



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA.

LICENCIATURA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

LOS DISOLVENTES ORGÁNICOS Y SU EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

MONOGRAFÍA

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTA:

P.D.I.I. GUTIÉRREZ ESCAMILLA MARCO ANTONIO

DIRECTOR: ING. VÍCTOR A. FRANCISCO CRUZ RAMÍREZ

PACHUCA, HIDALGO, ABRIL DE 2007



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
DIRECCIÓN

M. en C. Julio César Leines Medécigo
Director de Control Escolar de la
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Presente

Por este conducto le comunico que el Jurado asignado al pasante de la Licenciatura en Ingeniería Industrial: MARCO ANTONIO GUTIERREZ ESCAMILLA, quien presenta el trabajo de titulación "LOS DISOLVENTES ORGÁNICOS Y SU EXPOSICIÓN OCUPACIONAL", después de revisar el trabajo ha decidido autorizar la impresión del mismo, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación se anotan las firmas de conformidad de los integrantes del Jurado:

PRESIDENTE: M. en I. Santiago Leonar Casasola
PRIMER VOCAL: Ing. Víctor Álvaro Francisco Cruz Ramírez
SEGUNDO VOCAL: Ing. Aurelio Chi González
TERCER VOCAL: Ing. José Manuel Hernández Arreola
SECRETARIO: Dra. Martha Antonieta Díaz Rodríguez
PRIMER SUPLENTE: M. en I. César Alfonso Arroyo Barranco
SEGUNDO SUPLENTE: M. en E. Lidia Ramírez Quintanilla

Sin otro particular, le reitero a usted la seguridad de mi atenta consideración.

Atentamente
"Amor, Orden y Progreso"
Pachuca, Hgo., a 25 de abril de 2007

P. a. Salgado
M. en C. Octavio Castillo Acosta
Director



DEDICATORIAS

*Este trabajo esta dedicado a mis padres (Poncho y Gollis),
a mi esposa (Yamis), a mi hijo (Angelito), y a una persona
muy especial que desde el cielo me ha guiado y cuidado
(Miguel Gutiérrez Vera)*

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios por haberme dado unos padres maravillosos, quienes a pesar de no tener estudios superiores, fueron dotados de sabiduría divina, tanto que nunca terminare de aprender de sus sabios e invaluable consejos, pues gracias a ellos todas mis metas, anhelos y sueños los he podido realizar. Gracias Poncho y Gollis.

*Gracias a mi esposa, por alentar la culminación de mi trabajo, gracias por tu compañía, por tus buenos consejos, por todo el apoyo brindado, eres y siempre serás parte fundamental en mi vida.....
Te amo...*

*Gracias a mi hijo, por ser la persona que me impulsa en la vida a ser mejor padre, mejor hijo, mejor profesionista.....
Te amo....*

*Gracias a todos los integrantes de mi familia, mi abuelo Paco, mi abuela Porfis, mis tíos, Abel, Juanita, Carmen, Ofe, Paula, Carlos, Zefe.....
Gracias por enseñarme a dar todo sin pedir nada a cambio... nunca los olvidare.....*

Gracias mi Negro Sandía (Diego) por ser el hermano que siempre quise tener...

Gracias al Ing. Paquito Cruz, mi amigo y maestro... gracias por su invaluable apoyo...

Agradezco de forma muy especial a los miembros del jurado por sus sabias observaciones e indicaciones.

ÍNDICE GENERAL

	Página
Objetivo general.	XIII
Objetivos Específicos.	XIII
Justificación.	XIV
Introducción.	XV
Capítulo 1. Disolventes Orgánicos.	1
1.1 ¿Qué es un disolvente orgánico?	2
1.2 Generalidades de los disolventes orgánicos.	3
1.2.1 Tóxico, peligro y riesgo.	4
1.2.2 Toxicidad.	4
1.2.3 Dosis.	5
1.2.4 Exposición.	6
1.2.5 Absorción.	6
1.2.6 Biodisponibilidad.	7
1.2.7 Distribución.	9
1.2.8 Acumulación.	9
1.2.9 Biotransformación.	9
1.2.10 Eliminación.	10
1.2.11 Tiempo medio y vida media.	10
1.2.12 Depuración.	10
1.3 Órganos que afectan los disolventes orgánicos.	10
1.3.1 Consecuencias de la exposición a disolventes orgánicos	11
1.4 Importancia de los disolventes orgánicos	14
1.5 Principales usos de los disolventes orgánicos.	15
1.5.1 Aplicaciones múltiples.	16

	Página	
1.5.2	Aplicaciones específicas.	17
1.5.3	Industrias en las que se utilizan los disolventes.	17
1.6	Características de los disolventes orgánicos.	17
1.6.1	Asfixiantes.	18
1.6.2	Explosivos.	18
1.6.3	Comburentes.	19
1.6.4	Inflamables.	19
1.6.5	Tóxicos.	21
	1.6.5.1 Tipo de efecto toxico.	21
	1.6.5.2 Sitio de acción.	23
1.6.6	Corrosivos.	24
1.6.7	Irritantes.	24
1.6.8	Peligros para el medio ambiente.	25
1.6.9	Cancerígenos.	26
1.6.10	Mutagénicos.	27
1.6.11	Teratogénicas.	28
1.6.12	Alérgenos.	29
1.6.13	Otras Consideraciones.	29
1.7	Factores de exposición.	29
1.8	Clasificación general de los disolventes orgánicos.	31
1.8.1	Hidrocarburos alifáticos.	32
	1.8.1.1 Efectos tóxicos de los hidrocarburos alifáticos.	34
1.8.2	Hidrocarburos cíclicos.	37
	1.8.2.1 Efectos tóxicos de los hidrocarburos cíclicos.	38
1.8.3	Hidrocarburos Aromáticos.	38
	1.8.3.1 Efectos tóxicos de los hidrocarburos aromáticos.	39

	Página
1.8.4 Hidrocarburos halogenados.	40
1.8.4.1 Efectos tóxicos de los hidrocarburos halogenados	41
1.8.5 Hidrocarburos nitrados.	45
1.8.5.1 Efectos tóxicos de los hidrocarburos nitrados.	46
1.8.6 Esteres.	47
1.8.6.1 Efectos tóxicos de los esterres.	47
1.8.7 Cetonas.	47
1.8.7.1 Efectos tóxicos de las cetonas.	48
1.8.8 Alcoholes.	49
1.8.8.1 Efectos tóxicos de los alcoholes.	50
1.8.9 Éteres.	53
1.8.10 Glicoles.	54
1.8.10.1 Efectos tóxicos de los glicoles.	55
1.8.11 Aldehídos.	57
Capítulo 2. Reconocimiento de los disolventes orgánicos.	60
2.1 Materias primas	61
2.2 Subproductos.	62
2.3 Lista de materiales.	63
2.4 Procedimientos básicos para el reconocimiento de peligros.	64
2.5 Descripción de procesos u operaciones.	66
2.5.1 Diagrama de flujo.	67
2.5.2 Listas de verificación.	69
2.6 Criterio inicial.	72
2.6.1 Condiciones mas adversas.	73

	Página
2.6.2 Procedimientos típicos.	73
2.7 Encuesta de campo.	74
2.7.1 Fines.	74
2.7.2 Información requerida.	75
2.7.3 Percepción sensorial.	76
Capítulo 3. Evaluación de los disolventes orgánicos.	78
3.1 Monitoreo.	78
3.1.1 Monitoreo personal.	79
3.1.2 Monitoreo ambiental.	80
3.1.3 Monitoreo biológico.	80
3.1.4 Monitoreo medico.	81
3.1.5 Generalidades.	81
3.2 Definiciones básicas.	82
3.2.1 Muestra.	83
3.2.2 Exactitud y precisión.	84
3.2.3 Errores.	84
3.2.4 Variabilidad.	85
3.3 Estrategia de muestreo.	87
3.3.1 Elección del lugar para la toma de muestras.	88
3.3.2 A quien tomar las muestras.	90
3.3.3 Cuando tomar las muestras.	91
3.3.4 Durante cuanto tiempo debe tomarse la muestra.	92
3.3.5 Cuantas muestras deben tomarse.	92
3.3.6 Exactitud exigida.	94
3.4 Cálculos de higiene industrial.	94

	Página	
3.4.1	Análisis dimensional.	98
3.4.2	Equivalentes de vapor.	100
3.4.3	Peso por unidad de volumen.	102
3.3.4	Exposición promedio ponderada en tiempo (twa).	102
3.5	Interpretación de resultados.	108
3.5.1	Factores de exposición.	109
3.5.2	Comparación con la normatividad.	111
3.5.3	Efectos nocivos.	111
3.5.4	Control medico.	112
Capítulo 4. Métodos de control de los disolventes orgánicos.		114
4.1	Controles de ingeniería.	116
4.1.1	Diseño.	118
4.1.2	Mantenimiento.	121
4.1.3	Especificaciones de diseño.	123
4.1.3.1	Revisión general.	124
4.1.3.2	Puesta en marcha.	124
4.1.3.3	Toma de muestra.	124
4.1.3.4	Operaciones de carga.	125
4.1.3.5	Materiales peligrosos.	126
4.2	Métodos generales de control.	126
4.2.1	Sustitución.	128
4.2.2	Cambio del proceso.	130
4.2.3	Aislamiento.	131
4.2.4	Métodos húmedos.	136
4.2.5	Ventilación por extracción local.	137

	Página
4.2.5.1 Sistema de extracción de bajo volumen y alta Velocidad.	139
4.2.6 Ventilación general.	140
4.2.7 Equipo de protección personal.	142
4.2.7.1 Protección de ojos y cara.	143
5.2.7.2 Ropa protectora.	144
4.2.7.3 Cremas y lociones protectoras.	145
4.2.7.4 Dispositivos protectores respiratorios.	146
4.2.8 Higiene personal.	150
4.2.9 Orden, limpieza y mantenimiento.	152
4.2.10 Eliminación de residuos.	154
4.2.11 Métodos especiales de control.	155
4.2.11.1 Controles administrativos.	156
4.2.11.2 Previsiones para el mantenimiento.	156
4.2.12 Controles médicos.	156
4.3 Entrenamiento y educación.	157
4.3.1 Supervisores.	157
4.3.2 Trabajadores.	158
Conclusiones.	161
Glosario.	163
Referencias.	178
Bibliografía.	178
Hemerografía.	180
Cibergrafía.	182

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

No.	Tipo de ilustración	Descripción	Página
1.1	Fotografía	Disolventes orgánicos usados para pinturas y en tintorerías	2
1.2	Diagrama	Proceso de metabolización de los disolventes orgánicos	8
1.3	Grafica	Porcentaje de utilización de los disolventes orgánicos.	15
1.4	Cuadro	Ejemplos del uso de disolventes orgánicos	16
1.5	Fotografía	Limpieza con disolventes	16
1.6	Fotografía	Dermatitis por contacto	24
1.7	Diagrama	Clasificación de los hidrocarburos	31
1.8	Imagen	Modelo del etileno	32
1.9	Imagen	Modelo del ciclohexano	37
1.10	Imagen	Modelo del benceno	38
1.11	Imagen	Modelo del tetraclorometano	40
1.12	Imagen	Modelo del nitrometano	46
1.13	Imagen	Modelo del acetato de etilo	47
1.14	Imagen	Modelo del acetona	49
1.15	Imagen	Modelo del Etanol	49
1.16	Imagen	Modelo del Éter etílico	53
1.17	Imagen	Modelo del etilenglicol	54
1.18	Imagen	Modelo del acetaldehído	57
1.19	Cuadro	Principales disolventes orgánicos	58
2.1	Fotografía	Inventario de sustancias químicas	60
2.2	Fotografía	Inventario de materias primas	62
2.3	Fotografía	Proceso de soldadura	63

No.	Tipo de ilustración	Descripción	Página
2.4	Fotografía	Especificaciones de los insumos	64
2.5	Fotografía	Sustancia altamente inflamable	65
2.6	Fotografía	Preparación de pinturas	66
2.7	Diagrama	Proceso de Hispano-Carrocerías	68
2.8	Fotografía	Proceso de fumigación.	72
2.9	Fotografía	Imprenta	73
2.10	Imagen	Identificación de peligros potenciales	74
2.11	Imagen	Equipo de protección personal	77
3.1	Fotografía	Equipo de monitoreo	79
3.2	Fotografía	Monitoreo personal	79
3.3	Fotografía	Análisis con tubos colorimétricos	80
3.4	Fotografía	Monitoreo biológico en trabajadores	81
3.5	Fotografía	Dispositivos para la toma muestras	83
3.6	Fotografía	Calibración del equipo de campo	86
3.7	Imagen	Lugar de trabajo de un pintor	88
3.8	Fotografía	Personal más expuesto en una imprenta	90
4.1	Fotografía	Automatización en el proceso de pintura	115
4.2	Dibujo	Diseño de planta Layout	119
4.3	Fotografía	Mantenimiento preventivo	122
4.4	Fotografía	Aislamiento de procesos peligrosos (cabinas)	131
4.5	Fotografía	Aislamiento de procesos peligrosos	132
4.6	Imagen	Extracción con cortinas de agua	137
4.7	Imagen	Extracción local	138
4.8	Imagen	Ventilación general	140
4.9	Fotografía	Equipo de protección personal	143

No.	Tipo de ilustración	Descripción	Página
4.10	Fotografía	Protección de ojos y cara	144
4.11	Fotografía	Ropa protectora	144
4.12	Fotografía	Crema protectora	146
4.13	Fotografía	Protector respiratorio de capucha corta	147
4.14	Fotografía	Protector respiratorio de mascara	148
4.15	Fotografía	Lavado de manos	151

OBJETIVO GENERAL

Elaborar un documento como resultado de la recolección, análisis de información y aportaciones personales sobre los disolventes orgánicos que sirvan al lector para poder identificar, evaluar y controlar los riesgos inherentes a la utilización de los disolventes orgánicos en los diferentes procesos industriales, para prevenir enfermedades de origen laboral, así mismo, que sea de utilidad a la población en general para el conocimiento y prevención de los riesgos que entrañan estos químicos contenidos en productos de uso común.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Comprender que es un disolvente orgánico, así como algunos conceptos básicos que nos permitan asimilar los temas expuestos en la presente monografía.

Concientizar a trabajadores y empleadores sobre los posibles daños a la salud que provocan los disolventes orgánicos como consecuencia de su exposición laboral.

Exponer algunos de los efectos que tiene como resultado la exposición a los disolventes.

Dar herramientas al lector para poder comprender las características de los disolventes orgánicos y con ello lograr tener un mejor manejo y evitar en lo posible la interacción con el ser humano y con el medio ambiente.

Dar alternativas para el monitoreo de la exposición a los disolventes orgánicos, y con esto encontrar áreas de oportunidad para el control de este agente.

JUSTIFICACIÓN

La exposición aguda y crónica de los trabajadores a los disolventes orgánicos en el ámbito laboral dada sus múltiples aplicaciones, se ha convertido en nuestro país en un grave problema de salud pública puesto que se encuentra entre las diez primeras causas de enfermedades profesionales con afección en diversos órganos y sistemas del cuerpo humano tales como la piel, pulmones, sistema nervioso central, hígado, provocando en ellos: dermatitis, síndrome orgánico cerebral, leucemia, cáncer, y en casos extremos la muerte lo que conlleva independientemente de los daños a la salud, repercusiones de índole económico, familiar, laboral y social que representan un lastre en el progreso del país.

En virtud de que por el momento no es posible sustituir o prescindir del uso de los disolventes orgánicos, resulta necesario aplicar algunas otras medidas de higiene y seguridad industrial para disminuir al máximo la exposición laboral y efectos de estas sustancias; para ello es necesario en primer lugar tener un mayor conocimiento de las características y/o propiedades de estos agentes químicos así como de los efectos que estos producen en el organismo al ingresar a este y una vez metabolizados, en donde sus productos pueden resultar aun mas tóxicos que la sustancia original.

Independientemente de las características toxico peligrosas que estos agentes entrañan se puede soslayar que la cultura laboral de nuestros trabajadores es casi nula, aunada a la baja conciencia y preocupación de los empresarios. Además del desconocimiento sobre el particular de ambas partes, lo que hace aun más grave este problema, sin embargo, a través de la investigación científica, la aplicación de medidas preventivas de ingeniería y medicina, la difusión, la sensibilización y la concientización de empleadores y trabajadores; y el involucramiento de los profesionales de la salud, seguridad e higiene del trabajo representan los medios fundamentales mediante los cuales podremos dar solución a esta problemática, situación que se persigue mediante la elaboración de este trabajo.

INTRODUCCIÓN.

El trabajo la manera mas digna y noble de satisfacer la necesidad de proveerse de alimentos y medios de subsistencia, determina la existencia de accidentes o enfermedades causados por diferentes factores de riesgo que están presentes en el medio ambiente laboral y que a su vez afectan la salud de los trabajadores.

Cabe destacar que desde tiempos remotos hasta la actualidad el hombre se ha preocupado por conocer y difundir las causas y consecuencias de los diferentes agentes de riesgo que se encuentran presentes en los lugares de trabajo, tan es así que en el siglo V, A. C. Hipócrates registra en forma escrita, los efectos adversos de los ambientes de trabajo en los mineros y metalurgistas expuestos a plomo, redactando el tratado de “Aires, Aguas Y Lugares”¹, y también realiza algunas observaciones generales acerca de los factores terminantes de la enfermedad y la importancia del ambiente laboral, social y familiar, a través de una metodología para visitar los centros laborales y dar a conocer los factores causales de las enfermedades, la que perdura actualmente.

Así como Hipócrates, ha habido una gran cantidad de personajes que han investigado los efectos de la exposición ocupacional a diferentes agentes de riesgo siendo el más importante Bernardino Ramazzini, llamado “El Santo Patrono de la Medicina Del Trabajo”², el cual escribió un libro titulado “De Morbis Artificum Diatriba” en el cual describe mas de 50 profesiones, la forma de vida de los trabajadores, sus patologías y todo lo referente al ambiente en el cual se encuentra el trabajador.

Existen diferentes agentes de riesgo dentro del ámbito laboral tales como agentes físicos, agentes psicosociales, agentes ergonómicos, agentes químicos, agentes

¹ Generalidades de Patología del Trabajo. Primera edición. México. Editado por el Departamento de Publicaciones y Documentación del Instituto Mexicano del Seguro Social. 1987. p. 7.

² Generalidades de Patología del Trabajo. Primera edición. México. Editado por el Departamento de Publicaciones y Documentación del Instituto Mexicano del Seguro Social. 1987. p. 9.

biológicos, etc. los cuales en la interacción con el factor humano generan accidentes y/o enfermedades del tipo profesional, además de que en casos extremos dicha interacción puede provocar la muerte.

La mayoría de los peligros ambientales para la salud provienen de la exposición a los agentes químicos los cuales se encuentran en forma de vapores, gases, polvos, humos y nieblas, dicha exposición puede ser por vía inhalatoria, digestiva, cutánea y/o mucosa, de tal manera que el grado de riesgo al interactuar con este agente dependerá de la magnitud, tipo y duración de la exposición y toxicidad del agente.

En la mayoría de las ocupaciones e industrias, la exposición a disolventes orgánicos es una amenaza potencial para la salud, productividad y eficiencia de los trabajadores.

La exposición a disolventes se produce durante toda la vida, desde la concepción hasta la muerte. Por ejemplo, vapores de disolventes orgánicos inhalados por una mujer embarazada pueden alcanzar al feto³. Los ancianos pasan con frecuencia sus últimos días en un hospital, donde generalmente prevalecen los olores a disolventes y desinfectantes⁴. También se producen exposiciones en el curso de la vida cotidiana, que puede variar desde la inhalación de vapores provenientes de un periódico recién impreso a la penetración por cualquier vía (Respiratoria, Cutánea, Digestiva, Mucosa) de cualquier disolvente empleado para la limpieza, ya sea en el hogar o en el trabajo. Los efectos de la exposición pueden variar desde un simple desagrado a un olor, o a la muerte cuando la concentración es muy alta. Entre ambos extremos, hay todo un espectro de efectos.

³ McFee, Donald R. Fundamentals of Industrial Hygiene, 3rd Edition. USA. Ed. Barbara A. Plog, Publ. National Safety Council.1988. p. 140

⁴ McFee, Donald R. Fundamentals of Industrial Hygiene, 3rd Edition. USA. Ed. Barbara A. Plog, Publ. National Safety Council.1988. p. 139

Por otro lado la exposición a los agentes químicos se encuentra entre las diez primeras causas que provocan enfermedades profesionales⁵, dado que los disolventes orgánicos se encuentran en ese rubro, y debido a sus características toxicas, es importante tomar medidas de protección contra este agente de riesgo.

Existen organizaciones en nuestro país como lo es el IMSS y STPS que se han preocupado fortalecer la salud de los trabajadores mediante un programa llamado PREVENIMSS y Una Nueva Cultura Laboral, respectivamente, mediante los cuales tratan de apoyar a las empresas brindándoles servicios técnicos y de salud, todo encaminado a prevenir y a desarrollar una cultura del auto cuidado de la salud de los trabajadores y el mejoramiento del medio ambiente de trabajo.

En la actualidad el mundo se enfrenta ante un constante cambio donde lo que se busca primordialmente es la optimización de recursos para poder generar productos de calidad al menor costo posible; por tal motivo los países del primer mundo se han preocupado por estudiar las diferentes variables que afectan principalmente a la salud de los trabajadores y población en general, y en determinado momento como consecuencia la productividad en las empresas. Esto no afecta solo a los trabajadores y las empresas sino que también afecta en un mayor grado a la economía y el progreso del país.

Algunas estimaciones de la agencia de protección ambiental de Estados Unidos, de la Organización Mundial de la Salud y de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico, indican que existen más de 100 mil productos químicos en el comercio mundial y que se integran anualmente al mercado entre 200 y 1000 productos nuevos. Por tal motivo debemos tomar en cuenta la manera de reconocer, evaluar y controlar a los disolventes orgánicos.

⁵ <http://www.imss.gob.mx/ventunica/memoria2005/063000.htm>

CAPÍTULO 1.

DISOLVENTES ORGÁNICOS

En la mayoría de las ocupaciones e industrias (así como también en ambientes no ocupacionales), la exposición a disolventes orgánicos es una amenaza potencial para la salud, productividad y eficiencia en los trabajadores. Nadie puede comprender plenamente el efecto total, sin embargo todos nosotros estamos expuestos a sufrir sus efectos.

Las intoxicaciones por disolventes y sus vapores se producen generalmente en el ámbito laboral donde se manipulan estas sustancias, y donde son más frecuentes las exposiciones prolongadas a concentraciones tóxicas, aunque pueden presentarse intoxicaciones domésticas, por accidente, o voluntarias, al ser utilizadas como agente de autólisis o como drogas de abuso.

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

El sector industrial que emplea este tipo de productos es muy amplio. Cabe destacar la fabricación de automóviles, fibras artificiales, pinturas, barnices y similares, papel, tintas, vidrio, poliuretanos y piel artificial, electrodomésticos y aparellaje eléctrico, laminados metálicos, lubricantes y aditivos, resinas y pigmentos, a lo que se debe añadir el sector del transporte y distribución de disolventes, la industria farmacéutica y laboratorios, procesos de impresión y artes gráficas, talleres de reparación de vehículos, industria química en general, centros de gestión de residuos municipales como puntos limpios o similares, etc. ¹

¹ http://www.ambientum.com/revista/2004_04/DISOLVENTES_imprimir.htm

En todos estos sectores, este tipo de disolventes se emplea mayoritariamente como agente limpiador y desengrasante de piezas y maquinaria, a lo que hay que sumar sus aplicaciones como agente tenso-activo, plastificante, conservante, portador de otras sustancias, pegamento, lubricante, etc.

1.1 QUÉ ES UN DISOLVENTE ORGÁNICO

Los disolventes son compuestos orgánicos basados en el elemento químico Carbono². Ellos producen efectos similares a los del alcohol o al de los anestésicos. Estos efectos se producen a través de la inhalación de sus vapores. Algunos de ellos tienen aplicaciones industriales como lo son pegamentos, pinturas, barnices y fluidos de limpieza. Otros son utilizados como gases en aerosoles, extinguidores de fuego o encendedores para cigarrillos.



ILUSTRACIÓN 1.1 FOTOGRAFÍA DE DISOLVENTES ORGÁNICOS USADOS PARA PINTURAS Y EN TINTORERÍAS

El término disolvente significa “material usado para disolver otro material” e incluye sistemas acuosos y no acuosos.

² Guía para la Vigilancia Epidemiológica de Efectos Tóxicos por Exposición Laboral a Disolventes Orgánicos. Primera edición. México. Editado por la Coordinación General de Comunicación Social del Instituto Mexicano del Seguro Social. 1995. p. 7

Los sistemas acuosos son aquellos que tienen como base al agua; como ejemplos tenemos soluciones acuosas de ácidos, álcalis, detergentes y otras sustancias. En general, estos sistemas tienen presiones de vapor bajas y, por lo tanto, su peligrosidad potencial por inhalación y subsecuente toxicidad sistemática no es elevada³.

Una solución puede definirse como una mezcla de dos o más sustancias. Tiene propiedades químicas y físicas uniformes. También puede ser definida como “un sistema cuyas partes componentes son dos o más especies moleculares” cada solución tiene dos componentes, el disolvente y el soluto. Por conveniencia llamamos disolvente a la parte de una solución que está en exceso; el soluto es el componente que está en menor proporción. Por lo tanto, tenemos una solución gaseosa cuando una sustancia está disuelta en un gas, una solución líquida cuando una sustancia está disuelta en un líquido y una solución sólida cuando está disuelta en un sólido.

Sin embargo, con el objeto de abreviar y simplificar, en este capítulo el término “disolvente” se referirá solo a líquidos orgánicos usados comúnmente para disolver otros materiales orgánicos⁴.

1.2 GENERALIDADES DE LOS DISOLVENTES ORGÁNICOS.

Algunas expresiones de uso frecuente en toxicología son importantes y deben ser conocidas para la mejor comprensión de lo abordado en esta monografía; De esta manera, estandarizaremos el significado de cada uno de los términos que se mencionan a continuación.

³ McFee, Donald R. Fundamentals of Industrial Hygiene, 3rd Edition. USA. Ed. Barbara A. Plog, Publ. National Safety Council.1988. p. 141

⁴ McFee, Donald R. Fundamentals of Industrial Hygiene, 3rd Edition. USA. Ed. Barbara A. Plog, Publ. National Safety Council.1988. p.141.

1.2.1 TÓXICO, PELIGRO Y RIESGO.

Toxico es toda sustancia de naturaleza química que dependiendo de la concentración que alcance en el organismo y en el tiempo en que esto suceda, va a actuar sobre los sistemas biológicos bien definidos, causando alteraciones morfológicas, funcionales o bioquímicas que ocasionan enfermedades o incluso la muerte⁵. **Peligro** se puede definir como la capacidad intrínseca asociada a un agente o a un proceso capaz de causar el daño. **Riesgo** se define como la probabilidad de que una sustancia pueda causar daño en las circunstancias de su uso⁶. Porque el resultado de un efecto nocivo es dependiente en el peligro que es observado, el uso de una sustancia tóxica en un lugar de trabajo dará lugar a un efecto de salud adverso a los expuestos a esos agentes. De hecho, otros factores tales como la ruta de entrada en el cuerpo, la duración de la exposición, la dosis, el estado físico de la sustancia, los controles, la edad, el sexo y el estado físico del trabajador pueden aumentar el riesgo.

1.2.2 TOXICIDAD.

La toxicidad de una sustancia química se refiere a la capacidad de causar daño en un órgano determinado⁷, alterar los procesos bioquímicos o alterar un sistema enzimático (ver glosario).

Todas las sustancias, naturales o sintéticas, son tóxicas, es decir que producen efectos adversos para la salud en alguna condición de exposición. Es incorrecto denominar algunas sustancias químicas como tóxicas y otras como no tóxicas. Las sustancias difieren grandemente en su toxicidad. Las condiciones de exposición y la dosis son factores que determinan los efectos tóxicos.

⁵ Alteraciones Cocleo-Vestibulares por Ototóxicos de Origen Laboral. Primera edición. México. Editado por la Coordinación General de Comunicación Social del Instituto Mexicano del Seguro Social. 1992. p.6

⁶ http://www.safetyline.wa.gov.au/institute/level2/course16/lecture44/144_05.asp

⁷ Introducción al reconocimiento, evaluación y control de agentes químicos. Única edición. México. Editado por la Coordinación General de Comunicación Social del Instituto Mexicano del Seguro Social. 2000. p.7.

1.2.3 DOSIS.

Paracelso, en el siglo XVI, afirmó: "Todas las sustancias son tóxicas. No hay ninguna que no sea tóxica. La dosis establece la diferencia entre un tóxico y un medicamento". Esta afirmación continúa siendo de gran importancia para la toxicología e involucra la idea de dosis.

Una información muy usada es la denominada dosis letal 50 (DL_{50}), que es la cantidad de una sustancia química que cuando es administrada en una sola dosis por vía oral, expresada en masa de la sustancia por masa de animal, produce la muerte en el 50% de los roedores en experimentación dentro de un período de observación de 14 días.

Otro valor es la concentración letal 50 (CL_{50}), es la concentración en el aire de una sustancia química que cuando es inhalada continuamente durante 8 horas produce la muerte en el 50% de los roedores en experimentación.

Si la dosis de una sustancia es suficientemente alta puede ser peligrosa para cualquier ser vivo, como también si la dosis de una sustancia muy tóxica es muy baja podrá no producir efecto adverso. El agua, un elemento esencial para la vida, ingerida en grandes cantidades puede ser tóxica. Esto se debe a que un volumen superior a aquél considerado como ingestión diaria normal para un adulto, entre 2L y 2,5L, puede causar la eliminación por la orina de sustancias que son esenciales para el organismo.

El periodo de tiempo en el que se administra una dosis y la frecuencia es información muy importante.

Otro dato importante es el denominado "concentración de interés" (en inglés: levels of concern-LOCs) que es la concentración en el aire de una sustancia extremadamente peligrosa por encima de la que podrá producir efectos graves en

la salud o la muerte como resultado de una sola exposición durante un período relativamente corto. Algunas publicaciones (USEPA, 1987) consideran el LOC como la décima parte de la concentración denominada de peligro inmediato para la vida o la salud (cuya sigla en inglés es IDLH), según publicado por el National Institute of Occupational Safety and Health -NIOSH o de un valor aproximado del IDLH para animales.

1.2.4 EXPOSICIÓN.

Para que una sustancia química produzca un efecto, ésta debe estar en contacto con el organismo. Las sustancias químicas pueden ingresar al organismo por tres vías principales: digestiva, respiratoria y dérmica. Después del ingreso, por cualquiera de estas vías, las sustancias químicas pueden ser absorbidas y pasar a la sangre, distribuirse por todo el organismo, llegar a determinados órganos donde son biotransformadas, producir efectos tóxicos y posteriormente ser eliminadas del organismo.

También una sustancia química puede entrar al organismo por otras vías, como por ejemplo por inyección venosa o intramuscular, pero estas vías no son de gran interés desde el punto de vista toxicológico y especialmente cuando se trata de accidentes producidos por sustancias químicas.

Un esquema bastante usado para clasificar las sustancias químicas según la toxicidad está basado en la duración de la exposición. Los toxicólogos generalmente buscan entender los efectos de la exposición aguda, subcrónica y crónica (ver glosario), y para cada una de estas tres exposiciones, el tipo de efecto adverso.

1.2.5 ABSORCIÓN.

La absorción implica que la sustancia química atraviesa membranas biológicas. En el caso de que una sustancia sea ingerida, ésta puede ser absorbida en cualquier

parte del tracto gastrointestinal. Sin embargo, la mayor absorción se produce en el intestino delgado, de donde la sustancia química pasa al sistema circulatorio y es transportada directamente al hígado⁸.

La inhalación es la vía más rápida por la cual una sustancia química ingresa al organismo⁹. Un ejemplo es la inhalación del éter etílico, un gas anestésico, que al llegar al pulmón se absorbe, pasa a la sangre y posteriormente se observa el efecto. También pueden ingresar por la vía respiratoria sustancias como material particulado o gases (ver ilustración 1.2).

La vía cutánea es otra vía de ingreso importante. El espesor de la piel en las distintas regiones del organismo influye en la absorción. Así, en la región del abdomen y del escroto, donde la piel es más fina, la absorción es más rápida que en otras donde es más gruesa, como en la planta de los pies o la palma de la mano. El parathión (insecticida) es fácilmente absorbido por vía cutánea. Cuando un área grande de piel está en contacto con una sustancia química la cantidad absorbida será mayor que si se trata de una superficie pequeña. El tiempo de contacto también es importante, siendo mayor la absorción cuanto mayor es el tiempo de contacto.

1.2.6 BIODISPONIBILIDAD.

Algunos factores físicos o químicos pueden afectar la absorción de una sustancia en relación a la cantidad a ser absorbida y al tiempo de absorción. Por ejemplo, no todas las formas químicas de un metal son bien absorbidas en el intestino, así en el caso de ingerirse mercurio metálico, poco será absorbido pero no ocurre lo mismo con un compuesto orgánico como el metilmercurio.

