o mezcla.

Primero tomamos la tabla 1 presentada por las Normas de la Federación que representa las combinaciones de concentraciones y nivel de exposición resultando en diferentes niveles de riesgo tóxico.

Clasificación Cualitativa del Riesgo

4					Muy alta
3				Alta	
2			Moderada		
1		Baja			
0	Inocua				
	0	1	2	3	4

tabla 1, efectos a la salud (vertical) contra nivel de exposición (horizontal). (NOM-010-STPS-1994)

Es conveniente denotar los resultados de la tabla 1 proporcionada por las Normas de la Federación en forma más detallada y asociarle un índice denominado *riesgo de salud* y que se representará por Ns. Por otro lado es importante para nuestros objetivos utilizar la clasificación que hace la NFPA del riesgo de salud Nh, porque toma en cuenta el grado toxicológico de los productos químicos por lo que se hace una relación directa entre estos y los resultados obtenidos aquí. Además están supuestas las siguientes definiciones:

Efectos leves reversibles: dolor de estómago, irritación del tracto digestivo, irritación en la piel, tos, etc.

Efectos moderados reversibles: náusea, dolor de cabeza, irritación en el tracto respiratorio, sensación de quemadura, etc.

Efectos severos: vómito, jaqueca, dificultad para respirar, quemaduras de segundo grado, pérdida de la conciencia, etc.

Efectos irreversibles: alteraciones al sistema nervioso central, quemaduras de tercer grado, coma, etc.

Efectos incapacitantes o fatales: pérdida de algún miembro, parálisis, etc.

De donde resulta:

Nivel de riesgo (Ns) 0:

Sin efectos conocidos y bajo una muy alta concentración (más de 10mg/m³) (Nh=0).

Nivel de riesgo (Ns) 1:

Efectos leves reversibles y bajo una alta concentración (entre 1 y 10mg/m³) (Nh=1).

Nivel de riesgo (Ns) 2:

Efectos moderados reversibles bajo una concentración muy alta (Nh=1).

Nivel de riesgo (Ns) 3:

Efectos leves reversibles a concentración moderada (entre 0.1 y 1mg/m³) o efectos moderados reversibles a concentración alta o efectos severos reversibles a concentración muy alta (Nh=1).

Nivel de riesgo (Ns) 4:

Efectos leves reversibles a concentración baja (entre 0.001 y 0.1mg/m³) o efectos moderados reversibles a exposición moderada o efectos severos reversibles a concentración alta o efectos irreversibles a concentración muy alta (Nh=2).

Nivel de riesgo (Ns) 5:

Efectos leves reversibles a muy baja concentración (menor que 0.001mg/m³) o efectos moderados reversibles a concentración baja (entre 0.001 y 0.1mg/m³) (Nh=2).

Nivel de riesgo (Ns) 6:

Efectos severos reversibles a concentración moderada o efectos irreversibles a altas concentraciones o efectos incapacitantes a concentración muy alta (Nh=3).

Nivel de riesgo (Ns) 7:

Efectos moderados reversibles a muy bajas concentraciones o efectos severos reversibles a bajas concentraciones o efectos irreversibles a

concentración moderada o efectos incapacitantes a altas concentraciones ($N_h=3$).

Nivel de riesgo (N_s) 8:

Efectos severos reversibles a muy bajas concentraciones o efectos irreversibles a bajas concentraciones o efectos incapacitantes a concentración moderada ($N_h=4$).

Nivel de riesgo (N_s) 9:

Efectos irreversibles a concentración muy baja o efectos incapacitantes a bajas concentraciones ($N_h=4$).

Nivel de riesgo (N_s) 10:

Efectos incapacitantes o fatales a muy baja concentración ($N_h=4$).

Con estos niveles de riesgo es posible formar una tabla que permita determinar en forma sencilla, empleando la tabla 2; una agrupación de los valores: 10, 9 y 8 serán niveles de *muy alto riesgo*; 7 y 6 niveles *altos*; 5 y 4 niveles *moderados*; 3 al 1 niveles *bajos* y el cero *sin riesgo aparente*.

Clasificación Cualitativa del Riesgo

4 (Efectos incapacitantes o fatales)	Muy alta (10)	Muy alta (9)	Muy alta (8)	Alta (7)	Alta (6)
3 (Efectos irreversibles)	Muy alta (9)	Muy alta (8)	Alta (7)	Alta (6)	Moderada (4)
2 (Efectos severos reversibles)	Muy Alta (8)	Alta (7)	Alta (6)	Moderada (4)	Moderada (3)
1 (Efectos moderados reversibles)	Alta (7)	Moderada (5)	Moderada (4)	Baja (3)	Baja (2)
0 (Efectos leves reversibles)	Moderada (5)	Moderada (4)	Baja (3)	Baja (1)	Nula (0)
	0 (≤ 0.001) mg/m ³	1 (0.001-0.1] mg/m ³	2 (0.1-1] mg/m ³	3 (1-10] mg/m ³	4 (>10) mg/m ³

tabla 2, efectos a la salud (vertical) contra concentración (horizontal).

Es necesario *reconocer los posibles efectos* de los diferentes elementos o el grado del riesgo tóxico del material en tablas Oficiales (NOM-010-STPS-1994), en libros (Manual de toxicología industrial) o en la norma 325M de la NFPA; para poderlos reclasificar y aplicar a estos resultados.

Es importante aclarar las diferencias entre la tabla de la NOM-010-STPS-1994 con la propuesta en este trabajo. La diferencia básica radica en que en ésta segunda tabla lo que se *varía* es la *concentración* y el tiempo de *exposición* queda *fijo* en una hora para así poder utilizar los efectos a la salud en una exposición de corto tiempo (CCT), además de poderse guiar de la concentración ponderada en el tiempo (máximo permisible, CPT). Por otra parte en la primera tabla se *varía* la exposición que es considerada junto con la concentración promedio ponderada en el tiempo (CPT). También es importante destacar que la clasificación de la segunda tabla fue hecha con base en que: si un elemento requiere de muy poca concentración en un tiempo de exposición menor a una hora para causar mucho daño, tendrá un mayor peso que aquel que necesite de mucha concentración para un tiempo menor a una hora de exposición para causar por lo menos el mismo daño al organismo humano.

Ahora, tomando en cuenta las *características físicas* de los elementos, se creó una tercera tabla combinando el estado físico del material tóxico con los niveles de riesgo establecidos en la tabla 2. Donde se da mayor peso a los elementos gaseosos por ser los de más fácil acceso al organismo humano, considerando después los líquidos y posteriormente los sólidos.

Tablas 3.1 y 3.2. De manera similar al Factor Material obtenemos un *Factor Toxicológico FT* que nos va a permitir clasificar el material para poder evaluar el posible riesgo. (los términos empleados están definidos en el anexo)

Tabla 3.1

			Ns=0	Ns=1	Ns=2	Ns=3	Ns=4	Ns=5	Ns=6	Ns=7	Ns=8	Ns=9	Ns=10
Gases		no densos (10)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
		densos(9)	0	9	18	27	36	45	54	63	72	81	90
Líquidos	no volátiles	aceites(4)	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
		líquido(5)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
	volátiles	rocío(7)	0	7	14	21	24	35	42	49	56	63	70
		niebla(8)	0	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80
	muy volátiles	vapores (9)	0	9	18	27	36	45	54	63	72	81	90

Tabla 3.2

			Ns=0	Ns=1	Ns=2	Ns=3	Ns=4	Ns=5	Ns=6	Ns=7	Ns=8	Ns=9	Ns=10
Sólidos	sólido	crystal, compacto, granulado (1)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		solubles (3)	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
		maleables (2)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
	partícula	humo(7)	0	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70
		fibra(6)	0	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60
		polvo(5)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50

1.3 Riesgos Generales

Se *identifican y evalúan* considerando los siguientes apartados, en cualquier caso de empate en características dentro del mismo apartado se tomará el factor máximo del empate, en caso de no aplicar al proceso el factor será cero:

1.3.1 El estado del tóxico en el ambiente

- El tóxico sea *parte del ambiente* y se encuentre:
 - a- solo a concentraciones no tóxicas, tendrá un factor de 0.3,
 - b- solo a concentraciones tóxicas, tendrá un factor de 1,
 - c- combinado con otro a concentraciones no tóxicas, tendrá un factor de 0.5,
 - d- combinado con otro a concentraciones tóxicas, tendrá un factor de 1.25.
- El tóxico esté *confinado*:
 - a- solo a concentraciones no tóxicas, tendrá un factor de 0.20,
 - b- solo a concentraciones tóxicas, tendrá un factor de 0.60,
 - c- combinado con otro a concentraciones no tóxicas, tendrá un factor de 0.40,
 - d- combinado con otro a concentraciones tóxicas, tendrá un factor de 1.

1.3.2 Manejo y transferencia de materiales

- a- En la *carga y descarga* de líquidos corrosivos, irritantes, volátiles o tóxicos, en las que las líneas de transferencia se conectan y desconectan, factor de 0.50.
- b- Si la *adición manual* de ingredientes en centrifugas, reactores o mezcladoras representan un riesgo tóxico, factor de 0.50.
- c- Si en el mezclado, carga, descarga, almacenamiento y empaquetado hay *protección en los mecanismos* de transmisión, en herramientas manuales, eléctricas, neumáticas y portátiles, como son procedimientos escritos, factor de 0.40. Si los procedimientos son no escritos factor de 0.60. Si no hay ningún tipo de protección factor de 0.90.
- d- Bodegas y patios de almacenamiento:

- Líquidos irritantes o volátiles, factor de 0.80. Incluye tambores, cilindros, contenedores y aerosoles.
- Sólidos tóxicos con $N_h=3$, ó en su caso $N_s=7$ u 8, factor de 0.65.
- Sólidos tóxicos con $N_h=2$, ó en su caso $N_s=5$ ó 6, factor de 0.40.

Si las bodegas o el almacenamiento no están protegidos con ventilación, extractores u otros ventiladores, lava manos y lava ojos de emergencia y demás equipos de seguridad e higiene, se sumará 0.2 al factor de riesgo.

1.3.3 Unidades de proceso cerradas o interiores

- a- Si los *colectores* de polvos o filtros están en el interior, factor 0.5.
- b- Si contiene líquidos volátiles, factor de 0.3. Si además son corrosivos, factor de 0.45.
- c- Si en los manejos hay *cambios físicos*, factor de 0.6, si hay aglomeración de maquinaria, equipos o trabajadores, factor 0.9.

Si se cuenta con patios paredes, techos y caminos con las medidas adecuadas de seguridad e higiene se puede reducir el factor a un 50% en los puntos a y c.

Se deben consultar las normas de la Federación Mexicana para tener las características adecuadas en espacio y maquinaria (ver bibliografía).

1.3.4 Acceso al área de proceso con equipo de emergencia

Se debe poder acceder a la unidad con *equipo de emergencia* y primeros auxilios por lo menos de dos lados. Uno de éstos debe ser un camino. Se puede considerar como segundo acceso el contar con regaderas, oxígeno, extractores fácilmente accesibles y operables durante una emergencia. Se aplica un factor de 0.35 para áreas de almacenamiento de más de 925m² (sean aproximadamente 30.41*30.41) con accesos inadecuados. Áreas menores con accesos inadecuados, factor de 0.2. Si los accesos son considerados adecuados no se aplicará factor alguno.

1.3.5 Drenajes y control de derrames

La *efectividad del drenaje* se evaluará considerando que debe poder manejar el 75% del contenido del área de proceso.

Se aplica un factor de 0.5 en los siguientes casos:

a- diques diseñados para evitar que un derrame afecte otras áreas pero que incluye a todo el equipo dentro del dique,

b- si el derrame puede quedar extendido en el área de proceso,

c- si los edificios cerrados cuentan con extractores de aire.

Se aplica factor de 0.1 si:

a- los diques rodean por 3 lados a la unidad y el drenaje tiene una pendiente del 2% hacia un contenedor remoto,

b- la distancia mínima entre el equipo y el dique debe ser de 8 m o del diámetro del tanque vertical,

c- el contenedor debe tener una capacidad igual a la considerada para un drenaje efectivo,

d- no se descarga en las redes de drenaje municipales productos, subproductos o materiales de desecho,

e- si los extractores tienen trampas filtros que eviten una contaminación exterior,

f- si tienen procedimientos para aislar y recuperar el material extraído sin que contamine el medio ambiente.

Si las condiciones anteriores se cubren parcialmente, factor de 0.25.

Si el contenedor, tanque colector o trinchera, expone líneas de servicio o no esta a la distancia correcta, factor de 0.5.

Si hay efectos ecológicos al medio ambiente, factor de 0.9.

1.3.6 Monitoreo

Debe hacerse *periódicamente* dependiendo del tiempo de exposición tanto a la unidad, como al personal. De ser necesario el personal deberá ausentarse del trabajo temporalmente para no rebasar los niveles de intoxicación, si las

medidas necesarias son tomadas factor de 0.30; si las medidas son tomadas parcialmente 0.85; si no son tomadas factor de 1.

Cuando ya se tienen los valores de los factores por riesgos generales del proceso, se suma y a la suma se le llama F1 (el valor está entre 1 y 9.25).

1.4 Riesgos Especiales

Se identifican y evalúan considerando los siguientes apartados, en cualquier caso de empate en características dentro del mismo apartado se tomará el factor máximo del empate:

1.4.1 Materiales Tóxicos:

Toxicidad, virulencia o grado de intensidad sobre el órgano u órganos con los que entra directamente en contacto el contaminante.

Límite máximo de concentración permisible u otro límite de exposición recomendado.

Protección personal y material adecuado a cada tipo de contaminante de acuerdo a sus características específicas, si existen reducir a un 20% los factores de los siguientes puntos

- *Vía de intoxicación* (si existen al menos dos de las siguientes opciones factor 1.0):
 - a- inhalación 0.95,
 - b- deglución 0.75,
 - c- contacto 0.50.
- *Mecanismo de la intoxicación* (si existen al menos dos de las siguientes opciones factor 1.0):
 - a- aditivo 0.90,
 - b- independiente 0.50,
 - c- crónico 0.50,
 - d- agudo 0.90.

Se reduce un 20% adicional si existen normas o procedimientos de seguridad e higiene con las características de cada uno de los contaminantes y las medidas para prevenir su acción siendo algunas de las características las siguientes:

- asfixiantes,
- oxidantes altamente fuertes,
- material oxidante o irritante,
- reacción con agua que produzca gases o vapores volátiles,
- características de mezclado y dispersión,
- materiales sujetos a calentamiento espontáneo,
- materiales sujetos a rápida polimerización espontánea,
- materiales con susceptibilidad a la ignición,
- materiales sujetos a descomposición explosiva,
- Materiales sujetos a detonación en fase gaseosa,
- propiedades explosivas de la fase condensada,
- cancerígenos,
- material radiactivo.

Si estos procedimientos están funcionando bien al cien por ciento, se reducirá un 50% total del factor en vez de las dos reducciones del 20%.

1.4.2. Baja presión

Se aplica a cualquier proceso donde la entrada de aire al sistema pueda ser un riesgo. El factor aplicable a cualquier equipo de proceso que opere a presión subatmosférica, aún momentáneamente, es 0.5.

1.4.3 Operación en o cerca de los máximos permisibles

a- Factor de 0.5

Tanques de almacenamiento de líquidos con $N_h=3$ ó $N_S=7$ u 8 en el que el aire pueda ser aspirado durante el bombeo o por un enfriamiento súbito.

Venteos abiertos o de presión.

Almacenamiento de líquidos volátiles a temperaturas ambientales que no se manejen a temperaturas menores.

b- Factor de 0.3

Equipos de proceso o condiciones de almacenamiento que puedan caer de condiciones peligrosas por fallas de instrumentación o del equipo.

c- Factor de 0.8 a procesos que estén siempre cerca de condiciones peligrosas.

1.4.4 Almacenamiento de polvos minerales

En cantidades suficientes para que se alcance el máximo permisible establecido en la norma NOM-010-STPS-1994.

máximo permisible:	factor:
10mg/m ³	0.25
5mg/m ³	0.50
2mg/m ³	0.90
≥1000ppm	0.50
{500,1060} ppm	0.75
≤500 ppm	1.00

* ppm=millones de partículas por metro cúbico

1.4.5 Alivio de presión

Si se manejan materiales altamente viscosos, factor de 0.7.

Si son gases comprimidos, factor de 0.8.

Si son gases asfixiantes, factor de 1.0.

1.4.6 Baja temperatura

Esta sección considera los posibles daños que ocurren al carbón, al acero o a otros metales de construcción al operar en o abajo de su *temperatura de transición*.

Se aplica un factor de 0.3 si el equipo es de acero o carbón operando abajo de la temperatura de transición o a menos de 10°C.

Se aplica un factor de 0.2 para otros materiales de construcción operando abajo de su temperatura de transición.

1.4.7 Corrosión y erosión

Esta sección considera tanto *corrosión interna como externa*.

Velocidad de corrosión menor a 0.5mm/año con riesgo de picaduras o erosión local, factor de 0.1.

Velocidad de corrosión mayor de 0.5mm/ año pero menor de 1.0, factor de 0.2.

Velocidad de corrosión mayor que 1mm/ año, factor de 0.5.

Si existe riesgo de agrietamiento por tensión o corrosión, factor de 0.75.

Si se aplica un revestimiento contra corrosión factor de 0.2.

1.4.8 Combinación de tóxicos

Si la combinación es de ambos a niveles no tóxicos, factor de 0.3.

Si la combinación de uno es a nivel tóxico 0.5.

Si la combinación de ambos es a nivel tóxico factor de 0.8.

Si los compuestos de la combinación son manejados a niveles cercanos o en los máximos permisibles factor de 1.

1.4.9 Fugas, juntas y empaques

Sellos de bombas y prensaestopas que solo puedan dar fugas menores, factor de 0.1.

Si se sabe que tendrán problemas regulares de fugas en bombas, compresores y bridas, factor de 0.3.

Proceso con ciclos térmicos o de presión, factor 0.3.

Material penetrante o abrasivo que pueda causar fugas intermitentes o si se utiliza un sello o empaque para el eje rotatorio, factor 0.4.

Mirillas de vidrio, fuelles o juntas de expansión, factor 0.7.

La cantidad de fuga, las condiciones ambientales, la dirección y velocidad del viento y la distancia del equipo al punto de fuga, determinan la contaminación.