⁸ Guía para la Vigilancia Epidemiológica de Efectos Tóxicos por Exposición Laboral a Disolventes Orgánicos. Primera edición. México. Editado por la Coordinación General de Comunicación Social del Instituto Mexicano del Seguro Social. 1995. p.

⁹ http://www.safetyline.wa.gov.au/institute/level2/course16/lecture44/144_05.asp

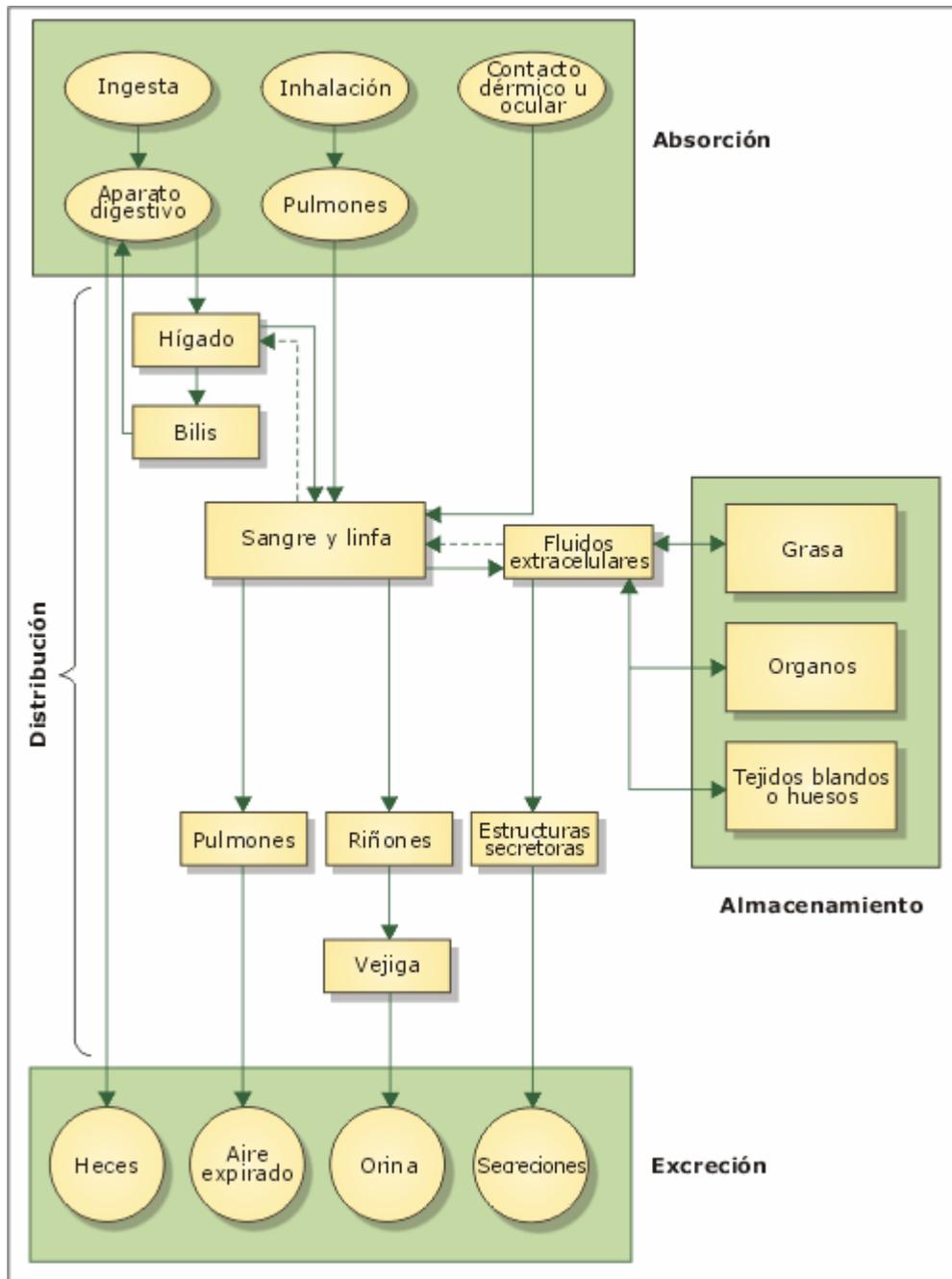


ILUSTRACIÓN 1.2. PROCESO DE METABOLIZACIÓN DE LOS DISOLVENTES ORGÁNICOS

Otra situación es la siguiente, los compuestos de bario son tóxicos, pero el sulfato de bario es usado, en forma segura, como medio de contraste en las radiografías del colon debido a que esta sal es insoluble en agua y en grasa. No podría ser usado cloruro de bario porque su solubilidad en agua sería suficiente para que fuera absorbida una cantidad que podría producir efectos tóxicos.

Los anteriores son ejemplos de la importancia de la forma química del compuesto en relación a la absorción.

De tal forma que este concepto puede utilizarse para cuantificar el grado en que una sustancia es aprovechada por el organismo.

1.2.7 DISTRIBUCIÓN.

Después de que la sustancia química es absorbida, se distribuye por la sangre a todo el organismo causando efectos nocivos, especialmente en el órgano blanco¹⁰, que es el órgano donde primero se evidencia un efecto nocivo. Para producir esos efectos la sustancia química debe alcanzar una concentración determinada en el órgano, razón por la cual es importante la dosis. La existencia de un órgano blanco no significa que en los otros órganos no se verifiquen efectos, y a medida que aumenta la dosis y el tiempo de exposición otros órganos serán afectados.

1.2.8 ACUMULACIÓN.

Una parte de la sustancia química, que es distribuida en el organismo, puede acumularse. Esto puede ocurrir también en la sangre ya que algunas sustancias pueden unirse a las proteínas sanguíneas. El flúor y el plomo pueden acumularse en los huesos, los bifenilopoliclorados (según la sigla en inglés, PCBs) pueden acumularse en la grasa; otro ejemplo es el cadmio que se une a las proteínas y se acumula en el riñón.

1.2.9 BIOTRANSFORMACIÓN.

Así como se utiliza la denominación de metabolismo para indicar la transformación de diferentes sustancias que son necesarias para la vida, se ha propuesto la denominación de biotransformación para el proceso de conversión de las sustancias que no son necesarias para el organismo como es el caso de las

¹⁰ http://www.safetyline.wa.gov.au/institute/level2/course16/lecture44/144_05.asp

sustancias tóxicas. El término biotransformación describe cómo los organismos transforman las sustancias tóxicas absorbidas en otras de toxicidad menor y, en general, solubles en agua, o en metabolitos de mayor toxicidad como es el caso del ácido fórmico en la biotransformación del metanol. En este proceso el hígado cumple una función importante.

1.2.10 ELIMINACIÓN.

Las sustancias solubles en agua son eliminadas por la orina. Las sustancias que son volátiles, como el etanol, la acetona y los gases como el monóxido de carbono se eliminan parcialmente por el aire expirado. Algunas sustancias también son eliminadas por la leche y sudor¹¹.

1.2.11 TIEMPO MEDIO Y VIDA MEDIA.

El tiempo que tarda la concentración sanguínea en plasma de una sustancia para disminuir hasta 50% se denomina **tiempo medio**, por otra parte, el tiempo que se tarda en eliminar el 50% de la sustancia se denomina **vida media**, en una sustancia que se elimina como función lineal, aproximadamente el 90 % de su cantidad en el organismo será eliminada en 3.5 vidas medias después de finalizar el periodo de exposición y absorción.

1.2.12 DEPURACIÓN.

Es la velocidad con que una sustancia tóxica es excretada, dividida entre su concentración promedio en el plasma sanguíneo. Este termino no mide la cantidad de la sustancia que se esta excretando, sino el volumen de líquidos que esta siendo liberado del agente tóxico por unidad de tiempo.

1.3 ÓRGANOS QUE AFECTAN LOS DISOLVENTES ORGÁNICOS

¹¹ http://www.safetyline.wa.gov.au/institute/level2/course16/lecture44/144_04.asp

Las sustancias tóxicas que causan efectos al hígado se llaman hepatotóxicas. El hígado es un órgano importante en el metabolismo, la desintoxicación y la eliminación de muchas sustancias tóxicas una vez que haya ocurrido la absorción. Por lo tanto no sorprende que muchas sustancias sean hepatotóxicas. Algunos ejemplos son cloroformo, dibromide de etileno y cloruro de vinilo.

Las sustancias nefrotóxicas causan efectos al riñón e incluyen sustancias como el cadmio, el mercurio, el tolueno y el paraquat. Las sustancias neurotóxicas son aquellas que causan efectos al sistema nervioso central¹² o periférico e incluyen sustancias como el plomo y los pesticidas. Las sustancias hemotóxicas causan efectos a las células en la circulación y la médula e incluyen sustancias como el benceno y la arsina. Las sustancias inmunotóxicas causan efectos al sistema inmune y finalmente las sustancias pulmonotóxicas son aquellas que causan efectos a los pulmones e incluyen sustancias como polvo de silicona y fibras del asbesto¹³.

1.3.1 CONSECUENCIAS DE LA EXPOSICIÓN A DISOLVENTES ORGÁNICOS.

Una de las consecuencias debidas a la exposición a los disolventes orgánicos puede ser el cáncer, el cual es un tumor maligno que puede separarse de otros órganos del cuerpo. Las sustancias tóxicas que causan este efecto se llaman carcinógenas e incluyen sustancias volátiles, alquitrán del asbesto y de carbón, el benceno, etc. También pueden causar defectos de nacimiento; las sustancias que causan anomalías en un feto en desarrollo se llaman teratogénicas e incluyen sustancias tales como el alcohol.

Otra consecuencia resultante de la exposición disolventes orgánicos es la mutagenicidad lo cual es un cambio en el material genético de células. La irritación

¹² Guía para la Vigilancia Epidemiológica de Efectos Tóxicos por Exposición Laboral a Disolventes Orgánicos. Primera edición. México. Editado por la Coordinación General de Comunicación Social del Instituto Mexicano del Seguro Social. 1995. p.

¹³ http://www.safetyline.wa.gov.au/institute/level2/course16/lecture44/144_05.asp

es la provocación de cualquier tejido fino que tiene contacto con una sustancia y es normalmente reversible¹⁴.

Los asfixiantes son las sustancias que interfieren con la oxigenación de los tejidos finos y pueden ser simples o químicas. Los asfixiadores simples son las sustancias que diluyen o desplazan el oxígeno atmosférico por debajo del nivel necesitado para sostener la respiración del tejido fino. Si el nivel llega a ser demasiado bajo entonces puede ocurrir la muerte. Ejemplos de sustancias que son asfixiadores simples incluyen al bióxido y al nitrógeno de carbono¹⁵. Los asfixiadores químicos interfieren con el transporte del oxígeno de los pulmones a los tejidos finos.

Todos los disolventes orgánicos son tóxicos, aunque su toxicidad varía de unos productos a otros. Los vapores que desprenden son más pesados que el aire, por lo que su mayor concentración estará cerca del suelo¹⁶. Estos vapores son rápidamente absorbidos a través de los pulmones, cruzan con gran facilidad las membranas celulares, y, debido a su gran solubilidad en grasas, alcanzan concentraciones especialmente altas en el sistema nervioso central. La excreción tiene lugar a través del pulmón, y aquellos que se metabolizan por oxidación hepática para formar compuestos solubles en agua, pueden ser excretados por el riñón. Además de ser depresores del sistema nervioso central, los disolventes producen efectos subjetivos que pueden ser similares a los de la marihuana, aunque las alucinaciones visuales son más intensas. También producen otros síntomas como euforia, excitación y sentimiento de omnipotencia, acompañados de visión borrosa, zumbidos de oídos, alteraciones del lenguaje, dolor de cabeza, dolor abdominal, dolor torácico o broncoespasmo.

¹⁴ Guía para la Vigilancia Epidemiológica de Efectos Tóxicos por Exposición Laboral a Disolventes Orgánicos. Primera edición. México. Editado por la Coordinación General de Comunicación Social del Instituto Mexicano del Seguro Social. 1995. p.

¹⁵ http://www.safetyline.wa.gov.au/institute/level2/course16/lecture44/144_05.asp

¹⁶ <http://umeet.uninet.edu/>

Clínicamente los pacientes parecen borrachos, pero su aliento, su pelo o su ropa huelen a disolvente. Pueden presentar disminución del nivel de conciencia con progresión a convulsiones, status epiléptico o coma. La muerte súbita es un riesgo conocido de la intoxicación por disolventes, y se piensa que se debe a arritmias cardíacas graves. Por otra parte, la mayor parte de los disolventes, en contacto con la piel, producen dermatitis por sensibilización o por eliminación de las grasas de la piel¹⁷.

Además de los síntomas debidos a la intoxicación aguda, los disolventes producen efectos a largo plazo por exposiciones repetidas a bajas concentraciones, debido a la lesión del hígado, riñones, sistema nervioso central y médula ósea. Está bien reconocida la lesión hepatorenal debida a tolueno, tricloroetileno, cloroformo y tetracloruro de carbono, así como la depresión de médula ósea y anemia aplásica asociada a la inhalación del benceno contenido en colas y pegamentos. Con el abuso del tolueno se han encontrado también efectos a largo plazo sobre el sistema nervioso central, con aparición de encefalopatía, atrofia óptica, degeneración cerebelosa y alteraciones del equilibrio, así como neuropatía periférica (ver glosario). También se ha demostrado que el tolueno tiene efectos adversos sobre el feto, que la gasolina puede ser teratogénica y que varios disolventes son carcinogénicos en animales, aunque esto no se ha comprobado en humanos.

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

¹⁷ <http://umeet.uninet.edu>

1.4 IMPORTANCIA DE LOS DISOLVENTES ORGÁNICOS.

El propósito de los disolventes es llevar una sustancia a la forma adecuada para un uso determinado. La importancia del papel que juegan los disolventes esta demostrada claramente por el hecho de que muchas sustancias resultan de mayor utilidad cuando están en solución.

Debido al número casi ilimitado de combinaciones posibles para el cantidad de variables involucradas –cientos de disolventes diferentes, su grado de concentración, la duración de la exposición, efectos combinados con otros disolventes y el estado de salud y edad del individuo expuesto- es difícil establecer reglas generales respecto a los efectos de los disolventes sobre un individuo. El problema no reside tanto en el efecto mismo sino más bien en determinar qué efectos son nocivos y a que nivel de concentración puede esperarse que ocurran estos efectos nocivos.

Cuando una exposición excede ciertos umbrales límites, muchos de estos efectos son nocivos y pueden deteriorar la salud del individuo y su capacidad de funcionar en forma eficiente. En algunos casos los efectos son irreversibles y el daño puede ser permanente.

Como sucede con muchas, medidas de seguridad, la gente no emplea los controles necesarios. Con frecuencia se produce un contacto mayor entre el disolvente y la piel de la persona expuesta, en algunas oportunidades no es adecuada la ventilación local en la zona de respiración. Como testimonio de una ventilación inadecuada está la triste evidencia de incendios y explosiones que se producen a menudo. Las concentraciones que pueden provocar incendio y explosión, están muy por encima de los niveles permitidos y que provocan efectos tóxicos.

Como regla general, aun con una buena ventilación general, los disolventes limpiadores comunes tienen presiones de vapor que producen concentraciones en el orden de 100 a 1.000 partes por millón (ppm) en la zona de respiración del usuario. Los disolventes muy tóxicos como tetracloruro de carbono y otros que tiene un valor Umbral Límite (TLV) de 10 ppm, deben ser usados únicamente con una campana con extracción local de aire.

Sin embargo, a pesar de que los disolventes son muy agresivos para la salud de los trabajadores, estos son utilizados en todo tipo de industrias por que gracias a ellos, los productos y servicios en los que se emplean son mejores y nos dan como resultado mayor calidad.

1.5 PRINCIPALES USOS DE LOS DISOLVENTES ORGÁNICOS

En el hogar se emplean los disolventes orgánicos como agentes para limpieza en seco, diluyentes de pintura y quitamanchas; en la oficina, como limpiadores de para maquinas de escribir y superficies de escritorios, y como removedores de cera; en lavanderías comerciales, como líquidos para limpieza en seco; en las granjas como pesticidas y en los laboratorios como reactivos químicos y agentes deshidratantes, limpiadores y como líquidos para extracción. El consumidor tiene a su disposición un gran número de productos comerciales en latas y tambores que contienen mezclas de disolventes orgánicos¹⁸.

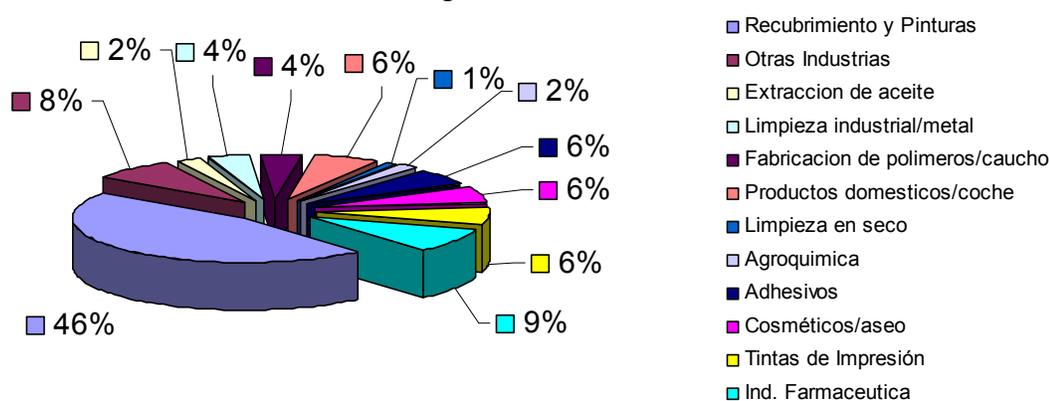


ILUSTRACIÓN 1.3. PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN DE LOS DISOLVENTES ORGÁNICOS

¹⁸ <http://www.ecosur.net/disolventes.html>

Tipos de disolventes		Ejemplos de usos
Oxigenados	Alcoholes	Isopropanol: componente de tintas
	Cetonas	Acetona: Limpieza de superficies
	Ésteres	Acetato de etilo: disolvente de las pinturas
	Éteres de glicol	Butilglicol: disolvente de las pinturas
Hidrocarburos	Alifáticos	Hexano: extracción de aceite de semillas (girasol, soja...)
	Aromáticos	Tolueno: limpieza de superficies
Halogenados (clorados)		Percloroetileno: Limpieza en seco

ILUSTRACIÓN 1.4. EJEMPLOS DEL USO DE DISOLVENTES ORGÁNICOS¹⁹

A continuación se definen algunos de los usos más importantes, ya sea dentro de la industria o en el hogar.

1.5.1 APLICACIONES MÚLTIPLES

- Para limpiar, quitar la suciedad de superficies metálicas, procesos de extracción selectiva (lubricantes, grasas y productos medicinales de semillas, etc.) (ver ilustración 1.5).
- Como vehículo para la aplicación de determinados productos tales como pinturas, lacas, barnices, etc.



ILUSTRACIÓN 1.5. LIMPIEZA CON DISOLVENTES

¹⁹ http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.net/r49-3614/es/contenidos/informacion/cov/es_7908/disolventes_organicos.html

1.5.2 APLICACIONES ESPECÍFICAS

- Medio de reacción en síntesis química.
- Plaguicidas

1.5.3 INDUSTRIAS EN LAS QUE SE UTILIZAN LOS DISOLVENTES

Los disolventes se pueden encontrar en casi todos los sectores industriales, como ejemplo se pueden citar²⁰:

- Refinerías de petróleo
- Industria de los plásticos
- Industria textil
- Industria química y farmacéutica
- Imprentas
- Tintorerías
- Industria de la madera
- Industria del caucho
- Industria del calzado
- Formulación de pinturas, lacas y barnices.

Entre los riesgos industriales de exposición a agentes químicos, los disolventes se sitúan entre los más frecuentes.

1.6 CARACTERÍSTICAS DE LOS DISOLVENTES ORGÁNICOS

Los disolventes orgánicos presentan ciertas características que son muy importantes y que hay que tomar en cuenta, ya que, debido a esas características y a algunas propiedades que mencionaremos con posterioridad, la peligrosidad de los disolventes orgánicos aumenta o disminuye, según sea el caso.

²⁰ Guía para la Vigilancia Epidemiológica de Efectos Tóxicos por Exposición Laboral a Disolventes Orgánicos. Primera edición. México. Editado por la Coordinación General de Comunicación Social del Instituto Mexicano del Seguro Social. 1995. p. 8.

1.6.1 ASFIXIANTES

Son sustancias que pueden impedir la llegada del oxígeno a los tejidos vivos²¹ y pueden ser:

- Simples: (oxiprivos) son aquellos compuestos que desplazan al oxígeno del aire. Disminuye su concentración (la del oxígeno) en el aire y asfixia a las personas. Son peligrosos en elevadas concentraciones (a partir del 15 ó 20%). Ejemplo: Nitrógeno, helio, neón, argón, hidrógeno, dióxido de carbono, metano, etano...
- Químicos: Impiden la llegada del oxígeno a los sitios requeridos del cuerpo humano. El monóxido de carbono se asocia a la hemoglobina antes que el oxígeno. El cianuro de hidrógeno y el sulfuro de hidrógeno se fijan en la citocromo oxidasa impidiendo su correcto funcionamiento.

La concentración de oxígeno no debería ser inferior al 18% para periodos de más de ocho horas.

1.6.2 EXPLOSIVOS

Son aquellas sustancias o productos que pueden explotar por efecto de una llama, o son más sensibles a los choques y a la fricción que el dinitrobenceno. Además de la acción de la llama, el calor puede originar explosiones²².

- Nitroglicerina: tiene una temperatura de explosión de 177° C.
- Trinitrotolueno (TNT): tiene una temperatura de explosión de 470° C.
- Isocianato (fulminato) de mercurio: temperatura de explosión o temperatura de detonación de 180° C.

Otras sustancias explosivas en el laboratorio son:

²¹ Introducción al reconocimiento, evaluación y control de agentes químicos. Única edición. México. Editado por la Coordinación General de Comunicación Social del Instituto Mexicano del Seguro Social. 2000. p. 12.

²² <http://www.pharmaportal.com.ar/>

- Ácido pícrico
- Perclorato de amonio
- Peróxido de benzoilo.

1.6.3 COMBURENTES

Son aquellas sustancias o productos que en contacto con otros, fundamentalmente inflamables, dan lugar a una reacción fuertemente exotérmica²³. Algunos ejemplos son:

- Agua oxigenada
- Peróxido de sodio
- Mezcla sulfonítrica
- Nitrito sódico y potásico
- Percloratos (sodio, potasio...)

1.6.4 INFLAMABLES

Son aquellas sustancias o productos que tienen la capacidad de entrar en combustión. Hay una serie de parámetros que influyen en esta capacidad, dichos parámetros son los siguientes:

- Flash point: punto de inflamación. Es la temperatura mínima en grados centígrados y a 1 atmósfera de presión a la que la mezcla vapor-aire arde en presencia de una fuente de energía externa. Se determina para cada compuesto de forma empírica.
- Autoignition point: punto de autoignición o ignición. Es la temperatura mínima en grados centígrados y 1 atmósfera de presión en la que la mezcla vapor-aire arde espontáneamente

²³ <http://www.pharmaportal.com.ar/>

- Límite superior e inferior de inflamabilidad: es aquel margen de concentraciones en tanto por ciento dentro del cual la mezcla vapor-aire es inflamable. Los valores que aparecen en la tabla²⁴ varían por la presión y temperatura y la presencia de gases inertes
- Calor de combustión (potencia calorífica): se refiere al calor desprendido al arder una sustancia.

Existe una clasificación para las sustancias inflamables la cual se muestra a continuación:

- Extremadamente inflamables: son aquellas cuyo flash point es inferior a 0° C y cuyo punto de ebullición es menor de 35° C. Algunos ejemplos son el hidrógeno, metano, etano, acetileno, monóxido de Carbono, ácido cianhídrico, Acetaldehído, éter dietílico y sulfuro de carbono.
- Fácilmente inflamables: Pueden ser de varios tipos:
 - Aquellas sustancias que a Temperatura Ambiente arden espontáneamente sin necesidad de una fuente de energía externa, el autoignition point es menor o igual a la temperatura ambiente. Algunos ejemplos son el Magnesio, Aluminio, Cinc y Fósforo blanco.
 - Aquellas sustancias o productos que tienen un flash point inferior a 21° C. La mayoría de los disolventes orgánicos son fácilmente inflamables.
 - Aquellas sustancias que empiezan a arder por una fuente de energía externa y continúan ardiendo una vez alejada la fuente como por ejemplo el Fósforo rojo y el calcio.

²⁴ Ver NOM-010-STPS-1993

- Gases inflamables a presión normal. Butano y Propano
- Aquellas sustancias que en contacto con aire húmedo o agua emiten gases fácilmente inflamables. Hidruros metálicos.
- Inflamables: Tienen un flash point entre 21° C y 55° C. Serían el resto de las sustancias inflamables. Amoniaco, clorobenceno, pentanol, ácido acético.

1.6.5 TÓXICOS

Las características tóxicas observadas pueden ser: daño a los tejidos y otras modificaciones patológicas como lo son: lesiones bioquímicas, efectos teratogénicos, efectos en la reproducción, mutagenicidad, teratogenicidad, efectos irritantes y reacciones alérgicas. Debe recordarse que las sustancias químicas se absorben y pasan a la sangre, y luego pasan al hígado, riñones, sistema nervioso y sistema reproductivo, entre otros.

Las sustancias tóxicas pueden causar diversos efectos sobre el cuerpo y se pueden por lo tanto clasificar en una variedad de maneras. La toxicidad de las sustancias es dependiente en la ruta de la entrada, de la duración de la exposición, y de la reacción del cuerpo a esa sustancia. El aumento de la dosis o de la cantidad de una sustancia tóxica aumenta el efecto.

1.6.5.1 TIPO DE EFECTO TÓXICO.

Los tipos de efectos tóxicos por exposición a disolventes orgánicos, se dividen en dos grandes grupos, el primero grupo abarca a los efectos agudos²⁵, que es

²⁵ Guía para la Vigilancia Epidemiológica de Efectos Tóxicos por Exposición Laboral a Disolventes Orgánicos. Primera edición. México. Editado por la Coordinación General de Comunicación Social del Instituto Mexicano del Seguro Social. 1995. p.10.

cuando existe una exposición a una sustancia tóxica, generalmente de una sola dosis y que resulta en un efecto nocivo inmediatamente o poco después la exposición. Las exposiciones tienden a ser en altas concentraciones y pueden resultar en una irritación, enfermedad o muerte en caso extremo, si la sustancia tóxica se absorbe rápidamente; el segundo grupo lo abarcan los efectos crónicos²⁶ que son el resultado de la exposición a una sustancia tóxica en dosis generalmente múltiples en un período de tiempo largo, dando lugar a una reacción adversa un tiempo después de que las exposiciones hayan cesado. Las dosis tienden a ser de baja concentración y los síntomas de la exposición tardan en presentarse. La exposición no es evidente para el trabajador, puesto que no se presentan síntomas inmediatos. Un ejemplo de efecto crónico es el cáncer que puede presentarse después de 20 o 30 años de exposición. Los efectos agudos y crónicos pueden ser reversibles o irreversibles. El órgano blanco, el sitio de acción y su la respuesta a una sustancia tóxica determina en gran parte si el efecto es o no reversible. La misma sustancia tóxica puede producir diversos efectos durante una exposición aguda en comparación a las exposiciones crónicas, por lo que los síntomas pueden variar extensamente.

Según el tiempo de exposición los efectos pueden ser: Agudos (24 horas una dosis), Subagudos (hasta 3 meses) y largo término (mas de 3 meses). Se clasifican en tres grupos:

²⁶ Guía para la Vigilancia Epidemiológica de Efectos Tóxicos por Exposición Laboral a Disolventes Orgánicos. Primera edición. México. Editado por la Coordinación General de Comunicación Social del Instituto Mexicano del Seguro Social. 1995. p.11.

- **Muy tóxicas:** Aquellas sustancias o productos que por inhalación, ingestión o penetración cutánea pueden entrañar riesgos extremadamente graves, agudos o crónicos, incluso la muerte. Algunos ejemplos son: Berilio, Compuestos del Boro, Sulfuro de Carbono, Cianuros, Flúor, Ácido sulfhídrico, pesticidas...
- **Tóxicas:** Aquellas sustancias que por inhalación, ingestión o penetración cutánea, pueden entrañar riesgos graves, agudos o crónicos, incluso la muerte. Algunos ejemplos: amoniaco anhidro, nitritos (sódico, potásico), fluoruros, Mercurio, Metanol, Fenol, Anilina...
- **Nocivos:** Aquellas sustancias o productos que por inhalación, ingestión o penetración cutánea pueden entrañar riesgos de gravedad limitada. Algunos ejemplos son: Permanganato potásico, tolueno, yodo, ácido oxálico, ciclohexanol, pesticidas...

1.6.5.2 SITIO DE ACCIÓN.

Existen dos sitios donde el disolvente orgánico actúa, el primero se denomina local que es donde el tóxico tiene el primer contacto con el cuerpo. Esto ocurre comúnmente con las sustancias corrosivas o irritantes provocando por ejemplo dermatitis por contacto (ver ilustración 1.6), el segundo se denomina sistémico que es donde la sustancia tóxica se ha absorbido en el cuerpo y se ha distribuido vía circulación sanguínea a un órgano(s) susceptible(s)²⁷.

El efecto tóxico resultante se puede considerar en un área absolutamente distante del punto inicial del contacto.

²⁷ http://www.safetyline.wa.gov.au/institute/level2/course16/lecture44/144_05.asp

Se estudia la toxicidad de los productos en animales de experimentación a través de tres vías: oral, cutánea y respiratoria²⁸.



ILUSTRACIÓN 1.6 DERMATITIS POR CONTACTO

1.6.6 CORROSIVOS

Son aquellas sustancias o productos que originan efectos destructivos sobre los tejidos vivos²⁹.

- Sustancias fuertemente ácidas o básicas
- Sustancias deshidratantes
- Sustancias concentradas de ácidos y bases habituales de laboratorio.
- Bromo
- Metales Alcalinos.
- Oxidantes fuertes.

1.6.7 IRRITANTES

Son sustancias o productos que por contacto prolongado con la piel originan reacciones inflamatorias. No se debe confundir lo irritante y lo corrosivo.

- Irritantes primarios: tienen una acción de tipo local.

²⁸ <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsci/e/fulltext/toxicol/cepis.html>

²⁹ <http://www.pharmaportal.com.ar/>

- Irritantes secundarios: Además de la zona de contacto tiene acción sobre el resto del organismo. Pueden ser peligrosos porque al manifestarse los efectos secundarios pueden ser mortales. Algunos ejemplos son: Fosgeno (gas mostaza), gases lacrimógenos (bromuros de benzoilo y metilo, Cloroacetofenona y tetraóxido de Osmio).

Los disolventes orgánicos que se usan habitualmente en el laboratorio atacan la bicapa lipídica y la pueden disolver. En orden de peligrosidad:

- Hidrocarburos saturados
- Hidrocarburos insaturados
- Derivados halogenados
- Alcoholes
- Ésteres, Cetonas y Aldehídos.

1.6.8 PELIGROS PARA EL MEDIO AMBIENTE

Son aquellas sustancias o productos que suponen un peligro para el medio ambiente. Existen una serie de frases específicas para determinar el comportamiento de las sustancias. Estas frases provienen de la comunidad europea y que deberían llevar todos los compuestos peligrosos. Se componen de una “R” y dos números³⁰.

- R50: Muy tóxico para organismos acuáticos.
- R51: Tóxico para organismos acuáticos.
- R52: Nocivo para organismos acuáticos.
- R53: Efectos nocivos para el medio ambiente acuático a largo plazo.
- R54: Tóxico para la flora.

³⁰ <http://europa.eu.int/>

- R55: Tóxico para la fauna.
- R56: Tóxico para organismos del suelo.
- R57: Tóxico para las abejas.
- R58: Efectos nocivos para el medio ambiente a largo plazo.
- R59: Peligroso para la capa de ozono.

1.6.9 CANCERÍGENOS

Son aquellas sustancias que por inhalación, penetración cutánea o ingestión pueden producir cáncer o aumento de su frecuencia³¹. La clasificación más fiable es la de la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC). Llevan las dos frases siguientes:

- R45- Puede causar cáncer.
- R49- Puede causar cáncer por inhalación.

Existen tres categorías de sustancias cancerígenas:

- Primera categoría: sustancias o productos cancerígenos para las personas en las que se ha demostrado por estudios epidemiológicos una relación directa entre exposición a dicha sustancia y la aparición del cáncer.
- Segunda categoría: son aquellas sustancias o productos cancerígenos para las personas y de las que se dispone de suficientes indicios para pensar que la exposición a determinadas sustancias puede originar cáncer.
- Tercera Categoría: Son aquellas sustancias o productos probablemente cancerígenos de los que no se dispone todavía de suficientes datos para

³¹ Introducción al reconocimiento, evaluación y control de agentes químicos. Única edición. México. Editado por la Coordinación General de Comunicación Social del Instituto Mexicano del Seguro Social. 2000. p. 5-33

afirmar que haya una relación directa entre exposición directa y aparición del cáncer, pero hay indicios.

Las sustancias o productos de las dos primeras categorías son además tóxicos o muy tóxicos. Los de la tercera categoría se consideran nocivos y en teoría deberían llevar la frase R40 (Posibilidad de efectos irreversibles)³².

Algunos productos considerados cancerígenos que pueden aparecer en el laboratorio son:

- Benceno
- Bencidina
- Cloruro de Cadmio
- Naftilamina
- Trióxido de arsénio.

1.6.10 MUTAGÉNICOS

Son aquellas sustancias o productos que por inhalación, ingestión o penetración cutánea pueden producir alteraciones en el material genético de las células (mutaciones). Existen tres categorías:

- Primera categoría: sustancias o productos que se ha demostrado una relación causa-efecto en el sentido de uso de dichas sustancias-aparición de mutaciones genéticas.
- Segunda categoría: Sustancias de las que se tienen indicios suficientes que indican una probable mutagenicidad, pero no hay una confirmación categórica.

³² <http://europa.eu.int/>

- Tercera categoría: Sustancias que se sospecha una posible mutagenicidad.

Las sustancias mutagénicas de la primera categoría se consideran muy tóxicas. Las sustancias de la segunda categoría son tóxicas y las sustancias de la tercera categoría tienen el calificativo de nocivas.

Las sustancias consideradas mutagénicas llevan la frase R46 (Pueden causar alteraciones genéticas hereditarias). Las de la tercera categoría llevan R40 (posibilidad de efectos irreversibles).

Los resultados obtenidos en los experimentos con animales no son extrapolables a los seres humanos.

1.6.11 TERATOGENICAS

Son aquellas sustancias o productos que por inhalación, ingestión o penetración cutánea puede originar alteraciones en el feto durante su desarrollo intrauterino originándole malformaciones. Existen dos categorías³³:

- Primera categoría: se sabe que son teratogénicos con seguridad.
- Segunda categoría: Se sospecha que pueden ser teratogénicas.

No se debe confundir el efecto teratogénico con la embriotoxicidad que sólo se produce en los 55 primeros días de gestación.

La frase que llevan es R61 (Riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto) y R63 (Posible riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto)³⁴.

³³ <http://europa.eu.int/>

1.6.12 ALÉRGENOS

Son aquellas sustancias o productos que en contacto con la piel o las mucosas originan una reacción anormal del sistema inmunológico llamada vulgarmente alergia. No suele presentar problemas graves, aunque en determinados individuos puede ser mortal si no se dispone de los medios adecuados de sanación. Algunos ejemplos son: aminas, hidracinas, aldehídos, cromo, níquel, cobalto...

1.6.13 OTRAS CONSIDERACIONES.

Además de considerar la peligrosidad se debe considerar la forma de trabajar con las sustancias. Es más peligroso trabajar sin cuidado con tolueno (cancerígeno) que trabajar con el máximo cuidado con cianuro de hidrógeno (mortal). La manipulación de productos criogénicos (punto de ebullición menor de 150° K) debe realizarse con el material adecuado para evitar evaporaciones masivas.

- R60: Puede perjudicar la fertilidad
- R61: Posible riesgo de perjudicar la fertilidad
- R64: Puede perjudicar a los niños alimentados con leche materna.

1.7 FACTORES DE EXPOSICIÓN

El carácter *volátil* de los disolventes hace que éstos se evaporen rápidamente en el aire, alcanzando concentraciones importantes en espacios confinados. Los riesgos mayores para el ser humano se producen por la absorción de éstos a través de la piel y por inhalación. El contacto directo con la piel permite que el disolvente pase a la sangre, causando efectos inmediatos y a más largo plazo.

Los disolventes orgánicos son sustancias que a temperatura ambiente se encuentran en estado líquido y pueden desprender vapores, por lo que es importante conocer a fondo todos los factores que influyen para que exista o no

³⁴ <http://www.fetal-exposure.org/ORGANIC.html>

una exposición que pueda afectar a corto, mediano y largo plazo la salud de los trabajadores.

Para poder estudiar adecuadamente la exposición e identificar sus posibles repercusiones, se hace necesario conocer los llamados factores de exposición, de los cuales, a continuación se mencionan los más importantes:

- Agente (s).
- Nivel de concentración del(los) agente(s) en el ambiente.
- Tiempo de exposición.
- Existencia de valores de referencia sobre la permisibilidad de la exposición.
- Vía(s) de ingreso o contacto con el organismo.
- Antigüedad de la(s) exposición(es).
- Exposición combinada de varios agentes con propiedades nocivas similares que puedan sumarse o potenciar sus efectos.
- Utilización o no de equipo de protección personal y sus características en relación con las propiedades del(los) agente(s).
- Utilización o no de medios de protección general y sus características en relación con las propiedades del(los) agente(s).
- Tipos de exposición (continua, intermitente, ocasional y periódica).
- Periodo de no exposición.
- Posibilidad de identificar factores “pre-patológicos” de alarma (monitoreo biológico).
- Antecedentes de patología preexistentes susceptible de ser agravada por la exposición al(los) disolvente(s).

1.8 CLASIFICACIÓN GENERAL DE LOS DISOLVENTES ORGÁNICOS

La química orgánica es la química de los compuestos del carbono. El átomo de carbono puede formar uniones simples, dobles o triples con otros átomos de carbono y con átomos de otros elementos. Las uniones son covalentes y tiene direcciones definidas en el espacio. Una cadena molecular puede consistir en una línea única de átomos de carbono o de cadenas ramificadas de carbono conteniendo otros átomos como O, N, P y S (estos son respectivamente, los símbolos químicos para oxígeno, nitrógeno fósforo y azufre).

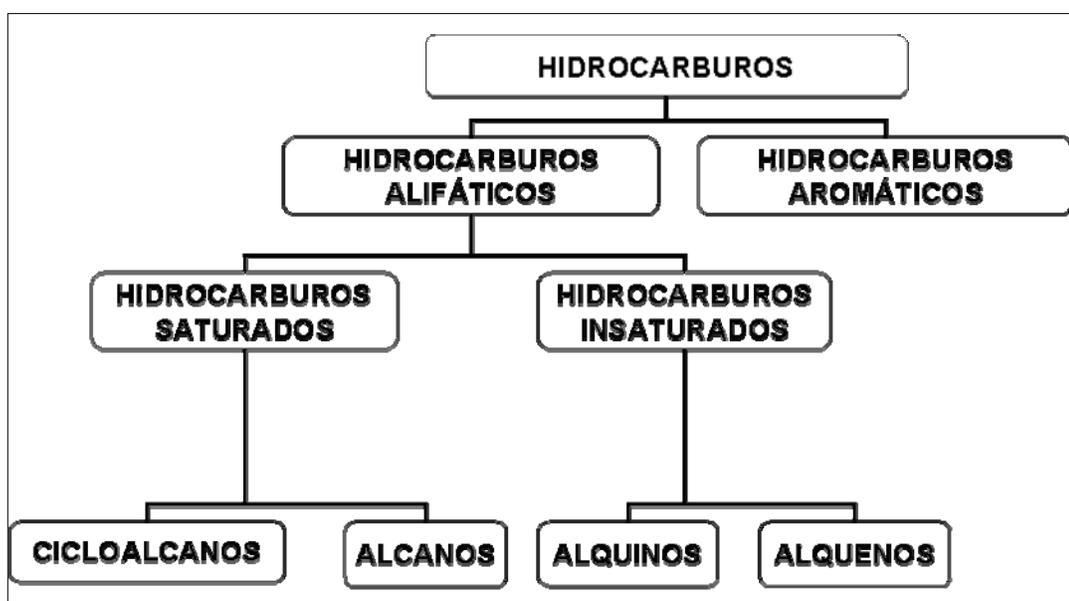


ILUSTRACIÓN 1.7 CLASIFICACIÓN DE LOS HIDROCARBUROS

En una molécula orgánica se llama grupo funcional a una región de la misma donde tienen lugar las reacciones. Las uniones dobles o triples, con distintos átomos del carbono constituyen los grupos funcionales típicos. Los compuestos orgánicos se denominan en base a sus cadenas carbonadas, numerando los átomos de carbono para ubicar, si es necesario, los grupos funcionales³⁵. A su vez las cadenas de carbono se denominan, a partir de la cadena recta, alcanos o ciclo alcanos, llamados hidrocarburos “saturados” o parafínicos (ver figura 1.1 para la clasificación de los hidrocarburos), los que tienen la misma cadena de carbono

³⁵ <http://www.pharmaportal.com.ar/>

(ver tabla 1-A para las configuraciones moleculares). Los disolventes son uno de los grupos de productos químicos industriales de mayor uso, producidos y utilizados en grandes cantidades, bajo una gran variedad de denominaciones comerciales y químicas en casi todas las industrias. La mayoría son inflamables y prenden fuego fácilmente. Son muy volátiles pudiendo formar con gran rapidez una mezcla explosiva aire/vapor del disolvente.

Algunos disolventes pueden ser sumamente peligrosos para la salud y hasta mortales si se utilizan sin las precauciones adecuadas. El conocimiento de los riesgos constituye la mejor prevención y protección del trabajador contra esos riesgos.

1.8.1 HIDROCARBUROS ALIFÁTICOS

Los aceites derivados del petróleo son una mezcla muy compleja de compuestos que están formados principalmente por carbono e hidrógeno. También están presentes pequeñas cantidades de derivados hidrocarbonados complejos que contienen oxígeno, azufre, nitrógeno y metales. Los productos de petróleo refinado empleados como disolventes son todos hidrocarburos puros (o mezclas), es decir, compuestos solamente por carbono e hidrógeno que se conocen como disolventes alifáticos. El vocablo alifático proviene de la palabra griega *aliphe*, que significa grasa, dado que las grasas derivan de esta clase de hidrocarburos³⁶.

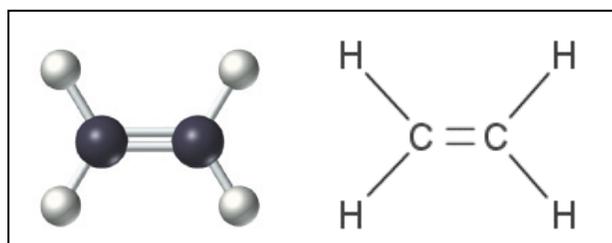


ILUSTRACIÓN 1.8 MODELO DEL ETILENO

³⁶ Prevención de intoxicaciones en el trabajo por disolventes orgánicos alifáticos. Única edición. México. Editado por la Jefatura de Servicios de Salud en el Trabajo del Instituto Mexicano del Seguro Social

El petróleo y el gas natural son las fuentes más importantes de alcanos, alquenos y cicloalcanos. El alquitrán es una fuente importante de aromáticos. Los alcanos de alto peso molecular se rompen catalíticamente (resquebrajan) para aumentar la producción de gasolina y petróleo, un producto derivado importante del resquebrajamiento es el etileno ($H_2C=CH_2$) (ver modelo del etileno en la ilustración 1.8) y se emplea para fabricar plástico y etanol (C_2H_5OH).

Los hidrocarburos alifáticos saturados, conocidos como alcanos o parafinas, son aquellos que tienen todas las ligaduras saturadas por unión con hidrógeno. Son bioquímica y químicamente inertes. Aún como contaminantes del aire se encuentran entre los menos reactivos y no constituyen un problema importante. A las parafinas se les ha asignado el sufijo característico “ano” para denominar a sus compuestos, por ejemplo, isobutano, 2 metil pentano y 2-2 dimetil pentano. Las parafinas son buenos disolventes para el caucho natural. Actúan en forma primaria como depresores del sistema nervioso central.

Los hidrocarburos alifáticos no saturados, alquenos (también llamados olefinas) y los alquinos, con uniones dobles y triples respectivamente, son también inertes para el organismo. Sin embargo, son químicamente más reactivos que los hidrocarburos saturados. Como contaminantes del aire, son reactivos y crean un problema de control. El problema primario con los alifáticos es la dermatitis.

El petróleo crudo (petroleum) es una mezcla de compuestos orgánicos muy compleja, principalmente formada por hidrocarburos. Contiene alcanos, alquenos, ciclo alquenos y aromáticos, así como pequeñas cantidades de compuestos con nitrógeno y azufre que varían dependiendo de la fuente de origen.

Por destilación fraccionada el petróleo se separa en las mezclas de hidrocarburos. La gasolina es la fracción que hierve entre la temperatura ambiente y 200 grados C., y esta constituida principalmente por hidrocarburos C5 a C11, predominando los que tienen C8. Se ha estimado que solamente en la gasolina existen alrededor

de 500 hidrocarburos diferentes. Alrededor de 150 de estos hidrocarburos han sido separados e identificados³⁷.

1.8.1.1 EFECTOS TÓXICOS DE LOS HIDROCARBUROS ALIFÁTICOS

Estos productos se almacenan con frecuencia en el hogar o en el garaje (bombas de butano o de propano). Otras veces se encuentran comúnmente en el lugar de trabajo. Estos gases no producen efectos sistémicos generales, y actúan como "simples asfixiantes". Sus efectos se observan únicamente cuando la concentración en el aire es tan elevada que disminuye de forma importante la presión parcial de oxígeno. Se caracterizan por su alta volatilidad y mínima viscosidad, por lo que la inhalación de estas sustancias puede reemplazar rápidamente el gas alveolar y causar hipoxia (ver glosario). Además, pueden cruzar con facilidad la membrana alveolo capilar y originar síntomas neurológicos. Asimismo se han descrito efectos cardiotóxicos con producción de arritmias fatales; Estudios realizados en animales han demostrado una relación entre la aparición de arritmias cardíacas y la potenciación de los efectos de la adrenalina por el butano y sus congéneres; Esta sensibilización miocárdica a las catecolaminas endógenas, pueden también hacer al corazón más susceptible a las arritmias inducidas por la hipoxia.

En general tienen un bajo poder tóxico y se necesitan altas concentraciones en el ambiente para que produzcan depresión central. A medida que aumenta el número de carbonos en su estructura, disminuye la concentración necesaria para producir el efecto depresor del SNC, de tal forma que para los hexanos se calcula que es de 30.000 ppm, para los heptanos de 15.000 y para los octanos de 10.000 ppm³⁸.

³⁷ McFee, Donald R. Fundamentals of Industrial Hygiene, 3rd Edition. USA. Ed. Barbara A. Plog, Publ. National Safety Council.1988. p. 147.

³⁸ <http://umeet.uninet.edu>

Sin embargo, la polineuropatía es el efecto tóxico primario del n-hexano, disolvente de uso común en la industria del cuero y del calzado. Esto se observó por primera vez en 1973 en Japón, donde se afectaron 93 trabajadores dedicados a la fabricación de sandalias, por el uso de una cola que contenía al menos un 60% de n-hexano. Los síntomas clínicos comprenden disfunción sensorial simétrica de las partes distales de las extremidades, que llega a la debilidad muscular de los dedos de las manos y de los pies y la pérdida de los reflejos sensitivos profundos. En general, el pronóstico de recuperación es favorable, aún cuando el trastorno se puede intensificar durante algunos meses. La causa de la neuropatía periférica relacionada con la exposición a este disolvente parece ser la biotransformación por medio de la citocromo P-450 del n-hexano a 2,5- hexadiona.

Los destilados del petróleo se obtienen por la destilación fraccional del petróleo natural y comprenden mezclas de una gran variedad de hidrocarburos alifáticos y aromáticos. En este apartado se incluyen gasolina, keroseno, aceites pesados, nafta, lubricantes y otros compuestos, donde predominan los grupos alifáticos. A pesar de las diferencias en la composición molecular entre ellos, el síndrome clínico de intoxicación es muy similar, aunque probablemente puedan encontrarse diferencias sutiles.

La mayoría de las intoxicaciones por destilados del petróleo consisten en ingestiones orales. Estas sustancias son habitualmente ingeridas de forma accidental, sin intención suicida, ya que frecuentemente se almacenan en la casa o en el garaje, en contenedores no marcados o en botellas de bebidas. En otras ocasiones la intoxicación es debida a la inhalación (accidental o voluntaria) de los vapores desprendidos por estos compuestos que son extraordinariamente volátiles, y aunque raro, también se ha publicado el uso intravenoso de hidrocarburos en drogadictos.

La toxicidad de los destilados del petróleo afecta a muchos órganos, pero la mayoría de los problemas serios se relacionan con los sistemas respiratorio, cardiovascular y nervioso central, y en menor medida, con el gastrointestinal.

Estudios realizados en animales han demostrado que la lesión pulmonar después de la ingestión se debe a aspiración, y no a absorción gastrointestinal. La aspiración puede ocurrir inicialmente, cuando la sustancia es ingerida, o posteriormente, durante el vómito. La potencial aspiración de un hidrocarburo depende de sus características físicas, y el riesgo de que se produzca se incrementa con la baja viscosidad, alta volatilidad y baja tensión superficial. Los destilados del petróleo aspirados producen inhibición del surfactante pulmonar, que da lugar a colapso alveolar, alteraciones de la relación ventilación/perfusión y subsecuente hipoxemia. Además, el broncoespasmo y la lesión capilar directa producen neumonitis química con hiperhemia, edema y hemorragia alveolar. En pocas horas tras la aspiración puede producirse alveolitis hemorrágica difusa con infiltrados granulomatosos que alcanza su pico máximo alrededor del tercer día y habitualmente se resuelve en unos 10 días, aunque pueden ocurrir complicaciones posteriores como neumonía bacteriana, pequeñas alteraciones residuales de la ventilación y neumatoceles. La alteración del surfactante, produce un cuadro que recuerda a la enfermedad de la membrana hialina.

Las alteraciones neurológicas son secundarias a la hipoxemia y acidosis causadas por la toxicidad pulmonar.

Aunque los destilados del petróleo se absorben mal a través del tracto gastrointestinal, pueden producir, sin embargo, inflamación y ulceración de las mucosas e infiltración grasa del hígado. Estas sustancias pueden causar también miocarditis y arritmias severas e incluso muerte súbita por sensibilización miocárdica a las catecolaminas endógenas, así como hemólisis intravascular y lesión renal consistente en cambios degenerativos tubulares, que raramente llegan a la necrosis tubular.

1.8.2 HIDROCARBUROS CÍCLICOS

El más simple de los hidrocarburos cíclicos saturados o cicloalcanos es el ciclopropano, C_3H_6 , cuyas moléculas están formadas por tres átomos de carbono con dos átomos de hidrógeno unidos a cada uno de ellos. El ciclopropano es un poco más reactivo que el correspondiente alcano de cadena abierta, el propano, C_3H_8 . Otros cicloalcanos forman parte del petróleo.

Varios hidrocarburos cíclicos insaturados, cuya fórmula general es $C_{10}H_{16}$, se encuentran en algunos aceites naturales aromáticos y se destilan de los materiales vegetales. Esos hidrocarburos se llaman terpenos e incluyen el pineno (en la trementina) y el limoneno (en los aceites de limón y naranja).

El grupo más importante entre los hidrocarburos cíclicos insaturados es el de los aromáticos, que se encuentran en el alquitrán de hulla. Aunque los hidrocarburos aromáticos presentan a veces insaturación, es decir, tienden a adicionar otras sustancias, sus principales reacciones producen la sustitución de átomos de hidrógeno por otros tipos o grupos de átomos. Entre los hidrocarburos aromáticos se encuentran el benceno, el tolueno, el antraceno y el naftaleno.

Los hidrocarburos cíclicos se unen formando anillos o ciclos y no en forma lineal. Los hidrocarburos cíclicos que presentan sus carbonos unidos por valencias simples se llaman cicloalcanos y utilizan la terminación ano. Los hidrocarburos cíclicos que presentan sus carbonos unidos por ligaduras dobles se llaman cicloalquenos y utilizan la terminación dieno (ver ilustración 1.9).

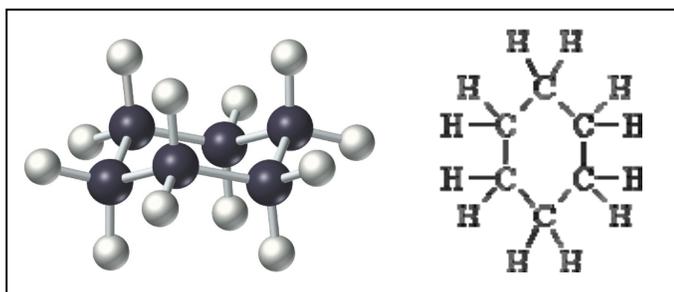


ILUSTRACIÓN 1.9 MODELO DEL CICLOHEXANO

1.8.2.1 EFECTOS TÓXICOS DE LOS HIDROCARBUROS CÍCLICOS.

Los hidrocarburos cíclicos actúan de manera muy parecida a los alifáticos, aunque no son tan inertes. Son depresores del sistema nervioso central, anestésicos e irritantes de las mucosas (neumonía química) y de la piel (dermatitis). Un porcentaje significativo de los hidrocarburos cíclicos es metabolizado a compuestos que poseen una toxicidad menor.

Los hidrocarburos cíclicos no saturados son generalmente más irritantes que los saturados. El ciclohexano puede causar polineuritis como el hexano. Los vapores de esencia de trementina pueden provocar inflamación de riñón, la toxicidad del ciclohexano en los animales por vía inhalatoria es baja, pero en el hombre a una concentración de 30 ppm provoca cefaleas. Su olor desagradable se detecta a 13 ppm. Estos hidrocarburos no actúan sobre órganos hematopoyéticos.

1.8.3 HIDROCARBUROS AROMÁTICOS

Los disolventes derivados de alquitrán son llamados aromáticos, nombre derivado de aroma, que significa olor agradable. Las moléculas están generalmente caracterizadas por uno o más anillos de seis carbonos. Esta clasificación ha servido para distinguir los disolventes hidrocarbonados de petróleo y alquitrán. El benceno (ver ilustración 1.10) y otros aromáticos no sufren las reacciones de adición observadas en los alquenos y alquinos, pero se producen reacciones de sustitución aromática donde un átomo o grupo de átomos reemplaza uno de los átomos de hidrógeno del anillo. Las reacciones de sustitución aromática del benceno dan lugar a una amplia variedad de productos útiles.

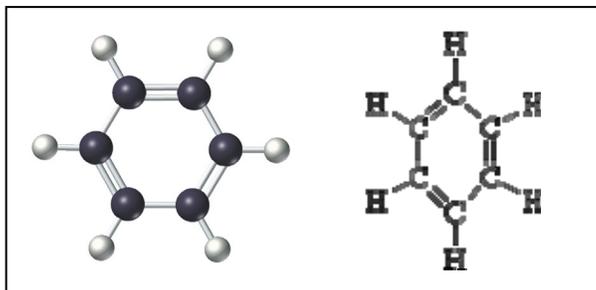


ILUSTRACIÓN 1.10 MODELO DEL BENCENO

1.8.3.1 EFECTOS TÓXICOS DE LOS HIDROCARBUROS AROMÁTICOS

El hidrocarburo aromático benceno es notable por su efecto sobre los tejidos formadores de sangre en la médula ósea. Se ha demostrado que una sola exposición puede provocar lesión en animales. Se le señala como agente leucemógeno. Los niveles tóxicos del benceno son fácilmente absorbidos a través de la piel y por inhalación. No debe ser empleado para limpieza o cualquier proceso que implique contacto con la piel o donde la concentración en el aire no sea controlada dentro de los niveles de seguridad mediante una ventilación adecuada.

Los principales compuestos de esta familia son el benceno y el tolueno.

El benceno es un líquido claro ampliamente usado en la industria química, en la industria del calzado, como disolvente y en la fabricación de detergentes, explosivos, pinturas, barnices y plásticos. Es muy volátil e inflamable y presenta un intenso olor dulzón. Se absorbe bien por vía respiratoria y digestiva, siendo escasa su absorción a través de la piel. Es muy liposoluble, por lo que se acumula con facilidad en el tejido graso, incluida la médula ósea³⁹. La mayor parte de la dosis absorbida se elimina en las primeras 48 horas tras la exposición. Más del 50% de la misma se excreta sin transformar por el pulmón, metabolizándose el resto a nivel hepático a través del sistema citocromo P₄₅₀.

El tolueno (C₆H₅CH₃) es un líquido claro y volátil con olor aromático dulzón, poco soluble en agua y muy liposoluble. Es uno de los solventes de abuso más utilizados (esnifadores de colas). Se usa en la manufactura del benceno y productos tales como detergentes, adhesivos, explosivos, pegamentos, colas, lacas, etc. Se absorbe bien por vía inhalatoria y digestiva, sin embargo, la absorción es escasa a través de la piel intacta. Casi un 80% de la dosis absorbida se metaboliza en el hígado a través del sistema citocromo P₄₅₀ y el 20% restante

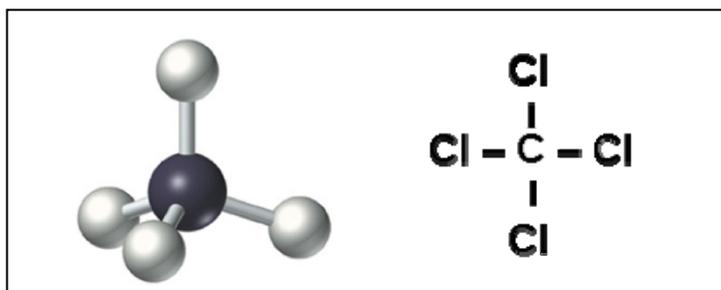
³⁹ <http://umeet.uninet.edu>

se elimina sin cambios por el pulmón. Produce su efecto tóxico sobre el SNC y sistema nervioso periférico, sobre el riñón y el corazón, pudiendo originar alteraciones electrolíticas y metabólicas.

En general, los hidrocarburos aromáticos son irritantes y vasodilatadores, y cuando se absorben en concentraciones suficientes producen lesiones vasculares y pulmonares severas. También son narcóticos potentes. El problema principal con los otros disolventes aromáticos comunes son dermatitis y efectos sobre el sistema nervioso central.

1.8.4 HIDROCARBUROS HALOGENADOS

El vocablo “halógeno” se aplica para cinco elementos: fluor, cloro, bromo, yodo, y para el recientemente descubierto astato. Los halógenos constituyen una notable familia de elementos destacados por su gran actividad química propiedades singulares. La estabilidad, no inflamabilidad y amplio espectro de solubilidad, son sólo algunas de las características que confieren a la molécula (ver ilustración 1.11), del tetraclorometano).



ILUSTRACION 1.11 MODELO DEL TETRACLOROMETANO

El tetracloruro de carbono (CCl₄) es un líquido incoloro, no inflamable y de olor dulzón. Se ha empleado con fines médicos, como agente anestésico y como quitamanchas, antihelmíntico, desengrasante, etc. Debido a su excesiva toxicidad, su uso ha sido severamente restringido y hoy podemos encontrar este compuesto en extintores de incendios, productos de limpieza e insecticidas. La intoxicación

aguda, voluntaria o accidental, se puede producir tanto en el ambiente industrial como doméstico⁴⁰.

La vía de entrada del tóxico puede ser respiratoria, por inhalación de vapores, digestiva, o a través de la piel, concentrándose posteriormente en el tejido adiposo. Aproximadamente el 50% de la dosis absorbida se excreta a través de los pulmones sin metabolizar, y la mayor parte del otro 50% se metaboliza en el hígado. Tiene una vida media muy prolongada en el cuerpo.

1.8.4.1 EFECTOS TÓXICOS DE LOS HIDROCARBUROS HALOGENADOS

Los efectos de los hidrocarburos halógenos varían considerablemente con el número y tipo de átomos de halógenos presentes en la molécula. En un extremo de la escala está el tetracloruro de carbono, que es altamente tóxico, actuando en forma aguda y produciendo lesiones en riñones, hígado, sistema nervioso central y tracto gastrointestinal. El TLV (valor umbral límite) de 1978 para el tetracloruro de carbono es 10 ppm.

La exposición crónica al tetracloruro de carbono también produce lesión en el hígado y riñones. Esta sustancia se ha convertido en un toxico hepático clásico en los estudios sobre efectos de daño hepático⁴¹. Como sucede en el benceno, este disolvente no debe emplearse para procesos de limpieza donde pueda entrar en contacto con la piel, o donde la concentración en el área de respiración puede exceder los umbrales límites.

El tetracloruro de carbono es un potente anestésico capaz de causar la muerte por su efecto depresor del SNC. Sin embargo, es también un potente tóxico hepático y renal. En el hígado produce su efecto tóxico por dos mecanismos diferentes. El primero consiste en la alteración de la capacidad de los hepatocitos para ligar los

⁴⁰ <http://umeet.uninet.edu>

⁴¹ McFee, Donald R. Fundamentals of Industrial Hygiene, 3rd Edition. USA. Ed. Barbara A. Plog, Publ. National Safety Council.1988. p. 148.

triglicéridos a las lipoproteínas transportadoras, lo que origina acumulación intracelular de lípidos y degeneración grasa del hígado. El segundo mecanismo consiste en la formación de metabolitos extremadamente tóxicos, que origina muerte celular y necrosis hepática centrolobulillar. Este proceso metabólico es mediado por el sistema enzimático microsomal citocromo P₄₅₀ y antes de la inducción de este sistema, por agentes como el etanol, metanol y alcohol isopropílico, que aumentan la hepatotoxicidad del tetracloruro de carbono.

La lesión renal ocurre por efecto directo del tetracloruro de carbono sobre el túbulo renal y el asa de Henle.

Por otra parte, una gran variedad de problemas se han atribuido a la exposición crónica a este tóxico, incluyendo dermatitis por destrucción de la grasa de la piel, polineuritis, defectos visuales, parkinsonismo, depresión de médula ósea, disfunción hepática y renal y cirrosis.

El cloroformo es el triclorometano (CHCl₃). Inicialmente se empleó como agente anestésico, pero poco después se abandonó este uso por su gran toxicidad hepática y renal. Es un líquido incoloro y no inflamable, de olor y sabor dulzón, extremadamente volátil y muy liposoluble. Está disponible como disolvente en laboratorios y en la industria química. Se ha prohibido su uso como sustancia aromática en pastas de dientes y otros productos como resultado de su efecto carcinogénico en animales después de exposiciones crónicas. La intoxicación aguda y crónica puede ocurrir por exposición a sus vapores.

El cloroformo es un anestésico potente y origina una profunda depresión del SNC. Entra en el organismo por vía respiratoria, digestiva o dérmica. En humanos puede producir la muerte con la ingestión oral de tan solo 10 ml. Exposiciones prolongadas o repetidas a los vapores pueden producir hepatotoxicidad, severa que se caracteriza por necrosis centrolobular. Asimismo se ha descrito degeneración grasa del hígado, el riñón y el corazón. El mecanismo de lesión

parece ser la oxidación a nivel hepático del cloroformo a fosgeno a través del sistema microsomal P₄₅₀. También se forma fosgeno cuando los vapores de cloroformo se exponen al calor de una llama. El fosgeno inhalado se convierte en ácido hidrociorhídrico y dióxido de carbono cuando reacciona con el agua en el alveolo; y el ácido produce edema pulmonar.

El diclorometano (CH₂Cl₂) es un líquido incoloro, extremadamente volátil y relativamente no tóxico. Se usa como solvente, como desengrasante y como quitamanchas de pinturas. Se absorbe bien a través del pulmón, el tracto gastrointestinal y la piel alterada. Igual que el resto de los hidrocarburos halogenados, produce depresión directa del SNC. Pero, además, tiene la característica tóxica adicional de ser metabolizado por el hígado a dióxido de carbono (CO₂) y monóxido de carbono (CO). Esto, generalmente, no constituye un problema cuando se usa en ambientes bien ventilados. DiVincenzo y Kaplan demostraron en 1981, que exposiciones a 100 ppm de diclorometano durante una jornada laboral de 7.5 horas producía una saturación de la hemoglobina (COHb) de aproximadamente el 3%, que está dentro de los niveles aceptables⁴². Sin embargo, si se usa en lugares poco ventilados, la concentración puede alcanzar, de forma rápida, niveles peligrosamente altos, ocasionando una intoxicación grave por monóxido de carbono, y existiendo una relación lineal entre el nivel de carboxihemoglobina y la concentración del tóxico en el ambiente contaminado.

El tricloroetileno (CHCl=CCl₂) es un líquido claro, incoloro y no inflamable, con un olor similar al tetracloruro de carbono. Frecuentemente se usa como sustituto de este último, ya que posee un potencial tóxico menor. Este solvente se usa en el vapor desengrasante en operaciones como limpieza en seco, extracción selectiva de medicinas y alimentos, y como intermediario químico. Se absorbe rápidamente por vía respiratoria y digestiva, pero su absorción es pobre a través de la piel. Su efecto tóxico más importante es la depresión respiratoria, debida, en parte a la

⁴² McFee, Donald R. Fundamentals of Industrial Hygiene, 3rd Edition. USA. Ed. Barbara A. Plog, Publ. National Safety Council. 1988. p. 185.

depresión generalizada que produce sobre el SNC. Otro efecto tóxico importante es la sensibilización del miocardio a las catecolaminas endógenas, con el riesgo de producir fibrilación ventricular.