1.4.10 Procesos radiactivos

En estos procesos el *blindaje*, la distancia de exposición y el tiempo de exposición son determinantes.

Si la fuente está cerrada y bien blindada se aplicará un factor de 0.2.

Si se opera la fuente con protección adecuada y en poco tiempo, factor de 0.5.

Si se opera la fuente cerca de los límites permitidos, factor de 1.

1.4.11 Equipo rotatorio, bombas y compresores

La evidencia estadística indica que los equipos rotatorios, como bombas y compresores arriba de cierto tamaño contribuyen a producir incidentes de pérdida, por lo que las unidades de proceso con bombas mayores a 75 hp, compresores desde 600hp, agitadores y bombas de recirculación en los que se pueda originar una falla, tiene un factor de 0.6.

1.4.12 Marcado y etiquetado

Se debe tener en *cada área* o unidad avisos o señales de seguridad e higiene adecuados al material procesado o almacenado, así como el equipo y los accesorios de protección personal adecuados por área de trabajo.

Si las medidas se toman en su totalidad se aplicará factor de 0.1; si son practicadas parcialmente se aplicará un factor de 0.5.

Si las medidas no se toman factor de 1.0.

1.4.13 Higiene

Deben mantenerse *reglas de higiene personal y de trabajo* adecuadas a cada labor y área de trabajo.

Requerimientos y características de los botiquines de primeros auxilios para cada tóxico que se use.

Cortinas de agua: si se utilizan cortinas a un mínimo de 23m de la fuente de vapores.

Descontaminación regular y sistemática del personal y del equipo.

Lavabos regaderas automáticas y vestidores aislados para descontaminación.

Si las medidas son tomadas correctamente en su totalidad se aplicará factor de 0.1.

Si las medidas se toman parcialmente factor de 0.5.

Si no hay medidas factor de 1.0.

Cuando se dispone de los factores de los riesgos especiales se suman y a su suma se la llama F_2 (valor entre 1 y 11.95).

Se determina el valor de riesgo de la unidad, representada por F_3 , de acuerdo con la ecuación:

$$F_3 = F_1 * F_2$$

Una interpretación de esto podría ser una medida de la magnitud del daño probable relativo a la exposición y combinación de los factores utilizados en el análisis.

1.5 Riesgos por cantidad de material

Se recomienda calcular la *cantidad total de material en todo el proceso* que se está estudiando, incluyendo tuberías tanques, recipientes de proceso, instalaciones mecánicas, hidráulicas, así como su funcionamiento y mantenimiento. Se va a calcular en miligramos metros cúbicos, si se tienen partículas por millón (ppm) será conveniente traducir las unidades a mg/m^3 (ver anexo).

El método de cálculo de la cantidad total Q se obtiene del logaritmo del cociente de la concentración del material tóxico q , en todo el volumen de aire contenido en la unidad estudiada, entre el valor del máximo permisible del tóxico dado por las normas de seguridad, es decir:

$$q = \text{Cantidad de material (mg)} / \text{Volumen de aire (m}^3\text{)}$$

$$\phi = q \text{ (mg/m}^3\text{)} / \text{máximo permisible (mg/m}^3\text{)}$$

$$Q = \log \phi$$

Si $Q \leq 0$ se tomará como valor el 0, dado que no presenta riesgos para la salud.

1.6 Índice Toxicológico

$$ITox=(FT/100)*F3*Q$$

El índice es el grado de daño por contaminación de un material en el área o en la persona determinada por el radio de exposición y se calcula multiplicando el factor toxicológico por el factor de riesgo de la unidad y la cantidad en uso de ese material.

El radio de exposición varía según el tipo de contaminante: si el contaminante es líquido solo afectará lo que tenga contacto directo con él y esto dependerá de si está confinado en un recipiente o está suelto o como una fuga.

Si es un gas el radio de exposición será muy grande y difícil de determinar ya que su dispersión dependerá de la dirección y velocidad del viento. Sin embargo existen métodos como el cálculo de nubes explosivas para determinarlo.

Si es un sólido su radio de exposición será como el líquido, a menos que esté como polvo y entonces dependerá de si está en el ambiente o totalmente confinado.

En cualquier caso si es radiactivo el radio de exposición será más o menos circular y la intensidad será inversamente proporcional al cuadrado de la distancia.

1.7 Medidas de corrección

En control del proceso (C1), en aislamiento del material (C2) y en protección Toxicológica (C3).

El factor de corrección total C es el producto de los tres factores o sea:

$$C=C1*C2*C3$$

En el diseño y operación de plantas y edificios, se consideran factores básicos de seguridad e higiene que contribuyen a *minimizar la exposición* de un área donde pueda ocurrir algún riesgo o a reducir la probabilidad o magnitud del riesgo. Algunas de las medidas a tomar pueden ser:

-C1 Control de procesos:

Energía de emergencia para los servicios esenciales, factor 0.98.

Sistema de enfriamiento capaz de mantener un enfriamiento normal durante 10 min en una condición anormal factor de 0.97, si es capaz de dar el 150% de los requerimientos en esos 10 min. factor 0.98.

Paro de emergencia: para sistema redundante activado en condiciones anormales, factor de 0.99, si los equipos críticos rotatorios (turbinas, compresores, ventiladores, etc.) tienen detector de vibraciones y solo alarma, factor de 0.98, si inicia el paro el factor es de 0.96.

Control por computadora: si la computadora es solo una ayuda para los operadores y no controla las operaciones claves directamente o si la planta se opera frecuentemente sin la computadora, factor de 0.99, si la computadora con falla segura lógica y control directo, factor de 0.90.

Si se utiliza alguna de las siguientes opciones factor de 0.93:

- entrada a campos críticos redundantes,**
- capacidad de abortar a salidas críticas,**
- capacidad de riesgo de los sistemas de control.**

Instrucciones de operación de los *procedimientos* que cubra la unidad, dependiendo lo claras, precisas y completas que sean. Si se utilizan al menos 10 de las siguientes, factor de 0.90. Si son menos de 6 factor de 0.98.

Arranque.

Paros de rutina.

Operación normal.

Baja en la operación.

Condiciones de corrida o de circulación, reflujo total.

Condiciones sobre la capacidad de operación.

Arranque poco después de paro.

Arranque después de paro por mantenimiento.

Procedimientos de mantenimiento, permisos, entrega, candado.

Paro de emergencia.

Modificaciones o adiciones a equipo y tubería.

Situaciones anormales previsibles debidas a fallas.

Análisis de reactivos químicos: si el programa es continuo como parte de la operación, factor de 0.91, si el análisis es ocasional, factor de 0.98. Se

requiere que los operadores estén entrenados en el manejo de los reactivos y reciban reentrenamiento anual también de seguridad e higiene, si estas condiciones se cumplen, se aplica factor de 0.90.

-C2 Aislamiento del material:

Válvulas de control remoto: si aíslan secciones de transferencia, tanques de almacenamiento de proceso, factor de 0.98; si además las válvulas se revisan y dan mantenimiento una vez al año, factor de 0.96.

Descarga a vertedores: si se cuenta con un vertedor de emergencia con venteo y enfriamiento adecuados, que pueda recibir el contenido de la unidad de proceso, factor de 0.98, si el vertedero está en un área exterior al proceso pero queda estancado una cantidad importante, factor de 0.96. El área de tanques en diques no tiene factor, a menos que se puedan conducir los derrames a un colector localizado a mínimo un diámetro de tanque de distancia y con capacidad igual a la del tanque más grande, factor de 0.95.

Interlock: si el proceso cuenta con un sistema de interlock que prevenga flujo de material incorrecto o reacciones no deseadas, factor de 0.98.

-C3 Protección toxicológica:

Detección de fugas si se cuenta con detectores de vapores que alarmen, identifiquen la zona de fuga, factor de 0.90.

Acero estructural si está recubierto a una altura de 5m, factor de 0.98; si esta recubierto de 5 a 10 m, factor de 0.97. Para tanques enterrados o que sobresalgan parcialmente del suelo, con pared de contención, factor de 0.84.

Suministro de agua: si la capacidad es la demanda máxima de agua calculada para 4 horas factor de 0.99. Una sola hilera de boquillas a una altura máxima de 5m, factor de 0.97. Una segunda hilera de boquillas a un máximo de 2m de la primera, factor de 0.95.

Protección de Cables: si se protegen las charolas eléctricas colocando abajo lámina calibre 14 o 16 factor de 0.98 y si un rociador dirigido a la parte superior, factor de 0.97. Si el cableado es subterráneo en trincheras, factor de 0.94.

Manejo de desechos: si se cuenta con todo un sistema de recolección institucional que a su vez es manejado por las autoridades competentes factor de 0.90, si el sistema de recolección es solo de la empresa factor de 0.95, si el sistema de recolección funciona parcialmente factor de 0.97, si el sistema de recolección de todas maneras lleva los desechos al drenaje o a la

basura común factor de 0,99, si no existe sistema de recolección no se aplicará factor alguno.

Si se toman en cuenta las siguientes medidas factor de 0,90:

a)evitando hasta donde sea posible, la existencia de temperaturas extremas en el lugar de trabajo,

b)evitando la exposición de los trabajadores a temperaturas altas por periodos prolongados,

c)cuando no se pueden seguir ninguna de las dos medidas anteriores, conviene tratar de 'aclimatar' a los trabajadores,

d)proporcionando pastillas de sal a los trabajadores durante sus horas de trabajo, acompañadas de grandes cantidades de líquidos,

e)concediendo descansos periódicos a los trabajadores,

f)manteniendo ordenado y limpio el lugar de trabajo,

g)informando sobre las condiciones anormales en el trabajo y en su organismo,

h)manteniendo cerca de los lugares de trabajo neutralizantes de los productos usados en cada área.

Se determina el factor de corrección total C.

1.8 Riesgo Toxicológico

$$RT=(C*ITox)$$

Una vez evaluado el *Riesgo Toxicológico* RT de cada sustancia, podemos dar una clasificación integral del riesgo del o de los tóxicos en dicho proceso.

RT	Tipo de riesgo
(≤ 0]	Nulo
(0-10]	Severo Moderado
(10-40]	Severo Intermedio
(>40)	Severo Grave

Los valores fueron determinados llevando el análisis a extremos de morbilidad y mortalidad, ejemplificados posteriormente en el trabajo.

1.9 Resultado del análisis

Los resultados se concentran en las hojas de *formatos de reporte* y las medidas preventivas y de control necesarias, así como las conclusiones del grupo de trabajo.

Aquí se plantean nueve diferentes hojas de reportes para concentrar *los datos generales del proceso, del elemento y de los procedimientos*. Para cada proceso deberá ser llenado una serie de formatos (del 2 al 9). Para cada tóxico en el proceso deberá ser llenado a su vez un formato (hoja 3). De manera de tener reunidos los cálculos de la cantidad de material, se concentran los datos en el formato 4. Para hacer más accesible a la vista el manejo de los factores, se identifican los espacios relevantes al cálculo con un recuadro.

Estos reportes están enfocados a agrupar *las características generales del proceso, las características generales de la sustancia, la exposición del trabajador y la exposición en el área*. De tal manera se tiene una información amplia y concisa del trabajo y de las condiciones en que éste se lleva a cabo. Por último en el formato 9 se obtiene el resultado final del análisis y el resumen numérico de los demás factores.

Estos son los datos básicos que se deben tener en registros, existen otras tablas de registros propuestas por las Normas de la Federación y por otras organizaciones; lo ideal es adecuar las tablas al tipo y necesidades de cada trabajo.

Para evaluar adecuadamente el *Riesgo Toxicológico* es necesario tener los siguientes datos que serán de mucha ayuda al aplicar el índice:

1. plano de localización de la planta,
2. plano de distribución de equipo,
3. diagramas de flujo y de tubería e instrumentación,
4. conocimiento profundo del proceso,
5. conocimiento profundo del manejo de material,
6. propiedades físicas, químicas, fisicoquímicas, tóxicas, de seguridad e higiene industrial de materias primas, materiales auxiliares, productos, subproductos y desechos del proceso.

Características generales de la empresa (sección del método 1.1)		Hoja 1 de 9
1- Nombre de la empresa:		Fecha:
2- Dirección:		
3- Diagrama del centro que se analiza:		
4- Lugares o procesos que constituyen al centro y donde se usan o tienen sustancias tóxicas:		
Código	Nombre	
A		
B		
C		
D		
E		
F		
G		
H		
I		
J		
K		
L		

Características generales del proceso (sección del método 1.1)		Hoja 2 _de 9
Cada proceso deberá tener su propio formato identificándose por el código señalado en la hoja anterior.		
Nombre del proceso:		Código:
Ubicación en la planta:		
Descripción del proceso:		
Numero de personas que intervienen:		
Características estructurales del lugar de uso:		
Elementos tóxicos:		
Código	Nombre	
a-		
b-		
c-		
d-		
e-		
f-		
g-		
h-		
i-		

Características de la sustancia (sección del método 1.2)		Hoja 3 _/ _ de 9
Cada sustancia tóxica deberá tener un formato propio identificándose por el código (minúsculas) de la hoja anterior.		
Nombre químico:	Nombre común:	
Clasificación de la ONU:	Clasificación de la Chemical Abstract Service Numbers (EPA):	
Código de la NFPA (Nh):	Límite máximo de concentración permisible:	
Efectos a la salud:		
Nivel de riesgo (Ns, tabla 2):		<input type="text"/>
Características Físicas:		
Características químicas:		
Factor toxicológico (FT, tabla 3):		<input type="text"/>
Precauciones generales:		
Derrames:		
a) Equipo de protección personal:		
b) Equipo de ingeniería:		
c) Señalamientos con indicaciones que se deben y no se deben hacer:		
d) Medidas para disminuir la exposición:		
e) Primeros auxilios:		

Determinación de la cantidad de material Q						Hoja 4 de 9	
Material	Cantidad total	equivalente en mg	Vol. de aire, m ³	q= mg/m ³	máximo permisible	relación ϕ	Q= log ϕ
a-							
b-							
c-							
d-							
e-							
f-							

Riesgos generales del proceso (sección del método 1.3)	Hoja 5 _ de 9
Ver la sección 1.3 para los valores que deben representarse en cada renglón con recuadro y si no aplica escribir cero.	
Factor Base (se usará solo si la suma de F1 es cero):	1.0
1.3.1 Estado del tóxico en el ambiente	
Parte del ambiente 0.3-1.25:	
Confinado 0.2-1:	
1.3.2 Manejo y transferencia de materiales	
a) Líneas de transferencia que se conectan y desconectan 0.5:	
b) Adición manual de ingredientes 0.5:	
c) Mecanismos de transmisión 0.4-0.9:	
d) Almacenamiento 0.4-1:	
1.3.3 Unidades de proceso cerradas o interiores	
a) Colectores 0.25-0.5:	
b) Líquidos volátiles o corrosivos 0.3-0.45:	
c) Cambios físicos y aglomeración 0.3-0.90:	
1.3.4 Acceso al área de proceso con equipo de emergencia 0.2-0.35:	
1.3.5 Drenajes y control de derrames 0.1-0.90:	
Subtotal F1 (suma de todos los valores de los recuadros de esta hoja con excepción quizás del factor base)	

Riesgos generales del proceso (sección del método 1.3 continuación)		Hoja 6 _ de 9
Ver la sección 1.3 para los valores que deben representarse en cada renglón con recuadro y si no aplica escribir cero.		
1.3.6 Monitoreo del ambiente		
Tipo de muestreo:		Fecha y hora de inicio y término:
Laboratorio que lo realizó:		Concentración:
Combinación:		Temperatura y presión:
Origen potencial de la exposición:		Frecuencia de muestreo:
Memoria de cálculo:		
Frecuencia de calibración y muestreo:		
1.3.6 Monitoreo personal		Periodo del monitoreo:
Nombre de la persona:		
Método de muestreo:		Fecha y hora de inicio y término:
Laboratorio que lo realizó:		Concentración:
Tiempo y frecuencia en que la persona está en contacto con el contaminante:		
Flujo de calibración y muestreo:		
Promedio del periodo:		
Evaluación final de esta hoja (factor sección 1.3.6) 0.3-1:		
Total de F1 (suma de los valores de F1 de la hoja anterior y de esta)		

Riesgos especiales del proceso (sección del método 1.4)	Hoja 7 _ de 9
Ver la sección 1.4 para los valores que deben representarse en cada renglón con recuadro y si no aplica escribir cero.	
Factor Base (se usará solo si la suma de F2 sea cero)	1.0
1.4.1 Materiales tóxicos	
a) Vías de intoxicación 0.25-1:	
b) Mecanismo de intoxicación 0.25-1:	
1.4.2 Baja presión 0.5:	
1.4.3 Operación en o.cerca de los máximos permisibles 0.3-0.8:	
1.4.4 Almacenamiento de polvos minerales 0.25-1:	
1.4.5 Alivio de presión 0.7-1:	
1.4.6 Baja temperatura 0.2-0.3:	
1.4.7 Corrosión y erosión 0.1-0.75:	
1.4.8 Combinación de tóxicos 0.3-1:	
1.4.9 Fugas juntas y empaques 0.1-0.7:	
1.4.10 Procesos radiactivos 0.2-1:	
1.4.11 Equipo rotatorio 0.6:	
1.4.12 Marcado y etiquetado 0.1-1:	
1.4.13 Higiene 0.1-1:	
Total F2 (suma de todos los valores de los recuadros de esta hoja con excepción quizás del factor base)	
Total F3=F1*F2	

Medidas de corrección del proceso (sección del método 1.7)	Hoja 8 _ de 9
Ver la sección 1.7 para los valores que deben representarse en cada renglón con recuadro y si no aplica escribir cero.	
Factor Base (se usa independientemente para cada componente de C1, C2, C3 solo si alguno de ellos fuera cero)	1.0
C1 Energía de emergencia 0.98:	
Sistema de enfriamiento 0.97-0.98:	
Paro de emergencia 0.96-0.99:	
Control por computadora 0.9-0.99:	
Otras Opciones 0.93:	
Procedimientos 0.9-0.98:	
Análisis de reactivos 0.90-0.98:	
Total C1 (producto de todos los valores de los recuadros de C1)	
C2 Válvulas de control 0.96-0.98:	
descarga a vertedores 0.95-0.98:	
Interlock 0.98:	
Total C2 (producto de todos los valores de los recuadros de C2)	
C3 Detección de fugas 0.90:	
Acero estructural 0.84- 98:	
Suministro de agua 0.95-0.99:	
Protección de cables 0.94-0.98:	
Manejo de desechos 0.90-0.99	
Otras medidas 0.90:	
Total C3 (producto de todos los valores de los recuadros de C3)	

Relación de los datos del proceso					Hoja 9 _ de 9	
Tomar los datos de los formatos anteriores						
Para todos los materiales en un mismo proceso C1, C2, C3, C, serán los mismos. Para varios materiales en un mismo proceso los FT, F3, podrán ser distintos; los Q, ITox serán distintos.						
Valor total de $C=C1*C2*C3$:						
Código del material	F3	FT/100	Q =log q	ITox= (FT/100)*F3*Q	RT	
a-						
b-						
c-						
d-						
e-						
f-						
g-						
h-						
i-						

Si la evaluación del RT resultara "Severo" se deberán revisar primero los cambios que pudieran hacerse en el proceso y después, las medidas que no aplicaron y son requeridas, así como otras necesarias para disminuir los índices a valores aceptables.