El tetracloroetileno ($\text{CCl}_2=\text{CCl}_2$) es un líquido incoloro y no inflamable que se usa principalmente como agente para limpieza en seco. La absorción se produce principalmente por vía respiratoria, siendo menor a través de la piel. Tiene propiedades tóxicas similares a las del cloroetileno, incluyendo depresión del SNC e irritación de piel y mucosas⁴³.

El tricloroetano (CH_3CCl_3), se usa en la industria como desengrasante, en la limpieza de metales, en la limpieza en seco y como pesticida. Es uno de los hidrocarburos halogenados que pueden encontrarse con mayor facilidad, ya que muchos productos de limpieza del hogar lo contienen en un porcentaje alto de su composición. Es un líquido incoloro, no inflamable, de olor similar al cloroformo y de muy baja toxicidad. No obstante son frecuentes los casos de intoxicación por inhalación o ingestión, sobretodo por jóvenes. La intoxicación puede producirse por inhalación de vapores en un ambiente contaminado cerrado o por vía digestiva, por ingestión accidental o suicida. Se distribuye principalmente por los tejidos con alta concentración de lípidos, incluido el SNC. La mayor parte del tóxico absorbido se excreta sin transformar a través del pulmón, y una pequeña parte se metaboliza en el hígado y se excreta por el riñón. El efecto tóxico principal es la depresión respiratoria secundaria a depresión generalizada del SNC, que desaparece rápidamente al retirar al paciente del ambiente contaminado. Son frecuentes síntomas como ataxia, cefaleas, fatiga y temblores, pudiéndose producir convulsiones y coma en casos de exposiciones más intensas. Algunos autores han sugerido que este agente sensibiliza el miocardio a las catecolaminas endógenas, con el riesgo de producir arritmias fatales.

⁴³ <http://umeet.uninet.edu>

El 1,1,2- tricloroetano ($\text{CH}_2\text{ClCHCl}_2$) es un isómero del metil cloroformo con un poder anestésico aún mayor. Es bastante tóxico a nivel del hígado y el riñón, y, además, produce irritación de piel y mucosas. El tratamiento es de soporte.

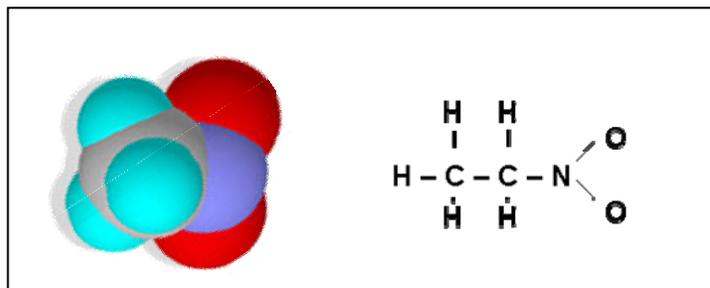
El reemplazo de algunos de los átomos de cloro por fluor, como en el trifluorotricloroetano, produce un compuesto con un nivel de toxicidad bajo, su TLV actual es 1000 ppm. El efecto depresor sobre el sistema nervioso central y la arritmia cardiaca se produce con concentraciones mucho mayores que el TLV. Como no es inflamable y su toxicidad es baja, es un buen disolvente para sustituir a otros materiales más peligrosos.

Los hidrocarburos clorados son en general más tóxicos que los hidrocarburos fluorados usados como disolventes comunes. Los efectos específicos y toxicidades varían mucho, pero la acción más común que tienen los hidrocarburos clorados de toxicidad intermedia (tricloroetileno, por ejemplo) son el efecto depresor sobre el sistema nervioso central, dermatitis y daño hepático. También se han observado alteraciones de la personalidad. Además, los hidrocarburos clorados, especialmente el tricloroetileno, se destacan por sus efectos energéticos con el alcohol. Estos incluyen el rubor cara “roja” y cambios significativos en la personalidad. Esto debe detenerse en cuenta cuando se evalúa una exposición industrial ya que una porción significativa de la población de trabajadores puede también ingerir alcohol. El tricloroetileno y el percloro etileno son posibles carcinógenos.

1.8.5 HIDROCARBUROS NITRADOS

Los hidrocarburos nitrados no han sido usados en gran escala como agentes limpiadores. Su empleo principal ha sido como solventes para esteres resinas ceras pinturas y productos semejantes. Debido a que las cetonas, alcoholes, esteres, aldehídos y glicoles son más solubles en agua que los otros tipos de sustancias, resultan buenos solventes para compuestos mas polares. Estos

solventes son usados con frecuencia como agentes limpiadores, ya sea solo o combinado con uno o más solventes, especialmente agua. Son útiles como solventes para pinturas, barnices y plástico (ver modelo del nitrometano en la ilustración 1.12)



ILUSTRACION 1.12 MODELO DEL NITROMETANO

1.8.5.1 EFECTOS TÓXICOS DE LOS HIDROCARBUROS NITRADOS

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

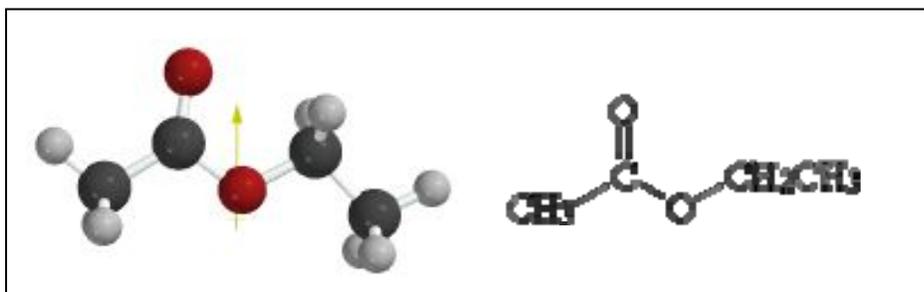
La anilina se usa en la síntesis de tintas, pinturas, tintes, plásticos, gomas, fungicidas y productos farmacéuticos. La intoxicación aguda puede ser de carácter accidental, por inhalación o absorción cutánea, o por ingestión con intención suicida. Este tóxico induce la producción de metahemoglobinemia, a veces severa, con la subsecuente producción de hemólisis intensa. La metahemoglobina es una hemoglobina anormal en la que el hierro del grupo hem, está en forma férrica, a diferencia de la hemoglobina normal, que está en estado ferroso⁴⁴.

⁴⁴ <http://umeet.uninet.edu>

La toluidina y nitrobenzenos se tratan de compuestos nitrogenados que se usan ampliamente en la industria para sintetizar diversos productos. Al igual que las anilinas, se caracterizan por provocar aumento del nivel de metahemoglobinemia, y como consecuencia, hemólisis. La clínica va a depender del porcentaje de metahemoglobina respecto a la hemoglobina normal; y el tratamiento consiste en medidas de soporte y administración de azul de metileno, y si no es efectivo, exanguinotransfusión.

1.8.6 ESTERES

Se producen por la esterificación de un ácido con alcohol. Por lo tanto, las propiedades particulares de los esteres estarán parcialmente determinadas por el alcohol del que se deriva. Son buenos disolventes para revestimientos superficiales.



ILUSTRACION 1.13 MODELO DEL ACETATO DE ETILO

1.8.6.1 EFECTOS TÓXICOS DE LOS ESTERES

A los esteres se les conoce por sus efectos irritantes sobre superficies expuestas de la piel y tracto respiratorio. También son anestésicos potentes. Los efectos acumulativos de los esteres comunes que se les emplea como disolventes no son importantes, salvo para aquellos estados que resulten de una irritación.

1.8.5 CETONAS

Han aumentado su importancia como disolventes para revestimientos de rayón acetato y resina vinílica. Son disolventes estables y tienen un alto índice de

disolución respecto de los hidrocarburos. Son totalmente miscibles con la mayoría de disolventes y diluyentes de barnices y su compatibilidad con los ingredientes de los mismos otorga una buena resistencia al “velado”. Las cetonas son en general buenos disolventes para ésteres y éteres de celulosa y para muchas resinas sintéticas naturales.

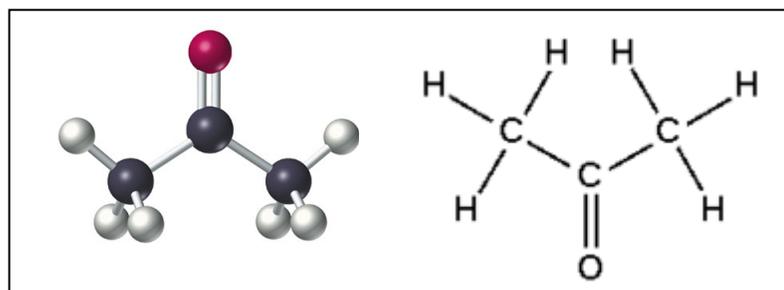
La acetona (2-propanona) es un componente de gran número de productos de limpieza industriales y del hogar. Es un solvente líquido, incoloro, volátil, inflamable y con característico olor dulzón, que se utiliza frecuentemente en pegamentos y barnices, y que en el hogar, puede utilizarse para quitar la pintura de uñas. Este producto es usado a veces como droga de abuso por vía inhalatoria.

1.8.7.1 EFECTOS TÓXICOS DE LAS CETONAS

Las cetonas comunes producen en general una acción narcótica. Todas son irritantes para los ojos, nariz, y garganta, y por esta razón no son generalmente toleradas en concentraciones altas. Se ha comunicado que la metil etil cetona en conjunción con tolueno o xileno produce vértigo y náusea. Concentraciones tolerables menores pueden menoscabar la capacidad de razonamiento y, por lo tanto, crear peligros secundarios. Las cetonas alifáticas saturadas de cadena mas corta son excretadas rápidamente, y por esta razón producen solo efectos sistémicos menores. Durante 1970 se le dedico mucha atención a la metil n-butil cetona, cuando se la señalo como el agente etiológico productor de la alta incidencia de neuritis periférica en una población de trabajadores.

La acetona es un producto relativamente no tóxico, y la ingestión de 200-400 mg, puede no ser un problema excesivamente serio. Se produce en el organismo al actuar con alcohol-deshidrogenasa sobre el isopropil alcohol. La acetona (ver ilustración 1.14) se absorbe rápidamente a través de los pulmones y el tracto gastrointestinal, y más lentamente a través de la piel. Se excreta sin transformar

en orina y a través de la mucosa respiratoria, teniendo una vida media plasmática de 20-30 horas⁴⁵.

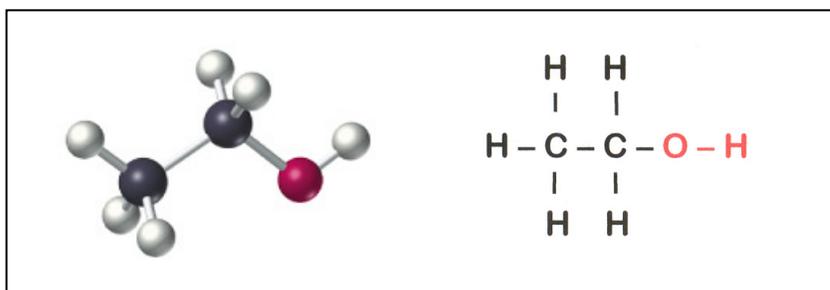


ILUSTRACION 1.14 MODELO DEL ACETONA

1.8.8 ALCOHOLES

Constituyen una de las clases mas importantes de disolventes industriales, se caracterizan por la presencia de un grupo hidroxilo (-OH) los alcoholes saturados son ampliamente usados como disolventes. Los alcoholes se forman por la sustitución de uno o más átomos de hidrógeno por uno o más grupos de hidróxilo.

Los dos alcoholes industriales más importantes son el metanol (H₃COH) y el etanol (H₃CCH₂OH). El metanol se prepara por hidrogenación catalítica del monóxido de carbono y algún día podrá remplazar a la gasolina y al gas natural como combustible debido a que puede obtenerse del carbón. El etanol (ver ilustración 1.15) se obtiene de la fermentación del almidón (u otro carbohidrato) y por hidratación del etano⁴⁶.



ILUSTRACION 1.15 MODELO DEL ETANOL

⁴⁵ <http://umeet.uninet.edu>

⁴⁶ McFee, Donald R. Fundamentals of Industrial Hygiene, 3rd Edition. USA. Ed. Barbara A. Plog, Publ. National Safety Council.1988. p. 149.

El metanol (CH_3OH) es un líquido incoloro y volátil a temperatura ambiente. Por si mismo es inofensivo, pero sus metabolitos son tóxicos. Tiene una amplia utilización industrial como disolvente, utilizándose en la fabricación de plásticos, material fotográfico, componente de la gasolina, anticongelantes, líquido limpia cristales, líquido para fotocopias, limpiadores del hogar, etc. La intoxicación se produce generalmente por ingesta accidental o intencionada. También se han dado casos de intoxicación por adulteración de bebidas alcohólicas⁴⁷.

Cuando se ingiere, se absorbe rápidamente a partir del tracto gastrointestinal, y los niveles en sangre alcanzan su pico a los 30-60 minutos de la ingestión, dependiendo de la presencia o ausencia de comida. La intoxicación usualmente se caracteriza por un período de latencia (40 minutos a 72 horas), durante el cual no se observan síntomas. Esta fase se sigue de acidosis con anión gap elevado y de síntomas visuales.

Se clasifica a estos compuestos polares en base al número de grupos de hidroxilo y por la naturaleza de los radicales unidos a esos grupos. A los alcoholes monohídricos que contiene un sólo grupo de hidroxilo, se les conoce simplemente como alcoholes; los alcoholes dihidídricos tienen dos grupos hidroxilo y se les conoce como glicoles; a los alcoholes trihidídricos que tienen tres grupos hidroxilo, se los llama gliceroles o polioles.

1.8.8.1 EFECTOS TÓXICOS DE LOS ALCOHOLES

Los alcoholes se destacan por su efecto sobre el sistema nervioso central e hígado, pero varían ampliamente en su grado de toxicidad.

El metanol ha sido responsable de varios casos fatales en la industria y de daños fisiológicos. Se destaca especialmente por el deterioro de la visión, incluyendo

⁴⁷ <http://umeet.uninet.edu>

lesión sobre el nervio óptico. Produce metabolitos tóxicos en forma lenta, por esta razón tiene una toxicidad crónica mayor que el etanol.

El etanol es un alcohol alifático importante. En la industria se emplea en su forma desnaturalizada. Se metaboliza rápidamente, convirtiéndose principalmente en dióxido de carbono y es el menos tóxico de los alcoholes. Cualquier acción tóxica puede ser atribuible con mayor posibilidad a los desnaturalizantes. Los efectos indeseables del etanol están relacionados en forma primaria con su uso excesivo, lo que afecta la seguridad física del bebedor y puede sincopizar los efectos de otros disolventes o medicamentos.

Pequeñas cantidades de alcohol estimulan, cantidades mayores, deprimen, y una sobredosis puede provocar pérdidas del conocimiento y aún la muerte. Niveles en sangre de hasta 100 mg. de etanol por 100 ml. de sangre producen exaltación y este nivel se alcanza en una persona de 73 kg. luego de haber ingerido 130 ml de whisky o su equivalente alcohólico. En el lenguaje legal, si la concentración en sangre es de 10% la persona está bajo la influencia del alcohol y si está manejando un automóvil, puede ser multado por manejar en estado de ebriedad. El National Council Of Alcoholism considera una persona intoxicada cuando el tenor de alcohol en su sangre es de 150 mg. por 100 ml. de sangre o 0.15%. Es probable que niveles de en sangre en 50% provoquen la muerte y por encima de un nivel 10% produzcan un deterioro progresivo de la coordinación muscular y del razonamiento, lo que hace peligrosa la conducción de vehículos.

El metabolismo del metanol comprende la formación de formaldehído por una oxidación catalizada a través de la alcohol-deshidrogenasa. El formaldehído es 33 veces más tóxico que el metanol, pero es rápidamente convertido a ácido fórmico, que es 6 veces más tóxico que el metanol. Los niveles de ácido fórmico se correlacionan con el grado de acidosis y la magnitud del anión gap. También la mortalidad y los síntomas visuales se correlacionan con el grado de acidosis. El 3-5% se excreta por el pulmón y el 12% por vía renal. La vida media es de unas 12

horas, que puede reducirse a 2.5 mediante hemodiálisis. La eliminación sigue una cinética de primer orden a bajas dosis y durante la hemodiálisis, mientras que sigue una cinética de orden cero a altas dosis.

Se piensa que el ácido fórmico es el responsable de la toxicidad ocular asociada a la intoxicación por metanol, por inhibición de la citocromo oxidasa en el nervio óptico. Tanto el ácido fórmico, como el ácido láctico, parecen ser los responsables de la acidosis metabólica y del descenso del bicarbonato.

El metanol afecta principalmente al SNC, produciendo deterioro del nivel de consciencia, convulsiones y coma. La dosis tóxica es de 10-30 ml, considerándose potencialmente letal una dosis de 60-240 ml; los niveles plasmáticos tóxicos son superiores a 0.2 g/l, y potencialmente mortales los que superan 1 g/l.

El isopropanol es un alcohol alifático ampliamente usado en la industria, en medicina y en el hogar, como alcohol para frotar, loción cutánea, tónicos para el cabello, lociones para después del afeitado y líquidos limpia cristales. Al igual que el metanol, en ocasiones es ingerido por algunos alcohólicos, por ser más barato que el etanol.

Se absorbe fácilmente a partir del tracto gastrointestinal, alcanzando el nivel pico en plasma, una hora después de la ingestión. Se han comunicado también absorciones importantes a través de la piel y por vía inhalatoria en estancias poco ventiladas.

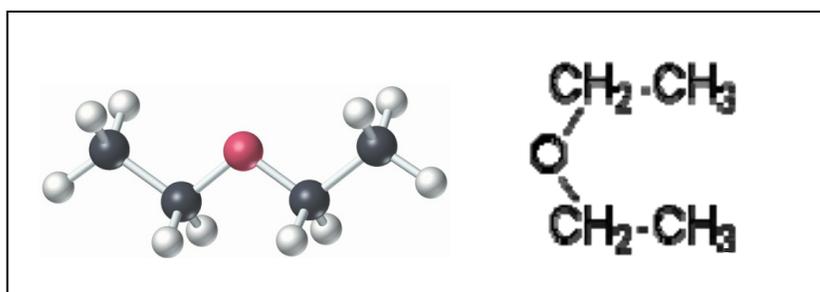
Tiene un volumen de distribución de 0.6-0.7 l/Kg. Se metaboliza siguiendo una cinética de primer orden, con una vida media de 2.5 a 3 horas. Es más tóxico que el etanol, pero menos que el metanol.

Alrededor del 15% de la dosis ingerida se metaboliza a acetona por oxidación, por lo que aparece cetonuria. El 20-50% se excreta sin transformar por el riñón. La dosis letal está en torno a los 240 ml, y pueden aparecer signos de intoxicación con ingestiones de tan solo 20 ml. Niveles sanguíneos de 150 mg/dl producen coma, y niveles por encima de 200 mg/l, pueden producir la muerte, en pacientes que no reciben tratamiento en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI). Con el uso de hemodiálisis se ha conseguido la supervivencia en pacientes con niveles sanguíneos por encima de 500 mg/dl.

El propanol es metabolizado a productos derivados tóxicos y es un tóxico sistémico más potente que el etanol, pero menos que los homólogos de mayor peso molecular. El isopropanol o el n-propanol no son considerados como peligros industriales, salvo por su capacidad para eliminar grasa de la piel. Los homólogos de mayor peso molecular son en general más narcóticos irritantes y tóxicos que los homólogos menores.

1.8.9 ÉTERES

Están constituidos por 2 grupos hidrocarbonados unidos por un átomo de oxígeno. Se preparan combinando 2 moléculas del alcohol correspondiente. Si se les compara con los alcoholes los éteres se caracterizan por su mayor volatilidad menor solubilidad en agua y por una mayor capacidad disolvente para aceites y grasas.



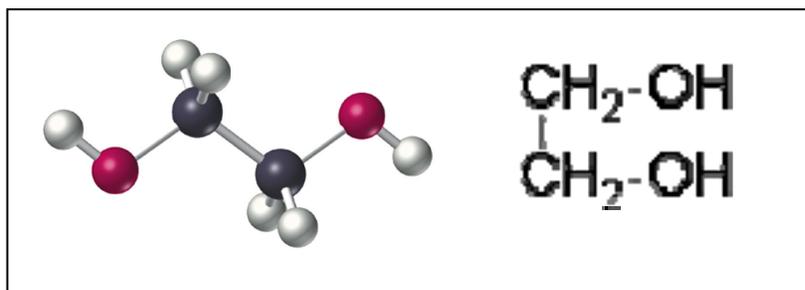
ILUSTRACION 1.16 MODELO DEL ÉTER ETÍLICO

Debido a su estabilidad y facilidad de recuperación, son ampliamente usados en procesos de extracción. Las mezclas de éteres alquílicos de bajo peso molecular con alcoholes, son disolventes muy eficaces para éteres de celulosa. Los llamados epóxidos (éteres cíclicos) difieren de otros éteres que son inertes, por que son químicamente muy activos debido a la inestabilidad de los anillos de tres átomos. Dado que los epóxidos reaccionan con el átomo de hidrógeno lábil (inestable) del agua, alcoholes, aminas y sustancias similares, constituyen un grupo muy amplio de importantes compuestos industriales⁴⁸.

La reacción primaria de los éteres alquílicos saturados y no saturados, como el éter etílico y divinílico, es anestésica, así como también irritante de las mucosas. Sin embargo, el peligro mayor para la seguridad con los éteres, es su tendencia a formar peróxidos explosivos. Debe tenerse cuidado en evitarlo. Generalmente, los éteres halogenados son muy tóxicos.

1.8.10 GLICOLES

Al igual que los celosolves y los carbitoles, son líquidos incoloros de olor suave. Son miscibles con la mayoría de los líquidos, debiendo esta amplia solubilidad a la presencia de grupos hidróxilo, éter y alquilo en la molécula. Los éteres di-alquil glicol son éteres puros con un olor suave y agradable. Los mejores disolventes para resinas y aceites son los monoéteres. Como regla, estos compuestos son más volátiles que los monoéteres al mismo punto de ebullición. Los glicol éteres tiene efectos sobre el cerebro, sangre y riñones.



ILUSTRACION 1.17 MODELO DEL ETILEN GLICOL

⁴⁸ <http://www.pharmaportal.com.ar/>

1.8.10.1 EFECTOS TÓXICOS DE LOS GLICOLES

El más tóxico de las sustancias mencionadas en el punto anterior es el monometil éter del etilen-glicol que es rápidamente absorbido por la piel y se destaca por provocar síntomas neurológicos que incluyen alteraciones en la personalidad. Por otra parte, el monoetil éter del etilen-glicol es definitivamente menos tóxico que el monometil éter del etilen-glicol o el monobutil éter del etilen glicol, existiendo escasa evidencia de enfermedad industrial o daño provocado por el uso monoetil éter del etilen glicol. es un líquido incoloro, inodoro y no volátil. Puede ser ingerido por vía oral de forma accidental o con intención suicida, o como sustituto del alcohol por bebedores crónicos. La dosis tóxica es de 50-100 ml, y por encima de 100 ml, se considera potencialmente mortal. Se consideran concentraciones plasmáticas tóxicas las que superan los 0.5 g/l, y potencialmente mortales las que superan los 2 g/l. El etilenglicol tiene un amplio uso industrial como disolvente, detergente, y anticongelante.

La toxicidad del etilenglicol se debe a sus metabolitos más que al producto inicial en si. Una vez ingerido, el etilenglicol se absorbe rápidamente y se distribuye por todo el cuerpo, alcanzando el nivel pico en 1-4 horas. El primer paso metabólico es la oxidación a alcohol aldehído por la alcohol deshidrogenasa. El alcohol aldehído se oxida rápidamente a ácido glicólico, que posteriormente se oxida a ácido glioxílico. Este último, que es el metabolito más tóxico del etilenglicol, tiene una vida media muy corta, con varios pasos metabólicos posteriores, hasta llegar al ácido fórmico como producto mayor del metabolismo. El signo típico de intoxicación es la acidosis metabólica con aumento del vacío aniónico y osmolar. A la acidosis contribuyen varios factores, incluyendo los ácidos anteriormente citados y el láctico. El ácido oxálico produce depresión miocárdica y necrosis tubular aguda. El alcohol aldehído, y los ácidos glicólico y glioxílico pueden contribuir a la depresión del SNC y a la toxicidad renal, con hemorragias focales, necrosis cortical, dilatación de túbulos proximales y formación de cristales de oxalato cálcico. La quelación del calcio por el ácido oxálico, produce hipocalcemia.

Otras alteraciones que produce el tóxico son: edema pulmonar difuso, bronconeumonía hemorrágica focal, degeneración grasa del hígado y músculo estriado, petequias en la piel, etc.

Muchos derivados del dietilenglicol se encuentran disponibles en la industria y en el hogar, ya que se utiliza como disolvente y anticongelante. Se absorbe por vía oral y a través de la piel dañada, provocando insuficiencia renal aguda. Ha sido causa de numerosas muertes por adulteración de vinos. No se ha demostrado la presencia de cristales de oxalato cálcico en el riñón, pero los hallazgos patológicos encontrados en él, son muy parecidos a los hallados en hígado, pulmones, corazón y meninges.

El dietilenglicol y sus ésteres simples, contienen en su estructura un enlace éster estable, que es resistente al metabolismo hacia oxalato y formato, lo que explica que sea raro el hallazgo de acidosis metabólica. Sin embargo, este enlace éster del dietilenglicol y otros glicoles, se asocia con mayor grado de lesión renal.

El propilenglicol se ha presentado como un compuesto inocuo, y así se ha autorizado su utilización como disolvente en alimentos y ciertas drogas. Se absorbe mal por vía oral y a través de piel intacta. A pesar de ello puede provocar fracaso renal agudo y depresión del SNC. Además, produce acidosis láctica y aumento del anión gap.

Los glicoles tienen presiones de vapor bajas y, por lo tanto, no han constituido desde en punto de vista de su inhalación, un problema industrial. Aquellas intoxicaciones que han ocurrido se debieron en general a la ingestión, siendo el riñón el principal órgano afectado.

Sin embargo, debido a las bajas presiones de vapor, las exposiciones por inhalación, no se producen a menos que el material sea calentado o pulverizado. En estas circunstancias las nieblas y vapores son irritantes.

1.8.11 ALDEHÍDOS

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

Las afirmaciones anteriores solo señalan los efectos tóxicos generales con el objeto de ayudar a la determinación del peligro potencial y para establecer un marco de referencias. Los efectos reales producidos por un disolvente específico o por una mezcla de disolventes pueden variar en forma considerable según se indico en los párrafos iniciales. Dentro de cada clase parecen existir uno o más disolventes específicos que son, sin ninguna duda, más peligros que sus homólogos.

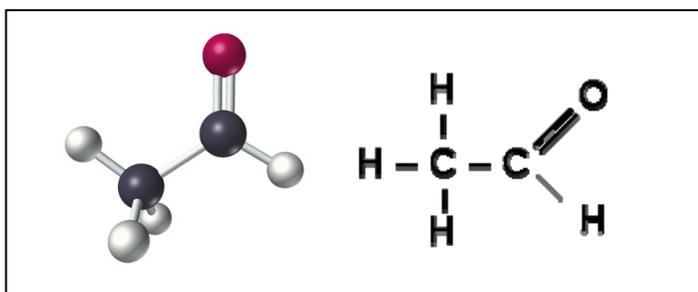


ILUSTRACIÓN 1.18 MODELO DEL ACETALDEHÍDO

<p style="text-align: center;">Hidrocarburos Alifáticos (Acíclicos)</p> <p>Cadenas rectas o ramificadas de carbono e hidrogeno</p> $ \begin{array}{cccccc} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & & & & & \\ \text{H} & - \text{C} & - \text{H} \\ & & & & & & \\ & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \end{array} $ <p>Hexano – 100 ppm Bencina – 500 ppm Disolventes Minerales – 500 ppm</p>	<p style="text-align: center;">Hidrocarburos Aromáticos</p> <p>Contienen un anillo de seis carbonos con un hidrogeno por carbono, unidos mediante energía proveniente de varias formas resonantes.</p> $ \begin{array}{ccc} & \text{H} & \text{H} \\ & & \\ & \text{C} & - \text{C} \\ & // & \backslash \\ \text{H} - & \text{C} & & \text{C} - \text{H} \\ & \backslash & / \\ & \text{C} & = \text{C} \\ & & \\ & \text{H} & \text{H} \end{array} $ <p>Benceno – 10 ppm Tolueno – 100 ppm Xileno – 100 ppm</p>
<p style="text-align: center;">Hidrocarburos Cíclicos (Cicloparafinas, Naftalenos)</p> <p>Estructura cíclica saturada y no saturada con hidrogeno.</p> $ \begin{array}{ccc} & \text{H} & & \text{H} \\ & & & \\ & \text{C} & - & \text{C} \\ & & & \\ & \text{H} & & \text{H} \\ & / & & \backslash \\ \text{H} - & \text{C} & - & \text{H} & & \text{H} - \text{C} - \text{H} \\ & \backslash & & / & & \backslash \\ & \text{H} & & \text{H} & & \text{H} \\ & & & \\ & \text{C} & - & \text{C} \\ & & & \\ & \text{H} & & \text{H} \end{array} $ <p>Ciclohexano – 300 ppm Trementina – 100 ppm</p>	<p style="text-align: center;">Hidrocarburos Halogenados</p> <p>En el hidrocarburo un átomo de halógeno remplaza a uno o mas átomos de hidrogeno.</p> $ \begin{array}{c} \text{Cl} \\ \\ \text{Cl} - \text{C} - \text{Cl} \\ \\ \text{Cl} \end{array} $ <p>Tetraclorometano – 10 ppm 1,1,1, Tricloroetano – 350 ppm Tricloro trifluoroetano – 1000 ppm</p>
<p style="text-align: center;">Hidrocarburos Nitrados (Contienen un grupo NO₂)</p> $ \begin{array}{ccc} & \text{H} & \text{H} & & \text{O} \\ & & & & / \\ \text{H} - & \text{C} & - \text{C} & - \text{N} & \backslash \\ & & & & \text{O} \\ & \text{H} & \text{H} & & \end{array} $ <p>Nitroetano – 100 ppm</p>	

ILUSTRACIÓN 1.19 PRINCIPALES DISOLVENTES ORGÁNICOS

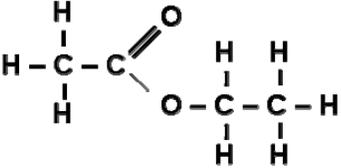
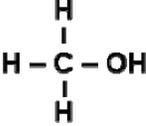
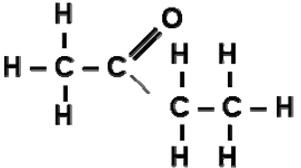
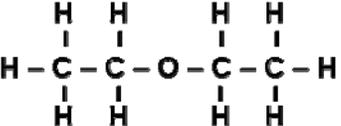
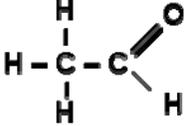
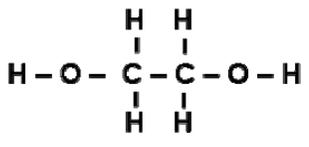
<p style="text-align: center;">Esteres</p> <p>Formados por interacción de un ácido orgánico con un alcohol.</p>  <p>Acetato de Etilo – 400 ppm Acetato de Amilo – 100 ppm</p>	<p style="text-align: center;">Alcoholes</p> <p>Contienen un solo grupo –OH</p>  <p>Metanol – 200 ppm Etanol – 1000 ppm Propanol – 200ppm</p>
<p style="text-align: center;">Cetonas</p> <p>Contienen el grupo con doble unión C=O, con dos grupos hidrocarburo unido al átomo del carbono.</p>  <p>Metil Etil Cetona – 200 ppm Acetona – 1000 ppm</p>	<p style="text-align: center;">Éteres</p> <p>Contienen la unión C – O – C</p>  <p>Éter etílico – 400 ppm Éter isopropílico – 250 ppm Monometil éter del etilen glicol – 25 ppm</p>
<p style="text-align: center;">Aldehídos</p> <p>Contienen el grupo carbonilo con doble unión C=O, con un solo grupo hidrocarburo unido al átomo de carbono,</p>  <p>Acetaldehído – 100 ppm</p>	<p style="text-align: center;">Glicoles</p> <p>Contienen dos grupos - OH</p>  <p>Etilen Glicol (1-2 etanodiol) - 100 ppm</p>

ILUSTRACIÓN 1.19 PRINCIPALES DISOLVENTES ORGÁNICOS (CONTINUACIÓN)

CAPÍTULO 2.

RECONOCIMIENTO DE LOS DISOLVENTES ORGANICOS.