De ésta manera se ofrece una base de datos que permita tomar posteriores *decisiones* con respecto a *eliminar, reducir, aceptar o transferir el riesgo*. Esta decisión dependerá directamente de los intereses de la empresa. En caso de decidir transferir el riesgo, la compañía de seguros deberá a su vez establecer ciertas condiciones para que en caso de siniestro no incurra en pérdidas. Estas condiciones pueden ser medidas extras de seguridad, exclusiones en las cláusulas de la póliza o bien recurrir a una reaseguradora.

Como se mencionó en la introducción de la tercera parte de este trabajo (método propuesto), aquí se presenta una tabla comparativa entre el Índice Dow y el Índice Toxicológico. Esta tabla resume los conceptos de cada parte destacando las modificaciones que se requirieron y pensaron pertinentes para la concepción del método propuesto.

Índice Dow	Índice Toxicológico
Se inicia <i>identificando</i> aquellas unidades o secciones de proceso que se consideren como de mayor impacto o que contribuyan más al <i>riesgo de fuego o explosión</i> .	Se inicia <i>identificando</i> aquellas unidades o secciones de proceso que se consideren de <i>riesgo toxicológico</i> .
El método considera que la unidad o sección de proceso a estudiar <i>contiene un mínimo</i> de 5,000 libras para sólidos o 6,000 galones para líquidos de material <i>inflamable, combustible o reactivo</i> .	El método considera que la unidad o sección de proceso deberá ser estudiada si contiene un material clasificado por la NFPA de $N_h > 0$. Si el material está clasificado $N_h = 1$ ó $N_h = 2$ solo se estudiará si el volumen es mayor a su <i>máximo permisible</i> . Si la clasificación es $N_h = 0$ no se estudiará.

<p>El FM es la medida de la intensidad de energía potencial liberada por un compuesto químico, mezcla o sustancia, al entrar en combustión o reaccionar y causar un incendio o una explosión. Es el <i>punto de partida</i> para el cálculo del Índice Dow de Fuego y/o Explosión. Se determina considerando los <i>riesgos de inflamabilidad y reactividad del material</i> y es un número entre 0 y 40.</p>	<p>El FT es la medida del efecto a la salud de un compuesto químico, mezcla o sustancia al entrar en contacto con el trabajador. Es el <i>punto de partida</i> para el cálculo del Índice Toxicológico. Se determina considerando la <i>concentración del material, el efecto a la salud y la vía de contacto según el estado físico</i> y es un número entre 0 y 100.</p>
<p>Para determinar los números NF, Nr o St se deben buscar en la norma de la NFPA 325M o en la 49.</p>	<p>Para poder evaluar el nivel de <i>riesgo de salud</i> Ns se debe determinar los niveles máximos permisibles buscándolos en la norma de la Federación Mexicana NOM-009-STPS-1993 ó en normas internacionales ó en su caso el equivalente de la NFPA norma 325M.</p>
<p>Los <i>riesgos generales</i> del proceso incluyen conceptos como reacciones exotérmicas y reacciones endotérmicas. Los demás puntos mencionan inflamabilidad riesgo de incendio o explosión, combustibles, punto de flama, etc.</p>	<p>Los <i>riesgos generales</i> del proceso incluyen conceptos como estado del tóxico en el ambiente y tóxico confinado. Los demás puntos mencionan corrosivos, irritantes, volátiles o tóxicos, concentración máxima permisible, punto de ebullición, etc.</p>
<p>Los <i>riesgos especiales</i> del proceso incluyen conceptos como polvos explosivos e intercambio de calor con aceite. Los demás puntos mencionan inflamable, combustibles, inestable, etc.</p>	<p>Los <i>riesgos especiales</i> del proceso incluyen conceptos como materiales tóxicos, polvos minerales, combinación de tóxicos, procesos radiactivos, higiene y marcado y etiquetado. Los demás puntos mencionan tóxico, asfixiante, máximo permisible, volátiles, etc.</p>

Determinación del <i>Índice de Fuego y Explosión (IDow)</i> : éste es la probabilidad de daño de un fuego o explosión al área determinada por el radio de exposición y se calcula multiplicando el factor material <u>FM</u> por el factor de riesgo de la unidad <u>F3</u> .	Determinación del <i>Índice Toxicológico (Ítox)</i> : éste es el grado de daño o de contaminación al área o persona determinada y se calcula multiplicando el factor toxicológico <u>FT</u> por (1/100) y por el factor de riesgo de la unidad <u>F3</u> por <u>Q</u> , es decir $\text{Ítox}=(\text{FT}/100)(\text{F3})(\text{Q})$
Determinación del <i>daño máximo probable a la propiedad base</i> : Valor de reposición =Costo original*0.82*factor de escalación.	No se calcula.
<i>Factor de corrección C</i> por medidas de control de pérdidas en control de proceso, control de explosiones, gas inerte, aislamiento del material, drenaje; protección contra incendio, tanques recubiertos, sistemas especiales, sistemas de rociadores, espuma, extintores portátiles, etc.	<i>Factor de corrección C</i> por medidas de control de pérdidas en protección toxicológica.
Determinación del <i>daño máximo probable a la propiedad</i> : el factor de corrección actual multiplicado por <u>DMPP</u> base para obtener el <u>DMPP</u> actual.	Determinación del <i>riesgo Toxicológico (RT)</i> : el factor de corrección multiplicado por el Índice toxicológico.
Determinación de los <i>máximos días probables fuera de operación</i> : es el tiempo en que la unidad estará fuera de operación debido a reparaciones y reemplazo del equipo, más la pérdida de capacidad de producción, por lo que está en función del <u>DMPP</u> actual.	No se evalúa.
Determinación del <i>costo por interrupción de negocios</i> : \$interrupción de negocios $I_n=(\text{MDPFO}/30)*\$VPM*0.7$	No se evalúa.

C Aplicaciones del método

1. Ejemplo 1

1.1 Preparación del material biológico para su estudio en el microscopio electrónico

Para ilustrar el método propuesto y poder probar su eficiencia, se plantea como primer ejemplo el laboratorio de Microscopía Electrónica del Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias de la UNAM. Uno de los procesos más importantes que se realizan en dicho laboratorio es la *preparación del material biológico*. El material biológico en él mismo no es nuestro interés analizar, pero sí el manejo del *material químico* utilizado para su observación en el microscopio.

Por las características propias del microscopio es necesario desecar el material biológico y cortarlo en láminas de no más de 150 nanómetros de espesor y *contrastarlo químicamente* para su observación. Para ello es necesario primero fijar la muestra, deshidratarla, incluirla, cortarla, montarla, contrastarla y solo entonces poder observarla y fotografiarla. Paralelo a la fijación, la deshidratación y al contraste, debe realizarse una *fase de preparación de diluciones*. A continuación se describen cada una de las etapas mencionadas y posteriormente se incluye un diagrama de la secuencia de éstas.

Preparación de diluciones (A): cada dilución ya está preestablecida. Existen recetas para obtener cada una de las diluciones que se usan regularmente en el laboratorio.

Fijación (B): se debe hacer para la buena conservación de la ultraestructura de la muestra. Se realiza por medios químicos por perfusión de la solución en el árbol sanguíneo del animal o por inmersión de un trozo de tejido. El tejido al ser separado del organismo sufre la anoxia y para evitar alteraciones, se sumerge fragmentado en pedazos de no más de 1mm en cualquier dirección en una gota de la solución fijadora. Esta solución fijadora puede ser de aldehído como glutaraldehído o paraformaldehído ambos en concentraciones de 1 y al 4% disueltos en amortiguadores de fosfatos o cacodilatos isotónicos a pH de 7.2 a 7.4. Se deja la muestra por media o varias horas en esta solución.

Post fijación y primer contraste (C): se lava con el amortiguador 3 veces y se trata con tetraóxido de osmio del 1 al 2% en el mismo amortiguador 1 o más horas, con esto comienza el contraste.

Deshidratación (D): se pasa la muestra por una serie de alcoholes etílicos a concentraciones crecientes 70, 80, 95 y 100% o acetona a idénticas concentraciones. Se sustituye después el deshidratante por óxido de propileno (5ml) que es un intermediario para la inclusión.

Inclusión (E): es la indivisión de la muestra en una y su posterior polimerización a 60 grados centígrados. La mezcla plástica contiene resinas epóxicas hidrofóbicas como aldehído dodecinil succínico (endurecedor), aldehído metilnádico (plastificador) y dimetil fstalato (catalizador).

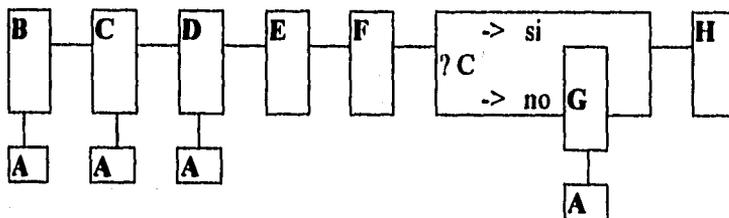
Corte (F): la muestra ya está incluida en plástico como bloque plano o cilíndrico del cual se desecha parte del material excedente. Los cortes se hacen finos y ultrafinos en el ultramicrotomo con cuchilla de vidrio o de diamante. Los cortes se depositan para el contraste y observación en porta objetos o rejillas de soporte de cobre que son discos de 3mm de diámetro.

Contraste o coloración (G): se realiza con sales de metales pesados aunque se haya realizado una impregnación del trozo de tejido antes de la inclusión. Se comienza depositando la rejilla sobre una gota de acetato de uranilo, disuelto al 3 y/o 5%, durante 5 a 20 min. La rejilla se lava después con agua bidestilada. De no ser esto suficiente una segunda etapa será con citrato de plomo bajo igualdad de condiciones y además dejando reposar junto con grageas de hidróxido de sodio (1gr) para retener el anhídrido carbónico y evitar la precipitación en carbonato de plomo.

Observación (H): se realiza al alto vacío en el microscopio electrónico.

Por la misma naturaleza de las muestras a prepararse, se manejan concentraciones y cantidades muy pequeñas de cada producto químico por lo que el verdadero riesgo de daño tóxico está en la *preparación de soluciones*, manejo y almacenamiento de cada producto químico, es decir en la *fase A*.

Diagrama de flujo



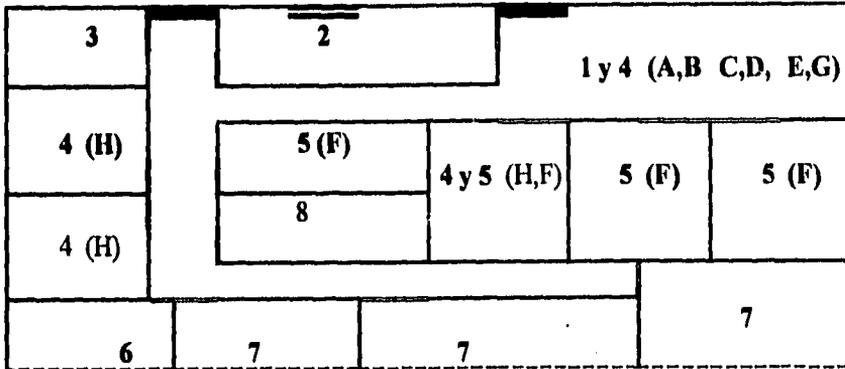
A: preparación de diluciones.

- B:** fijación: glutaraldehído del 1 al 2%, paraformaldehído 1 al 4%.
- C:** post fijación y primer contraste: tetraóxido de osmio 1 y 2%.
- D:** deshidratación y segundo contraste: alcohol o acetona 70, 80, 90, 100%;
óxido de propileno 5ml.
- E:** inclusión: resinas.
- F:** corte.
- G:** contraste optativo (se realizará si no se ha pasado por B): acetato de uranilo
0.3%, citrato de plomo 0.3%, hidróxido de plomo 1gr.
- H:** observación.

1.2. Evaluación toxicológica

Características generales de la empresa (sección del método 1.1)		Hoja 1 de 9
1- Nombre de la empresa: Laboratorio de Microscopía Electrónica.		Fecha:
2- Dirección: depto. de Biología, Fac. de Ciencias, circuito exterior, Ciudad Universitaria, UNAM.		
3- Diagrama del centro que se analiza: Ver diagrama anexo		
4- Lugares o procesos que constituyen al centro y donde se usan o tienen sustancias tóxicas:		
Código	Nombre	
A	Elaboración de diluciones para la preparación del material biológico.	
B		
C		
D		
E		
F		
G		
H		
I		
J		
K		

Diagrama de localización de la planta:



- 1: laboratorio de preparaciones generales.
- 2: aula.
- 3: cuarto oscuro.
- 4: microscopios.
- 5: microtomos.
- 6: evaporador y refrigeración del microscopio.
- 7: cubículos.
- 8: computadoras.

puerta a la calle



puerta interna



ventanas



muro o pared



Para el cálculo posterior de la *cantidad de volumen de aire* se considerará toda el área del laboratorio, no solo del laboratorio de preparaciones básicas.

Características generales del proceso (sección del método 1.1)		Hoja 2 <u>A</u> de 9
Cada proceso deberá tener su propio formato identificándose por el código señalado en la hoja anterior.		
Nombre del proceso: Elaboración de diluciones.		Código: A
Ubicación en la planta: 1: laboratorio de preparaciones generales.		
Descripción del proceso: Preparar soluciones a distintas concentraciones.		
Numero de personas que intervienen: de 1 a 8		
Características estructurales del lugar de uso: lugar cerrado con 2 lavabos, 1 campana, extractores de gases, estantes y mesas.		
Elementos tóxicos que intervienen en el proceso:		
Código	Nombre	
a-	Glutaraldehido.	
b-	Paraformaldehido.	
c-	Tetraóxido de osmio.	
d-	Alcohol etílico.	
e-	Acetona.	
f-	Oxido de propileno.	
g-	Acetato de uranilo.	
h-	Citrato de plomo.	
i-	Hidróxido de sodio.	

Características de la sustancia (sección del método 1.2)	Hoja 3 <u>A/a</u> de 9
Cada sustancia tóxica deberá tener un formato propio identificándose por el código (minúsculas) de la hoja anterior.	
Nombre químico: 1,3-diformal propano	Nombre común: glutaraldehido
Clasificación de la ONU:	Clasificación de la Chemical Abstract Service Numbers (EPA):
Código de la NFPA (Nh):	Límite máximo de concentración permisible: 0.2 ppm, 0.82 mg/m ³
Efectos a la salud: puede entrar al organismo por inhalación, ingestión o por absorción, efectos inmediatos: irritación de ojos, piel y tracto respiratorio. Efectos en el sistema nervioso y riesgo de inconsciencia. Por exposición prolongada puede causar cáncer de piel.	
Nivel de riesgo (Ns, tabla 2):	7
Características Físicas: punto de ebullición: 188°C, densidad relativa 0.98, presión de vapor 9.9 mmHg.	
Características químicas: reacciona con agua, masa molecular relativa 100.1.	
Factor toxicológico (FT, tabla 3):	28
Precauciones generales	
Derrames: reunir en contenedores cerrados y lavar con agua, equipo adicional de respiración.	
a) Equipo de protección personal: aparatos de respiración.	
b) Equipo de ingeniería: ventilación a nivel del piso.	
c) Señalamientos con indicaciones que se deben y no se deben hacer: guardarse separados de los oxidantes.	
d) Medidas para disminuir la exposición: ventilación local o protección respiratoria.	
e) Primeros auxilios: inhalación: aire fresco; absorción: quitar la ropa contaminada, limpiar la piel con agua; ingestión: lavar la boca y llevar inmediatamente al hospital, en cualquier caso llamar al médico.	

Características de la sustancia (sección del método 1.2)	Hoja 3 <u>A/b</u> de 9
Cada sustancia tóxica deberá tener un formato propio identificándose por el código (minúsculas) de la hoja anterior.	
Nombre químico: paraformaldehído	Nombre común:
Clasificación de la ONU: 2210	Clasificación de la Chemical Abstract Service Numbers (EPA):
Código de la NFPA (Nh): 2	Límite máximo de concentración permisible: 1ppm, 1.2 mg/m ³
Efectos a la salud: inhalación: dolor de garganta, tos, dificultad para respirar; absorción: irritación dolor; pérdida de la visión; ingestión: dolor abdominal, vómito.	
Nivel de riesgo (Ns, tabla 2):	5
Características Físicas: se descompone después de su punto de fusión, densidad relativa 1.4, presión de vapor 1.4mmHg.	
Características químicas: pobre solubilidad en agua, masa molecular relativa variable.	
Factor toxicológico (FT, tabla 3):	25
Precauciones generales	
Derrames: reunir en contenedores cerrados y lavar con agua, equipo adicional de respiración.	
a) Equipo de protección personal: protección respiratoria, guantes, goggles.	
b) Equipo de ingeniería: maquinaria sellada, ventilación, iluminación.	
c) Señalamientos con indicaciones que se deben y no se deben hacer: guardar lejos de los oxidantes, guardar en un lugar con protección para incendio.	
d) Medidas para disminuir la exposición: puede producir carga electrostática por lo que es conveniente tener equipo eléctrico con tierra.	
e) Primeros auxilios: inhalación: aire fresco, reposar; contacto: quitar ropa contaminada, lavar la piel con agua y jabón; ingestión: lavar la boca, en cualquier caso llevar al hospital.	

Características de la sustancia (sección del método 1.2)	Hoja 3 <u>A/c</u> de 9
Cada sustancia tóxica deberá tener un formato propio identificándose por el código (minúsculas) de la hoja anterior.	
Nombre químico: tetraóxido de osmio	Nombre común:
Clasificación de la ONU:2471	Clasificación de la Chemical Abstract Service Numbers (EPA):
Código de la NFPA (Nh):	Límite máximo de concentración permisible: 0.0002ppm, 0.0016 mg/m ³
Efectos a la salud: inhalación: irritante de la nariz y de la traquea, jaqueca, hasta la muerte; contacto: lagrimeo, conjuntivitis; ingestión: la DL50 es 162mg/kg.	
Nivel de riesgo (Ns, tabla 2):	10
Características Físicas: punto de ebullición 130°C, punto de fusión 39.5°C, densidad relativa 4.906, presión de vapor 10mmHg.	
Características químicas: solubilidad al agua, benceno, éter y al alcohol.	
Factor toxicológico (FT, tabla 3):	10
Precauciones generales	
Derrames: reunir en contenedores cerrados, equipo adicional como guantes.	
a) Equipo de protección personal: protección respiratoria, guantes, overoles y botas contra ácidos.	
b) Equipo de ingeniería: ventilación en el área.	
c) Señalamientos con indicaciones que se deben y no se deben hacer: guardarse refrigerado en un contenedor sellado, lejos de los materiales combustibles.	
d) Medidas para disminuir la exposición: manejo solo bajo campana de aire.	
e) Primeros auxilios: contacto: lavar los ojos por 10min, quitar la ropa contaminada inmediatamente, mojar el área afectada por 10 min; inhalación: dar oxígeno; ingestión: no hacer vomitar, dar de beber, transferir al hospital lo antes posible.	

Características de la sustancia (sección del método 1.2)	Hoja 3 <u>A/d</u> de 9
Cada sustancia tóxica deberá tener un formato propio identificándose por el código (minúsculas) de la hoja anterior.	
Nombre químico: etanol	Nombre común: alcohol etílico
Clasificación de la ONU: 1170	Clasificación de la Chemical Abstract Service Numbers (EPA):
Código de la NFPA (Nh): 0	Límite máximo de concentración permisible: 1000ppm, 1880 mg/m ³
Efectos a la salud: Por ingesta: jaqueca, náusea, sensación de embriaguez; contacto: ardor y dolor; inhalación: tos, jaqueca, sensación de embriaguez. A largo plazo daños en el hígado.	
Nivel de riesgo (Ns, tabla 2):	
Características Físicas: punto de ebullición 78 C, densidad relativa 0.8, presión de vapor 45 mmHg.	
Características químicas: solubilidad total en agua, masa molecular relativa 46.1, evapora fácilmente a 20° C.	
Factor toxicológico (FT, tabla 3):	0
Precauciones generales	
Derrames: reunir en contenedores cerrados y lavar con agua, equipo adicional de respiración.	
a) Equipo de protección personal: protección respiratoria, guantes y lentes.	
b) Equipo de ingeniería: guardar separado de los oxidantes en lugar protegido contra incendios.	
c) Señalamientos con indicaciones que se deben y no se deben hacer: manejo bajo ventilación y lejos de flamas o cigarrros.	
d) Medidas para disminuir la exposición: ventilación adecuada.	
e) Primeros auxilios: en caso de inhalación respirar aire fresco y reposar; en caso de contacto quitar la ropa contaminada, lavar con agua corriente; en caso de ingesta lavar la boca, en cualquier caso de ser necesario llamar al doctor.	

Características de la sustancia (sección del método 1.2)	Hoja 3 A/e de 9
Cada sustancia tóxica deberá tener un formato propio identificándose por el código (minúsculas) de la hoja anterior.	
Nombre químico: dimetil cetona	Nombre común: acetona
Clasificación de la ONU: 1090	Clasificación de la Chemical Abstract Service Numbers (EPA):
Código de la NFPA (Nh): 1	Límite máximo de concentración permisible: 750ppm, 240 mg/m ³
Efectos a la salud: Narcótico a altas concentraciones, la intoxicación es de baja a moderada por inhalación o ingestión.	
Nivel de riesgo (Ns, tabla 2):	2
Características Físicas: punto de fusión -94.3, punto de ebullición 56.2, densidad 0.792.	
Características químicas: inflamable, explosivo.	
Factor toxicológico (FT, tabla 3):	10
Precauciones generales	
Derrames: reunir en contenedores cerrados y lavar con agua, equipo adicional de respiración.	
a) Equipo de protección personal: respiratorio, lentes, guantes.	
b) Equipo de ingeniería: ventilación, extracción local.	
c) Señalamientos con indicaciones que se deben y no se deben hacer:	
d) Medidas para disminuir la exposición:	
e) Primeros auxilios: tomar aire fresco, reposar, quitar la ropa contaminada, lavar con abundante agua, en caso de ingestión tomar mucha agua y en cualquier caso llevar al médico.	

Características de la sustancia (sección del método 1.2)	Hoja 3 A/f de 9
Cada sustancia tóxica deberá tener un formato propio identificándose por el código (minúsculas) de la hoja anterior.	
Nombre químico: metil oxirano, óxido de propano	Nombre común: óxido de propileno
Clasificación de la ONU:1280	Clasificación de la Chemical Abstract Service Numbers (EPA):
Código de la NFPA (Nh):2	Límite máximo de concentración permisible:100ppm, 240 mg/m ³
Efectos a la salud:por inhalación duele la garganta, tos, mareo, vómito, por contacto es corrosivo, sensación de dolor, quemaduras, visión borrosa, por ingestión dolor abdominal y espasmos abdominales.	
Nivel de riesgo (Ns, tabla 2):	4
Características Físicas: punto de ebullición 34, densidad de vapor 2, densidad 0.9, punto de fusión -111.	
Características químicas: solubilidad con agua.	
Factor toxicológico (FT, tabla 3):	20
Precauciones generales: si se percibe el olor está arriba del máximo.	
Derrames: recoger en contenedor sellado, absorber el resto con arena.	
a) Equipo de protección personal: respiratorio, guantes, ropa, careta.	
b) Equipo de ingeniería: ventilación, extracción local.	
c) Señalamientos con indicaciones que se deben y no se deben hacer:	
d) Medidas para disminuir la exposición:	
e) Primeros auxilios: tomar aire fresco, mantener el reposo, quitar la ropa contaminada, lavar con agua abundante; si se ingiere, tomar mucha agua y en cualquier caso llevar al hospital.	

Características de la sustancia (sección del método 1.2)	Hoja 3 A/g de 9
Cada sustancia tóxica deberá tener un formato propio identificándose por el código (minúsculas) de la hoja anterior.	
Nombre químico: acetato de uranilo	Nombre común:
Clasificación de la ONU: 2979	Clasificación de la Chemical Abstract Service Numbers (EPA):
Código de la NFPA (Nh):	Límite máximo de concentración permisible: 0.2mg/m ³
Efectos a la salud: inhalación <u>crónica</u> : fibrosis pulmonar, cambios en las células de la sangre, alteraciones en el sistema nervioso; contacto: sin efectos conocidos; ingestión: no se absorbe por el tracto digestivo.	
Nivel de riesgo (Ns, tabla 2):	5
Características Físicas: punto de ebullición 3818°C, punto de fusión 1132°C, densidad relativa 18.95.	
Características químicas: insoluble al agua y al alcohol, soluble a los ácidos.	
Factor toxicológico (FT, tabla 3):	5
Precauciones generales	
Derrames: reunir en contenedores cerrados y lavar con agua, equipo adicional como guantes.	
a) Equipo de protección personal: guantes, bata e instrumentos para radiación.	
b) Equipo de ingeniería: mantenerlo a baja presión en una caja blindada y manejarlo a través de guantes que comuniquen a la caja.	
c) Señalamientos con indicaciones que se deben y no se deben hacer: guardar con la menor cantidad de aire.	
d) Medidas para disminuir la exposición: no hacer reaccionar ni con aire ni con agua.	
e) Primeros auxilios: contacto: quitar la ropa contaminada inmediatamente, mojar el área afectada por 10 min, lavar los ojos por 10min; inhalación: dar oxígeno; ingestión: no hacer vomitar, dar de beber, transferir al hospital lo antes posible.	

Características de la sustancia (sección del método 1.2)	Hoja 3 <u>A/h</u> de 9
Cada sustancia tóxica deberá tener un formato propio identificándose por el código (minúsculas) de la hoja anterior.	
Nombre químico: citrato de plomo	Nombre común:
Clasificación de la ONU:2291	Clasificación de la Chemical Abstract Service Numbers (EPA):
Código de la NFPA (Nh):	Límite máximo de concentración permisible: 0.15 mg/m ³
Efectos a la salud: inhalación: irritación en la garganta, tos, dificultad para respirar, jaqueca; absorción: irritación, dolor, pérdida de la visión; ingestión: dolor abdominal, náusea.	
Nivel de riesgo (Ns, tabla 2):	5
Características Físicas: punto de fusión 290°C, densidad relativa 4.6.	
Características químicas: solubilidad al agua 52, masa molecular relativa 331.2.	
Factor toxicológico (FT, tabla 3):	5
Precauciones generales	
Derrames: reunir en contenedores cerrados y lavar con agua, equipo adicional de respiración.	
a) Equipo de protección personal: protección respiratoria, guantes, goggles.	
b) Equipo de ingeniería: estricto control de higiene y cuidar del polvo.	
c) Señalamientos con indicaciones que se deben y no se deben hacer: guardar separado de las sustancias combustibles.	
d) Medidas para disminuir la exposición: ventilación local.	
e) Primeros auxilios: inhalación: aire fresco, descanso; contacto: retirar la ropa contaminada, lavar con agua; ingestión: lavar la boca y en cualquier caso llevar al hospital.	

Características de la sustancia (sección del método 1.2)	Hoja 3 <u>A/i</u> de 9
Cada sustancia tóxica deberá tener un formato propio identificándose por el código (minúsculas) de la hoja anterior.	
Nombre químico: hidróxido de sodio	Nombre común:
Clasificación de la ONU: 1823	Clasificación de la Chemical Abstract Service Numbers (EPA):
Código de la NFPA (Nh): 3	Límite máximo de concentración permisible: 2mg/m ³
Efectos a la salud: inhalación: dolor de garganta, tos, dificultad para respirar; contacto: irritación, dolor serias quemaduras, visión dañada; ingestión: dolor en el tracto digestivo, diarrea, dolor abdominal, vómito.	
Nivel de riesgo (Ns, tabla 2):	7
Características Físicas: punto de ebullición 1390°C, punto de fusión 318, densidad relativa 2.1, densidad de vapor 0.76.	
Características químicas: solubilidad en agua 111, masa molecular relativa 40.	
Factor toxicológico (FT, tabla 3):	7
Precauciones generales	
Derrames: reunir en contenedores cerrados y lavar con agua, equipo adicional de respiración.	
a) Equipo de protección personal: protección respiratoria, guantes, careta.	
b) Equipo de ingeniería:	
c) Señalamientos con indicaciones que se deben y no se deben hacer: guardar separadamente de los ácidos.	
d) Medidas para disminuir la exposición: ventilación local.	
e) Primeros auxilios: inhalación: aire fresco, recostar; contacto: quitar la ropa contaminada, lavar con agua; ingestión: lavar la boca en cualquier caso llevar al hospital.	

Determinación de la cantidad de material Q						Hoja 4 de 9	
Material	Cantidad total	equivalente en mg	Vol. de aire, m ³	q= mg/m ³	máximo permisible en mg/m ³	relación ϕ	Q= log ϕ
a- glutaral-dehido	200ml	196	534.5	.36	.82	.44	-.35
b- paraformal-dehido	300gr	300,000	534.5	561.27	1.2	467.7	2.66
c-tetraóxido de osmio	6gr	6,000	534.5	11.22	.0016	7,012.5	3.84
d-alcohol	6l	4,800	534.5	8.98	1,880	.004	-2.39
e-acetona	4l	3,168	534.5	5.92	240	.024	-1.61
f-óxido de propileno	1l	900	534.5	1.68	240	.007	-2.15
g-acetato de uranilo	50gr	50,000	534.5	93.54	.2	467.7	2.66
h-citrato de plomo	100gr	100,000	534.5	187.09	.15	1,247.2	3.09
i-hidróxido de sodio	300gr	300,000	534.5	561.27	2	280.63	2.44

Riesgos generales del proceso (sección del método 1.3)	Hoja 5 A de 9
Ver la sección 1.3 para los valores que deben representarse en cada renglón con recuadro y si no aplica escribir cero.	
Factor Base (se usará solo si la suma de F1 es cero):	1.0
1.3.1 Estado del tóxico en el ambiente	
Parte del ambiente 0.3-1.25:	0
Confinado 0.2-1:	0.60
1.3.2 Manejo y transferencia de materiales	
a) Líneas de transferencia que se conectan y desconectan 0.5:	0.5
b) Adición manual de ingredientes 0.5:	0.5
c) Mecanismos de transmisión 0.4-0.9:	0.6
d) Almacenamiento 0.4-1:	1
1.3.3 Unidades de proceso cerradas o interiores	
a) Colectores 0.25-0.5:	0.5
b) Líquidos volátiles o corrosivos 0.3-0.45:	0.45
c) Cambios físicos y aglomeración 0.3-0.90:	0.9
1.3.4 Acceso al área de proceso con equipo de emergencia 0.2-0.35:	0.35
1.3.5 Drenajes y control de derrames 0.1-0.90:	0.9
Subtotal F1 (suma de todos los valores de los recuadros de esta hoja con excepción quizás del factor base)	6.3

Riesgos generales del proceso (sección del método 1.3 continuación)		Hoja 6 <u>A</u> de 9
Ver la sección 1.3 para los valores que deben representarse en cada renglón con recuadro y si no aplica escribir cero.		
1.3.6 Monitoreo del ambiente		
Tipo de muestreo:	Fecha y hora de inicio y término:	
Laboratorio que lo realizó:	Concentración:	
Combinación:	Temperatura y presión:	
Origen potencial de la exposición:	Frecuencia de muestreo:	
Memoria de cálculo:		
Frecuencia de calibración y muestreo:		
1.3.6 Monitoreo personal	Periodo de monitoreo:	
Nombre de la persona:		
Método de muestreo:	Fecha y hora de inicio y término:	
Laboratorio que lo realizó:	Concentración:	
Tiempo y frecuencia en que la persona está en contacto con el contaminante:		
Flujo de calibración y muestreo:		
Promedio del periodo:		
Evaluación final de esta hoja (factor sección 1.3.6) 0.3-1:	1.0	
Total de F1 (suma de los valores de F1 de la hoja anterior y de esta)	7.3	

Riesgos especiales del proceso (sección del método 1.4)	Hoja 7 <u>A</u> de 9
Ver la sección 1.4 para los valores que deben representarse en cada renglón con recuadro y si no aplica escribir cero.	
Factor Base (se usará solo si la suma de F2 sea cero)	1.0
1.4.1 Materiales tóxicos	
a) Vías de intoxicación 0.25-1:	1.0
b) Mecanismo de intoxicación 0.25-1:	1.0
1.4.2 Baja presión 0.5:	0
1.4.3 Operación en o cerca de los máximos permisibles 0.3-0.8:	0.8
1.4.4 Almacenamiento de polvos minerales 0.25-1:	1.0
1.4.5 Alivio de presión 0.7-1:	0
1.4.6 Baja temperatura 0.2-0.3:	0
1.4.7 Corrosión y erosión 0.1-0.75:	0
1.4.8 Combinación de tóxicos 0.3-1:	0.3
1.4.9 Fugas juntas y empaques 0.1-0.7:	0
1.4.10 Procesos radiactivos 0.2-1:	0
1.4.11 Equipo rotatorio 0.6:	0.6
1.4.12 Marcado y etiquetado 0.1-1:	1
1.4.13 Higiene 0.1-1:	0.5
Total F2 (suma de todos los valores de los recuadros de esta hoja con excepción quizás del factor base)	6.2
Total F3=F1*F2	45.26

Medidas de corrección del proceso (sección del método 1.7)		Hoja 8 <u>A</u> de 9
Ver la sección 1.7 para los valores que deben representarse en cada renglón con recuadro y si no aplica escribir cero.		
Factor Base (se usa independientemente para cada componente de C1, C2, C3, solo si alguno de ellos es cero)		1.0
C1 Energía de emergencia 0.98:		0
Sistema de enfriamiento 0.97-0.98:		0
Paro de emergencia 0.96-0.99:		0
Control por computadora 0.9-0.99:		0
Otras Opciones 0.93:		0
Procedimientos 0.9-0.98:		0
Análisis de reactivos 0.91-0.98:		0
Total C1 (producto de todos los valores de los recuadros de C1)		1
C2 Válvulas de control 0.96-0.98:		0
descarga a vertederos 0.95-0.98:		0
Interlock 0.98:		0
Total C2 (producto de todos los valores de los recuadros de C2)		1
C3 Detección de fugas 0.98:		0
Acero estructural 0.84-0.98:		0
Suministro de agua 0.95-0.99:		0.99
Protección de cables 0.94-0.97:		0.98
Manejo de desechos 0.90-0.99		0.99
Otras medidas 0.90:		0.90
Total C3 (producto de todos los valores de los recuadros de C3)		0.86

Relación de los datos del proceso					Hoja 9 <u>A</u> de 9
Tomar los datos de los formatos anteriores					
Para todos los materiales en un mismo proceso C1, C2, C3, C, serán los mismos. Para varios materiales en un mismo proceso los FT, F3, podrán ser distintos; los Q, ITox serán distintos.					
Valor total de $C=C1*C2*C3$:					0.86
Código del material	F3	FT/100	Q	ITox= (FT/100)*F3*Q	RT
a- glutaraldehido	45.26	.28	-.34	0	0 Nulo
b-paraformaldehido	45.26	.25	2.66	30.09	25.88 Severo Intermedio
c-tetraóxido de osmio	45.26	.1	3.84	17.37	14.94 Severo Intermedio
d-alcohol etílico	45.26	0	0	0	0 Nulo
e-acetona	45.26	.1	-1.6	0	0 Nulo
f-óxido de propileno	45.26	.20	-2.1	0	0 Nulo
g-acetato de uranilo	45.26	.05	2.66	6.01	5.17 Severo Moderado
h-citrato de plomo	45.26	.05	3.09	6.99	6.01 Severo Moderado
i- hidróxido de sodio	45.26	.07	2.44	7.73	6.64 Severo Moderado

1.3. Disminución del riesgo

El *Índice Toxicológico* evalúa los riesgos del material, la cantidad del mismo y los riesgos especiales y generales del proceso como se subraya a continuación:

- El *estado físico* de la sustancia juega un papel importante como vía de intoxicación. Si solo se considerara la *concentración máxima permisible*, el material más peligroso debería ser el tetraóxido de osmio, seguido del citrato de plomo, el acetato de uranilo, el glutaraldehído, el paraformaldehído, el hidróxido de sodio, la acetona al igual que el óxido de propileno y por último el alcohol. Sin embargo al tomar en cuenta la *vía de intoxicación* resulta que el glutaraldehído es el más peligroso seguido de el paraformaldehído, el óxido de propileno, el tetraóxido de osmio, la acetona, el hidróxido de sodio, el acetato de uranilo, el citrato de plomo y el alcohol.
- La *cantidad de material* que se maneja en el proceso en relación al *volumen de aire* del lugar donde éste se realiza, da la *concentración* que puede ocurrir en el caso de un accidente que libere al material tóxico involucrado. Al compararse con el máximo permisible, resulta que el orden de peligrosidad de los materiales utilizados cambia, siendo ahora el de mayor riesgo el tetraóxido de osmio, seguido del citrato de plomo, el paraformaldehído, el acetato de uranilo y el hidróxido de sodio.
- Combinando las características físicas, la cantidad de material, la concentración máxima permisible y el volumen de aire, resulta que el más peligroso es el paraformaldehído, el tetraóxido de osmio, el hidróxido de sodio, el citrato de plomo y el acetato de uranilo descartando a los demás.