El reconocimiento de los peligros potenciales, referentes a los disolventes orgánicos incluye el conocimiento de los procesos de operaciones de trabajo, el mantenimiento de un inventario de los agentes físicos y químicos asociados con los procesos de producción, la revisión periódica de las distintas tareas que se realizan en una área de trabajo y el estudio de la efectividad de las medidas de control existentes¹.

En los procesos industriales continuamente se introducen y usan nuevos agentes físicos y químicos. El profesional de prevención de accidentes debe estar alerta y determinar la naturaleza potencialmente peligrosa de estos agentes antes de que sean usados.

Este profesional responsable del mantenimiento de un trabajo seguro y saludable, debe estar muy bien enterado de la presencia de sustancias químicas peligrosas que puedan encontrarse en el ambiente industrial del cual esta a cargo (ver Ilustración 2.1).



ILUSTRACION 2.1 INVENTARIO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS

¹ Olishifski, Julian B. and McElroy. Fundamentals of Industrial Hygiene, Chicago. Ed. Frank E. Publ. National Safety Council, 1988. p. 629

Si en una planta se va emplear una sustancia peligrosa es necesario que el profesional de prevención de accidentes considere: a) todos lo imprevistos que puedan ocurrir; y, b) las precauciones necesarias para prevenir la liberación inadvertida de materiales tóxicos a la atmósfera.

Desde el punto de vista de la higiene industrial se realiza una apreciación del ambiente de trabajo para definir la exposición de los trabajadores a una agente de riesgo.

Aunque los peligros ocasionados por materias primas o productos pueden predecirse a partir de los resultados de tests de toxicidad en animales, muchas de las sustancias que han sido desarrolladas para usos en la industria carecen de una evaluación adecuada de sus posibles efectos nocivos. El tipo de acción, vía de absorción y órgano blanco deben ser definidos y reconocida la posibilidad de sus efectos en especies animales y en el hombre.

Es importante reconocer que la toxicidad de una sustancia no es necesariamente el factor mas importante en la determinación del grado del peligro para la salud asociado con el uso de ese material. La naturaleza del proceso en el que se emplea o genera esa sustancia, como la posibilidad de reacción con otros agentes (físicos o químicos), el grado de control efectivo de la ventilación, el grado de aislamiento y la duración de exposición se relacionan con el peligro potencial asociado con el uso de ese material. También debe considerarse el tipo y grado de respuesta tóxica provocada por la sustancia tanto en el trabajador promedio como en el hiper susceptible².

2.1 MATERIAS PRIMAS

Para identificar los factores ambientales peligrosos, un profesional de prevención de accidentes debe conocer primero cuales son las materias primas usadas y la

² Olishifski, Julian B. and McElroy. Fundamentals of Industrial Hygiene, Chicago. Ed. Frank E. Publ. National Safety Council, 1988. p. 29

naturaleza de los productos y subproductos manufacturados. A veces esto requiere un esfuerzo considerable. También debe tenerse en cuenta la presencia de posibles impurezas en las materias primas tales como el benceno en algunos disolventes.



ILUSTRACION 2.2 INVENTARIO DE MATERIAS PRIMAS

2.2 SUBPRODUCTOS

Los subproductos, intermediarios y productos finales formados a partir de las materias primas pueden ser causas de peligros potenciales. Es posible que resulte difícil establecer la identidad de los intermediarios químicos formados en el proceso y sus propiedades toxicológicas. Pueden producirse subproductos químicos indeseables como monóxido de carbono en una combustión incompleta de materia orgánica. Cualquier proceso que incluye la combustión de materia orgánica es una fuente potencial de contaminación con monóxido de carbono.

También puede producirse en forma inadvertida la descomposición de productos químicos dando origen a sustancias más tóxicas o más irritantes. Probablemente el mejor ejemplo de este tipo sea la generación de cloruro de hidrógeno gaseoso en las operaciones de soldadura de arco llevadas a cabo cerca de un

desengrasante que contiene hidrocarburo clorado, disolvente tal como tricloroetileno o percloroetileno³.



ILUSTRACION 2.3 PROCESO DE SOLDADURA

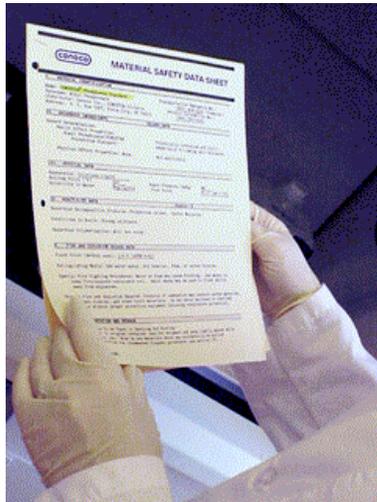
2.3 LISTA DE MATERIALES

En toda planta deben prepararse una lista completa de materias primas que se usan en ella junto con las que se prevé usar en un futuro próximo. Posiblemente la mejor fuente de información referente a estos materiales es el proveedor⁴ (ver ilustración 2.4). En consecuencia se recomienda establecer una estrecha relación entre el proveedor y el personal del departamento medico y de prevención de accidentes de modo que sea posible tener disponible la información relativa a los materiales en uso y aquellos que vayan a ser empleados en el futuro. Cualquier material puede ser manejado con seguridad si se observan los procedimientos y medidas de protección adecuados.

Es necesario ser cauteloso cuando se aplica la información proporcionada por un proveedor al producto suministrado por otro.

³ Olishifski, Julian B. and McElroy. Fundamentals of Industrial Hygiene, Chicago. Ed. Frank E. Publ. National Safety Council, 1988. p. 530.

⁴ Introducción al reconocimiento, evaluación y control de agentes químicos. Única edición. México. Editado por la Coordinación General de Comunicación Social del Instituto Mexicano del Seguro Social. 2000. p.11



ILUSTRACION 2.4 ESPECIFICACIONES DE LOS INSUMOS

Si se van a tomar muestras de aire para determinar niveles de exposición probablemente sea necesario conocer los nombres exactos de las sustancias químicas presentes en el producto para poder determinar los procedimientos de muestreo y de análisis apropiados. Cuando se emplean sustancias puras o comunes la identificación puede ser fácil; en cambio, cuando se emplean mezclas de sustancias, como pueden ser productos con nombre comercial, puede resultar más difícil.

2.4 PROCEDIMIENTOS BÁSICOS PARA EL RECONOCIMIENTO DE PELIGROS.

Prácticamente, todo lugar de trabajo tiene peligros ambientales potenciales o reales que pueden ser reconocidos, medidos y controlados. Primero, se debe considerar las materias primas, el grado de peligro para el trabajador y el potencial de ese material para causar daño (ver ilustración 2.5). A continuación debe considerar como se modifican esas materias primas durante las etapas intermedias y finalmente, examinar el producto para determinar cualquier posible efecto nocivo en el trabajador⁵.

⁵ Olishifski, Julian B. and McElroy. Fundamentals of Industrial Hygiene, Chicago. Ed. Frank E. Publ. National Safety Council, 1988. p. 531

Cada etapa, desde la materia prima hasta el producto final, debe ser evaluada bajo condiciones normales y también bajo posibles condiciones de emergencia.



ILUSTRACION 2.5 SUSTANCIA ALTAMENTE INFLAMABLE.

Los procedimientos básicos para reconocimiento de peligros son similares, ya se trate de un agente químico, físico o biológico.

Para el reconocimiento de peligros ambientales para la salud puede seguirse un procedimiento básico y sistemático. Deben obtenerse respuestas para las preguntas siguientes:

- ¿Qué se está produciendo?
- ¿Qué intermediarios se forman en el proceso?
- ¿Qué subproductos se generan?

Para cada contaminante que resulte como respuesta de la lista anterior se debe determinar la norma OSHA o NOM sobre exposición permisible u otra guía para exposiciones seguras basadas en los efectos toxicológicos de la sustancia; se debe comprender el proceso industrial suficientemente bien para ver donde se

liberan contaminantes del aire y donde y por cuanto tiempo están expuestos los trabajadores (ver ilustración 2.6).



ILUSTRACION 2.6 PREPARACIÓN DE PINTURAS

Algunos de los factores que provocan variaciones en el grado de peligro son las modificaciones del proceso, las corrientes de aire en un local, tal vez en las prácticas de trabajo y modificaciones en la velocidad de emisión de un contaminante.

Deben determinarse las exigencias de las horas extras, a modo de incluir en la evaluación, los efectos de la exposición de los trabajadores a los peligros para la salud.

2.5 DESCRIPCIÓN DE PROCESOS U OPERACIONES

El grado de peligro depende del nivel o concentración y duración de la exposición, por lo tanto, se necesita conocer el proceso industrial. El personal de ingeniería de planta debe ser consultado para obtener información sobre condiciones operativas anormales y otros factores que afectan a las exposiciones⁶.

Existen diversos tipos de operaciones industriales que deberían despertar una sospecha inmediata sobre su peligro potencial para la salud, a menos que se

⁶ Introducción al reconocimiento, evaluación y control de agentes químicos. Única edición. México. Editado por la Coordinación General de Comunicación Social del Instituto Mexicano del Seguro Social. 2000. p.11

posea la información específica o que el proceso este controlado en forma adecuada.

Luego de que el profesional de prevención de riesgos haya preparado una lista de procesos u operaciones que produzcan contaminantes peligrosos del aire, debe determinar que operaciones producen condiciones que puedan provocar exposiciones peligrosas y que necesitan un mayor estudio.

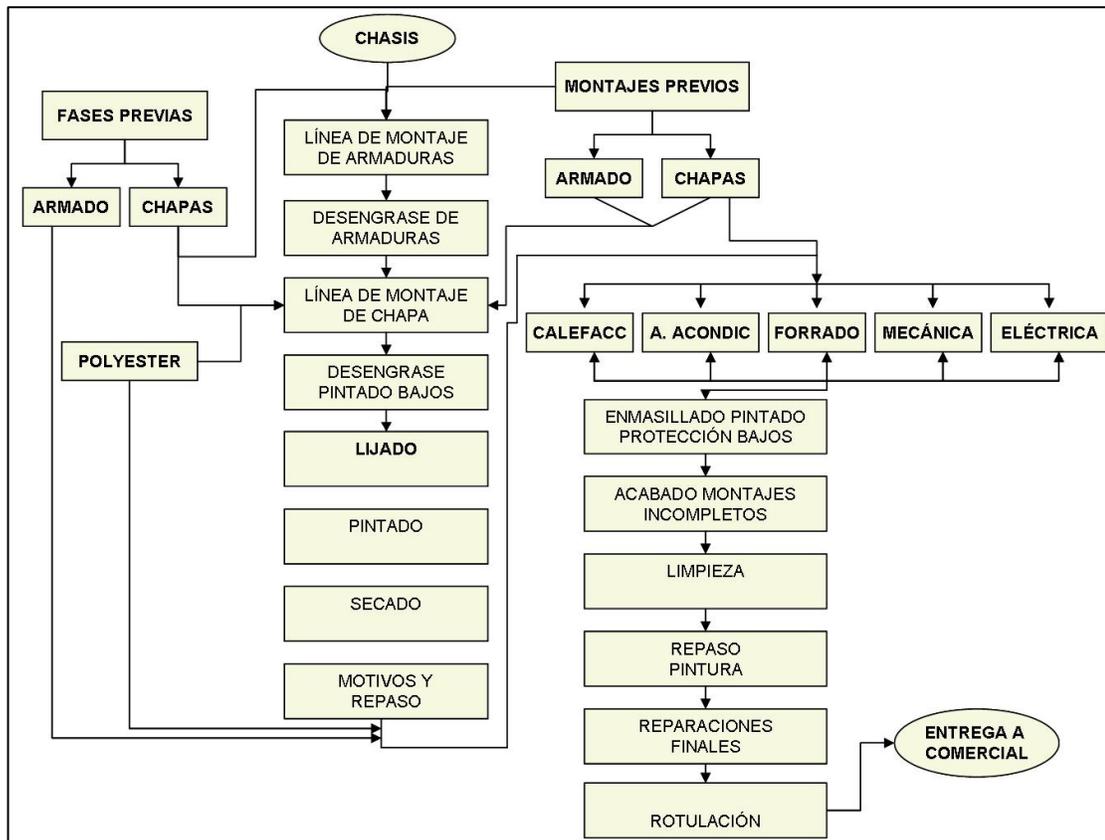
2.5.1 DIAGRAMA DE FLUJO O DE PROCESO

Puede diseñarse un sencillo diagrama de flujo del proceso (ver ilustración 2.7) que muestre, paso a paso la introducción de cada material y el producto de cada etapa⁷. Se debe obtener y estudiar estos diagramas y los procedimientos operativos estándares que describen las operaciones particulares empleadas, ya que ellos no sólo proporcionan una buena descripción de las operaciones generales usadas, sino que también sirven de excelente fuente de información acerca de la terminología empleada en esa industria. En muchas operaciones industriales pueden existir simultáneamente distintos peligros. Por lo tanto, es necesario examinar cuidadosamente el proceso total para no pasar por alto condiciones potencialmente peligrosas.

Es importante identificar los contaminantes del aire producidos y señalar la ubicación del personal que puede estar expuesto a ellos. Las operaciones repetitivas en las que un trabajador permanece en una ubicación y repite la misma tarea pueden resultar fáciles de definir. El proceso de identificación incluye la medición del esquema de tiempo de cada ciclo de operación señalando cuando se producen los contaminantes y luego contando el número de ciclos por turno de trabajo.

⁷ Introducción al reconocimiento, evaluación y control de agentes químicos. Única edición. México. Editado por la Coordinación General de Comunicación Social del Instituto Mexicano del Seguro Social. 2000. p.11.

Las empresas de procesos químicos que incluyen la fabricación de grandes volúmenes de sustancias usan sistemas cerrados.



ILUSTRACION 2.7 DIAGRAMA DE PROCESO DE HISPANO-CARROCERÍAS.

Cuando los contaminantes no son liberados habitualmente a la atmósfera podemos suponer que la exposición a contaminantes del aire en las áreas de trabajo se deben principalmente a:

- Pérdidas o fugas en las uniones, cerramientos y otros componentes del sistema que normal y funcionalmente son parte de un sistema cerrado.
- Liberación intencional de contaminantes en puntos de ventilación.
- Acumulación de gases provenientes de algún proceso.
- Liberación accidental debido a un mal funcionamiento o fallas del equipo.

2.5.2 LISTAS DE VERIFICACIÓN

En esta sección se presenta una lista de verificación para evaluar los peligros ambientales que surgen de las operaciones industriales. Puede ser modificada para ajustarse a cada situación particular.

Para el proceso u operación total enumerará todos los agentes químicos o físicos peligrosos empleados o formados durante el proceso. Para cada agente químico o material:

- Enumerar las condiciones necesarias para que sea liberado a la atmósfera del lugar de trabajo.
- Enumerar los niveles de concentración de contaminantes del aire del lugar de trabajo.
- Verificar si es necesario contar con extintores, equipos protectores respiratorios camillas u otros equipos semejantes.
- Para todas las materias primas usadas en el proceso considerar las reacciones químicas que podrían tener lugar y originar otros materiales tóxicos.
- Enumerar los niveles de aquellos agentes físicos que normalmente pueden estar presentes.
- Para el equipo empleado en el proceso enumerar aquellas partes que contienen suficiente material capaz de constituir un peligro si su contenido se libera la ambiente.
- Enumerar las partes del equipo que pueden producir niveles peligrosos de agentes físicos
- Enumerar la maquinaria y equipo que puede producir concentraciones peligrosas de contaminantes

- Enumerar los equipos empleados en el proceso que contiene componentes capaces de presentar fugas de materiales peligrosos.

Las operaciones del proceso que requieren estudio detallado deben considerar las siguientes cuestiones:

Para cada parte del equipo empleado:

- ¿Cuáles son los servicios requeridos?
- ¿Qué podría suceder si uno de esos servicios se interrumpiera en forma intempestiva y permanente? ¿Y si se interrumpiera temporalmente?
- ¿Qué podría suceder si se interrumpiera el flujo de una o más de las vías del proceso que entran o salen del equipo? ¿Qué pasaría si el flujo fuera el doble del calculado? ¿Qué podría suceder si las conexiones normales de salida del equipo se obstruyeran? ¿Puede cortarse el suministro de los fluidos inflamables que alimentan las unidades de protección desde una distancia segura en caso de incendio u otra emergencia?
- En caso de una fuga pequeña ¿Qué le pasaría al material liberado? ¿Significaría un peligro ambiental para la salud? ¿Durante cuánto tiempo podría existir la pérdida antes de ser detectada? ¿Esta fuga aceleraría la corrosión en las fallas de recipiente o del equipo?
- En el caso de que llegase a fallar el recipiente ¿Cómo se podría retener el contenido? Si fuera volátil ¿Qué se podría hacer para reducir y controlar su vaporización?
- ¿Cuál sería el efecto de una sobre presión? Si el recipiente está protegido por válvulas de seguridad para sobre presiones ¿Dónde se liberaría el material? ¿Cuál sería el resultado de un sobrecalentamiento? ¿El recipiente podría ser rodeado por material en combustión debido a fallas en otro equipo del área?

- ¿Qué error del operador o fallas del instrumento pueden llegar a provocar la liberación accidental del contenido del recipiente?

Para instrumentación que maneja sustancias peligrosas:

- ¿Qué pasaría si hubiera una pérdida de potencia o falta de fuerza motriz en un instrumento o grupo de instrumentos? ¿En todos los instrumentos? ¿Qué posición adoptaría la válvula de control? ¿sería esta la mejor posición a prueba de fallas para reducir el peligro?
- Para cada instrumento ¿Qué pasaría en caso de fallas del sensor? En caso de que se traben las válvulas ¿el operador sería advertido a tiempo para tomar una medida correctora? En caso de una situación de emergencia ¿Resultaría claro para el operador cuál es la acción correctora que necesita o la situación puede ser manejada mediante dispositivos automáticos incluidos en el sistema?

Para los sistemas recolectores de materiales, como ventilación industrial o equipo de prevención de contaminación (barredoras, campanas, conductos, sopladores, colectores, incineradores de combustión etc.):

- La capacidad del sistema ¿es adecuada para prevenir concentraciones peligrosas de contaminantes nocivos del aire en el ambiente de trabajo en las condiciones operativas normales? ¿Qué condiciones anormales de la planta pueden imponer la mayor carga sobre el equipo? ¿Por cuánto tiempo pueden persistir estas condiciones anormales? ¿Cuáles serían los efectos causados al sistema bajo estas condiciones de aumento o disminución del flujo? ¿el sistema sería adecuado?
- ¿Qué le sucedería al dispositivo colector si ocurriera un incendio? ¿podría incendiarse? ¿Qué sucedería entonces?

- Luego que se han estudiado estas consideraciones e instaurado las medidas de prevención apropiadas, es necesario instruir al personal de mantenimiento acerca de la adecuada operación de las medidas de control de salud y seguridad. Sólo de esta manera el personal podrá comprender los posibles peligros que puedan existir y las razones para la inclusión de ciertas características de seguridad.

El personal operativo y de mantenimiento debe fijar un procedimiento de rutina para probar las medidas de control de prevención de accidentes, seguridad e higiene industrial, que no son usadas en las operaciones normales, comunes de la planta.

2.6 CRITERIO INICIAL

La estimación del peligro potencial para la salud de los trabajadores requiere un criterio inicial. El cual generalmente es un cálculo simple que puede basarse en factores como las propiedades de las sustancias que se procesan, del tamaño del lugar de trabajo, la cantidad y tipo de ventilación y de la proximidad a la fuente de contaminación⁸ (ver ilustración 2.8).



ILUSTRACION 2.8 PROCESO DE FUMIGACIÓN.

⁸ Olishifski, Julian B. and McElroy. Fundamentals of Industrial Hygiene, Chicago. Ed. Frank E. Publ. National Safety Council, 1988. p. 538.

2.6.1 CONDICIONES MÁS ADVERSAS

Cuando las variaciones en las operaciones hacen difícil definir la exposición típica pueden elegirse las condiciones más adversas para representar el tiempo más prolongado de exposición a la mayor concentración esperada del contaminante en el aire. Este esquema proporciona un punto de partida conveniente para comparar las exposiciones de los trabajadores. Si el criterio o determinación inicial muestra que en las condiciones más adversas no hay peligro para la salud, entonces no se producirán inconvenientes con otras exposiciones menores. Si en las condiciones, más adversas de exposición se den las normas, deben prepararse informes por separado sobre los criterios iniciales para cualquier otro esquema individual de exposición que pueda encontrarse.

2.6.2 PROCEDIMIENTOS TÍPICOS

Cuando se investiga una situación en la que se emplean solventes en un lugar de trabajo (ver ilustración 2.9), deben determinarse las circunstancias en que se usan, el área de la superficie expuesta al solvente, las temperaturas del aire y del solvente, las medidas de control que se emplean, la proximidad de los trabajadores y otras condiciones que pueden afectar la exposición de los mismos. Se debe establecer la volatilidad relativa y las propiedades tóxicas, irritantes y narcóticas del disolvente. En base a estos hechos y a experiencias previas se puede juzgar si es necesario realizar una investigación más extensa. Una gran cantidad de exposiciones pueden clasificarse fácilmente como peligrosas o potencialmente peligrosas, mediante una inspección.



ILUSTRACIÓN 2.9 FOTOGRAFÍA DE UNA IMPRENTA

La determinación inicial asegura que la exposición al contaminante ha sido estudiada en forma detallada. En las apreciaciones hechas en esta etapa de reconocimiento debe usarse el sentido común.

2.7 ENCUESTA DE CAMPO

Una encuesta de las operaciones de trabajo generalmente se realiza para identificar peligros reales y potenciales para la salud que se pueden presentar bajo condiciones normales y anormales (ver ilustración 2.10). Las encuestas y estudios se efectúan para determinar: a) niveles de exposición a diversos contaminantes atmosféricos y agentes físicos; b) la efectividad de las medidas de control; c) investigar demandas; y, d) determinar su acuerdo con las reglamentaciones⁹.



ILUSTRACIÓN 2.10 IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS POTENCIALES

2.7.1 FINES

Una investigación se realiza para ubicar un peligro para la salud existente, de manera que se pueda tomar la medida correcta. La encuesta inicial se emplea para establecer una línea de base con la cual se podrán comparar y evaluar las condiciones seguras. Antes de realizar esta encuesta se debe estudiar el proceso para familiarizarse con las materias primas, equipos, subproductos, y productos. También deben estudiarse el flujo del proceso y las condiciones de presión y temperatura.

⁹ Introducción al reconocimiento, evaluación y control de agentes químicos. Única edición. México. Editado por la Coordinación General de Comunicación Social del Instituto Mexicano del Seguro Social. 2000. p.10.

Los procesos y las operaciones que se realizan sólo en forma intermitente pueden presentar alguno de los mayores peligros potenciales para la salud. Si el trabajo se efectúa en el turno nocturno o durante los fines de semana, debe realizarse una encuesta en esos periodos para establecer si hay algunas diferencias en las concentraciones de los contaminantes del aire durante la noche, en comparación con las operaciones normales diurnas. Debido a que la velocidad de producción puede diferir en forma significativa en el turno nocturno, las condiciones podrían ser mejores o peores.

2.7.2 INFORMACIÓN REQUERIDA

Durante la encuesta de campo las áreas de especial preocupación serán las que poseen:

- Ruido excesivo
- Calor excesivo
- Ventilación inadecuada
- Posiciones difíciles para el operador
- Exposición a la radiación
- Excesiva contaminación del aire

Los datos son recogidos para determinar la cantidad de sustancias químicas usadas o producidas, tiempo de exposición y número de trabajadores expuestos¹⁰. También se realizan observaciones acerca de los procedimientos de manejo, orden y limpieza y contacto potencial con la piel. Aunque la forma más común de entrada del contaminante al organismo es a través del tracto respiratorio, también puede penetrar por ingestión o absorción por la piel, como se menciona en el capítulo anterior.

¹⁰ Introducción al reconocimiento, evaluación y control de agentes químicos. Única edición. México. Editado por la Coordinación General de Comunicación Social del Instituto Mexicano del Seguro Social. 2000. p.11

2.7.3 PERCEPCIÓN SENSORIAL

Las operaciones que provocan polvos pueden ser fácilmente detectadas por medio de la vista, aunque esto no signifique necesariamente que sean las más peligrosas. La presencia de muchos gases y vapores pueden ser detectados por el sentido del olfato. Observadores entrenados son capaces de identificar un número limitado de vapores y gases de disolventes en un lugar de trabajo por su olor característico. Sin embargo muchos de estos gases pueden estar presentes en concentraciones muy superiores a los niveles permisibles y ser detectables por su olor. También se deben considerar las diferencias entre individuos, lo que puede ser un olor apenas perceptible para una persona puede resultar fuerte e inconveniente para otra. Por otra parte cuando se inhalan continuamente muchos vapores se fatiga el sentido del olfato haciendo que el olor sea una señal de alarma poco confiable o ineficaz.

A veces, durante la encuesta de campo si las concentraciones de contaminantes son muy bajas se puede decir que las mediciones cuantitativas son innecesarias. Sin embargo, en la mayoría de los casos, la concentración en el aire se determina tomando muestras del aire del lugar de trabajo para buscar el contaminante conocido.

Se debe identificar el equipo que puede producir niveles excesivos de algún contaminante, así como valorar el tipo de medidas de control en uso y su efectividad. Los controles incluyen ventilación local con extracción y ventilación general, dispositivos protectores respiratorios u otras medidas protectoras personales (ver ilustración 2.11).

Las medidas de control en uso pueden ser evaluadas mediante varias técnicas simples se puede estimar la ventilación por mediciones de velocidad en las aberturas de las campanas y el flujo de aire por tubos de humos. En todas las operaciones que se controlan por ventilación mecánica deben hacerse mediciones

de succión. Las guías generales para la efectividad de los controles incluyen la presencia o ausencia de polvos en pisos, orificios de los conductos, ventiladores que no están en funcionamiento y el comportamiento del trabajador con respecto a las medidas protectoras personales.



ILUSTRACION 2.11 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL.

Debe presentarse especial atención al orden y limpieza y medidas generales de mantenimiento que se proporcionan en las áreas de trabajo, así como en los contaminantes que se depositan sobre la cara o ropa de los trabajadores.

Debe tenerse en cuenta si es necesario o no el uso de equipo de protección personal y si se lo utiliza o no. También deben controlarse el empleo de campanas de extracción local y prestarse especial atención a los puntos de muestreo del proceso ya que es probable que los contaminantes del aire sean liberados en esos lugares.

CAPITULO 3.

EVALUACIÓN DE LOS DISOLVENTES ORGANICOS

Existen diferentes razones por las cuales se debe hacer una evaluación de los diversos agentes contaminantes, especialmente de los disolventes orgánicos que son el objeto de esta monografía, y que se encuentran dispersos en el ambiente laboral, y que son peligros reales o potenciales para la salud y bienestar de los trabajadores. Una de las razones por la cuales es necesario evaluar los contaminantes en el medio ambiente, es la de proporcionar a los ingenieros de diseño la información necesaria para programar en forma adecuada las medidas de control de ingeniería. Estas también requieren mediciones para determinar los efectos de los cambios en el proceso. Existen muchas otras razones para realizar mediciones ambientales: control de la contaminación del aire, control de proceso, etc. Sin embargo, las mediciones que realizan con el propósito de evaluar la exposición de los trabajadores son las de mayor interés, debido a que con esto se puede lograr la prevención de accidentes y/o enfermedades de trabajo.

3.1 MONITOREO

Es un programa continuo de observación, medición y aplicación de criterios, los cuales son necesarios para reconocer los peligros potenciales para la salud y juzgar la corrección de la protección¹. Implica el conocimiento de la existencia de

¹ Olishifski, Julian B. and McElroy. Fundamentals of Industrial Hygiene, Chicago. Ed. Frank E. Publ. National Safety Council, 1988. p. 629-650

los peligros potenciales para la salud y la determinación en forma continua de las medidas de control empleadas.



ILUSTRACION 3.1 EQUIPO DE MONITOREO

El monitoreo es mas que una simple toma de muestras de aire al que esta expuesto un trabajador, o al examen del estado medico del mismo, es una serie completa de acciones que permiten emitir un juicio sobre la corrección de la protección proporcionada a los trabajadores.



ILUSTRACIÓN 3.2 MONITOREO PERSONAL

En el monitoreo de la salud ocupacional generalmente se ocupan 4 sistemas: personal, ambiental, biológico, y medico.

3.1.1 MONITOREO PERSONAL

Es la medición de la exposición de un trabajador determinado a los contaminantes del aire. El dispositivo medidor un dosímetro, se coloca tan cerca como sea

posible de la puerta de entrada del contaminante al organismo². En el caso de un contaminante del aire tóxico por inhalación, dispositivo medidor se coloca cerca de la zona de respiración. Como en el caso del ruido, el dispositivo se coloca cerca del oído.

3.1.2 MONITOREO AMBIENTAL

Es la medición de las concentraciones de contaminantes en el área de trabajo³. El dispositivo medidor se coloca junto al puesto de trabajo habitual del operario. Luego se calcula o estima la concentración del contaminante en el aire.



ILUSTRACION 3.3 ANÁLISIS CON TUBOS COLORIMÉTRICOS.

3.1.3 MONITOREO BIOLÓGICO

Incluye la medición de variaciones en la composición de fluidos y tejidos corporales o del aire espirado para determinar la absorción excesiva de un

² Olishifski, Julian B. and McElroy. Fundamentals of Industrial Hygiene, Chicago. Ed. Frank E. Publ. National Safety Council, 1988. p. 629-650

³ Introducción al reconocimiento, evaluación y control de agentes químicos. Única edición. México. Editado por la Coordinación General de Comunicación Social del Instituto Mexicano del Seguro Social. 2000. p.

contaminante. Algunos ejemplos son: medición de plomo, cloruro, cadmio, mercurio, etc. En sangre o en orina para determinar una absorción excesiva del tóxico un ejemplo muy claro es la determinación de fenol en orina para estudiar el exceso de absorción del benceno⁴.



ILUSTRACIÓN 3.4 MONITOREO BIOLÓGICO EN TRABAJADORES (MUESTRAS DE SANGRE).

3.1.4 MONITOREO MEDICO

Se refiere al estudio de la respuesta del trabajador a un contaminante realizado por personal medico. Las respuestas biológicas humanas no son específicas por lo cual es necesario una cuantificación y verificación médica y ambiental para determinar si existe alguna relación causal entre una enfermedad de un trabajador y los contaminantes ambientales del lugar de trabajo.

3.1.5 GENERALIDADES

Si bien el concepto de muestreo de aire y el uso de los dispositivos de monitoreo pueden ser simples, los detalles de un buen programa de monitoreo pueden ser mal entendidos. El asesoramiento técnico de un higienista industrial puede ayudar

⁴ Olishifski, Julian B. and McElroy. Fundamentals of Industrial Hygiene, Chicago. Ed. Frank E. Publ. National Safety Council, 1988. p. 543.

a evitar una elección incorrecta de técnicas. Los errores en la interpretación de los datos de muestreo son comunes cuando este es conducido por personas cuyo entrenamiento en técnicas de muestreo de aire es limitado.

Cuando se confía en la lectura de un instrumento sin determinar primero su calibración y la reproducibilidad de su respuesta surgen problemas importantes.

Para una buena evaluación de la exposición es necesario un conocimiento suficiente de la operación o proceso, especialmente su magnitud relativa en un momento dado. Por ejemplo, las muestras tomadas durante una disminución de la producción darán resultados bajos y no deben considerarse representativas de las condiciones de exposición durante la operación normal.

Las concentraciones de contaminantes atmosféricos fluctúan según los ciclos del proceso o si se producen fugas o fallas en el funcionamiento del equipo. Para poder elegir el método de muestreo adecuado, el profesional de prevención de accidentes debe tener un detallado conocimiento de la naturaleza del contaminante en cuestión y de toda otra sustancia que pueda estar presente en la atmósfera. El método de muestreo empleado deberá proporcionar una medida en espacio y tiempo válido y confiable de la concentración del contaminante del aire.

3.2 DEFINICIONES BÁSICAS

Esta etapa de la evaluación manejaremos algunos términos complejos, por lo cual es necesario estandarizar el significado de cada uno de ellos ya que si no se hacen tendremos confusiones en el manejo de cada uno de estos. Por ejemplo la palabra muestreo se usa comúnmente, pero con frecuencia no se comprenden todas sus

implicaciones. Tomar muestra significa medir solo una parte del universo y a partir de esas mediciones, hacer inferencias sobre la totalidad de ese universo.

3.2.1 MUESTRA

En el estricto sentido estadístico una muestra consiste en varios ítems. Cada uno de los cuales tiene alguna característica que puede ser medida. Sin embargo en higiene industrial una muestra consiste en un contaminante transmitido por el aire y que es recogido en un dispositivo físico como lo es un tubo de carbón, o en una medición realizada mediante instrumentos de lectura directa, como lo son los tubos calorimétricos. En higiene industrial el muestreo generalmente se lleva a cabo haciendo pasar un volumen medido de aire a través de un filtro⁵.