Además, ésta metodología permite proponer algunas *acciones* que disminuyen los riesgos observados. Una vez ubicados los materiales peligrosos dadas todas las características anteriores, es necesario buscar maneras de reducir lo más posible su riesgo, modificando las secciones que impliquen un uso o manejo no eficiente en el sentido de que pudiera ser disminuido aún más el riesgo de accidente o *aumentando la seguridad* del usuario y del inmueble. Los siguientes puntos ayudan a disminuir el riesgo.

a) Manejo en el proceso. Modificar los riesgos generales, o sea, hacer del proceso uno más seguro y reducir así el factor correspondiente (F1, F2 y F3).

- Sección 1.3.1.-Si el tóxico que se encuentra confinado se guardara solo en cantidades no tóxicas el factor se reduciría a 0.20.
- Sección 1.3.2.b.-Si la adición manual de ingredientes se realizara con todo el equipo de protección personal necesario, el factor se reduciría a 0.
- Sección 1.3.2.c.-Si existieran procedimientos formales y escritos del manejo de mezclado, almacenamiento y empacado el factor sería de 0.40.

- Sección 1.3.2.d.-De existir ventilación, lava manos y ojos, así como equipo de emergencia en los lugares de almacenamiento el factor se reduciría por lo menos en 0.2 unidades.
- Sección 1.3.4.-De existir una salida extra el factor se reduciría a 0.2.
- Sección 1.3.5.-Si estuviera institucionalizada la recolección de desechos el factor podría reducirse a 0.
- Sección 1.3.6.-De hacerse un monitoreo al menos anual tanto del lugar como del personal el factor correspondiente sería 0.3.
- Sección 1.4.1.-De tener marcados y etiquetados todas las áreas y sustancias con sus debidas indicaciones de seguridad y emergencia el factor se reduciría al mínimo, es decir 0.25.

El Factor **F3** se reduce de 45.26 a 19.97, por lo que el Índice Toxicológico se reduce:

Relación de los datos del proceso					Hoja 9 <u>A</u> de 9
Tomar los datos de los formatos anteriores					
Para todos los materiales en un mismo proceso C1, C2, C3, C, serán los mismos. Para varios materiales en un mismo proceso los FT, F3, podrán ser distintos; los Q, ITox serán distintos.					
Valor total de $C=C1*C2*C3$:					0.86
Código del material	F3	FT/100	Q	ITox= (FT/100)*F3*Q	RT
a- glutaraldehido	19.97	.28	-.34	0	0 Nulo
b-paraformaldehido	19.97	.25	2.66	13.28	11.42 Severo Moderado
c-tetraóxido de osmio	19.97	.1	3.84	7.66	6.58 Severo Moderado
d-alcohol etílico	19.97	0	0	0	0 Nulo
e-acetona	19.97	.1	-1.6	0	0 Nulo
f-óxido de propileno	19.97	.20	-2.1	0	0 Nulo
g-acetato de uranilo	19.97	.05	2.66	2.65	2.27 Severo Moderado
h-citrato de plomo	19.97	.05	3.09	3.08	2.64 Severo Moderado
i- hidróxido de sodio	19.97	.07	2.44	3.41	2.93 Severo Moderado

b) Cantidad de material. Bajo el principio del cálculo propuesto, la cantidad de material no tóxica para el volumen de aire en el lugar donde se efectúe la dilución requiere que:

$$\phi \leq 1 \text{ o sea que } q \leq \text{max permisible}$$

lo cual implica que:

cantidad de material/ volumen de aire \leq máximo permisible
de donde se tiene que:

$$\text{cantidad de material} \leq (\text{máximo permisible}) (\text{volumen de aire})$$

Aplicando la última relación se obtiene para cada sustancia los siguientes valores:

Sustancia	Cantidad máxima aceptable
paraformaldehído	641.40mg
tetraóxido de osmio	0.85mg
acetato de uranilo	106.90mg
citrate de plomo	80.17mg
hidróxido de sodio	1069.00mg

Con esto, todos los valores de RT resultarían *Nulos*.

c) Factor de corrección C (en especial C3). Los elementos en seguida mencionados son los puntos con que debería contar el lugar en condiciones óptimas:

- alarmas con cortinas de agua,
- salida de emergencia,
- procedimientos bien escritos, estructurados, visibles y practicados,
- extracción con trampa,
- neutralizantes,
- sistema de recolección,
- control de derrames, protección personal adecuada a cada caso como guantes, lentes, máscaras, etc.

Con esto el factor de corrección se reduce de 0.86 a 0.83 y así se puede garantizar una reducción sustancial del riesgo en caso de accidente.

Las medidas de seguridad recomendadas para disminuir el riesgo del ejemplo 1 son soluciones realistas y económicamente viables.

- Con respecto a la *cantidad de material*, el tener varias pequeñas cantidades almacenadas es posible y debe hacerse requiriendo de un almacén más grande, más protegido y mejor organizado, tomando en cuenta las recomendaciones de almacenamiento de cada sustancia.

- Con respecto a los *riesgos generales y especiales*, una medida que se puede y debe tomar, es elaborar procedimientos bien estructurados y completos del manejo y almacenamiento de los productos químicos así como reuniones y simulacros al menos anuales para revisar esos procedimientos y aportar nuevas ideas para el mejoramiento de la seguridad de cada trabajador. Esto incluye el equipo de protección necesario como guantes, lentes, máscaras batas y neutralizantes de cada sustancia cerca del lugar de manipulación.
- Con respecto a las *medidas de corrección*, una trampa en la campana es una medida necesaria ya que no solo se debe proteger la salud del trabajador dentro de los establecimientos de trabajo, además a la comunidad en general incluyendo el medio ambiente. Más de una salida de emergencia sería necesaria en caso de accidente. Una opción sería usar una ventana acondicionada como salida solo de emergencia. Las alarmas o detectores son viables solo con chorros dirigidos dada la disposición del lugar y de los equipos eléctricos. El equipo de extracción en toda el área de preparaciones generales sería una mejor opción a tomar en cuenta y evaluar su costo en un futuro presupuesto.

Es importante subrayar que si bien es inegable la falta de equipo e instalaciones adecuados y procedimientos de seguridad en este laboratorio, también es cierto que no han tenido accidentes debido a que manejan limpia, ordenada y sistemáticamente las sustancias químicas. Por otro lado, no existe estadística alguna de monitoreo ya que ninguno de los trabajadores ha registrado una evaluación médica referente a los efectos que pudiera tener al contacto o inhalación de dichas sustancias.

2. Ejemplo 2

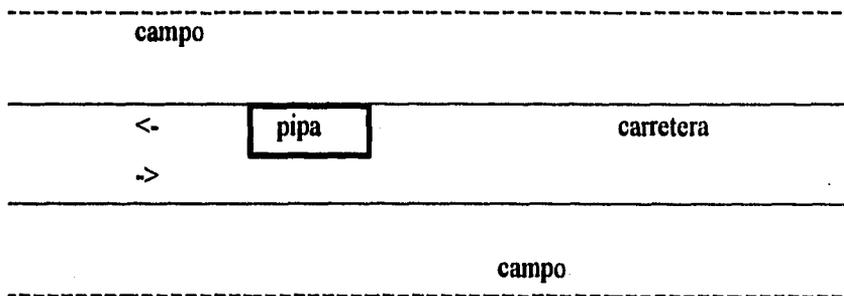
2.1 Pipa o carro tanque con amoniaco

Como segundo ejemplo se propone analizar el derrame de amoniaco de una pipa con capacidad de 10 metros cúbicos. Los datos de la empresa son ficticios. Supondremos las características básicas como ciertas para obtener los valores de F_3 y de C .

2.2 Evaluación toxicológica

Características generales de la empresa (sección del método 1.1)		Hoja 1 de 9
1- Nombre de la empresa: Amoniamex		Fecha:
2- Dirección: Ejidos del Sur, Morelos		
3- Diagrama del centro que se analiza: ver diagrama anexo		
4- Lugares o procesos que constituyen al centro y donde se usan o tienen sustancias tóxicas:		
Código	Nombre	
A	Transporte de amoniaco.	
B		
C		
D		
E		
F		
G		
H		
I		

Diagrama de localización del proceso:



Características generales del proceso (sección del método 1.1)		Hoja 2 <u>A</u> de 9
Cada proceso deberá tener su propio formato identificándose por el código señalado en la hoja anterior.		
Nombre del proceso: transporte de amoniaco.		Código:A
Ubicación en la planta: el derrame ocurre en una zona despoblada.		
Descripción del proceso: transporte de amoniaco de un lugar a otro.		
Numero de personas que intervienen:2		
Características estructurales del lugar de uso: pipa o carro tanque de acero de 10 metros cúbicos.		
Elementos tóxicos:		
Código	Nombre	
a-	Amoniaco.	
b-		
c-		
d-		
e-		
f-		
g-		
h-		
i-		

Características de la sustancia (sección del método 1.2)	Hoja 3 A/a de 9
Cada sustancia tóxica deberá tener un formato propio identificándose por el código (minúsculas) de la hoja anterior.	
Nombre químico:	Nombre común: amoniaco
Clasificación de la ONU:1005	Clasificación de la Chemical Abstract Service Numbers (EPA):
Código de la NFPA (Nh):3	Límite máximo de concentración permisible: 25ppm, 17 mg/m ³
Efectos a la salud: efectos inmediatos a los ojos, la piel, el tracto respiratorio, severas dificultades para respirar, en casos serios riesgo de muerte.	
Nivel de riesgo (Ns, tabla 2):	7
Características Físicas: punto de ebullición -33 °C, densidad relativa 0.77, densidad de vapor relativa 0.6, presión de vapor 6460mmHg, gas más ligero que el aire.	
Características químicas: masa molecular relativa 17, soluble al agua, reacciona con mercurio y plata, con óxidos fuertes y ácidos.	
Factor toxicológico (FT, tabla 3):	63
Precauciones generales	
Derrames: evacuar el área, llamar a un experto, combatir la nube de gas con una cortina de agua.	
a) Equipo de protección personal: guantes especiales, ropa protectora, protección respiratoria.	
b) Equipo de ingeniería: áreas localmente muy ventiladas.	
c) Señalamientos con indicaciones que se deben y no se deben hacer: mantener lejos de una flama, guardar separado de oxidantes, ácidos y halógenos y mantenerse lejos de la nube.	
d) Medidas para disminuir la exposición: ventilación extrema y equipo de protección individual adicional.	
e) Primeros auxilios: en caso de inhalación respirar aire fresco, reposar; en caso de contacto y quemadura, no quitar la ropa y lavar con abundante agua, en cualquier caso acudir al doctor.	

Determinación de la cantidad de material Q						Hoja 4 de 9	
Material	Cantidad total	equivalente en mg	Vol. de aire, m ³	q= mg/m ³	máximo permisible en mg/m ³	relación ϕ	Q=log ϕ
a-amoniaco	10,000 l	7,700,000	1,178	6,536.5	17	384.5	2.58

Riesgos generales del proceso (sección del método 1.3)	Hoja 5 A de 9
Ver la sección 1.3 para los valores que deben representarse en cada renglón con recuadro y si no aplica escribir cero.	
Factor Base (se usará solo si la suma de F1 es cero):	1.0
1.3.1 Estado del tóxico en el ambiente	
Parte del ambiente 0.3-1.25:	1
Confinado 0.2-1:	0
1.3.2 Manejo y transferencia de materiales	
a) Líneas de transferencia que se conectan y desconectan 0.5:	0
b) Adición manual de ingredientes 0.5:	0
c) Mecanismos de transmisión 0.4-0.9:	0
d) Almacenamiento 0.4-1:	1
1.3.3 Unidades de proceso cerradas o interiores	
a) Colectores 0.25-0.5:	0
b) Líquidos volátiles o corrosivos 0.3-0.45:	0
c) Cambios físicos y aglomeración 0.3-0.90:	0
1.3.4 Acceso al área de proceso con equipo de emergencia 0.2-0.35:	0.35
1.3.5 Drenajes y control de derrames 0.1-0.90:	0.9
Subtotal F1 (suma de todos los valores de los recuadros de esta hoja con excepción quizás del factor base)	3.25

Riesgos generales del proceso (sección del método 1.3 continuación)		Hoja 6 A de 9
Ver la sección 1.3 para los valores que deben representarse en cada renglón con recuadro y si no aplica escribir cero.		
1.3.6 Monitoreo del ambiente		
Tipo de muestreo:	Fecha y hora de inicio y término:	
Laboratorio que lo realizó:	Concentración:	
Combinación:	Temperatura y presión:	
Origen potencial de la exposición:	Frecuencia de muestreo:	
Memoria de cálculo:		
Frecuencia de calibración y muestreo:		
1.3.6 Monitoreo personal	Periodo del monitoreo: anual	
Nombre de la persona:		
Método de muestreo:	Fecha y hora de inicio y término:	
Laboratorio que lo realizó:	Concentración:	
Tiempo y frecuencia en que la persona está en contacto con el contaminante:	4 horas 1 vez al mes	
Flujo de calibración y muestreo:		
Promedio del periodo:		
Evaluación final de esta hoja (factor sección 1.3.6) 0.3-1:	0.3	
Total de F1 (suma de los valores de F1 de la hoja anterior y de esta)	3.55	

Riesgos especiales del proceso (sección del método 1.4)	Hoja 7 A de 9
Ver la sección 1.4 para los valores que deben representarse en cada renglón con recuadro y si no aplica escribir cero.	
Factor Base (se usará solo si la suma de F2 sea cero)	1.0
1.4.1 Materiales tóxicos	
a) Vías de intoxicación 0.25-1:	1
b) Mecanismo de intoxicación 0.25-1:	1
1.4.2 Baja presión 0.5:	0.5
1.4.3 Operación en o cerca de los máximos permisibles 0.3-0.8:	0.8
1.4.4 Almacenamiento de polvos minerales 0.25-1:	0
1.4.5 Alivio de presión 0.7-1:	1
1.4.6 Baja temperatura 0.2-0.3:	0
1.4.7 Corrosión y erosión 0.1-0.75:	0.75
1.4.8 Combinación de tóxicos 0.3-1:	0
1.4.9 Fugas juntas y empaques 0.1-0.7:	0.7
1.4.10 Procesos radiactivos 0.2-1:	0
1.4.11 Equipo rotatorio 0.6:	0.6
1.4.12 Marcado y etiquetado 0.1-1:	0.1
1.4.13 Higiene 0.1-1:	0.5
Total F2 (suma de todos los valores de los recuadros de esta hoja con excepción quizás del factor base)	6.95
Total F3=F1*F2	24.67

Medidas de corrección del proceso (sección del método 1.7)	Hoja 8 A de 9
Ver la sección 1.7 para los valores que deben representarse en cada renglón con recuadro y si no aplica escribir cero.	
Factor Base (se usa independientemente para cada componente de C1, C2, C3 solo si alguno de ellos fuera cero)	1.0
C1 Energía de emergencia 0.98:	0
Sistema de enfriamiento 0.97-0.98:	0
Paro de emergencia 0.96-0.99:	0
Control por computadora 0.9-0.99:	0
Otras Opciones 0.93:	0
Procedimientos 0.9-0.98:	0.9
Análisis de reactivos 0.90-0.98:	0.90
Total C1 (producto de todos los valores de los recuadros de C1)	.81
C2 Válvulas de control 0.96-0.98:	0
Descarga a vertedores 0.95-0.98:	0
Interlock 0.98:	0
Total C2 (producto de todos los valores de los recuadros de C2)	1
C3 Detección de fugas 0.98:	0
Acero estructural 0.84-.98:	0.84
Suministro de agua 0.95-0.99:	0
Protección de cables 0.94-0.97:	0
Manejo de desechos 0.90-0.99	0
Otras medidas 0.90:	0
Total C3 (producto de todos los valores de los recuadros de C3)	.84

Relación de los datos del proceso A.					Hoja 9 A de 9
Tomar los datos de los formatos anteriores					
Para todos los materiales en un mismo proceso C1, C2, C3, C, serán los mismos. Para varios materiales en un mismo proceso los FT, F3 podrán ser distintos, los Q, ITox serán distintos.					
Valor total de $C=C1*C2*C3$:					.68
Código del material	F3	FT/100	Q	ITox= (FT/100)*F3*Q	RT
a- amoniaco	24.67	.63	2.58	40.09	27.26 Severo Intermedio
b-					
c-					
d-					
e-					
f-					
g-					
h-					
i-					

2.3 Disminución del riesgo

Al igual que en el ejemplo 1 se analizan paso a paso los *factores* del Índice Toxicológico que al modificarlos disminuyan el riesgo.

De los datos recopilados del ejemplo 2 tenemos que la cantidad de 10 metros cúbicos de amoníaco derramados que se fugan en un volumen de aire de una semiesfera con 10 metros de radio es altamente nocivo. De existir cualquier persona en ese radio los resultados serían *fatales*. Dado que es una pipa, que es un medio de transporte, de los *riesgos generales* aplican solo las siguientes secciones:

a) Manejo en el proceso

- Sección 1.3.1.b.-El tóxico sea parte del ambiente, solo a concentraciones tóxicas.
- Sección 1.3.2.d.-Almacenamiento.
- Sección 1.3.4.-Acceso al área de proceso con equipo de emergencia.
- Sección 1.3.5.-Drenajes y control de derrames.
- Sección 1.3.6.-Monitoreo personal
- Sección 1.4.1 a,b.-Vía de intoxicación por inhalación y contacto con efecto aditivo.
- Sección 1.4.2.-Baja presión.
- Sección 1.4.7.-Corrosión y erosión.
- Sección 1.4.3.-Operación fuera del límite permitido.
- Sección 1.4.9.-Fugas juntas y empaques.

Por los propios supuestos del ejemplo, los factores de éstas secciones *no* pueden reducirse ya que están consideradas como *condiciones óptimas* de manejo. Por lo que el factor F_3 queda con un valor de 24.67.

b) Cantidad de material

La cantidad a transportar para satisfacer el *máximo permitido* en ese radio sería de 20.026 g, con lo que $Q=0$.

c) Factor de corrección

Las medidas de corrección aplicables son:

- C1.-Procedimientos escritos y reentrenamiento periódico de la gente involucrada y análisis de reactivos.
- C2.-Válvulas de control.
- C3.-Características especiales del material de la pipa así como su adecuado procedimiento.

De igual manera éstas condiciones en este caso, son consideradas *óptimas* por lo que *no* pueden ser mejoradas.

Es necesario aclarar que en este ejemplo el Itox resulta extremadamente alto "Severo Grave", como correspondería en un accidente real, pero como se han considerado que existen y sirven las medidas de seguridad en óptimas condiciones, el RT resulta "Severo Intermedio".

En este caso las recomendaciones para disminuir el riesgo están dirigidas en otra dirección a las planteadas en el *Factor de Corrección*. Las cantidades requeridas para no causar daño en ese radio, no son rentables de transportar. En el caso del amoniaco, si llegara a darse la fuga, poco podría hacerse por las personas y el medio ambiente aledaño. El daño sería instantáneo y mortal. Sin embargo, pudiera avisarse por radio el accidente y evitar que la gente se acerque. En este caso el verdadero factor que debe ser analizado es la *estructura* de la pipa misma. Esta tiene que ser adecuada para soportar la cantidad y presión del material, además de estar calculada para recibir un impacto correspondiente a la *máxima velocidad* autorizada en los procedimientos de conducción de la pipa. Existen normas que regulan la estructura y las condiciones de transporte de los diversos materiales como es el caso de las NOM-004-STPS-1993 y NOM-005-STPS-1993. Una sugerencia a este respecto es hacer subdivisiones en la pipa de manera que de existir una fuga, sea de una fracción del volumen total.

3. Ejemplo 3

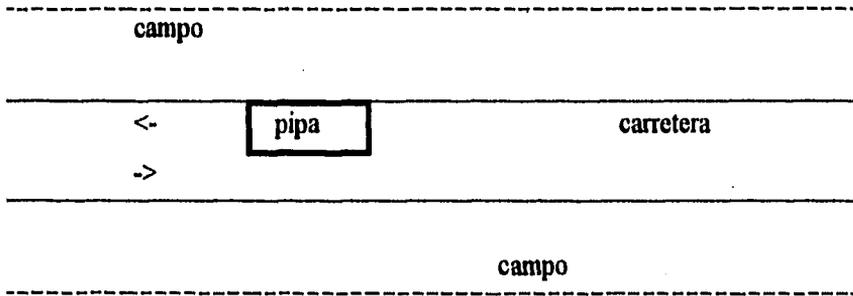
3.1 Pipa o carro tanque con gas L.P.

Como tercer ejemplo se propone la fuga de gas LP de una pipa con capacidad de 10 metros cúbicos. Se supondrán los mismos puntos que en el ejemplo anterior.

3.2 Evaluación toxicológica

Características generales de la empresa (sección del método 1.1)		Hoja 1 de 9
1- Nombre de la empresa: Gas Casero S.A.		Fecha:
2- Dirección: Carretera México Querétaro Km 365.		
3- Diagrama del centro que se analiza: ver diagrama anexo		
4- Lugares o procesos que constituyen al centro y donde se usan o tienen sustancias tóxicas:		
Código	Nombre	
A	Transporte de gas LP.	
B		
C		
D		
E		
F		
G		
H		
I		
J		
K		

Diagrama de localización del proceso:



Características generales del proceso (sección del método 1.1)		Hoja 2 Ade 9
Cada proceso deberá tener su propio formato identificándose por el código señalado en la hoja anterior.		
Nombre del proceso: transporte de gas LP.		Código:A
Ubicación en la planta: el derrame ocurre en una zona despoblada.		
Descripción del proceso: se transporta gas casero de un poblado a otro.		
Numero de personas que intervienen:2		
Características estructurales del lugar de uso: pipa o carro tanque de acero de 10 metros cúbicos.		
Elementos tóxicos:		
Código	Nombre	
a-	Butano.	
b-	Propano.	
c-		
d-		
e-		
f-		
g-		
h-		
i-		

Características de la sustancia (sección del método 1.2)	Hoja 3 <u>A/a</u> de 9
Cada sustancia tóxica deberá tener un formato propio identificándose por el código (minúsculas) de la hoja anterior.	
Nombre químico:	Nombre común: Butano
Clasificación de la ONU:	Clasificación de la Chemical Abstract Service Numbers (EPA):
Código de la NFPA (Nh): 1	Límite máximo de concentración permisible: 1780 mg/m ³
Efectos a la salud: anestésico pero no tóxico.	
Nivel de riesgo (Ns, tabla 2):	1
Características Físicas: punto flash -60 °C, temperatura de autoignición 405 °C, densidad 2.	
Características químicas: muy poco soluble al agua.	
Factor toxicológico (FT, tabla 3):	9
Precauciones generales	
Derrames: la sustancia puede ser dirigida a un lugar seguro donde pueda quemarse paulatinamente y ser consumida.	
a) Equipo de protección personal: equipo contra incendio y máscara de oxígeno.	
b) Equipo de ingeniería: contenedores cilíndricos cerrados con válvulas de escape.	
c) Señalamientos con indicaciones que se deben y no se deben hacer: no fumar cuidado con las descargas estáticas.	
d) Medidas para disminuir la exposición: cilindros blindados en lugar ventilado, alejar de fuentes de ignición.	
e) Primeros auxilios: llevar al aire fresco y en su caso dar oxígeno.	

Características de la sustancia (sección del método 1.2)	Hoja 3 <u>A/b</u> de 9
Cada sustancia tóxica deberá tener un formato propio identificándose por el código (minúsculas) de la hoja anterior.	
Nombre químico:	Nombre común: Propano
Clasificación de la ONU:	Clasificación de la Chemical Abstract Service Numbers (EPA):
Código de la NFPA (Nh): 1	Límite máximo de concentración permisible: 1780 mg/m ³
Efectos a la salud: anestésico a altas concentraciones pero no tóxico.	
Nivel de riesgo (Ns, tabla 2):	1
Características Físicas: punto flash -140°C, temperatura de autoignición 468°C, densidad 1.6.	
Características químicas: muy poco soluble al agua.	
Factor toxicológico (FT, tabla 3):	9
Precauciones generales	
Derrames: la sustancia puede ser dirigida a un lugar seguro donde pueda quemarse paulatinamente y ser consumida.	
a) Equipo de protección personal: equipo contra incendio y máscara de oxígeno.	
b) Equipo de ingeniería: contenedores cilíndricos cerrados con válvulas de escape.	
c) Señalamientos con indicaciones que se deben y no se deben hacer: no fumar cuidado con las descargas estáticas extremadamente flamable.	
d) Medidas para disminuir la exposición: cilindros blindados en lugar ventilado, alejar de fuentes de ignición.	
e) Primeros auxilios: llevar al aire fresco, en su caso dar oxígeno y llevar al hospital.	

Determinación de la cantidad de material Q							Hoja 4 de 9	
Material	Cantidad total	equivalente en mg	Vol. de aire, m ³	q= mg/m ³	máximo permisible en mg/m ³	relación ϕ	Q= log ϕ	
a-Butano	6,000 l	12,000,000	1,178	10,186.75	1,780	5.72	.75	
b-Propano	4,000 l	6,400,000	1,178	5,432.93	1,780	3.05	.48	
c-								
d-								
e-								
f-								

Riesgos generales del proceso (sección del método 1.3)	Hoja 5 A de 9
Ver la sección 1.3 para los valores que deben representarse en cada renglón con recuadro y si no aplica escribir cero.	
Factor Base (se usará solo si la suma de F1 es cero):	1.0
1.3.1 Estado del tóxico en el ambiente	
Parte del ambiente 0.3-1.25:	1
Confinado 0.2-1:	0
1.3.2 Manejo y transferencia de materiales	
a) Líneas de transferencia que se conectan y desconectan 0.5:	0
b) Adición manual de ingredientes 0.5:	0
c) Mecanismos de transmisión 0.4-0.9:	0
d) Almacenamiento 0.4-1:	1
1.3.3 Unidades de proceso cerradas o interiores	
a) Colectores 0.25-0.5:	0
b) Líquidos volátiles o corrosivos 0.3-0.45:	0
c) Cambios físicos y aglomeración 0.3-0.90:	0
1.3.4 Acceso al área de proceso con equipo de emergencia 0.2-0.35:	0.35
1.3.5 Drenajes y control de derrames 0.1-0.90:	0.9
Subtotal F1 (suma de todos los valores de los recuadros de esta hoja con excepción quizás del factor base)	3.25

Riesgos generales del proceso (sección del método 1.3 continuación)		Hoja 6 <u>A</u> de 9
Ver la sección 1.3 para los valores que deben representarse en cada renglón con recuadro y si no aplica escribir cero.		
1.3.6 Monitoreo del ambiente		
Tipo de muestreo:	Fecha y hora de inicio y término:	
Laboratorio que lo realizó:	Concentración:	
Combinación:	Temperatura y presión:	
Origen potencial de la exposición:	Frecuencia de muestreo:	
Memoria de cálculo:		
Frecuencia de calibración y muestreo:		
1.3.6 Monitoreo personal	Periodo del monitoreo: anual	
Nombre de la persona:		
Método de muestreo:	Fecha y hora de inicio y término:	
Laboratorio que lo realizó:	Concentración:	
Tiempo y frecuencia en que la persona está en contacto con el contaminante:	2 veces al mes durante 4 horas	
Flujo de calibración y muestreo:		
Promedio del periodo:		
Evaluación final de esta hoja (factor sección 1.3.6) 0.3-1:		0.3
Total de F1 (suma de los valores de F1 de la hoja anterior y de esta)		3.55

Riesgos especiales del proceso (sección del método 1.4)	Hoja 7 <u>A</u> de 9
Ver la sección 1.4 para los valores que deben representarse en cada renglón con recuadro y si no aplica escribir cero.	
Factor Base (se usará solo si la suma de F2 sea cero)	1.0
1.4.1 Materiales tóxicos	
a) Vías de intoxicación 0.25-1:	1
b) Mecanismo de intoxicación 0.25-1:	1
1.4.2 Baja presión 0.5:	0.5
1.4.3 Operación en o cerca de los máximos permisibles 0.3-0.8:	0.8
1.4.4 Almacenamiento de polvos minerales 0.25-1:	0
1.4.5 Alivio de presión 0.7-1:	1
1.4.6 Baja temperatura 0.2-0.3:	0
1.4.7 Corrosión y erosión 0.1-0.75:	0
1.4.8 Combinación de tóxicos 0.3-1:	0
1.4.9 Fugas juntas y empaques 0.1-0.7:	0.7
1.4.10 Procesos radiactivos 0.2-1:	0
1.4.11 Equipo rotatorio 0.6:	0.6
1.4.12 Marcado y etiquetado 0.1-1:	0.1
1.4.13 Higiene 0.1-1:	0.5
Total F2 (suma de todos los valores de los recuadros de esta hoja con excepción quizás del factor base)	6.2
Total F3=F1*F2	24.67

Medidas de corrección del proceso (sección del método 1.7)		Hoja 8 A de 9
Ver la sección 1.7 para los valores que deben representarse en cada renglón con recuadro y si no aplica escribir cero.		
Factor Base (se usa independientemente para cada componente de C1, C2, C3 solo si alguno de ellos fuera cero)		1.0
C1 Energía de emergencia 0.98:		0
Sistema de enfriamiento 0.97-0.98:		0
Paro de emergencia 0.96-0.99:		0
Control por computadora 0.9-0.99:		0
Otras Opciones 0.93:		0
Procedimientos 0.9-0.98:		0.9
Análisis de reactivos 0.90-0.98:		0.90
Total C1 (producto de todos los valores de los recuadros de C1)		0.81
C2 Válvulas de control 0.96-0.98:		0
descarga a vertederos 0.95-0.98:		0
Interlock 0.98:		0
Total C2 (producto de todos los valores de los recuadros de C2)		1
C3 Detección de fugas 0.90:		0
Acero estructural 0.84-.98:		0.84
Suministro de agua 0.95-0.99:		0
Protección de cables 0.94-0.98:		0
Manejo de desechos 0.90-0.99		0
Otras medidas 0.90:		0
Total C3 (producto de todos los valores de los recuadros de C3)		0.84

Relación de los datos del proceso					Hoja 9 A de 9
Tomar los datos de los formatos anteriores					
Para todos los materiales en un mismo proceso C1, C2, C3, C, serán los mismos. Para varios materiales en un mismo proceso los FT, F3, podrán ser distintos; los Q, ITox serán distintos.					
Valor total de $C=C1*C2*C3$:					.68
Código del material	F3	FT/100	Q =log q	ITox= (FT/100)*F3*Q	RT
a- Butano	24.67	.9	.75	16.65	11.32 Severo Intermedio
b- Propano	24.67	.9	.48	10.65	7.24 Severo Moderado
c-					
d-					
e-					
f-					
g-					
h-					
i-					

3.3 Disminución del riesgo

Los resultados del ejemplo 3 son básicamente los mismos que el segundo, así como la estructura de su análisis y las características de sus resultados. Ante tal cantidad de material los riesgos serían muy altos en ese radio. Los factores especiales y generales así como los de corrección son los mismos.

a) Manejo en el proceso

- Sección 1.3.1 b.-El tóxico sea parte del ambiente, solo a concentraciones tóxicas.
- Sección 1.3.2.d.-Almacenamiento.
- Sección 1.3.4.-Acceso al área de proceso con equipo de emergencia.
- Sección 1.3.5.-Drenajes y control de derrames.
- Sección 1.3.6.-Monitoreo personal.
- Sección 1.4.1 a,b.-Vía de intoxicación por inhalación y contacto con efecto aditivo.
- Sección 1.4.2.-Baja presión.
- Sección 1.4.7.-Corrosión y erosión.
- Sección 1.4.3.-Operación fuera del límite permitido.
- Sección 1.4.9.-Fugas juntas y empaques.

Por los propios supuestos del ejemplo, los factores de éstas secciones *no* pueden reducirse ya que están consideradas como condiciones *óptimas* de manejo. Por lo que el factor es de 24.67.

b) Cantidad de material

La cantidad a transportar para satisfacer el *máximo permisible* en ese radio sería de 2.09 Kg. de Butano y de Propano, con lo que $Q=0$, para ambos.

c) Factor de corrección

Las medidas de corrección aplicables son:

- C1.-Procedimientos escritos y reentrenamiento periódico de la gente involucrada y análisis de reactivos.
- C2.-Válvulas de control.
- C3.-Características especiales del material de la pipa así como su adecuado procedimiento.

De igual manera éstas condiciones en este caso son *óptimas* y no tendrían modificación.

Siguiendo el mismo esquema que el ejemplo 2 las recomendaciones para este ejemplo son iguales aún en el caso de que gas L.P. no llegara a ser mortal sería sí bastante grave. De igual manera el principal *factor a analizar* es la pipa.

IV CONCLUSIONES

Algunas de las razones por las cuales este trabajo se realizó, con un afán de mejorar en alguna medida la salud del ser humano tomando como espacio particular el ambiente laboral, son las siguientes:

- cada área laboral *necesita un plan de seguridad completo* que sepa distinguir cada riesgo y disminuir en la medida de lo posible, cualquier accidente de trabajo. Esto implica una interrelación de personas multidisciplinarias que aporten sus conocimientos hacia un mismo fin,
- desde el punto de vista *económico* es importante, para la producción eficiente y continua de una empresa, tener un personal capaz y duradero, evitando gastos por primeros auxilios, primer entrenamiento, gastos médicos, indemnización, invalidez, etc.. Para ello es indispensable mantener la buena salud del trabajador aún más si existen riesgos que atenten contra ella. Por otro lado si los recursos naturales no son cuidados debidamente, esas empresas ya no tendrán con qué fabricar ni para qué,
- debido a que los problemas de la *contaminación* del medio ambiente y de consumo irracional de recursos naturales se han agravado, diversas instituciones internacionales realizan reconocidos esfuerzos en la investigación sobre seguridad, higiene y salud. Se hace especial énfasis en cuidar no solo los desechos contaminantes sino también la producción, uso y distribución.

El resultado de estas inquietudes es el método denominado *Índice toxicológico*. El cual es capaz de evaluar en el ambiente laboral los riesgos de intoxicación. Este índice fue pensado para ser usado como elemento de decisión. Es decir que una empresa puede emplearlo para medir el nivel de riesgo con que trabajan sus empleados, permitiéndole tomar medidas para aumentar la seguridad en las áreas de trabajo o bien asumir o transferir el riesgo. De la misma manera puede ser usado por una compañía aseguradora para evaluar la asegurabilidad y el monto del seguro de una determinada empresa. También puede ser base normativa tanto al interior de una empresa como a nivel nacional. De tal forma este trabajo es una opción diferente que permite fortalecer a otros esfuerzos, métodos y procedimientos que ya existen.