ILUSTRACIÓN 3.5 DISPOSITIVOS PARA LA TOMA MUESTRAS

⁵ Introducción al reconocimiento, evaluación y control de agentes químicos. Única edición. México. Editado por la Coordinación General de Comunicación Social del Instituto Mexicano del Seguro Social. 2000. p. 25.

3.2.2 EXACTITUD Y PRECISIÓN

La exactitud se refiere a la diferencia entre un valor medido y su valor real. Por lo tanto incluye la variación aleatoria de las medidas alrededor de su propio valor medido (comúnmente denominada precisión) y la diferencia entre el resultado promedio del método y el valor real (usualmente denominado tendencia). Otros factores que afectan la diferencia entre la concentración medida de un contaminante transmitido por el aire y la exposición real del trabajador incluyen:

- La ubicación del dispositivo que toma la muestra con respecto a la zona de respiración del trabajador.
- La estrategia del muestreo para la medición de la exposición, incluyendo número de muestras y su duración.

Es necesario el empleo de la estadística para la evaluación del proceso ya que todas las mediciones contienen inevitable error aleatorio. Debido al efecto de estos errores cualquier exposición promedio para un trabajador calculada mediante mediciones de esa exposición es solo una estimación de la exposición promedio real.

3.2.3 ERRORES

Errores aleatorios son aquellos que se producen cuando en una medición el valor obtenido es mayor que el real y en otra es menor. Estos errores contribuyen a la variabilidad total de la medición y reducen la precisión de la media y de otras

medidas calculadas a partir de los datos obtenidos. Estos errores pueden ser eliminados y sus efectos reducidos al mínimo aumentando el tamaño de la muestra.

Errores sistemáticos son los que se producen cuando un observador registra consistentemente lecturas demasiado bajas, o cuando existe un error consistente en el instrumento. Los errores sistemáticos no pueden ser eliminados y siempre causaran tendencias en muestras tomadas para estimar promedios en la población.

3.2.4 VARIABILIDAD

Las fuentes principales que afectan los promedios de exposición de los trabajadores son:

- Errores aleatorios debido a los dispositivos de toma de muestras (como fluctuaciones al azar en el caudal de una bomba)
- Errores aleatorios de los métodos analíticos (como fluctuaciones al azar en los análisis químicos)
- Variaciones aleatorias de las concentraciones de un contaminante durante un mismo día o entre diferentes días.

- Errores sistemáticos en el proceso de medición (como calibración incorrecta, uso incorrecto del equipo o registro erróneo de los datos)
- Variaciones sistémicas en la concentración de un contaminante transmitido por el aire (como las debidas al movimiento del trabajador hacia una ubicación diferente).

Las variaciones aleatorias dentro de un día o entre días diferentes de la concentración de un contaminante parecerían estar afectadas principalmente por el proceso físico que genera al contaminante y por los hábitos del trabajo, especiales y temporales, trabajador.



ILUSTRACION 3.6 CALIBRACIÓN DEL EQUIPO DE CAMPO

Los errores sistemáticos pueden permanecer constantes durante una serie de muestras, por ejemplo, calibración incorrecta. Sin embargo, muchas veces los errores sistemáticos pasan inadvertidos e introducen en los datos variaciones

mucho mayores que las que serian causadas por los errores y fluctuaciones aleatorias esperadas.

La exposición de los trabajadores a los contaminantes del aire, en la industria varía alrededor de la exposición media. La variabilidad debida a los errores de medición tiende a ser normal, la variabilidad temporal debida al tiempo de medición tiende a ser normal logarítmica. Las variaciones que se observan en las mediciones aun cuando se emplean métodos de muestreo y analíticos de gran precisión, se deben a las variaciones reales de la concentración del contaminante transmitido por el aire en el tiempo y en el espacio

3.3 ESTRATEGIA DE MUESTREO

No puede especificarse una única estrategia para todos los programas de control del aire. Las muestras son de dos tipos:

Muestras de turno completo y muestras de periodos breves para determinar picos de concentraciones⁶.

En la higiene industrial existen tres tipos básicos de técnicas de recolección de muestras:

- Personal. El dispositivo que toma las muestras esta sujeto directamente al trabajador, quien lo lleva puesto continuamente durante todo el trabajo y periodos de descanso.

⁶ Olishifski, Julian B. and McElroy. Fundamentals of Industrial Hygiene, Chicago. Ed. Frank E. Publ. National Safety Council, 1988. p. 548.

- Zona de respiración. El dispositivo que toma las muestras se mantiene en la zona de respiración del trabajador. La zona de respiración corresponde al aire contaminado que con mayor probabilidad va a ser inhalado por el trabajador.
- Área general. El dispositivo para toma de muestras se coloca en un lugar fijo en el ambiente de trabajo ocupado generalmente por los operarios; también se denomina monitoreo ambiental.

Las muestras que se toman con el fin de medir la exposición de un trabajador normalmente deben obtenerse usando métodos personales o de zona de respiración. Si se van a emplear métodos de área general para determinar la exposición de un trabajador es necesario realizar un estudio completo de las tareas y movimientos de cada uno de ellos.

3.3.1 ELECCIÓN DEL LUGAR PARA LA TOMA DE MUESTRAS

Si el fin del muestreo es evaluar la exposición de un trabajador, es necesario tomar las muestras en o tan cerca como sea posible de la zona de respiración. Si el propósito es definir un peligro potencial u obtener datos como fines de control, las muestras deberán ser tomadas en la cercanía de la fuente.



ILUSTRACION 3.7 LUGAR DE TRABAJO DE UN PINTOR

Las muestras de área general se emplean para determinar la eficacia de los controles y delinear áreas de diferentes niveles de contaminación. El muestreo de área se realiza para determinar los niveles del ambiente de trabajo y los factores que deben ser incluidos en la ecuación de Promedio Ponderado en Tiempo (TWA) en aquellos casos en que los trabajadores se encuentran en comedores, locales de control y otras áreas no contaminadas. La exposición de un trabajador puede medirse más exactamente determinando la concentración de los contaminantes en el aire que respira. El instrumento debe ser mantenido o ubicado tan cerca de la nariz y boca del trabajador como sea posible sin que interfiera con su libertad de movimientos durante la realización habitual de su trabajo. Las muestras de las zonas de respiración son necesarias porque la exposición real de un trabajador se reduce cuando se aleja de la fuente. Inversamente, su exposición es mayor cuando se inclina sobre la misma. Las muestras de aire que no toman en cuenta los movimientos del trabajador no miden exactamente su exposición real⁷.

En algunos casos es necesario obtener muestras generales del aire del ambiente para determinar ciertas exposiciones. Por ejemplo, un trabajador puede permanecer solo durante una fracción de su tiempo ocupado en una tarea que involucre la exposición a un contaminante y el resto, de un ambiente no contaminado. Sería preferible colocar un dispositivo de muestreo en una posición fija próxima a la zona de respiración de un trabajador cuando esta en el área. La concentración derivada de tal muestra solo representará el tiempo real ocupado en esa tarea.

Otro tipo de muestreo en posición fija aunque no representa una medida directa de la exposición del trabajador es el uso de puestos fijos de muestreo continuo, tales como los usados comúnmente en las playas de estacionamiento cubiertas y en túneles para determinar las concentraciones de monóxido de carbono en el aire.

⁷ Olishifski, Julian B. and McElroy. Fundamentals of Industrial Hygiene, Chicago. Ed. Frank E. Publ. National Safety Council, 1988. p. 549.

En lugar de muestreo debe ser ubicado cerca de los puntos donde es posible que se produzcan las mayores concentraciones de aire contaminado, con disolventes orgánicos.

3.3.2 A QUIEN TOMAR LAS MUESTRAS

Si la determinación inicial indica la posibilidad de una exposición excesiva a concentraciones en el aire de una sustancia tóxica, deben llevarse a cabo mediciones de la exposición del trabajador a ella. Es una práctica tradicional, el tomar muestras al trabajador más expuesto.

En general, el procedimiento mas lógico y sirve para determinar cuales el trabajador de mayor riesgo es observar y seleccionar a aquel que se encuentra mas cerca de la fuente que genera el contaminante peligroso. Las referencias individuales en los hábitos de trabajo de aquellos que desarrollan sus tareas en un mismo sitio pueden afectar en forma marcada los niveles de exposición. Aun cuando estén realizando la misma tarea con los mismos materiales, el método individual de trabajo puede producir distintos niveles de exposición.



ILUSTRACIÓN 3.8 PERSONAL MÁS EXPUESTO EN UNA IMPRENTA

Para predecir exactamente el riesgo potencial de los trabajadores a veces es necesario analizar los esquemas de movimientos de aire dentro de un ambiente de trabajo. Especialmente en operaciones o procesos que incluyen calentamiento o combustión, la circulación natural del aire puede ser tal que el trabajador de mayor riesgo sea uno ubicado a una distancia considerable de la fuente generadora. La posición de bocas de ventilación y entradas de aire, de puertas y ventanas abiertas y el tamaño y forma del ambiente de trabajo son factores que afectan el esquema de movimiento de aire que puede producir grandes concentraciones de contaminantes en zonas alejadas de la fuente.

3.3.3 CUANDO TOMAR LAS MUESTRAS

Este es otro factor a tener en cuenta. En las plantas ubicadas en áreas donde existen grandes diferencias de temperatura entre las distintas estaciones del año, deben tomarse muestras durante los meses de invierno y verano. Normalmente en el verano las puertas y ventanas permanecen abiertas y existe una mayor dilución del contaminante del aire que en el invierno. Si el ambiente de trabajo tiene aire acondicionado el nivel de la concentración del contaminante será casi constante durante todo el año⁸.

Si la planta trabaja con más de un turno, las muestras deben ser tomadas durante cada uno de ellos pues las concentraciones de sustancias tóxicas en el aire pueden variar uno de otro. En general los contaminantes no son generados con

⁸ Olishifski, Julian B. and McElroy. Fundamentals of Industrial Hygiene, Chicago. Ed. Frank E. Publ. National Safety Council, 1988. p. 629-650

una velocidad constante y su concentración puede modificar considerablemente en el tiempo. Las corrientes de aire en una habitación, las variaciones en el proceso, la realización de una tarea llevada a cabo por un trabajador y la velocidad de emisión de los contaminantes son factores significativos que conducen a variaciones continuas en la concentración durante un turno de trabajo.

3.3.4 DURANTE CUANTO TIEMPO DEBE TOMARSE LA MUESTRA

El volumen de aire tomado en la muestra y la duración de la misma están basados en la sensibilidad del procedimiento analítico o del instrumento de lectura directa, la concentración estimada del contaminante y las normas OSHA o TLV o la norma oficial mexicana correspondiente⁹.

La duración del tiempo de muestreo debe representar algún periodo identificable, generalmente el ciclo completo de una operación.

La evaluación de exposición diaria de un trabajador se realiza más correctamente si este lleva puesto durante todo su turno de trabajo un dispositivo personal para toma de muestras en la zona de respiración. Según lo requieren las normas, la duración del periodo de muestreo permitirá obtener una muestra de turno completo de ocho horas o una muestra breve cuando el límite de exposición permisible tenga un límite de concentración máximo

3.3.5 CUANTAS MUESTRAS DEBEN TOMARSE

⁹ Ver NOM-010-STPS-1993

El número de muestras depende de los propósitos del muestreo. Por ejemplo, dos muestras pueden ser suficientes para determinar la eficacia de las medidas de control de higiene industrial, una muestra cuando esta en funcionamiento la medida de control y otra cuando no lo esta. También deben tomarse muestras para caracterizar los picos de misiones durante distintos momentos del proceso total, además de aquellas obtenidas para determinar el nivel ambiental promedio. Debido a los varios factores ya mencionados, una sola muestra puede dar resultados muy altos o muy bajos. Para determinar la exposición promedio ponderada en tiempo diaria de un trabajador que desempeñe varias tareas durante un turno pueden ser necesarias varias docenas de muestras. No existe ninguna regla fija para determinar el número de muestras que son necesarias para evaluar la exposición de un trabajador.

La concentración de un contaminante en el aire es generalmente pequeña. Los instrumentos de lectura directa y otros dispositivos usados para recoger las muestras que serán analizadas posteriormente deben tomar una cantidad suficiente para que el químico pueda determinar exactamente la presencia de pequeñas cantidades (del orden de partes por millón o miligramos por metro cúbico) del contaminante transmitido por el aire.

Para evaluar la exposición de un trabajador o el ambiente en el que trabaja, debe usarse un instrumento que posea la necesaria sensibilidad, exactitud y reproductibilidad y preferentemente que permita obtener resultados rápidos.

Actualmente se tiende al desarrollo de un número mayor de instrumentos especializados como los detectores de gas y vapor de lectura directa. El uso de los dispositivos para un control continuo para evaluar el ambiente de trabajo ha aumentado en los últimos años. Entre los ejemplos se encuentra el empleo de monitores continuos. Muchos de estos instrumentos detectores y registradores continuos pueden ser instalados para tomar muestras a distancias en una planta y registrar las concentraciones en el aire general a las que pueden estar expuestos los trabajadores en un turno.

3.3.6 EXACTITUD EXIGIDA

En general la exactitud del método de muestreo debe tener un nivel de confianza del noventa por ciento. Por ejemplo, la exactitud exigida para concentraciones del contaminante debe fijarse como $\pm 25\%$ a un nivel de confianza de 95%. Esto significa que una larga serie de mediciones, en 95% de los valores obtenidos deben estar dentro del $\pm 25\%$ del valor real.

La forma de proporcionar una evidencia de la exactitud del muestreo y de los métodos analíticos es:

- Usar tubos detectores certificados.
- Establecer procedimientos de calibración de campo para el equipo de muestreo.
- Hacer analizar las muestras en un laboratorio que participe en un programa de control de calidad de higiene industrial.

3.4 CÁLCULOS DE HIGIENE INDUSTRIAL

La concentración de gases y vapores de disolventes orgánicos, generalmente se expresa como partes de un vapor o gas por millón de partes de aire contaminado,

en unidades de volumen por 1,000,000 de volúmenes y usualmente se corrige para 25° C y 760 mm de Hg. Variaciones en la expresión de partes por millón son por cierto del volumen y partes por mil millones.

$$\text{ppm} = \frac{\text{Partes de aire contaminado}}{\text{Millón de aire contaminado}} = \frac{\text{Litro}}{10^6 \text{ Litro}} = \frac{\text{cm}^3}{10^6 \text{ cm}^3}$$

$$\text{ppm} = \frac{\text{Volumen del contaminante puro}}{\text{Volumen total}} \times 10^6$$

Para convertir miligramos por litro, una relación de peso por unidad de volumen a una relación de volumen por volumen, debe emplearse la relación entre el volumen ocupado por el peso de una molécula gramo (mol) de un gas ideal a temperatura y presión normal (TPN), a 0° C y 760 mm de Hg. Por lo tanto, en esas condiciones, resulta la siguiente ecuación:

$$\text{mg/m}^3 = \frac{\text{Peso molecular}}{24.45} \text{ ppm} \qquad \text{ppm} = \frac{24.45}{\text{Peso molecular}} \text{ mg/m}^3$$

Otra forma para expresar las concentraciones de gas o vapor es el método de la presión parcial, que emplea la presión de vapor ejercida por la sustancia. Esta presión de vapor es directamente convertible a por ciento de volumen multiplicado por 100 y dividiendo por la presión barométrica o a ppm, multiplicándolo por 1'000,000 (10⁶) y dividiendo por la presión barométrica.

$$\frac{\text{Presión parcial del vapor de un constituyente}}{\text{Presión barométrica total}} = \text{ppm del constituyente}$$

Por ejemplo, dada la concentración de un disolvente orgánico a TPN en gramos por litros, convertir ese valor a ppm. Si el volumen de un mol gramo a TPN = 22.4 l/mol, por lo tanto la concentración del disolvente a TPN sería como se muestra a continuación.

$$\frac{\text{Peso en gramos}}{\text{Litros de vapor}} = \frac{\text{Peso molecular en gramos / mol}}{22.4 \text{ Litros / mol}}$$

$$\text{Litros de vapor} = \frac{(\text{Peso en gramos}) (22.4 \text{ Litros / mol})}{\text{Peso molecular en gramos / mol}}$$

$$\text{ppm} = \frac{\text{Partes de vapor}}{1'000,000 \text{ partes de aire}} = \frac{\text{Litros de vapor}}{10^6 \text{ litros de aire}}$$

Y sustituyendo litros de vapor según (6) en la ecuación (7) se obtiene lo siguiente:

$$\text{ppm} = \frac{\left(\frac{(\text{Peso gramos}) (22.4 \text{ Litros / mol})}{(\text{Peso molecular, gramos / mol})} \right)}{10^6 \text{ litros de aire}}$$

$$\text{ppm} = \frac{(\text{Gramos de vapor}) (22.4)}{(10^6) (\text{peso molecular del vapor})} = \frac{(\text{mg}) (22,400)}{\text{Peso molecular}}$$

El análisis químico de muestras atmosféricas requiere el examen de ciertos volúmenes fijos de una solución absorbente o reactiva. La concentración del contaminante en solución se multiplica por el volumen de solución para calcular la cantidad total del contaminante recogido durante el periodo de muestreo. Esto se

relaciona luego con el volumen total del aire analizado durante el periodo de muestreo y se convierte en partes por millón. Por ejemplo, luego de haber hecho burbujear 15 litros de aire a 25° C y 755 mm de Hg. a través de 30 ml de una solución absorbente apropiada (con 100% de eficacia de recolección) se determino que la concentración para ese disolvente (PM = 36.5) en solución fue de 15 µg/ml.

La cantidad total medida de ese disolvente orgánico fue como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\frac{15 \mu}{\text{ml}} \times 30 \text{ ml} = 50 \mu\text{g}$$

Y por otra parte, pero que nos servirá mas adelante para realizar algunas conversiones, el volumen de un micromol para ese disolvente medido a 25° C y 755 mm de Hg. Se calcula como se muestra en la siguiente ecuación:

$$1 \text{ micromol} \times \frac{22.4 \mu\text{l}}{\mu \text{ mol}} \times \frac{298}{273} \times \frac{760}{755} = 24.6 \mu\text{l}$$

Por lo cual la concentración en partes por millón se calcula como se muestra en la siguiente ecuación.

$$\frac{450 \mu\text{g}}{15 \text{ litros de aire}} \times \frac{\text{Moles}}{36.5 \mu\text{g}} \times \frac{24.6 \mu\text{l}}{\text{Moles}} = \frac{11,070 \mu\text{l}}{547.5 \text{ Lt. de aire}} = 20.22 \text{ ppm}$$

3.4.1 ANÁLISIS DIMENSIONAL

Ocasionalmente puede surgir una confusión al convertir miligramos por metro cúbico a partes por millón. Un análisis dimensional resultaría muy útil para evitar errores que pudieran surgir dividido a lo antes expuesto. Deben convertirse miligramos por metro cúbico de aire en milimoles por metro cúbico y en mililitros por metro cúbico o partes por millón.

$$\left(\frac{\text{mg}}{\text{m}^3 \text{ de aire}} \right) \left(\frac{\text{mmol}_x}{\text{mg}_x} \right) \left(\frac{22.4 \text{ ml}_x}{\text{mmol}_x} \right) (F_t) (F_p) = \frac{\text{ml}_x}{\text{m}^3 \text{ de aire}} = \text{ppm}$$

Donde F_t y F_p son los factores de corrección de presión y temperatura y el subíndice x se refiere al contaminante estudiado, que para efectos de esta monografía, son los disolventes orgánicos presentes en el ambiente laboral.

Inversamente la ecuación anterior se desglosa como se muestra continuación.

$$\text{ppm} = \left(\frac{\text{mol}_x}{\text{m}^3 \text{ de aire}} \right) \left(\frac{\text{mmol}_x}{22.4 \text{ ml}_x} \right) \left(\frac{\text{mg}_x}{\text{mmol}_x} \right) (F_t) (F_p) = \frac{\text{mg}_x}{\text{m}^3 \text{ de aire}}$$

En el siguiente ejemplo se mostrara como derivar una ecuación para calcular la concentración de vapor de un disolvente que se encuentra en una cámara.

$$\text{Litros (Vapor puro)} = \left(\frac{(V_{\text{liq}} \text{ ml}) (\rho \text{ (g / ml)}) (22.4 \text{ (l / mol)})}{\text{Peso mol. Del material (g / mol)}} \right) \left(\frac{T}{273} \right) \left(\frac{760}{P} \right)$$

$$C \text{ (ppm)} = \left(\frac{\text{Litros de vapor puro}}{V_T \text{ volumen de la cámara}} \right) \left(10^6 \text{ partes de aire} \right)$$

$$C \text{ (ppm)} = \frac{\left(V_x \text{ ml} \right) \left(\frac{\rho \text{ g}}{\text{ml}} \right) \left(\frac{22.4 \text{ l/g}^* \text{mol}}{\text{PM g/g}^* \text{mol}} \right) \left(\frac{T}{273} \right) \left(\frac{760}{P} \right)}{V_T \text{ (Litros)}} \times 10^6 \text{ ppm}$$

$$C \text{ (ppm)} = \frac{V_x (\rho) \left(\frac{22.4}{\text{PM}} \right) \left(\frac{T}{273} \right) \left(\frac{760}{P} \right)}{V_T} \times 10^6 \text{ ppm}$$

Donde:

V_t = Volumen de la cámara, en litros.

PM = Peso molecular de la sustancia en gramos/mol.

T = Temperatura absoluta en grados kelvin ($^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273$)

P = Presión en mm de Hg.

ρ = Densidad (gramos por mililitro)

V_x = Volumen del material a usar en mililitros.

C = Concentración.

Para calcular el volumen de un disolvente líquido necesario para producir una concentración deseada C (ppm) en el aire de un tanque de volumen dado, se emplea la siguiente formula:

$$V_x = \frac{C \times V_T \times \text{PM} \times 298 \times P}{\rho \times 24.45 \times T \times 760} \times 10^6 \text{ ppm}$$

En el siguiente ejemplo, se analizara un problema en el que se desea generar una concentración de 200 ppm de acetona en un recipiente de vidrio de 20.01 litros de capacidad; para lo cual tenemos, que el peso molecular de la acetona es de 58.08, la densidad es igual a 0.7899, su temperatura es de 25° C y Finalmente su presión es de 740 mm de Hg.

Realizando las operaciones necesarias y aplicando la formula anterior, se obtiene lo siguiente:

$$V = \frac{(200) (20.01) (58.08) (298) (740)}{(0.7899) (24.45) (273+25) (760)} = 0.0117 \text{ ml } \acute{o} \text{ 11.7 microlitros}$$

3.4.2 EQUIVALENTES DE VAPOR

Como ya se ha tratado, puede calcularse la cantidad de vapor puro formado a nivel del mar por la evaporación de un volumen o peso conocido de un líquido mediante alguna de las formulas siguientes:

$$\frac{\text{Pie cúbico de vapor}}{\text{Libra de liquido}} = \frac{(\text{Litros / mol}) (\text{gramos / libra})}{(\text{Litro / pie cúbico}) (\text{gramos mol})}$$

Donde:

Litros por mol a TPN = 22.41

Gramos por libra = 453.6

Litros por pie cúbico = 28.32

Gramos por mol = peso molecular

A la presión y temperatura normal, TPN, un mol gramo de cualquier compuesto al estado gaseoso ocupa 22.4 lt. Un mol gramo es la cantidad del material, expresada en gramos, numéricamente igual al peso molecular (PM) del material.

$$\frac{\text{Pie cúbico de vapor}}{\text{Libra de líquido}} \text{ a } 0^{\circ} \text{ C} = \frac{(22.41) (453.6)}{(28.32) (\text{PM})} = \frac{359}{\text{PM}}$$

Por ejemplo, y para utilizar la formula anterior, analizaremos un problema, en el cual esta presente una libra de tolueno liquido, que forma 3.9 pies cúbicos de vapor puro, si se evapora completamente a 0° C, que volumen tendrá este disolvente a una temperatura de 70° F.

Solución:

$$\frac{\text{Pie cúbico de vapor}}{\text{Libra}} \text{ a } 70^{\circ} \text{ F} = \frac{(530 \text{ R}) (359)}{(492 \text{ R}) (\text{PM})} = \frac{387}{\text{PM}}$$

$$530 \text{ R} = ^{\circ}\text{F} + 460^{\circ} = 70^{\circ} + 460^{\circ}$$

$$492 \text{ R} = ^{\circ}\text{F} + 460^{\circ} = 32^{\circ} + 460^{\circ}$$

A presión constante, el volumen de una determinada masa de vapor varía directamente con la temperatura absoluta. El factor (530/492) corrige para el aumento de temperatura entre 32° F y 70° F, 1 libra de tolueno liquido formara (387/92), lo cual da como resultado del problema **4.163 pies cúbicos de vapor**

3.4.3 PESO POR UNIDAD DE VOLUMEN

Cuando el contaminante se dispersa en la atmósfera en forma de líquido o sólido, como una niebla, polvo o humo, generalmente se expresa su concentración en términos de peso por volumen. Los contaminantes del aire libre y los efluentes acumulados frecuentemente se expresan en gramos, miligramos por metro cúbico, onzas por mil pies cúbicos, libras por mil libras de aire y gramos por pie cúbico. Existe la tendencia general a emplear el sistema métrico, ya que la mayoría de los datos han sido obtenidos en estas unidades; además existen razones para el uso de las unidades inglesas debido a los datos existentes y especialmente a las especificaciones para los equipos de ventilación.

3.4.4 EXPOSICIÓN PROMEDIO PONDERADA EN TIEMPO (TWA)

Para determinar la exposición promedio ponderada en tiempo de una persona a un contaminante transmitido por el aire, debe obtenerse una descripción del donde estaba la persona cuando ocurrió una exposición. Además son necesarias un número suficiente de mediciones de muestras de aire en la zona de respiración en las diferentes posiciones ocupadas por los trabajadores y bajo distintas condiciones operativas de la planta.

En un ambiente típico de trabajo, el operario puede estar expuesto a diferentes concentraciones breves promedio durante su turno laboral (debidas a cambios en la asignación de tareas, cargas de trabajo, condiciones de ventilación, procesos, etc.). La exposición promedio ponderada en tiempo (TWA) ha surgido como

método para calcular la exposición diaria o durante un turno completo, ponderando las diferentes concentraciones breves promedio según el tiempo de exposición. Esto es equivalente a integrar los valores de concentración según el tiempo total base del TWA. Puede determinarse por la fórmula siguiente:

$$\text{TWA} = \frac{C_1 T_1 + C_2 T_2 + C_N T_N}{8 \text{ horas}}$$

Donde TWA es igual a la concentración promedio ponderada en tiempo, generalmente en partes por millón o en miligramos por metro cúbico; C es igual a la concentración del contaminante durante el incremento del tiempo de exposición; T es igual al tiempo que dura las mediciones de la concentración del contaminante; en el denominador se emplean ocho horas, ya que las normas OSHA, NOM y los TLV están basados en una jornada laboral de ocho horas; la fórmula expresada anteriormente puede reescribirse de la siguiente manera:

$$\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (T_i) (C_i)}{T \text{ (tiempo total de tiempo de trabajo)}} = \text{TWA}$$

Durante el periodo total, adecuado para la norma, se obtiene varias muestras (cuya duración puede ser igual o no). El tiempo total cubierto por las muestras debe ser siete horas como mínimo para el TWA de ocho horas.

En la siguiente tabla se encuentran escritas muestras personales para sustancias particulares que se recogieron cerca de un trabajador de pintura:

Muestra N°	Tiempo
1	7 hr. (comienzo del turno)
2	8 hr. A 9:30 hr.
3	9:30 hr. A 11 hr.
4	11 hr. A 13 hr. (desconectado y cubierto por 30 min durante el almuerzo)
5	13 hr. A 15:30 hr.

Los datos obtenidos constituyen la medida de una muestra consecutiva de turno completo porque cubre todo el periodo apropiado según los TLV, norma OSHA (ocho horas) y las muestras se toman en forma consecutiva o seriada.

Ejemplo. Es necesario obtener una medida de exposición al benceno usando tubos de carbón. Cada uno de ellos toma una muestra de treinta minutos. Se intenta recoger diez muestras de los dieciséis periodos de treinta minutos existentes en turno de ocho horas. Entonces, estas muestras de treinta minutos de duración constituyen diez muestras directas de la exposición del trabajador en un día determinado. La estimación del TWA para ocho horas obtenida analizando las lecturas de los diez tubos será una medición de muestras directas.

Por ejemplo supongamos que un trabajador sufre exposiciones como se muestran en la siguiente tabla:

Tiempo de exposición (T_i)	Concentración promedio durante la exposición (ppm) (C_i)
1 Hora	350
3 Horas	200
4 Horas	150
Total T = 8 Horas	

Entonces el TWA para las ocho horas de trabajo será como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\text{TWA} = \frac{(1 \text{ hr.}) (350 \text{ ppm}) + (3 \text{ hrs.}) (200 \text{ ppm}) + (4 \text{ hrs.}) (150 \text{ ppm})}{8 \text{ hrs.}} = \frac{1150 \text{ ppm}}{8 \text{ hrs.}} = 194 \text{ ppm}$$

En general, al usar esta fórmula, el tiempo que un trabajador pasa en distintas tareas debe ser determinado aproximando al intervalo de treinta minutos más próximo. Si existiera una variación grande en el nivel del contaminante del aire deben emplearse intervalos más cortos.

Ejemplo: supongamos que un trabajador pasa las primeras cuatro horas de un turno de ocho horas en una operación de pintura donde la concentración de xileno medida en el aire de la zona de respiración es casi constante e igual a cincuenta partes por millón.

Supongamos que durante el resto del turno (cuatro horas) trabaja en una zona distinta de la planta donde su exposición de xileno es prácticamente cero. ¿Cuál es su exposición promedio ponderado al tiempo al xileno?

Solución:

$$\frac{(4 \text{ hrs.}) (50 \text{ ppm}) + (4 \text{ hrs.}) (0 \text{ ppm})}{8 \text{ hrs.}} = \frac{200 \text{ ppm}}{8} = 25 \text{ ppm}$$

Ejemplo: Supongamos que, en otro caso, un operario que trabaja en un turno de siete a dieciséis horas atendiendo una maquina automática para fabricar tornillos ha sido expuesto a noveles promedio de tolueno según se indica a continuación:

Tiempo	Nivel promedio de tolueno (mg / m ³)
7 – 8 hrs.	0
8 – 9 hrs.	1.0
9 – 10 hrs.	1.5
10 – 11 hrs.	1.5
11 – 12 hrs.	2.0
12 – 13 hrs.	0.0
13 – 14 hrs.	4.0
14 – 15 hrs.	5.0

¿Cual es la exposición promedio ponderada en tiempo al tolueno?

Solución:

$$\frac{\sum_{i=1}^{i=8} (T_i) (C_i) = 19.0 \text{ hrs} \frac{\text{mg}}{\text{m}^3}}{8 \text{ hrs.}} = 2.38 \text{ mg/m}^3$$

Supongamos, como se ha indicado en el ejemplo anterior, que este mismo operario es expuesto a un nivel promedio de 100 partes por millón de tolueno durante 10 minutos cada hora, mientras se lleva a cavo tareas de manipuleo de materiales con una carretilla elevadora a horquillas en su proximidad. Durante el resto de cada hora y el periodo de almuerzo, el nivel de tolueno es prácticamente cero. El cálculo para determinar la exposición promedio ponderada en tiempo de este trabajador al tolueno es como se muestra a continuación.

Solución:

(Tiempo en minutos) (Concentración en ppm)

Para cada hora = (10 minutos) (100 ppm) = 1000 minutos*ppm

Para ese periodo de 8 horas = (8) (1000 min.*ppm) = 8000 min.*ppm

Tiempo total de trabajo por turno = 8 horas = 480 minutos

$$\text{TWA para el tolueno} = \frac{8,000 \text{ min-ppm}}{480 \text{ min}} = 16.7 \approx 17 \text{ ppm}$$

Ejemplo: Si un trabajador fue expuesto al mismo material en distintos puestos de trabajo u operaciones durante el turno de ocho horas y se han tomado varias muestras directas durante cada operación, los resultados se analizan como sigue a continuación.

Operación	Duración	Muestra	Resultados (ppm) (para cada muestra de 5 min.)
Habitación para limpieza	8 – 11:30	A	120
		B	150
		C	170
		D	190
		E	210
Imprenta	12:30 – 16:30	F	70
		G	90
		H	110
		i	120

La exposición promedio ponderada en tiempo en la habitación para limpieza es como se muestra en la siguiente ecuación:

$$C_1 = \frac{120 + 150 + 170 + 190 + 210}{5} = 160 \text{ ppm}$$

La exposición promedio ponderada en tiempo en la imprenta es:

$$C_2 = \frac{70 + 90 + 110 + 120}{4} = 74 \text{ ppm}$$

Entonces la exposición a TWA para el turno de ocho horas (incluyendo los 60 minutos para el almuerzo) es:

$$\text{TWA} = \frac{(160 \text{ ppm}) (3.5 \text{ hrs.}) + (74 \text{ ppm}) (4 \text{ hrs.})}{8 \text{ hrs.}} = 110.5 \text{ ppm}$$

Las concentraciones promedio ponderadas en tiempo fluctúan en el nivel del contaminante del aire. Una excursión por encima del valor umbral limite es permisible siempre que se produzca una excursión equivalente por debajo del TLV.