En su contexto elementos como la toxicología clínica y las normas de uso de la STPS, no dan por sí mismos respuesta cabal al problema de evaluar un riesgo toxicológico. Como se ha mencionado antes, cada uno de ellos individualmente no son material suficiente para el estudio que proponemos. Lo mismo ocurrió al revisar métodos de evaluación de diversos riesgos. Sin embargo, se adoptó un

método pionero en la seguridad del inmueble a la seguridad del hombre y medio ambiente. Éste, el Índice Dow ha sido base de muchos otros entre ellos el Índice Mond. Este último por su enfoque no fue de utilidad a nuestros fines y no se incluyó ya que el interés de la primera parte de este trabajo fue presentar los elementos necesarios para la construcción del Índice Toxicológico y no encontrar las deficiencias de otros que no aportan mayor ayuda al mismo.

De tal manera se contempló un método que evalúa la toxicidad de cada elemento en un proceso determinado.

Su formulación se basó en el Índice Dow cuyos factores nos fueron proporcionados por personal de Celanese Mexicana y están respaldados por estadísticas y probabilidades de ocurrencia. En este índice pionero los *riesgos generales y los especiales* tienen como referencia el 0 para inexistencia de riesgo y >0 para existencia. Los riesgos generales se suman entre ellos porque es o uno u otro, lo mismo ocurre con los especiales y se multiplican entre sí porque uno lleva al otro. A este resultado se le multiplica el riesgo inherente de cada material. Las *medidas de seguridad* están referidas al valor 1 para carencia y <1 para existencia y están divididas en 3 grupos, el total se obtiene multiplicando cada grupo para dar un número preferentemente menor que 1, de manera que de existir procedimientos extras de seguridad, reduzcan el valor del riesgo obtenido anteriormente.

Bajo este mismo principio se ha hecho un paralelo con la toxicología resultando un *Índice Toxicológico* de empleo similar. La consistencia de los parámetros físicos y biológicos debe ser revisada para evitar en la medida de lo posible errores inadvertidos por omisión, medición y muestreo. Se ha visto porqué es importante tomar en cuenta el *estado físico* de un material. La principal razón es la vía de contacto con el organismo humano para que sea posible la intoxicación y su nivel de daño. Se han analizado éstas vías y visto que es mucho más fácil la intoxicación si se trata de un gas que de un líquido y que de un sólido. Por tanto tendrá un riesgo mayor un gas que un sólido. Es por lo anterior que ponemos tal énfasis en no solo clasificar el riesgo por su concentración máxima permitida. Sin embargo, queda recalcada su importancia ya que se parte de la idea de que *el nivel máximo permitido* es el límite de dosis en una exposición. Exceder la dosis implica en mayor o en menor medida una intoxicación, al existir esa intoxicación el riesgo ya es considerado de *Severo Moderado a Severo Grave*, por ello es importante minimizarlo. El primer problema que surge es que una cantidad máxima permitida puede ser indebidamente excedida sin límite, por lo que se vuelve una evaluación con números poco manejables, surge entonces la necesidad como segunda medida de dividir el FT entre 100. Sin embargo, fue necesario también reducir el valor

de ϕ , para lo cual se utilizó la función logaritmo base 10. De tal manera si el material analizado es manejado en cantidades mayores al nivel máximo permitido, el cociente será mayor que 1 y su logaritmo positivo. Si la cantidad es igual al nivel máximo permitido el cociente será 1 y el logaritmo igual a cero. Si la cantidad de material es menor al máximo permitido, el cociente será menor que 1 y el logaritmo negativo. A ese resultado se le multiplica un valor **FT** menor o igual a 1 por lo que se reduce o queda igual. Después se le multiplica por un valor positivo manteniendo el signo original. Por ello si el resultado final es negativo o cero no hay riesgo y si es mayor que cero entonces existe riesgo de intoxicación. Se ha estudiado un marco de referencia cualitativo para calificar las propiedades de los materiales y el efecto en el ser humano, según posibles combinaciones de concentración y tiempo de exposición. Cada elemento es calificado y evaluado según su concentración promedio usada en el lugar de trabajo. Esa calificación debe realizarla una persona capacitada y familiarizada con ese ambiente laboral en particular.

Los *formatos* aquí planteados dan la posibilidad de manejar la información de manera completa y accesible. Sin embargo, es necesario aterrizar los resultados del análisis en la realidad de la práctica. Por un lado, los límites de las cantidades conllevan un cierto margen de tolerancia de manera a ser más flexibles con las fracciones de gramos o litros. Es decir, si en los cálculos resulta que la cantidad máxima a conservar es de 34.325 ml se podría redondear a 34. Por otro lado en la mayoría de los casos las cantidades de material manejados en el mercado excede en mucho a la correspondiente a la concentración máxima permitida ya que se supone una cantidad no destinada a una sola y específica dosis. A este respecto, en este trabajo, se supone el caso de un accidente donde el total de la sustancia sí estaría destinada a una sola y específica dosis, de ahí la necesidad de subdividir esa cantidad de manera a disminuir la dosis recibida en determinado caso.

Así destacan tres variables mínimas necesarias para evaluar un riesgo tóxico siendo las siguientes:

- **el estado físico.** El nivel de daño está relacionado a la concentración de la sustancia. El *máximo permitido* está fijado una vez que el material entra en contacto con el organismo y sus posibles *efectos a corto plazo*. Dicha concentración de la sustancia entra en contacto con el organismo por distintas vías, pudiendo ser más o menos dañina según una u otra *vía*. Estas vías de acceso dependen del *estado físico* de la sustancia. Por ello el Factor Toxicológico (**FT**) es una función del estado físico que a su vez está en función de la concentración y el efecto a la salud (**Ns**),

- la cantidad de material. En el momento en que ocurre un accidente (un derrame por ejemplo), la concentración de la sustancia en el *ambiente* influirá en forma directa en la concentración de la sustancia en el organismo. De ahí que es necesario manejar la variable Q que es el logaritmo de la función de la cantidad de sustancia en el volumen de aire del lugar y representa la diferencia en exceso respecto al máximo permisible,
- las características específicas del proceso. Además del aspecto tóxico de la sustancia en sí, es necesario evaluar su *uso* correcto o incorrecto para disminuir en la medida de lo posible su riesgo de toxicidad. Este uso está representado por el factor F_3 y su *mejor* rendimiento o protección por el factor C . Es decir, se analiza 1) el entorno en el cual es manejado y procesado el material y 2) cómo son disminuidas o aumentadas las características de ese material.

Son todos estos factores que a través de este estudio han destacado por su importancia y se reunieron para formar el *riesgo toxicológico* (RT) bajo la fórmula

$$RT = F_3(FT/100)Q \cdot C$$

De este modo ha sido posible conjuntar una gran cantidad de variables y conceptos para obtener una *evaluación del riesgo toxicológico* (daño tóxico) correspondiente a un proceso o lugar determinado que maneja (o usa) materiales tóxicos.

Su aplicación se ha mostrado en 3 ejemplos que señalan su *uso y utilidad* en dos distintos escenarios. Como se ha mencionado antes, el proceso elegido para el análisis puede ser muy variado dependiendo de las características del lugar. Éste es el caso del ejemplo 1, se eligió el Laboratorio de Microscopía Electrónica por prestarse a un análisis *concreto, real y accesible*. La preparación del material biológico es una de las actividades más importantes en dicho laboratorio. Analizándola el verdadero riesgo no es en la preparación final del material biológico sino la *dilución de las sustancias* que se emplean. Por ello el método fue aplicado al manejo del material a diluir analizando una de las principales funciones del laboratorio.

Los ejemplos del amoníaco y del gas fueron planteados como casos extremos hipotéticos para fijar los límites de los intervalos del *Riesgo Toxicológico*. Un accidente de derrame de una pipa de *amoníaco* es un caso que ha sucedido, donde han muerto las personas por donde pasó la nube. Por el anterior es que se consideró ese valor del RT como cota inferior del riesgo *Severo Grave*. De igual manera, se consideró el caso de dos elementos no tóxicos a cantidades moderadas, *butano y propano*, como referencia para establecer los límites del intervalo del riesgo *Severo Intermedio*.

El trabajo aquí presentado ofrece una evaluación cualitativa y cuantitativa, una pequeña aportación al mejoramiento de las condiciones de vida en el ambiente laboral. Como en todo debe aprenderse de la experiencia y aquí se presenta una metodología que reúne diferentes condiciones que disminuyen el riesgo, se trató de hacerlo de manera accesible para que sea empleado por muchas personas y bajo muchas situaciones, sin embargo es posible que con la experiencia surjan modificaciones que permitan mejorarlo para evaluar mejor las situaciones peligrosas inherentes en un ambiente de trabajo dado. Para algunas aplicaciones específicas el análisis deberá ser ampliado más allá de la toxicología como es el caso de los ejemplos 2 y 3, donde se requiere de una estructura mecánica (por materiales y diseños) adecuada para la pipa (tema que rebasa los límites de este trabajo).

Al analizar los valores que afectan cada factor en el *Índice Toxicológico (ITox)*, se da pie a localizar los aspectos donde no se está actuando debidamente proponiendo alternativas que pudieran modificarlos y mejorarlos, con el fin de disminuir los riesgos. A pesar de las limitantes de tiempo e investigación en el tema, este método:

- ofrece una propuesta al análisis de un problema real "la exposición de un tóxico al ser humano y al medio ambiente" y permite acciones "sencillas" y factibles que disminuirán los riesgos toxicológicos,
- presenta herramientas y elementos de entendimiento,
- explica el problema desde el punto de vista tóxico,
- permite controlar el problema minimizando el riesgo,
- propone estudios paralelo a este análisis: cálculos estadísticos con base en un mayor número de aplicaciones (con lo cual se obtendría una base de datos más perfeccionada), cálculo de la incertidumbre en los datos, simulación de exposiciones futuras, mediciones de la exposición y cálculos afines así como una investigación entre la evaluación de exposición y estudios epidemiológicos (la cual será de gran apoyo técnico al tema),
- abre horizontes a un registro de datos a utilizar por asociaciones como la Comisión Nacional Contra Desastres, una opción de evaluación toxicológica para las comisiones mixtas de seguridad e higiene.

Esperando que el esfuerzo generado en este trabajo sea respaldado en el futuro por una mayor proliferación de estudios en el tema, que consideramos amplía el área del campo del Actuario, permitiendo el análisis de riesgos laborales y de como disminuirlos. Presentando además una ruta a seguir para la legislación y normatividad del área laboral y de los seguros, en lo respectivo a la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas.

ANEXO

- **Accidente de trabajo**

Es toda lesión orgánica o perturbación funcional, inmediata o posterior, o la muerte, producida repentinamente en ejercicio, o con motivo del trabajo, cualquiera que sean el lugar y el tiempo en que se preste.

- **Accidente, tipo de**

Suceso que produjo directamente la lesión y explica el modo en que un objeto o sustancia ha entrado en contacto con el trabajador accidentado o enfermo.

- **Acto inseguro**

Es la acción que el trabajador realiza en forma inadecuada (omitiendo la observancia o violando algún procedimiento o medida comúnmente aceptada como segura) y que lo lleva a sufrir las contingencias de un riesgo profesional, o bien a que otro compañero sufra la contingencia por su actitud.

- **Actuarial**

Pertenciente o relativo al actuario de seguros o a sus funciones.

- **Actuario de seguros**

Persona versada en los cálculos matemáticos y en los conocimientos estadísticos, jurídicos y financieros concernientes a los seguros y a su régimen, la cual asesora a las entidades aseguradoras y sirve como perito en las operaciones de éstas.

- **Agentes contaminantes que pueden producir enfermedades de trabajo**

- agentes físicos.
- agentes químicos.
- agentes biológicos.

- **Agudo**

Se dice de una enfermedad grave y corta.

- **Alergia**

Una alergia puede ser adquirida por la exposición de sustancias químicas. Inicialmente, los trabajadores pueden no desarrollar una alergia. Sin embargo, una exposición constante puede producir una reacción en el cuerpo. Aún exposiciones a un bajo nivel de una sustancia, puede inducir a una reacción alérgica. Tanto la piel como el tracto respiratorio pueden ser afectados por una reacción alérgica.

- **Aperturas o líneas de proceso**

Es cualquier trabajo que requiere de la apertura de líneas de proceso que contengan o hayan contenido alguna sustancia tóxica, corrosiva o irritante.

- **Arranque y paro por emergencias**

Es aquella operación o secuencia de operaciones enfocada al arranque o paro de un equipo, proceso o sistema, cuando existe un evento no deseado que pone en peligro la integridad de las personas o bienes materiales.

- **Asfixia**

Es la falta de oxigenación en los tejidos del cuerpo. Hay dos tipos: simple y asfixia química.

- **Asfixia química**

En ésta situación, la acción de sustancias químicas es directa e interfiere con la habilidad del cuerpo para transportar y utilizar el oxígeno.

- **Asfixia simple**

Esta se refiere a una condición donde el oxígeno en el aire es reemplazado por gas, como el nitrógeno, el bióxido de carbono, el etano, el hidrógeno o el helio a niveles donde no puede mantenerse la vida.

- **Cálculo**

Cualquier operación entre números o entre números y letras que se realiza para encontrar un resultado. Puede ser aritmético, mercantil o comercial, algebraico, infinitesimal, diferencial, de probabilidades, de variaciones, analítico, según las respectivas partes de las matemáticas

- **Consumidor**

Es aquella persona o empresa que adquiere sustancias peligrosas.

- **Contaminantes del ambiente**

Todo agente físico y elemento o compuesto químico o biológico capaz de alterar las condiciones del ambiente en el centro de trabajo y que por sus propiedades, concentración, nivel, o tiempo de acción pueda alterar la salud de los trabajadores.

- **Contenedor**

Significa cualquier bolsa, botella, caja, lata o cilindro. Los recipientes de reacción y los tubos o sistemas de tuberías no son considerados como contenedores.

- **Contingencia**

Posibilidad de que una cosa suceda o no suceda. Cosa que puede suceder o no suceder. Riesgo. Acaccimiento posible, fortuito.

- **Crónico**

Aplíquese a las enfermedades que se manifiestan por periodos largos o que se consideran habituales.

- **Compuesto**

Formado por varias partes

- **Daño**

Perjuicio o menoscabo

- **Deflagración**

Es una combustión rápida o reacción de descomposición en la cual la zona de reacción avanza a velocidad menor a la del sonido a través del medio ambiente, en la cual la tasa de reacción es proporcional al aumento de la presión de la reacción.

- **Defunción o muerte por riesgos de trabajo**

Es la desaparición permanente de todo signo de vida en ejercicio o con motivo del trabajo.

- **Densidad**

Masa por unidad de volumen.

- **Densidad de vapor**

Es el peso de un volumen de vapor puro o gas (sin presentación de aire) comparado con el peso de un volumen igual de aire seco a la misma temperatura y presión.

- **Detonación**

es una reacción de combustión rápida que se lleva a cabo igual o arriba de la velocidad del sonido en el medio.

- **Distribuidor**

Es aquella persona o empresa que reparte o pone a la disposición del consumidor sustancias peligrosas.

- **Elemento**

Sustancia constituida por átomos del mismo número atómico

- **Enfermedades de trabajo**

Es todo estado patológico derivado de la acción que continúa de una causa que tenga su origen o motivo en el trabajo o en el medio en que el trabajador se vea obligado a prestar sus servicios.

- **Entrada a recipientes o espacios confinados**

Es todo trabajo que se realiza en un lugar parcial o totalmente cerrado en el que puede existir una atmósfera contaminada o deficiente en oxígeno.

- **Fabricante**

Es aquella persona o empresa que se dedica a transformar materias primas para obtener sustancias peligrosas terminadas, listas para su consumo o que servirán de materia prima para elaborar otros productos.

- **Gravedad o Peso Específico**

Es la razón del peso de la sustancia entre el peso del mismo volumen de otra sustancia.

- **Grupos de exposición Homogénea de Trabajadores**

Es la presencia de dos o más trabajadores expuestos a la misma sustancia química, por igual tiempo de exposición, durante la jornada o jornadas de trabajo.

- **Importador**

Es aquella persona o empresa que introduce sustancias peligrosas extranjeras al país, cumpliendo con los permisos de importación estipulados en la legislación mexicana vigente.

- **Incapacidad permanente**

Los riesgos de trabajo pueden producir dos tipos de incapacidad permanente:

Incapacidad permanente parcial. Es la disminución de las facultades o aptitudes de una persona para trabajar.

Incapacidad permanente total. Es la pérdida de facultades o aptitudes de una persona que la imposibilita para desempeñar cualquier trabajo por el resto de su vida.

- **Incapacidad temporal**

Es la pérdida de facultades que imposibilita parcial o totalmente a una persona para desempeñar su trabajo por algún tiempo.

- **Inestable (reactivo)**

Significa una sustancia química que en estado puro o cuando se produce o transporta, se polimeriza, descompone, condensa o se vuelve autorreactivo de manera vigorosa bajo condiciones extremas de presión o temperatura.

- **Inicio exotérmico**

Es la temperatura mínima necesaria para iniciar una reacción química que genera calor.

- **Intoxicación**

Trastornos locales o generales producidos en el organismo por la acción de tóxicos. Acción o efecto de intoxicar o intoxicarse.

- **Intoxicar**

Inficionar con tóxico, envenenar

- **Irritación**

Significa una condición que es agravada cuando un elemento químico entra en contacto con el cuerpo. Las partes del cuerpo normalmente afectadas son la piel, los ojos y el aparato respiratorio.

- **Lesión, naturaleza de la**

Es la característica del daño sufrido por el trabajador como consecuencia de un riesgo de trabajo.

El sistema del IMSS establece que es el diagnóstico topográfico y nosológico de la lesión cuando se trata de un accidente o del padecimiento cuando se trata de una enfermedad.

- **Lesión orgánica**

Perturbaciones funcionales inmediatas o posteriores, o la muerte.

- **Mantenimiento preventivo o correctivo de equipos y recipientes que contengan dichas sustancias**

Es todo trabajo que tiene por objeto preservar en buenas condiciones de operación al equipo y recipientes que contienen sustancias irritantes, corrosivas o tóxicas.

- **Mezcla**

Significa cualquier combinación de dos o más productos químicos sin que haya como resultado una reacción química.

- **Mezcla encendible**

Es una mezcla dentro de un intervalo inflamable (entre los límites superior e inferior) la cual es capaz de propagar la flama luego de encendida la fuente de ignición.

- **Mol**

Es la cantidad de un elemento en gramos, que contiene el número de Avogadro $6.02 \cdot 10^{23}$ de átomos.

- **Molalidad**

Cantidad de sustancia de un soluto por unidad de masa del disolvente.

- **Molaridad**

Número de moles de soluto por litro de solución.

- **Muestreo Ambiental**

Se denomina, así al procedimiento de captura de la sustancia química, mediante detectores fijos en posición equivalente a la del trabajador expuesto y que puede tener integrado (o no) un equipo analítico para cuantificar la concentración capturada en el área de trabajo.

- **Muestreo de Oxígeno**

Es el procedimiento para detectar el por ciento en volumen de oxígeno contenido en la atmósfera laboral.

- **Muestreo Personal**

Se refiere al procedimiento de captura de la sustancia química, mediante equipo portátil de tipo personal que permite por su tamaño y características ser portado por el trabajador durante la jornada de trabajo o el periodo para el cual se efectúa el muestreo.

- **Nivel Máximo Permisible**

Se refiere a la concentración máxima de un elemento o compuesto químico, que no debe superarse a la exposición de los trabajadores considerando sus tres categorías:

a) Concentración Promedio Ponderada en el Tiempo (CPT)

Para 8 horas de exposición diarias y de la cual la mayoría de los trabajadores expuestos no presentan efectos adversos a la salud.

b) Concentración para Exposición a Corto Tiempo (CCT)

En la cual el tiempo no deberá exceder de 15 minutos, hasta 4 veces por jornada y con periodos de no exposición de al menos 1 hora entre dos exposiciones sucesivas. En todo caso la concentración promedio ponderada en el tiempo para la exposición total que incluya exposiciones cortas, no deberá exceder a la prevista para 8 horas de exposición diaria.

c) Concentración Pico (P)

Es la concentración que no se debe sobrepasar en ningún momento un trabajador durante la jornada de trabajo.

Dichas concentraciones en el aire pueden expresarse en ppm y/o mg/m³ y cuya relación, para el caso de los gases, sigue la ecuación:
$$\text{ppm} = (\text{mg/m}^3) \times (24.45/\text{PM}) \times (760/\text{P}) \times (\text{T} + 273/298)$$

donde:

1 mg/m³ es un mg de gas o vapor en 1 m³ de aire

P=Presión de la atmósfera laboral en mm Hg

T=Temperatura de la atmósfera laboral en °C

PM=Peso molecular de la sustancia en cuestión

760=Presión Normal (mm Hg)

298=Temperatura Normal (K)

244.25=Volumen Molar (l/mol) a 25 °C y 760 mm Hg

O bien

$$1 \text{ ppm} = (273\text{M}) / (224\text{T}) \text{ mg/m}^3$$

donde:

T es la temperatura en °K; M es la masa molecular de la sustancia en cuestión,

22.4 es el volumen molar en litros de un gas a 0°C y 1013 en bar.

• **Nombre Común**

Significa cualquier designación o identificación como nombre de código, número de código, nombre de marca o nombre genérico usado para identificar una sustancia por nombre diferente a su nombre químico.

• **Nombre Químico**

Significa la designación científica de un producto químico de acuerdo con el sistema de nomenclatura desarrollado por "Chemical Abstracts Service" (CAS) o un nombre que identifique claramente a una sustancia química con el propósito de llevar a cabo una evaluación de su peligrosidad.

- Partes expuestas
 - Cabeza.
 - Oídos.
 - Ojos y cara.
 - Vías respiratorias.
 - Cuerpo y miembros.

- Partícula

Materia sólida o líquida dispersa en el aire.

- Partícula molesta

Para los contaminantes la concentración máxima permisible en el ambiente laboral es de 10 mg/m³, siempre que no estén presentes impurezas tóxicas. En el caso de los polvos, la concentración máxima permisible con diámetro mayor a 10µm, es de 10 mg/m³ como polvo total, y 5 mg/m³ como polvo respirable.

- Peróxido Orgánico

Significa un compuesto orgánico que contiene la estructura bivalente O-O y que puede ser considerado como un derivado estructural del peróxido de hidrógeno donde uno o ambos de los átomos de hidrógeno han sido reemplazados por un radical orgánico.

- pH

Es el negativo de la concentración de ion hidronio. Una solución con una concentración 10(-1) M de ion hidronio tiene un pH de 1, y una solución 10(-14) M tiene un pH de 14. $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$

- Polvo pulmonar

El polvo pulmonar es causado por el depósito de pequeñas partículas de polvo en el área de intercambio de gases. Los cambios en el pulmón son extremadamente difíciles de detectar en la etapa temprana, y el deterioro ocurre antes de los cambios detectados por los rayos X. La capacidad del pulmón para absorber el oxígeno será reducida y la víctima desarrollará respiraciones cortas en actividades extremas. El efecto es irreversible. Ejemplos: silicatos cristalinos, asbesto, talco y berilio.

- Polvo respirable

Para efectos de la presente, los polvos respirables se consideran como la fracción del total de los polvos que pasan a través de un ciclón prescrito y que incluyen partículas hasta de 5 µm de tamaño.

- Producto

Cosa formada

- **Punto de inflamación**

Es la temperatura mínima a la cual los vapores producidos por un combustible pueden arder en el aire. A esta temperatura producen flama sin que la combustión sea continua.

- **Punto de fuego**

Este punto está referido al anterior, es el grado de temperatura en el cual, no solo hay una flama sino que seguirá quemándose en la superficie del líquido.

- **Rango de Inflamabilidad**

El rango en el cual el vapor se mezcla con el aire y puede ser inflamable, es entre el límite inferior y el superior de inflamabilidad. El inferior es el porcentaje sobre el cual no hay suficiente aire para el fuego.

- **Riesgo**

Proximidad de un daño. Cada una de las contingencias que cubre una póliza de seguros.

- **Riesgos de accidentes de trabajo**

- contacto con sustancias nocivas, tóxicas, cáusticas o de otra naturaleza, que provoquen daños en la piel o en las membranas mucosas, o bien que se introduzcan al organismo a través de las vías respiratorias, digestivas o por la piel, y que den lugar a intoxicaciones agudas o muerte.

- asfixia por inmersión.

- **Riesgos de trabajo**

Son los accidentes y enfermedades a que se están expuestos los trabajadores en ejercicio o con motivo del trabajo.

- **Riesgo de trabajo, tipo de**

Es la indicación de la índole del riesgo de trabajo, de acuerdo a si éste fue resultado de un accidente o de una enfermedad.

- **Seguridad Social**

Seguros establecidos en previsión de ciertos riesgos, accidentes, enfermedades, invalidez, falta de trabajo, defunción. Son servicios que el estado impone a favor de los trabajadores de las empresas y de los usuarios de ciertos servicios públicos.

- Seguro

Contrato que obliga a pagar a otro o a un tercero, una indemnización equivalente al daño sufrido o una cantidad fija en caso de muerte o accidente. Contrato por el cual una persona, natural o jurídica, se obliga a resarcir pérdidas o daños que ocurren en las cosas que corren un riesgo en mar o tierra.

- Sustancia Corrosiva

Es la que causa destrucción visible o alteraciones irreversibles en el tejido vivo por acción química en el sitio de contacto.

- Sustancia Irritante

Es la que no es corrosiva, pero que causa un efecto inflamatorio reversible en el tejido vivo por acción química en el sitio de contacto.

- Sustancia Peligrosa

Es aquella que representa un alto riesgo para la salud por tener las características o propiedades de ser: corrosiva, irritante, tóxica, radiactiva, inflamable, explosiva, peróxido orgánico, gas comprimido, oxidante, pirofórica, inestable y otra que pueda causar un daño a la salud.

- Sustancia Química

Significa cualquier elemento, compuesto, mezcla o producto químico.

- Sustancia Tóxica

Es la que puede causar trastornos estructurales o funcionales que provoquen daños o la muerte si la absorben en cantidades relativamente pequeñas los seres humanos, las plantas o los animales, y que de acuerdo con las dosis letales orales y dérmicas (DL₅₀) y concentraciones letales (CL₅₀) se clasifican en algunas de las siguientes categorías (se incluyen las sustancias químicas cancerígenas, mutagénicas, teratogénicas, las que destruyen la capacidad mental y las que afectan la coordinación motriz):

a) Sustancia química que tiene una dosis letal media (DL₅₀) de más de 50 mg/kg. y menos de 500 mg/kg. de peso corporal, cuando se administra oralmente a ratas albinas con peso de 200 y 300gr.

b) Sustancia química que tiene una dosis letal media (DL₅₀) de más de 200 mg/kg. , pero no más de 1000 mg/kg. de peso corporal al administrarla por contacto continuo por 24 horas (o menos si la muerte ocurre en esas 24 horas) con la piel descubierta de conejos albinos de peso entre 2 y 3 kg.

c) Sustancia química que tiene una concentración letal media (CL₅₀) en el aire de más de 200 ppm y no más de 2000 ppm por volumen de gases o vapores,

entre 2 y 20 mg/l de niebla, humo o polvo, cuando se administra por inhalación continua por una hora (o menos si la muerte ocurre durante esa hora) a ratas albinas de 200 y 300 gr de peso corporal.

- **Temperatura de ignición**

Es la temperatura mínima para iniciar o causar una combustión auto sostenida, independientemente del calor o fuente de ignición.

- **Temperatura de ebullición**

Es la temperatura a la cual la presión de vapor de un líquido iguala la presión atmosférica. Temperatura a la cual un líquido experimenta una rápida conversión en vapor: depende de la naturaleza del líquido y la presión en la que se encuentre, reportada normalmente a la presión de una atmósfera.

- **Toxicar**

Envenenar, emponzoñar, intoxicar.

- **Toxicidad**

Calidad de tóxico.

- **Tóxico**

Aplíquese a las sustancias venenosas.

- **Toxicogénesis**

Proceso en virtud del cual algunas bacterias y otros organismos patógenos producen toxinas en el medio en que viven.

- **Toxicología**

Parte de la medicina que trata de los venenos.

- **Toxicológico**

Perteneiente o relativo a la toxicología.

- **Toxígeno**

Que produce toxinas.

- **Toxiinfección**

Proceso patológico caracterizado como infección e intoxicación simultáneamente.

- **Toxina**

Sustancia venenosa producida por organismos vivos.

- **Trabajadores expuestos**

El sistema del IMSS hace referencia a los trabajadores bajo seguro de riesgos de trabajo, y su cálculo se efectúa con base en las horas de exposición al riesgo por las modalidades de aseguramiento del seguro de riesgos de trabajo.

El sistema del ISSSTE hace referencia a los trabajadores con todas las prestaciones, mientras que el de PEMEX considera a los trabajadores que laboran en esta empresa.

- **Trabajo peligroso**

Se entiende por toda aquella actividad laboral que por su naturaleza represente un riesgo que entrañe exposición directa a sustancias corrosivas, irritantes o tóxicas, y su ejecución implique potencialmente un daño temporal, permanente o la muerte de los trabajadores que lo ejecuten.

- **Trasvasar materiales altamente corrosivos, irritantes o tóxicos**

Es todo trabajo que tiene por objeto el paso de dichas sustancias de un recipiente a otro, y que dada la naturaleza de peligrosidad de la sustancia, se debe realizar bajo ciertos lineamientos de seguridad (no se incluyen las operaciones automatizadas de apertura o cierre de válvulas).

- **Veneno**

Son también sustancias químicas con las mismas características que los tóxicos, pero su origen es botánico o a partir de las secreciones de ciertos animales.

- **Zona de Prioridad**

Es aquella área en la cual el trabajador o los grupos de trabajadores de exposición homogénea están expuestos a sustancias químicas con niveles altos y con efectos a la salud severos, reversibles o irreversibles, incapacitantes o fatales.

Contaminantes	Definiciones	Ejemplo
Gases	Compuestos que a temperatura y presión ambiente se comportan como el aire.	Monóxido de carbono, óxido de sodio, acetileno, butano, hidrógeno, etc.
Humos	Materia sólida en suspensión en la atmósfera formado por pequeñas partículas producidas por la concentración de metales o por resultado de la combustión incompleta.	Humos de soldadura de un metal en fusión, de combustión de madera, cigarro, etc.
Fibras	es aquel material más grande que 5μ con una proporción igual o más grande que 3.1 de longitud	Asbestos, fibra de vidrio, etc.
Niebla	Gotas de líquido suspendidas en el aire generadas por la atomización, aspersión, espuma, burbujeo de material líquido.	Alquitrán de hulla, pinturas en aerosol, insecticidas, ácido sulfúrico entre otros.
Polvos	Materia sólida dispersa en el aire producto de la acción mecánica sobre un sólido.	Polvos de madera, granos de algodón, materiales sólidos, orgánicos o de metal, etc.
Líquidos	Se distingue porque fluye y se puede verter y toma independientemente la forma del recipiente que lo contiene; las moléculas se mueven libremente	
Vapores	Materiales provenientes de la evaporación de un líquido o de la sublimación de un sólido.	Nafta, aguarrás, mercurio, alcanfor, naftaleno, entre otros.

BIBLIOGRAFÍA

- Aniel David. Country Risk Analysis: A probabilistic approach. SPE 24229. 1992.
- Argent R.P., Cook P. and Goldstone. Life cycle risk assessment and implementation on an expansion project for a hazardous facility. ICHEME SYMPOSIUM SERIES. N. 130. 1988. pp439-457.
- Bakar Abu, Che Man and Gold David. Safety and health in the use of chemicals at work, a training manual. ILO, USA. 1990. pp77.
- Bahn, Anita. Basic Medical Statistics. Grune & Stalton, N.Y., London. 1972. pp93-119.
- Blackwood, Oswald. Física general. Compañía editorial continental, 5º impresión. México D.F. 1986. pp 27, 233, 289.
- Buzzo Alfredo. Toxicología. Ed. Aniceto Lopez, 3ª ed. Buenos Aires 1945. pp24-27.
- Campillo Cuautli Héctor. Diccionario Academia enciclopédico. Fernández Editores, 1ª ed. México 1994. pp 7, 79, 126, 142, 273, 465, 486, 532.
- Chemical Safety Data Sheets. V4b. Royal Society of Chemistry. 1991. pp 102-104, 243-246.
- Chemical Safety Sheets. Kluwer Academic Publishers. USA. 1991. pp 258, 442, 672, 805.
- Cresson Wood Charles and William W. Banks Jr. Human error: an overlooked but significant information security problem. Computers and Security, 12 (1993). pp51-60.
- Dickson, T.R. Introducción a la química. Publicaciones culturales. 4º reimpression, México D.F. 1985. pp55, 199, 61, 274.
- Dreisbach Robert. Manual de toxicología clínica. Ed. El manual moderno, 11ª ed. México D.F. 1984. pp24-27, 469-470.
- Fabre René. La toxicologie, ses buts et ses méthodes. Que sais-je?, Press universitaires de France. 1948.
- Guía para el cálculo de exposiciones. Environmental Protection Agency, Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud. parte VI. 1988. pp37.
- Jiménez Navarro Raúl. Materia de toxicología forense. Ed. Porrúa, 1ª ed. 1980. pp 19-25.

- Luxon S.G. Hazards in the Chemical Laboratory. 5th Edition. UK. 1992. pp284, 637.
- Montoya Cabrera Miguel A. Toxicología Clínica. Ed Francisco Méndez Cervantes. México D.F. 1989. pp201.
- NFPA, Inspection Manual, Horatio Bond, 3ª ed. 1970. pp28-287.
- NFPA 325M. Fire Hazard Properties of Flammable Liquids, and Volatile Solids. 1991. pp325.
- NOM-010-STPS-1994. Diario Oficial de la Federación. 2ª Sección, Viernes 8 de Julio 1994. pp31.
- NOM-009-STPS-1993. Diario Oficial de la Federación. Lunes 13 de Junio de 1994. pp79-87.
- NOM-004-STPS-1993. Diario Oficial de la Federación. Lunes 13 de Junio de 1994.
- NOM-005-STPS-1993. Diario Oficial de la Federación. Lunes 13 de Junio de 1993.
- Pines A., Lemesch C. y Grafstein O. Regression analysis of time trends in occupational accidents (Israel, 1970-1980). Safety Science, 15 (1992) 77-95 Elsevier pp77-93.
- Plunkett E.R. Manual de toxicología industrial. Ed. URMO España 1968. pp536.
- Real Academia Española. Diccionario de la Lengua Española. Espasa Calpe S.A., 21ª ed. Madrid 1992. pp 25, 255, 391, 467, 835, 1275, 1317, 1419, 1420.
- Ramírez García Fco. Pablo, Cortés Islas M. Eugenia. Fiabilidad y Métodos de análisis de riesgos. IMP, Gerencia de Ciencias Básicas. 1990. pp1-31.
- Sheridan Michael R.. OSHA, EPA and process sampling. Chemical processing, September. 1994. pp24-27.
- Smith Edward. The importance of safety management systems in risk reduction and risk quantification. Safety and Reliability. OMAE, ASME. volume II. 1992. pp237-244.
- STPS. Registros, definiciones y estadísticas de riesgos de trabajo reportados por el IMSS, ISSSTE y PEMEX. 1992. pp14-189.
- STPS. Guía para las comisiones mixtas de seguridad e higiene de los centros de trabajo. Departamento de difusión en el trabajo de la STPS, 5ª ed. 1993. pp110.
- Timothy L. Jacobs, Parne Vasilind. Probabilistic Environmental Risk of Hazardous Materials. Journal of Environmental Engineering. Vol 118, N.6. 1992. pp878-889.

- Ventura Acosta D. Fundamentación de los valores materiales en un índice para evaluar riesgos de fuego o explosión. Tesis de Actuario, ENEP Acatlán, 1995. pp 40-57.

INSTITUCIONES

- ANIQ, Providencia n°.1118 Col. del Valle, Del. Benito Juárez 03100 México, D.F. tel: 5597833.
- Asociación de Higienistas, Lirio n°.7 Col Santa Ma. la Ribera, Del. Cuahucémoc 06400 tel:5471093, 5478608.
- Dow Chemical México tel: 2271900-93, Tlaxcala tel: 9124127080.
- STPS, Subsecretaría B, Dirección de Medicina y Seguridad en el Trabajo, Calzada de Guadalupe, metro ferrería.
- Celanese Mexicana, Av. Revolución tel: 3250001.
- ECO, Apartado Postal 37-473, 06696 México, D.F.
- Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud-OPS.
- Departamento de Farmacología y Toxicología, Sección de Toxicología Ambiental-Cinvestav.
- Fac. de Medicina UNAM, Programa Efectos de la Contaminación en la Salud 6° Piso del Edificio B.