Los valores de las excursiones para un único contaminante del aire, muy superiores al valor umbral limite, no pueden ser usadas para calcular exposiciones ponderadas.

3.5 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

La interpretación de resultados incluye la identificación de las áreas problema, determinación de los niveles de exposición y establecimiento de prioridades como es que operaciones y procesos deben ser controlados primero.

Además de los resultados de los test analíticos, la evaluación requiere el conocimiento de los procesos u operaciones. Es importante que los resultados

analíticos correspondan a la realidad. Si durante el periodo de muestreo en áreas de trabajo se advierte una irritación o lagrimeo, los resultados analíticos deben mostrar una concentración del contaminante suficiente, por lo menos, para causar esos efectos.

3.5.1 FACTORES DE EXPOSICIÓN

En general las muestras o mediciones deben cubrir la mayor de un día completo de trabajo o aun mejor, varios días de trabajo no consecutivos¹⁰.

Las muestras obtenidas en un punto estacionario del ambiente de trabajo (muestras de área) pueden dar una indicación de posibles exposiciones pero estas también pueden ser erróneas. Por ejemplo, la medición de niveles de ruido a pocos centímetros de una maquina ruidosa, cuando en la realidad el trabajador esta ubicado a cierta distancia puede indicar falsamente una exposición alta. La obtención de muestras de aire para un solvente tomadas en el centro de habitación puede indicar en forma errónea una exposición baja, si el trabajador debe inclinarse sobre un tanque de solvente. Para obtener una buena estimación de probable concentración del contaminante del aire durante las operaciones normales, de la distribución de los picos durante circunstancias excepcionales y de un promedio ponderado en tiempo razonablemente exacto es necesario un numero suficiente de muestras tomadas en una cantidad suficiente de puntos de muestreo durante un periodo adecuado. Sin embargo, no todas las operaciones

¹⁰ Olishifski, Julian B. and McElroy. Fundamentals of Industrial Hygiene, Chicago. Ed. Frank E. Publ. National Safety Council, 1988. p. 560.

requieren una información tan completa durante todo el tiempo. Lo que sea necesario para cualquier operación particular debe dejarse librado al criterio del personal responsable de esa operación y esto incluye no solo el súper intendente de la planta, sino también a sus principales consejeros, el profesional de prevención de accidentes, el higienista industrial, el medico de la planta, la enfermera y otros. No existe ninguna regla empírica que pueda ser usada.

Cuando el higienista industrial encuentra peligros potenciales para la salud deben realizarse mediciones de la exposición. En los casos en que estos demuestren concentraciones claramente superiores a las normas, ese profesional puede indicar la instalación de controles.

En otros casos es posible comprobar que las concentraciones en el aire son muy inferiores a los TLV y entonces puede asegurar a la gerencia que no existe peligros para la salud y aun en otros casos algunas muestras pueden estar por encima de las concentraciones TLV y otras por debajo y en consecuencia no es posible decidir con certeza si los trabajadores están sufriendo exposiciones excesivas.

Lo que se recomienda en estos casos depende de la sustancia química que se trate y la experiencia previa y criterio del higienista. La conducta a seguir depende de la gerencia y de su interpretación de las recomendaciones.

El tipo y extensión de los controles dependerá del contaminante, de la evaluación de la exposición y de la operación que dispersa el contaminante en el área de trabajo.

3.5.2 COMPARACIÓN CON LA NORMATIVIDAD

Los resultados de los estudios ambientales deben ser comparados con las normas oficiales mexicanas antes que un empleador pueda ser citado por una infracción. Debe insistirse una vez más que las muestras recogidas durante el estudio deben ser representativas de la exposición promedio ponderada en tiempo diaria del trabajador antes que se pueda realizar una comparación.

En la norma oficial mexicana que con fecha 8 de julio de 1994 fue publicada en el Diario Oficial de la Federación NOM-010-STPS-1993, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan, almacenen o manejen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral; podemos comparar los resultados obtenidos durante la etapa de evaluación con los límites máximos permisibles plasmados en esta norma, con esto podremos determinar si existe una sobre exposición. Algunas sustancias pueden requerir vigilancia médica, muestreo periódico de aire y otros pasos.

3.5.3 EFECTOS NOCIVOS

Los efectos nocivos de los disolventes orgánicos están determinados por la cantidad acumulada en el organismo, o sea por la dosis total. La cantidad de miligramos de sustancia nociva por kilogramo de peso depositada en el organismo

determina el efecto tóxico producido. A veces esto se deja de lado cuando solo se expresan las exposiciones individuales en términos de concentración (ppm) en el aire respirado y duración de la exposición. La cantidad presente en el aire inspirado no es necesariamente la cantidad absorbida.

La fracción retenida o absorbida de la impureza inhalada está determinada por diferencias en el tamaño de las partículas o en la solubilidad, las cuales, en muchos casos son imposibles de medir con exactitud. La dosis absorbida también depende de si existe o no absorción significativa por la piel o ingestión.

En algunas situaciones el solo análisis del ambiente de trabajo no es adecuado para evaluar con precisión el grado de peligro, porque la cantidad absorbida por los individuos expuestos no puede ser estimada a partir de los datos obtenidos por tales determinaciones. En esos casos es muy aconsejable disponer de otros medios para evaluar la exposición. Para muchas sustancias esto puede hacerse analizando muestras biológicas adecuadas o productos de excreción de la agente tóxico o un metabolito derivado del mismo¹¹.

3.5.4 CONTROL MEDICO

El control médico puede emplearse para determinar la eficacia de las medidas protectoras así como la salud general de los trabajadores. Incluye el desarrollo de un registro básico de salud, mediante historias clínicas y exámenes médicos, seguido de evaluaciones periódicas. Este registro básico se obtiene mediante la

¹¹ Olishifski, Julian B. and McElroy. Fundamentals of Industrial Hygiene, Chicago. Ed. Frank E. Publ. National Safety Council, 1988. p. 562.

historia clínica y el examen médico de preadmisión. Es importante establecer una línea de base para el funcionamiento de sistemas orgánicos que se sabe son afectados por los materiales presentes en el ambiente de trabajo. Los exámenes médicos de preadmisión también se emplean para detectar condiciones clínicas que pueden predisponer a los efectos tóxicos de la gente¹².

La evaluación de preadmisión se emplea para determinar si el aspirante puede realizar las obligaciones exigidas por el trabajo para el cual se le considere. Además se emplea para establecer si existe una condición clínica previa que pueda ser agravada por cualquier exposición accidental en el trabajo. Los exámenes periódicos subsiguientes detectaran la existencia de cualquier alteración en la salud del trabajador que puede indicar la necesidad de una evaluación mas profunda y permiten conocer si este sufre o ha sufrido cualquier problema de salud que constituya un impedimento para que se le continúe asignando la misma tarea. Los estudios adicionales, apropiados a las toxicidades de las sustancias implicadas pueden ser incorporados a estos exámenes básicos o, si es necesario, estos u otros ensayos pueden ser realizados con mayor frecuencia para adecuar el control médico al peligro en cuestión.

¹² Olishifski, Julian B. and McElroy. Fundamentals of Industrial Hygiene, Chicago. Ed. Frank E. Publ. National Safety Council, 1988. p. 562.

CAPITULO 4.

MÉTODOS DE CONTROL DE LOS DISOLVENTES ORGÁNICOS.

En este capítulo se tratarán los principios generales y los métodos empleados para el control de los peligros ocupacionales para la salud, especialmente los referidos a disolventes orgánicos.

Es un principio básico que, para poder conducir y controlar un proceso u operación pueden medirse ciertas variables apropiadas.

En el campo de la higiene industrial el control de los peligros ocupacionales para la salud requiere que la exposición de un trabajador a un químico nocivo no exceda de ciertos límites permitidos. Las variables o magnitudes de interés que deben medirse son la concentración o intensidad y la duración de la exposición.

Las medidas de control de higiene industrial que deben adoptarse dependen de la naturaleza de la sustancia y la vía de absorción por el organismo. La exposición de un trabajador a una sustancia presente en el aire, esta en relación con la cantidad de contaminantes en la zona de respiración y con el periodo que permanece en ese lugar¹. Reduciendo la cantidad de contaminante en la zona de

¹ Olishifski, Julian B. and McElroy. Fundamentals of Industrial Hygiene, Chicago. Ed. Frank E. Publ. National Safety Council, 1988. p. 630.

respiración o el tiempo de permanencia en esa área disminuirá la exposición global.



ILUSTRACIÓN 4.1 AUTOMATIZACIÓN EN EL PROCESO DE PINTURA

La protección inherente al proceso mismo, y que es su resultado de su diseño es preferible a cualquier método que dependa de la permanente implementación o intervención humana el conocimiento completo de las circunstancias que acompañan al problema del control y que es necesario para poder elegir los procedimientos mas apropiados. Para disminuir la exposición habrá que determinar cual es la fuente de contaminación, que camino sigue el contaminante hasta llegar al trabajador, cual es se sistema de trabajo y que clase de equipo de protección emplea. Los peligros, costos y beneficios pueden cambiar con el tiempo

y es por eso que los sistemas de control requieren una continua revisión y actualización.

Los controles de ingeniería incluyen la ventilación por extracción local para disminuir al máximo la dispersión de las sustancias nocivas en el ambiente de trabajo y la colocación de barreras que disminuyan la presencia de las sustancias². En algunos casos se puede emplear una ventilación general o por dilución como medio de control de los peligros para la salud pero esto solo cuando los efectos tóxicos de las sustancias en cuestión sean considerados bajos.

Aunque las medidas de control pueden limitar la duración de la exposición individual, no son preferidas por la industria debido a que resulta difícil implementarla y mantenerla. El control de los peligros para la salud mediante el empleo de respiradores y otros dispositivos de protección, es considerado secundario respecto a los métodos de control de ingeniería

4.1 CONTROLES DE INGENIERÍA

El momento más oportuno para introducir los controles de ingeniería es cuando se está diseñando la planta. En ese momento, las medidas de control pueden ser integradas más fácilmente en las operaciones que cuando la planta ya está terminada.

² Olishifski, Julian B. and McElroy. Fundamentals of Industrial Hygiene, Chicago. Ed. Frank E. Publ. National Safety Council, 1988. p. 630.

El trazado sistemático de la planta física el logro del cumplimiento de las normas de seguridad y sanitarias requieren el conocimiento de un gran número de ordenanzas reglamentarias. Lo que se planifica debe conciliarse con lo que está permitido o es aconsejable.

El trazado propuesto para la planta deberá especificar en lo referente al tipo de construcción, las actividades propuestas para cada área y los posibles peligros para la salud. La influencia de un área sobre otra y de una clase de actividad laboral sobre otras deberán ser evaluados como peligros combinados.

Cada vez es más frecuente que los ingenieros de planta y de diseño consulten con el profesional de higiene industrial en el momento que se proyecta una nueva planta o proceso. Considerar en esa etapa los principios de control de higiene industrial pueden ser menos costosos que después o durante el período de construcción.

Cuando se producen contaminantes del aire en concentraciones que pueden dañar la salud de los trabajadores, el método más usual para proporcionar protección es por medio de la ventilación. Existen, sin embargo, otros métodos que deberán ser estudiados. Un ejemplo de ello es la automatización (ver ilustración 4.1).

Idealmente las operaciones deberían ser conducidas en sistemas completamente cerrados pero no todos los procesos industriales se prestan a esto.

Todos los sistemas y sus componentes deben ser diseñados de tal manera que los contaminantes del aire puedan ser mantenidos de sus valores umbrales límites. No debe permitirse que la pérdida de sustancias químicas tóxicas del equipo a través de bombas, cañerías y tanques, hacia el ambiente de trabajo.

Actividades que en si mismas son seguras, pueden tornarse peligrosas en determinadas circunstancias. Por ejemplo, el desengrasado con vapores de disolventes clorados, aun cuando la concentración en aire este dentro de los límites permitidos, puede convertirse en un peligro mayor cuando la actividad se desarrolla muy cerca de zonas de trabajo donde existen descargas eléctricas, llamas directas. etc.³. El problema de considerar las condiciones de seguridad y de salud en un lugar de trabajo, en el contexto de la actividad y las instalaciones, es difícil de manejar cuando se deben tener en cuenta mas de 3 o 4 actividades tal es el caso que se presenta en el proyecto de instalaciones para operarios de manufactura nuevas o reubicadas y en las tantas como 20 o mas actividades pueden muy bien necesitar ser tenidas en cuenta. La solución esta en seguir los razonamientos mas apropiados para llegar ya sea una distribución optima o la mejor combinación posible.

4.1.1 DISEÑO

Los peligros para la salud en la industria pueden disminuirse considerablemente diseñando los equipos en forma tal que pueda controlarse el contaminante tanto

³ Olishifski, Julian B. and McElroy. Fundamentals of Industrial Hygiene, Chicago. Ed. Frank E. Publ. National Safety Council, 1988. p. 632

como sea posible. Esto requiere una íntima cooperación entre el higienista industrial y el ingeniero de diseño. La situación ideal se produciría, por su puesto, cuando este estuviese tan compenetrado de los principios de la protección contra los peligros para la salud que el profesional de prevención de accidentes – higiene industrial fuese solo un observador pasivo.

Los procesos de producción en las plantas químicas se diseñan de manera tal que las sustancias peligrosas no pasen al ambiente es importante mantener a estas sustancias, a sus subproductos y a los desechos dentro del sistema.

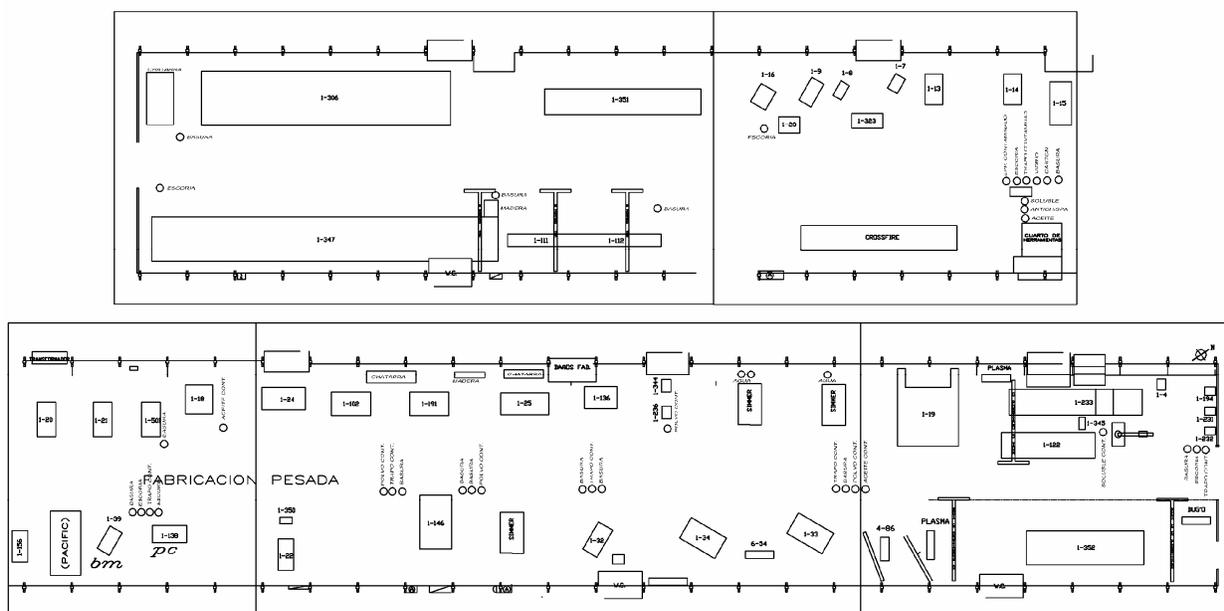


ILUSTRACIÓN 4.2 DISEÑO DE PLANTA LAYOUT

El material que pasa a la atmósfera y entra al ambiente de trabajo causando problemas, es una fracción insignificante de la cantidad total que circula a través del sistema. Tanto es así que un balance material, la cantidad de sustancia que

escapa y pasa al lugar de trabajo originando el peligro, puede ser insignificante comparada con el total presente.

Los factores del diseño que deben ser tenidos en cuenta responden a las siguientes consideraciones:

- ¿Hasta que grado será posible eliminar los residuos peligrosos en una parte del equipo antes que esta sea abierta?
- ¿Hasta donde se puede diseñar un sistema que relativamente no requiera mantenimiento?
- ¿Puede diseñarse un proceso en el que la operación completa tenga lugar en un sistema cerrado?
- ¿Puede el proceso ser conducido en forma automática sin participación del trabajador?

El ingeniero de diseño no solo debe de tener un conocimiento amplio de los aspectos principales del proceso que están proyectando, sino también de los pequeños detalles relacionados con los controles de los peligros para la salud y los dispositivos de seguridad.

La participación temprana del profesional conocedor de los peligros para la salud, en el proyecto, posibilita la planificación de los métodos de muestreo y análisis, que indicaran la necesidad de estudios toxicológicos para obtener datos sobre la salud en forma concurrente con el desenvolvimiento del diseño de ingeniería. Los sistemas que controlan los peligros para la salud pueden ser incluidos como parte

del diseño de ingeniería⁴. Los sistemas sensibles automáticos, detectores de pérdidas incluidos en el diseño del proceso pueden proporcionar información valiosa para la evaluación de los peligros para la salud durante la operación de la unidad.

Olvidar la interacción de los profesionales antes mencionados, durante el diseño de un planta, puede crear problemas serios. Lo que pudo haber sido de fácil solución durante el periodo de diseño puede convertirse en un problema extremadamente difícil después. Modificaciones que pudieron llevarse a cabo fácilmente en la etapa de diseño, se traducen luego en cambios en el equipo y gastos innecesarios. Peor aun, puede ser necesario detener la producción con el fin de corregir un peligro que no se había tenido en cuenta. En consecuencia, en todo proyecto la gerencia debe considerar que para ciertos procesos y materiales, el diseño inicial de los dispositivos que permiten conocer los peligros para la salud, puede ser una parte significativa y necesaria de la inversión.

4.1.2 MANTENIMIENTO

El mantenimiento es un factor importante en el diseño pero es necesario tener en cuenta no solo los hechos principales de lo que sucede sino también los pequeños detalles de los que no se supone de debe ocurrir. Estos sucesos inesperados pueden ser divididos en 2 grupos generales.

⁴ Olishifski, Julian B. and McElroy. Fundamentals of Industrial Hygiene, Chicago. Ed. Frank E. Publ. National Safety Council, 1988. p. 633

En primer lugar puede haber liberación de contaminantes al ambiente de trabajo en forma relativamente continua debido a pérdidas en las puntas, a conductos de extracción que no son totalmente efectivos, cierres de bombas que se han gastado, difusión por los vástagos de las válvulas o molestias acústicas en una máquina no bien ajustada. Este grupo general de contaminantes del ambiente o emisiones furtivas puede haber empezado en un nivel muy bajo como para motivar una preocupación seria. Junto con esto, aparece otra clase de contaminación episódica. A medida que el equipo se gasta y empieza a perder, el nivel bajo de emisiones se transforma en una exposición importante para el operario. Muchas de estas pérdidas pueden ser manejadas con un entendimiento continuo, cuidadoso e intensivo, sin embargo, la mayor parte de ellas pudo haber sido evitada con el diseño inicial. El grado en que cualquier posibilidad de pérdidas en un sistema puede ser evitado mediante la ingeniería o diseño, depende en gran medida precisamente de la previsión de esas pérdidas potenciales.



ILUSTRACIÓN 4.3 MANTENIMIENTO

La segunda clase de emisiones de contaminantes del aire aparece cuando un sistema cerrado o de control de proceso queda momentáneamente abierto o

fuera de control. Por ejemplo, se debe quitar cubierta de un compresor para poder hacer ciertos ajustes o quizá se deben recoger muestras o reemplazar filtros. Estas situaciones son muy comunes en la industria química un cambio de filtro puede ser necesario solo una vez cada 6 meses pero, las cosas no han marchado bien, abra que hacerlo quizá 4 veces en un periodo corto. El sistema debe ser diseñado de modo que sea posible lograr que el alojamiento del filtro pueda ser limpiado y purgado de tal forma, que una persona haga el mantenimiento necesario sin peligros de tiempo en tiempo el sistema como conjunto necesitara ser detenido para su limpieza y purga y, mas adelante, abierto para operaciones de mantenimiento. En estas circunstancias las exposiciones de los operarios tienden a ser breves, pero pueden resultar bastante elevadas y ser detectadas por la supervisión de higiene industrial solo cuando esta vigilancia se mantiene en forma diaria. El conocimiento de los peligros que se presentaran y de las posibilidades de exposición que pueden existir en la unidad de operación, proporcionan un punto de partida ideal para desarrollar un programa de supervisión del proceso con demasiada frecuencia esta etapa ha sido omitida y ese especialista solo entra a considerar un proyecto de ingeniería cuando ya esta en un estado avanzado de desarrollo. Hacer cambios en el diseño cuando el sistema esta casi listo para ser construido pero resultar muy costoso.

4.1.3 ESPECIFICACIONES DE DISEÑOS

Las especificaciones de diseño son los planos y documentos que permiten a los ingenieros definir con precisión el proceso el profesional de prevención de

accidentes debe poder comprender claramente donde, en estos planos, podrían localizarse peligros significativos para la salud (ver ilustración 4.2).

4.1.3.1 REVISIÓN GENERAL

Antes de iniciar el funcionamiento de una nueva unidad o proceso, debe hacerse en el lugar una vez mas una revisión general de los aspectos de ingeniería del proyecto completo, para tener la seguridad que nada ha sido olvidado y que todo va ha ocurrir como ha sido planificado. Si bien estas revisiones son muy detalladas y requieren tiempo, son de gran valor para el prevencionista que interviene. Los cambios de último momento que a veces se hacen en el proceso o en el equipo pueden aumentar o disminuir el peligro para la salud.

4.1.3.2 PUESTA EN MARCHA

Cuando un equipo o proceso es puesto en operación, comienza la supervisión de higiene industrial y debe continuar todo el tiempo que tal operación se mantenga. Pueden aparecer entonces problemas de manipulación y manejo que no fue posible prever durante la etapa de diseño. La pronta solución de estos problemas es mucho más fácil en el periodo inicial de la puesta en marcha, cuando los procedimientos y los operarios son todavía algo flexibles, que mas adelante, cuando la gente pueda decir “Lo hemos estado haciendo así durante años”⁵

4.1.3.3 TOMA DE MUESTRA

⁵ Olishifski, Julian B. and McElroy. Fundamentals of Industrial Hygiene, Chicago. Ed. Frank E. Publ. National Safety Council, 1988. p. 634.

La toma de muestra es una operación corriente en las industrias, tales como las acerías y las plantas petroquímicas que da lugar a la exposición de los operarios. El ingeniero de diseño y el higienista industrial pueden elegir entre un sistema de muestreo que no permita mucho control u otro que asegure un control casi total. Probablemente cada una de estas opciones lleva asociado algún incremento de costo. La elección entre ambas se funda en la valoración de la gravedad del peligro potencial.

4.1.3.4 OPERACIONES DE CARGA

Uno de los más serios problemas en el campo de control de los peligros para la salud, es el de la carga y descarga de vagones o camiones cisterna y barcazas. Cuando se coloca un líquido en un espacio previamente ocupado por aire, se produce su saturación con vapor. Puede resultar necesario recurrir a sistemas ventilados o cerrados y a sistemas de carga automática que incluyen dispositivos de recuperación, de manera que el vapor que es sacado de un tanque pueda ser recuperado.

Las exposiciones episódicas son difíciles de controlar desde el punto de vista de ingeniería. El factor mas importante que afecta la exposición es el trabajo en sí. En aquellos casos de emergencia esporádica o de episodios no rutinarios la protección personal puede ser la solución apropiada. Sin embargo los ingenieros de diseño deben admitir que estas disposiciones se producirán, que se deben tomar muestras, que el equipo debe ser sometido al mantenimiento y que los

filtros deben cambiarse. Las operaciones deben ser llevadas a cabo, de manera que el trabajador no necesite exponerse más de lo necesario⁶.

4.1.3.5 MATERIALES PELIGROSOS

Algunos materiales deben ser manejados con mucho cuidado debido a su toxicidad, inflamabilidad o reactividad. Los medios y procedimientos a aplicar deben estar de acuerdo con las normas establecidas para situaciones como almacenamiento y uso de materiales que contengan líquidos inflamables y o combustibles.

Los códigos federales imponen controles rigurosos que regulan la distribución de los espacios, la ventilación, las fuentes de ignición y el diseño. Cuando se emplean disolventes potencialmente reactivos por acción fotoquímica, los controles de proceso y las descargas a la atmósfera están sujetos a la reglamentación de las autoridades que se ocupan de la calidad del aire.

4.2 MÉTODOS GENERALES DE CONTROL

Los métodos generales empleados para controlar los factores ambientales incluyen los siguientes puntos:

- Reemplazo del material nocivo para la salud por otro menos peligroso.

⁶ Olishifski, Julian B. and McElroy. Fundamentals of Industrial Hygiene, Chicago. Ed. Frank E. Publ. National Safety Council, 1988. p. 629-650

- Cambio o alteración del proceso para reducir al mínimo la exposición al operario.
- Aislamiento o confinamiento de un proceso u operación para reducir el número de trabajadores expuestos⁷.
- Procedimientos húmedos para reducir la generación de polvos.
- Ventilación extracción local en el sitio de producción o dispersión de contaminantes.
- Dilución del aire por ventilación para lograr una atmósfera segura y sana.
- Empleo de equipo de protección personal tal como ropa especial o para protección de los ojos y tracto respiratorio;
- Buen cuidado de los locales incluyendo la limpieza, el lugar de trabajo, la eliminación de los residuos, instalaciones adecuadas para el lavado, baños y comidas.
- Control administrativo de la exposición con ajustes en los horarios de trabajo o turnos rotativos de manera que ningún operario quede sometido a una sobre exposición.
- Métodos de control especial para peligros específicos, tales como uso de encerramientos dispositivos monitores y toma continua de muestras con alarmas programadas.
- Control medico para detectar evidencias de absorción de sustancias toxicas.
- Entrenamiento y educación para completar los controles de ingeniería.

⁷ Introducción al reconocimiento, evaluación y control de agentes químicos. Única edición. México. Editado por la Coordinación General de Comunicación Social del Instituto Mexicano del Seguro Social. 2000. p. 32.

4.2.1 SUSTITUCIÓN

Un método de control de la higiene industrial a menudo efectivo es el de la sustitución de los materiales altamente tóxicos por otros no tóxicos o de menor toxicidad. Entre los ejemplos clásicos de este tipo se encuentra la sustitución del blanco de plomo en los pigmentos para pinturas por óxidos de zinc, bario o titanio, freón en sustitución del bromuro de metilo como refrigerante⁸.

Cuando se trata de sustituir disolventes, es siempre aconsejable ensayar el cambio en pequeña escala antes de que el nuevo disolvente pase a formar parte de la operación a proceso. Por ejemplo, el tetracloruro de carbono puede ser substituido por disolventes tales como el metilcloroformo, el diclorometano, ciertos hidrocarburos alifáticos del petróleo o algunos de los fluoroclorohidrocarburos. En operaciones de limpieza, puede considerarse el empleo de soluciones de detergentes en agua en lugar de solventes orgánicos. Es posible reemplazar el benceno por el tolueno en la mayoría de los barnices, soluciones de caucho sintético o removedores de pintura. Los cementos de caucho natural con hidrocarburos alifáticos como solventes, pueden realizar virtualmente la misma función que los preparados con benceno. El reemplazo de la nafta de petróleo por el percloroetileno de la industria de la limpieza a seco ha eliminado completamente un serio peligro de incendio.

⁸ Olishifski, Julian B. and McElroy. Fundamentals of Industrial Hygiene, Chicago. Ed. Frank E. Publ. National Safety Council, 1988. p. 635.

En las piedras amoladoras pueden usarse materiales sintéticos en lugar de arena y también compuestos no silíceos para la operación de moldeo en las fundiciones.

En los diales de instrumentos y esfera de relojes los compuestos fosforescentes activos por el tritio han reemplazado a las pinturas conteniendo radio, reduciéndose así los peligros que acompañaban la fabricación de esas partes. Eliminando los productos fosforescentes que contiene berilio en las formulaciones para lámparas fluorescentes, se ha erradicado un serio peligro para los pulmones de los hombres y mujeres que trabajan en la fabricación de tales artefactos.

Un cambio en las condiciones físicas de las materias primas que se reciben en una fábrica para su procesamiento ulterior, puede eliminar peligros para la salud. Los materiales en forma de gránulos o de briquetas producen menos polvo y con su empleo puede reducirse drásticamente la contaminación atmosférica durante algunos procesos.

Sin embargo, existen algunos casos en la sustitución de ciertos materiales tóxicos es imposible o impracticable, como ocurre en la manufactura de pesticidas, drogas o solventes y en los procesos que producen radiaciones ionizantes.

La sustitución de materiales o equipos por otros menos peligrosos puede ser el método menos caro a la vez que el más positivo para controlar los peligros

ocupacionales de la salud. Cuando se encuentra alguna resistencia por parte de los ingenieros de producción para cambiar el status quo, generalmente es posible demostrar que esa substitución puede traducirse en economías sustanciales.

4.2.2 CAMBIO DEL PROCESO

Un cambio de proceso a menudo ofrece una oportunidad ideal para mejorar las condiciones de trabajo. Por supuesto que muchos de estos cambios son llevados a cabo con el fin de mejorar la calidad o disminuir el costo de producción. En algunos casos un proceso puede ser modificado para reducir la dispersión de polvo o humo y así disminuir macadamamente el peligro. Por ejemplo, en la industria automotriz, la cantidad de polvo de plomo generado al pulir los cordones de soldadura con discos abrasivos rotatorios pequeños y de alta velocidad, se redujo mucho al cambiarlos por pulidoras de baja velocidad y tipo oscilante⁹.

La pintura a pincel o por inmersión en lugar de la que se hace mediante el soplete puede disminuir la concentración de contaminantes en el aire. Otros ejemplos de cambios en el proceso son el de la soldadura de arco en vez del remachado; el desengrasado al vapor en tanques adecuados controles de ventilación, remplazando al lavado a mano o en recipientes abiertos; las técnicas de pintado por soplete sin aire, para disminuir el exceso de pintura, en substitución de las que emplean aire comprimido y la aplicación a maquinas del oxido de plomo en las placas de acumuladores, reduciendo así la exposición al plomo de los operarios.

⁹ Olishifski, Julian B. and McElroy. Fundamentals of Industrial Hygiene, Chicago. Ed. Frank E. Publ. National Safety Council, 1988. p. 637.

La pintura por rociado electrostático automático, en lugar de la técnica manual con aire comprimido, y la carga mecánica continua mediante tolvas en vez de la carga manual discontinua, son otros ejemplos de cambios en los procesos que permiten controlar los peligros para la salud¹⁰.

4.2.3 AISLAMIENTO

Las operaciones potencialmente peligrosas deben aislarse para reducir al mínimo la exposición de los operarios. El aislamiento puede conseguirse mediante una barrera física, tal como la constituida por paneles acústicos, para reducir lo mas posible la transmisión del ruido. El aislamiento puede traducirse en términos de tiempo, mediante la provisión de un equipo semiautomático de control remoto, de manera que un operador no tenga que estar constantemente cerca de una maquina ruidosa.



ILUSTRACIÓN 4.4 AISLAMIENTO DE PROCESOS PELIGROSOS.

¹⁰ Olishifski, Julian B. and McElroy. Fundamentals of Industrial Hygiene, Chicago. Ed. Frank E. Publ. National Safety Council, 1988. p. 638.

El aislamiento es útil en trabajos que requieren relativamente pocos trabajadores y en los que el control por otros procedimientos es difícil o no es factible. La zona peligrosa de trabajo puede ser aislada del resto de las operaciones y así eliminar la exposición de la mayoría de los trabajadores. Los operarios que realmente trabajan en lugares donde difunden contaminantes, deben estar protegidos mediante la instalación de sistemas de ventilación que probablemente no serían satisfactorios si no se hubiera procedido a su aislamiento.

No es posible aislar y ventilar todas las operaciones. Un ejemplo son las operaciones de arenado como las que tienen lugar durante la construcción de barcos. El arenado debe realizarse en ubicaciones especiales tan alejadas como sea posible de otros trabajadores. Otra manera de aislar esa operación sería realizarla cuando pudiera estar expuesto el menor número posible de operarios.



ILUSTRACION 4.5 AISLAMIENTO DE PROCESOS PELIGROSOS.

En algunas fundiciones, la operación de desmoldar puede hacerse durante un turno intermedio, una vez que el turno ordinario ha terminado su tarea del día. Los pocos trabajadores que intervienen en esa operación pueden ser provistos de respiradores adecuados durante el corto tiempo durante el cual están expuestos al polvo que pasa al ambiente.

Otro trabajo que puede ser programado de manera tal que resulte mínimo el número de trabajadores expuestos al peligro son las voladuras en minas y canteras y esto se consigue haciendo el mismo tenga lugar al terminar los turnos o durante los periodos intermedios. De la misma manera debe procederse con ciertas tareas de mantenimiento, entre ellas el lavado de tanques, programándolas para los fines de semana, cuando pocos operarios están presentes.

Algunas operaciones no se prestan a otros métodos de control y deben entonces ser aisladas. Tales operaciones pueden generar contaminantes en grandes cantidades que pasan mas allá del taller o edificio, exponiendo a todos los trabajadores al peligro, aunque sean unos pocos los realmente ocupados en esa tarea.

El aislamiento del equipo puede ser el método más fácil para prevenir un contacto físicamente peligroso. Aislar una línea de agua caliente puede no ser económica desde el punto de vista estricto de la conservación del calor, pero resultar necesario si esa línea esta suficientemente aislada de la gente.

El equipo que opera a muy altas presiones, por ejemplo, puede suponer un peligro para quienes trabajan cerca. En tales casos, una barricada que aisle la instalación del área general de trabajo, podría hacer que el riesgo fuese mínimo.

Cuando se procesan materiales muy tóxicos deben emplearse manipuladores telecomandos para permitir el comando del equipo desde un lugar alejado. El área de trabajo puede ser observada por cámaras de televisión, espejos, o periscopios manejados por control remoto. El grado de aislamiento requerido depende la toxicidad del contaminante, la cantidad producida y los procedimientos de trabajo en el proceso¹¹. A menudo, basta trasladar una operación a otros sitios mientras que, en otros casos, resulta necesario un cuarto control provisto de ventilación para poder aislar el proceso de los trabajadores.

Muchas plantas químicas modernas tienen cámaras centralizadas de control, provistas de dispositivos automáticos para muestreo y análisis, lectura remota de diferentes sensores y conexión con una computadora para el procesamiento de los datos y el manejo de las operaciones. Algunos trabajos, como ocurre en procesos en que hay radiaciones nucleares, requieren aislamiento completo y control remoto, de tal manera que nadie resulte expuesto.

Ese aislamiento total puede ser conseguido mediante mecanización o automatización, para tener la seguridad que los trabajadores no entren en contacto con las sustancias tóxicas.

¹¹ Olishifski, Julian B. and McElroy. Fundamentals of Industrial Hygiene, Chicago. Ed. Frank E. Publ. National Safety Council, 1988. p. 629-650

Los operadores de las grúas en las grandes fundiciones o en los depósitos en que se almacenan materiales a granel o en los sitios de clinker en las fabricas de cemento, deben estar alojados en cabinas completamente cerradas y ventiladas con aire filtrado a una presión positiva para evitar la entrada de contaminantes en la operaciones de molienda, pulverizado y transporte de piedras, en las que se requiera atención periódica o de emergencia, los operarios pueden alojarse, durante la mayor parte del turno de trabajo, en pequeños cuartos ventilados y con aire filtrado y estratégicamente distribuidos en ambiente principal de trabajo.

El aislamiento de las operaciones peligrosas o la ubicación de una o más operaciones en un edificio separado no solo reducen notablemente el número de trabajadores expuestos, sino también simplifica mucho los procedimientos de control necesarios.

El aislamiento del proceso o del equipo es un método conveniente para el control, dado que el cerramiento evita o hará que sea mínimo el escape de contaminantes al ambiente de trabajo. Este método debe de ser una de las primeras medidas de control a adoptar después de considerar el de la sustitución. Abra que tomar medidas de precaución adicionales cuando se proceda a limpiar el equipo que se ha aislado y cuando se lo ponga en marcha o se lo detenga con el fin de evitar altas concentraciones del contaminante.

Los equipos aislados están generalmente encerrados en forma hermética y solo se abren durante las operaciones de limpieza o llenado.

El aislamiento de procesos peligrosos por medio de sistemas cerrados es una práctica generalizada en la industria química. Esto explica por que la manufactura inicial de sustancias tóxicas es a menudo menos peligrosa que su uso posterior en otros lugares y en condiciones no también controladas. En las industrias mecánicas el cerramiento es frecuentemente la mejor solución para el riesgo representado por el polvo o humo en exceso.

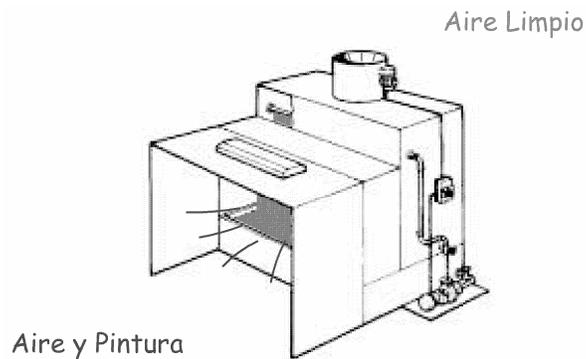
Todo equipo, ya sea aislado o automatizado, requiere mantenimiento y reparación y en esos momentos puede ser necesario eliminar las medidas de control. En tales circunstancias se deben especificar las medidas de seguridad incluyendo el cierre de la planta y los permisos especiales para poder trabajar en esas operaciones de mantenimiento.

4.2.4 MÉTODOS HÚMEDOS

Los peligros del polvo en el aire pueden frecuentemente reducirse mucho mediante el empleo de agua u otro líquido apropiado. Es aconsejable mojar el piso antes de barrer con el fin de disminuir la dispersión de polvo nocivo cuando no pueden aplicarse otros métodos mejores como el empleo de una aspiradora.

La humectación es uno de los procedimientos más simples para controlar el polvo pero su efectividad depende de que realice en forma apropiada.

Se ha conseguido disminuciones notables en el polvo atmosférico, mediante el empleo de agua forzada a través de las mechas empleadas en las operaciones de perforación de rocas.



ILUSTRACION 4.6 EXTRACCIÓN CON CORTINAS DE AGUA.

Para algunos procesos de pintura, es muy usual encontrar extracción con cortinas de agua, esto permite limpiar el aire contaminado dentro del lugar de trabajo y liberar a la atmósfera aire limpio (ver ilustración 4.6).

4.2.5 VENTILACIÓN POR EXTRACCIÓN LOCAL

La ventilación por extracción local esta considerada como el método clásico de control. Los sistemas de extracción local captan los contaminantes en un lugar de origen antes que puedan pasar al ambiente de trabajo un sistema típico consiste en una o mas campanas, conductos, un filtro de aire y un ventilador. Estos sistemas eliminan los contaminantes del aire en lugar de diluirlos. El procedimiento debe ser usado cuando el control no pueda hacerse por sustitución, cambio de proceso, aislamiento o mediante el encierro de operaciones. Aun cuando ya se

haya aislado esa etapa del trabajo, podría ser necesario todavía un sistema de extracción local.

La mayor ventaja de esta clase de ventilación es un menor requerimiento de caudal de aire comparado con el necesario en la ventilación por dilución.

Estas plantas en las que hay calefacción o aire acondicionado, es importante el caudal total de aire, puesto que el costo de estas operaciones implique un gasto de funcionamiento considerable.

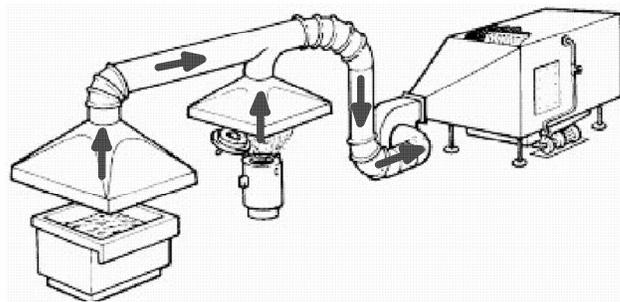


ILUSTRACIÓN 4.7 EXTRACCIÓN LOCAL

Dos requisitos principales determinan la utilización correcta de la ventilación por extracción local en el control de los peligros transmitidos por aire. En primer lugar, el proceso o equipo debe estar circunscrito lo mas posible y además, el aire debe ser extraído a una velocidad suficiente como para asegurar que se establezca una corriente hacia la campana¹² (Ver ilustración 4.7).

¹² Olishifski, Julian B. and McElroy. Fundamentals of Industrial Hygiene, Chicago. Ed. Frank E. Publ. National Safety Council, 1988. p. 642.

El diseño apropiado de un sistema de esta clase depende de varios factores, tales como la temperatura del proceso, características físicas del contaminante, la forma en que se genera, la velocidad y la dirección con que es liberado a la atmósfera y su toxicidad.

Estos sistemas de extracción local pueden ser fáciles de diseñar. Las campanas o sitios de extracción deben tener forma apropiada y estar situados convenientemente para poder captar los contaminantes y el ventilador y los conductos deben ser capaces de hacer pasar la cantidad completa de aire a través de cada campana la elección de estas campanas depende de las características del contaminante y de su dispersión.

4.2.5.1 SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE BAJO VOLUMEN Y ALTA VELOCIDAD

Emplea, para controlar el contaminante, pequeños volúmenes de aire relativamente altas. El control se consigue extrayendo el aire directamente en el punto en que se genera el contaminante, usando para ello campanas para una buena adaptación. La velocidad de captura es relativamente alta pero el volumen de aire que se extrae es pequeño. El empleo de herramientas portátiles, se utilizan tubos livianos y flexibles de plástico de poco diámetro con lo cual se obtiene velocidades muy altas en el conducto. De esta manera se consigue la aplicación de la aspiración local a esas herramientas que, que si se empleasen los métodos convencionales de extracción, requerirían volúmenes relativamente grandes de aire y grandes conductos.

Una vez que la ventilación por extracción local se ha instalado y puesto en operación su funcionamiento debe ser probado para ver si reúnen las especificaciones de ingeniería, tales como el correcto caudal de aire y las velocidades en los conductos. Ese comportamiento debe ser controlado periódicamente como una parte del mantenimiento.

4.2.6 VENTILACIÓN GENERAL

Los sistemas de ventilación general permiten ingresar o extraer aire de las áreas de trabajo, con el fin de mantener la concentración de un contaminante atmosférico por de bajo de los niveles peligrosos. Este sistema aplica la convección natural a través de puertas o ventana abiertas, aberturas en el techo o chimeneas y en el movimiento del aire producido por ventiladores o sopladores. Los extractores montados en el techo, las paredes o las ventanas determinan también una ventilación general.

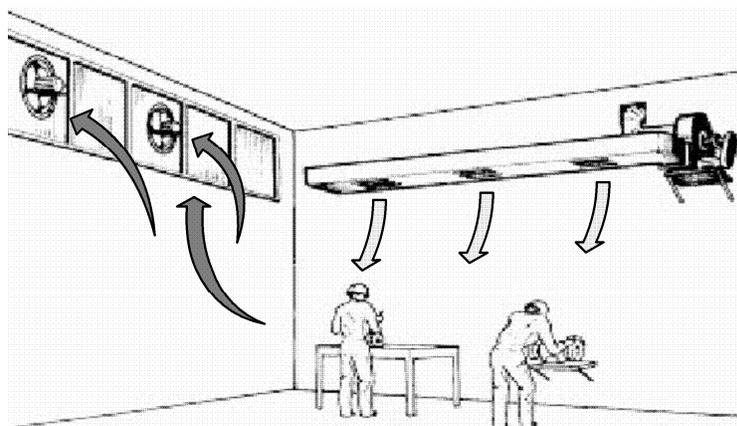


ILUSTRACIÓN 4.8 VENTILACIÓN GENERAL

Esta forma de ventilación solo debe ser usada en situaciones que se produzcan las circunstancias siguientes:

- Pequeñas cantidades de contaminantes del aire liberadas en el ambiente de trabajo en forma sensiblemente constante.
- Suficiente distancia entre el trabajador y la fuente de contaminación de manera que pueda producirse el movimiento adecuado del aire para diluir el contaminante a niveles seguros.
- Solo se produzcan contaminantes de baja toxicidad.
- No sea necesario recoger o retener en los filtros los contaminantes, antes que el aire sea liberado al ambiente.
- No se produzca corrosión u otra clase de daño en el equipo por acción de los contaminantes diluidos en aire del ambiente de trabajo.

Las mayores desventajas de la ventilación general son los grandes volúmenes de aire que se necesitan para la dilución; la posibilidad de su relativa ineficiencia y la dificultad para controlar exposición de los operarios cerca de la fuente de contaminación, donde la dilución todavía no ha producido.

Cuando se extrae aire de un ambiente de trabajo debe considerarse la provisión de aire acondicionado, especialmente durante los meses de invierno. Los volúmenes del aire nuevo deben tener las mismas características que los que han sido expulsados; debe ser limpio, estar humidificado y su temperatura regulada según lo requiera el confort.

Debe tenerse cuidado al elegir los lugares de toma de aire acondicionado, de tal manera que los gases tóxicos y los vapores que provienen de chimeneas o

aberturas de emergencia no sean devueltos al área de trabajo. Cuando las chimeneas y las entradas de aire no están convenientemente separadas, el aire expulsado puede estar dirigido hacia las tomas de aire fresco y ser recirculado en los ambientes de trabajo. La recirculación inadvertida de los contaminantes del aire extraído es un problema cada vez mayor.

Puesto que el equipo para mover, filtrar y acondicionar aire es caro, algunos ingenieros tratan de ahorrar dinero mediante la recirculación de parte del aire extraído. Es necesario entonces un control apropiado del aire que se recircula, para prevenir la acumulación de contaminantes nocivos.

La ventilación general no debe ser empleada cuando existen fuentes importantes y localizadas de contaminación del aire (especialmente polvos y humos altamente tóxicos), en estos casos la ventilación por extracción local es más efectiva y económica.

4.2.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

Cuando no es posible que el ambiente se torne completamente seguro, puede ser necesario proteger al trabajador con equipo de protección personal¹³. Este recurso es normalmente considerado secundario en relación a los controles mencionados previamente y se aplica donde no es factible encerrar o aislar el proceso o equipo, proveer ventilación u otra medida apropiada o donde se produzcan exposiciones

¹³ Introducción al reconocimiento, evaluación y control de agentes químicos. Única edición. México. Editado por la Coordinación General de Comunicación Social del Instituto Mexicano del Seguro Social. 2000. p.11.

cortas a concentraciones o contaminantes peligrosos (por ejemplo cuando puedan ocurrir salpicaduras inevitables).



ILUSTRACION 4.9 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL.

Los dispositivos de protección personal tiene un serio inconveniente, no reducir el peligro en si. Si llegan a fallar, se produce una exposición inmediata. El hecho que un dispositivo de esta clase pueda perder su efectividad sin que lo perciba el usuario, es particularmente grave.

4.2.7.1 PROTECCIÓN DE OJOS Y CARA

Se emplean anteojos protectores, mascararas y otros recursos similares, ante la presencia de vapores, líquidos y sólidos, corrosivos y cuerpos extraños. Entre los muchos tipos de protecciones disponibles para los ojos y la cara hay uno que es el apropiado para cada peligro y debe ser usado todas las veces que sea necesario (ver ilustración 4.10).



ILUSTRACIÓN 4.10 PROTECCIÓN DE OJOS Y CARA UTILIZADO PARA LA LIMPIEZA DE QUÍMICOS Y PINTURAS CON SOLVENTES

4.2.7.2 ROPA PROTECTORA

Para eliminar los prolongados o repetidos contactos con disolventes deben usarse guantes, delantales, botas o prendas hechas con materiales resistentes deben tenerse cuidado en la elección del tipo correcto de equipo protector para cada aplicación específica.



ILUSTRACIÓN 4.11 ROPA PROTECTORA PARA EL PROCESO DE PINTURA

Los fabricantes proveen una amplia selección de prendas protectoras hechas con caucho, plástico, cuero, algodón o fibras sintéticas diseñadas para cada peligro.

Los guantes de algodón o cuero son útiles para proteger las manos de la fricción y el polvo, los de caucho sintético para la protección contra los ácidos y los álcalis y los de algodón cubierto de neopreno protegen contra la mayoría de los líquidos irritantes.

Para una protección transitoria contra el calor radiante existe ropa de material aluminizado reflector. Tales prendas requieren un cuidado especial para preservar su superficie brillante.

4.2.7.3 CREMAS Y LOCIONES PROTECTORAS

Ayudan a reducir el contacto de la piel con productos químicos irritantes. Su efectividad varia pero si se eligen en forma adecuada y si se usan correctamente, pueden ser muy útiles. Hay circunstancias en que una crema protectora es el mejor método disponible para prevenir el contacto con sustancias nocivas, como cuando, por ejemplo, la cara no puede ser cubierta por una mascara o no es posible usar guantes.

No existe una crema que sirva para todo uso. Distintos fabricantes preparan una variedad de productos diferentes, cada uno apropiado para brindar protección contra un peligro determinado. Algunas cremas protectoras son útiles para prevenir los efectos de los disolventes orgánicos mientras que otras lo son frente a sustancias solubles en agua¹⁴.

¹⁴ Olishifski, Julian B. and McElroy. Fundamentals of Industrial Hygiene, Chicago. Ed. Frank E. Publ. National Safety Council, 1988. p. 644.



ILUSTRACION 4.12 CREMA PROTECTORA CONTRA DISOLVENTES.

Para usar con propiedad una crema protectora debe ser aplicada sobre la piel limpia al comienzo del período de de trabajo, quitada a la hora del almuerzo, reaplicada luego y finalmente eliminada al terminar la jornada.

La crema o la loción debe ser elegida sobre la base de un consejo medico competente. El trabajador debe ser instruido acerca de la clase apropiada y su aplicación correcta.

4.2.7.4 DISPOSITIVOS PROTECTORES RESPIRATORIOS

Su empleo esta normalmente restringido a los casos de exposiciones intermitentes o de operaciones que no pueden ser controladas en otra forma. La protección respiratoria no debe ser controlada como un sustituto de los métodos de control de ingeniería.

Estos dispositivos permiten logara una protección leve o para casos de emergencia. Los reparadores son dispositivos de protección primaria en condiciones normales de trabajo, solo cuando otros procedimientos no resultan posibles. Deben ser usados cuando sea necesario entrar en una atmósfera altamente contaminada con fines de rescate o para reparaciones de emergencia, como medio para escapar de un ambiente que súbitamente sea vuelto altamente contaminado, para efectuar un mantenimiento de corto plazo o reparar un equipo en un atmósfera contaminada y para una operación corriente, pero en conjunción con otras medidas de precaución, cuando el agente agresivo es tan tóxico que no se puede confiar en otras medidas de control, como la ventilación.



ILUSTRACIÓN 4.13 PROTECTOR RESPIRATORIO DE CAPUCHA CORTA.

La clase de aire contaminado. La máxima concentración de agente contaminante esperada en el misma, la posibilidad de una deficiencia de oxígeno, la vida útil del aparato y las vías de escape disponibles, son algunos de los factores que deben tenerse en cuenta cuando se elija el modelo adecuado de respirador para

emplearlo ya sea en casos de emergencia o para tenerlos como reserva; cuando no se conocen con certeza estos factores debe adoptarse el dispositivo que ofrezca la mayor garantía de seguridad.

Hay dos clases generales de dispositivos protectores respiratorios: a).- purificadores del aire, que eliminan el contaminante del aire que se respiran mediante filtración o absorción química (ver ilustración 4.14); y. b).- productores de aire que proveen aire limpio de una fuente exterior o de un tanque (ver ilustración 4.13). Detalles completos de los modelos certificados por el Nacional Institute of occupational safeti and health (NIOSH) deben obtenerse del fabricante.



ILUSTRACIÓN 4.14 PROTECTOR RESPIRATORIO DE MASCARA.

Los respiradores filtrantes cubren la boca y la nariz pero no protegen los ojos. Existe un gran número de respiradores que llenan los requerimientos establecidos por la NIOSH y que exigen una alta eficiencia en la filtración y una baja resistencia

a la respiración. Un número mas reducido de estos dispositivos ha sido certificado para la protección contra los humos y las nieblas de metales.

Los respiradores con suministro de aire son transferidos por los trabajadores a los que poseen cartucho químico o filtro mecánico, debido a que son más frescos y no ofrecen resistencia al respirar. Sin embargo, tales modelos requieren una fuente de aire puro y un compresor adecuados.

Los respiradores autónomos empleados para trabajos de emergencia y rescate, tiene mascarar conectadas mediante mangueras a cilindros de aire comprimido o recipientes que proveen oxígeno producido mediante una reacción química. Estos dispositivos permiten al trabajador entrar en una atmósfera contaminada o deficiente en oxígeno hasta ciertos límites indicados en el e mismo aparato.

La selección del tipo apropiado de equipo protector respiratorio debe basarse en las siguientes consideraciones:

- Identificación de la sustancia o sustancias para las cuales es necesaria la protección respiratoria;
- Determinación de los peligros que implica cada sustancia y de sus principales propiedades físicas y químicas;
- Determinación de los niveles máximos esperados en la contaminación del aire. La probabilidad de una deficiencia de oxígeno y las condiciones de la exposición.

- Conocer las posibilidades y características esenciales para el uso seguro del dispositivo de protección respiratoria; y,
- Conocer como debe realizarse su mantenimiento.

Dado que un respirador resulta a menudo molesto después de haberlo usado durante largo tiempo, el trabajador deberá conocer bien la necesidad de protección, en caso contrario no querrá usarlo. Para conseguir la colaboración del trabajador estos factores son importantes:

- Indicar el uso de equipo protector respiratorio solo después de haber hecho todos los esfuerzos para eliminar el peligro.
- Explicar claramente la situación al trabajador.
- Ajustar el respirador cuidadosamente.
- Tomar las providencias necesarias para el mantenimiento y la limpieza del equipo, incluyendo su esterilización antes de volver a usarlo.
- Instruir al trabajador acerca del uso correcto del respirador.

4.2.8 HIGIENE PERSONAL

La higiene personal es una importante medida de control. El trabajador debe poder lavar prontamente la piel expuesta para quitarse las salpicaduras accidentales de materiales tóxicos o irritantes (ver ilustración 4.15). Para que un operario pueda disminuir al mínimo su contacto con agentes químicos perjudiciales debe tener la posibilidad de lavar sus manos. Los lavados mal ubicados dan origen a practicas

indeseables como la de lavarse las manos en los lugares de trabajo con solventes aceites minerales o detergentes industriales, ninguno de los cuales es apropiado ni esta destinado para la limpieza de la piel¹⁵.



ILUSTRACIÓN 4.15 LAVADO DE MANOS.

Muchas de las formulaciones industriales para la limpieza de las manos se presentan como simples jabones en polvo, jabones abrasivos en polvo, pastas de jabón abrasivo, jabones líquido o cremas jabonosas y también como preparados que no contienen agua.

Los jabones en polvo dan la sensación de quitar suciedad debido al estímulo de las terminaciones nerviosas cutáneas por los abrasivos presentes. Los limpiadores sin agua se han hecho muy conocidos debido a que son capaces de eliminar la mayoría de las suciedades, como las de grasa, tizne. Alquitrán y pinturas con relativa fácil.

¹⁵ Olishifski, Julian B. and McElroy. Fundamentals of Industrial Hygiene, Chicago. Ed. Frank E. Publ. National Safety Council, 1988. p. 646.

La disponibilidad de facilidades para el lavado, duchas de emergencia y fuentes lavaojos es necesaria cuando manejan materiales peligrosos o extremadamente tóxicos.

Cuando se trabaje con carcinógenos experimentales o de actividad reconocida, deben adoptarse precauciones muy estrictas en las operaciones y en los lugares de trabajo. La reglamentación de OSHA establece que el empleador, en tales casos, debe disponer de un recinto separado y controlado solo en el cual pueda prepararse o usarse ese carcinógeno determinado. Únicamente personal autorizado y especialmente entrenado puede estar en ese ambiente, llevando la protección personal apropiada. Debe estar prohibido comer, guardar o beber alimentos y líquidos en lugares en que se emplee materiales altamente tóxicos. También debe disponerse de instalaciones para poder lavarse o ducharse en casos de exposiciones accidentales. En todas las entradas al área controlada donde se manejen sustancia que sean biológicamente peligrosas o carcinógenos debe haber anuncios bien ubicados, para informar a los operarios acerca de los peligros y de los procedimientos rutinarios o de emergencia que se requieran. Debe establecerse áreas separadas donde los trabajadores puedan cambiarse la ropa y el equipo protector.

4.2.9 ORDEN, LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO

Un buen cuidado del lugar de trabajo desempeña un papel clave en el control de los peligros ocupacionales para la salud. El polvo de cornisas elevadas y del piso debe ser quitado antes que pueda pasar al aire por acción del tránsito, la vibración

o las corrientes erráticas de aire. Un buen orden y limpieza es siempre importante, pero cuando hay materiales tóxicos se torna fundamental.

La limpieza inmediata de cualquier salpicadura de sustancia tóxica es una medida de control muy importante. Un programa regular de limpieza empleando aspiradoras es un método efectivo para eliminar la suciedad y el polvo de las áreas de trabajo no debe usarse una manguera con aire para quitar el polvo de las vigas y cornisas.

Un buen orden y limpieza es esencial para los lugares donde se guardan, manejan y usan disolventes. Cuando haya recipientes o válvulas que pierdan habrá que transferir el disolvente a recipientes sanos o reparar las válvulas. Las salpicaduras deberán ser limpiadas enseguida. Todos los trapos absorbentes mojados en solventes deben ser guardados en recipientes metálicos herméticos y sacados de la planta diariamente.

Es imposible lograr un programa de control efectivo de los peligros para la salud a menos que la limpieza y mantenimiento sean buenos y el trabajador haya sido informado acerca de la necesidad de esas medidas.

Los contaminantes del aire pueden ser controlados en forma continua mediante instrumentos que hacen sonar una alarma cuando la concentración excede un nivel determinado. Los operarios o los supervisores pueden entonces, tomar las

medidas necesarias para reducir estos niveles. Este procedimiento es también útil para detectar condiciones anormales de trabajo.

4.2.10 ELIMINACIÓN DE RESIDUOS.

La eliminación de los materiales peligrosos debe ser hecha por personas muy entrenadas que trabajen bajo supervisión estricta. Deben establecerse procedimientos para la eliminación, en condiciones de seguridad, de productos químicos peligrosos, residuos tóxicos y otros desperdicios contaminados, así como también de los recipientes de sustancias químicas fuera de uso y de aquellos cuyos rótulos se hayan perdido o inutilizado.

La eliminación de materiales peligrosos en los sistemas cloacales puede crear muchos problemas. La mezcla de sustancias tales como los ácidos con compuestos de fósforo, arsénico o cianuros, por ejemplo, es fuente de peligro para la salud. En un momento dado podría ser difícil saber que residuo descarga en la cloaca una planta vecina con o sin permiso. Sería entonces posible que se produjese una mezcla imprevista de residuos químicos, con resultados desastrosos.

Un químico competente puede determinar el mejor método para neutralizar o eliminar la toxicidad de los productos químicos que ya no se necesitan. Algunos de estos productos pueden diluirse con agua y eliminarse en forma segura por el sistema cloacal. Cantidades del orden de los mililitros de líquidos inflamables miscibles con agua pueden ser eliminadas de esta manera. En algunos casos

resulta conveniente realizar investigaciones experimentales para determinar la forma de neutralizar y transformar en inofensivos los residuos, antes de comenzar las operaciones de eliminación en gran escala.

La eliminación en pozos profundos requiere investigación geológica y la aprobación de las autoridades correspondientes, además de un gasto considerable. Los incineradores necesitan una chimenea apropiada para llevar al exterior los productos de la combustión, también están sujetos a los controles de contaminación del aire y suelen generar daños indeseables y otros productos de al combustión que pueden no ser aceptables en una región poblada.

La reacción de los residuos con agentes neutralizantes implica elaboradas instalaciones de torres lavadoras, tanques intermediarios y procesos de tratamiento final, todo lo cual es caro y requiere investigación o estudio exhaustivo siendo su aplicación limitada. Cada método debe ser considerado en forma particular antes que una eliminación que una emergencia se haga inminente.

4.2.11 MÉTODOS ESPECIALES DE CONTROL

Muchos de los métodos generales mencionados previamente (ya sea solos o en combinación) pueden ser aplicados al control de la mayoría de los peligros ocupacionales de la salud. Algunos recursos especiales merecen, sin embargo, una mención particular.

4.2.11.1 CONTROLES ADMINISTRATIVOS

La reducción de los periodos de trabajo es otro método aplicable en áreas limitadas donde los métodos de control de ingeniería sobre la fuente no son practicables. Como por ejemplo, en el trabajo industrial de forja, especialmente en tiempo caluroso, se establecen jornadas mas cortas y frecuentes periodos de descanso con el propósito de reducir al mínimo los efectos de la exposición al las altas temperaturas¹⁶.

4.2.11.2 PREVISIONES PARA EL MANTENIMIENTO

Un objetivo clave debe ser el tomar provisiones para la detención periódica del proceso con el fin de realizar operaciones de mantenimiento antes de desarmar un equipo es importante comprobar si quedan en el sustancias toxicas y/o peligrosas. Cuando esto no es posible, los operarios encargados del trabajo deben llevar vestimenta protectora apropiada. El equipo contaminado, las herramientas y la ropa protectora deben ser descontaminados antes de ser llevados fuera del área de trabajo.

4.2.12 CONTROLES MÉDICOS

Los exámenes médicos son parte importante de un programa de control de salud ocupacional. El programa medico sirve también para verificar los controles de ingeniería. Los síntomas de exposición a un peligro ocupacional para la salud en un grupo de trabajadores indicaran una falta que debe ser corregida la extensión

¹⁶ Olishifski, Julian B. and McElroy. Fundamentals of Industrial Hygiene, Chicago. Ed. Frank E. Publ. National Safety Council, 1988. p. 648.

de los controles médicos dependerá de los peligros y de la gravedad de los riesgos existentes. Un programa de higiene industrial debe ser paralelo al programa médico, ambos son esenciales para proteger la salud de los trabajadores.

El examen físico de los nuevos operarios debe incluir la obtención de una historia detallada de las exposiciones ocupacionales previas a los agentes físicos y químicos. El examen médico de preadmisión proporciona la oportunidad de identificar a las personas que son hipersensibles a ciertas sustancias.

4.3 ENTRENAMIENTO Y EDUCACIÓN

Para completar los controles de ingeniería se emplea el entrenamiento y la educación adecuados. En una planta manufacturera típica, la responsabilidad primaria de una operación y un control seguros reside en la línea de organización del departamento de operaciones. Este departamento debe contar con un supervisor de primera línea un supervisor de turno y un jefe de departamento, todos los familiarizados con cada uno de los aspectos de la operación diaria de la planta y del proceso de manufactura y fácilmente disponibles cuando deban tomarse decisiones críticas.

4.3.1 SUPERVISORES

La instrucción de los supervisores esta dirigida tanto al proceso como al equipo. El objetivo del profesional de prevención de accidentes debe ser el de enseñarles los peligros para la salud que puedan encontrarse en sus áreas de trabajo los

supervisores tiene que saber cuando y en que circunstancias deben pedir ayuda para resolver los problemas que plantean estos peligros. Tiene que estar también familiarizados y bien informados acerca de los procesos, operaciones y materiales peligrosos de los cuales son responsables.

Los cursos breves sobre higiene industrial pueden constituir una manera sencilla de transmitir mucha información valiosa en poco tiempo. Estos cursos deben definir los peligros existentes en áreas amplias y, también, considerar la relación costo – beneficio en el control de los peligros para la salud en ambiente de trabajo.

4.3.2 TRABAJADORES

El trabajador debe conocer los procedimientos de operación correctos que permiten que los controles de ingeniería sean efectivos. Si ejecuta una operación fuera de una campana extractora, no solo anulará el propósito de la medida de control, sino también contaminará el ambiente. Los operarios deben ser puestos sobre aviso acerca de los procedimientos seguros de trabajo mediante folletos, letreros, carteles, reuniones de seguridad y otras formas de instrucción.

El personal de prevención de accidentes puede hacer mucho para reducir al mínimo la exposición innecesaria a los contaminantes del aire, persuadiendo al trabajador para que coloque correctamente la campana extractora cambie su manera de pesar un material toxico o de manejar alguna herramienta. Para operaciones normales de planta debe establecerse una evaluación precisa de rutina de los peligros para la salud, que incluyen el control de la exposición del

personal afectado, lo que puede cumplirse manteniendo un registro de esa exposición a los disolventes orgánicos.

Además de las instrucciones de operación normales que cada operario recibe cuando comienza un nuevo trabajo aquellos que están asignados a lugares donde pueda haber exposición a disolventes orgánicos debe recibir un programa especial de información. Este programa debe de cubrir los siguientes puntos:

- Naturaleza del peligro
- Posibles consecuencias de la exposición
- Uso de la ropa protectora apropiada
- Uso de equipo de protección personal
- Programa de supervisión medica
- Medida para situaciones de emergencia
- Procedimientos de descontaminación
- Revisión de las medidas de control de los peligros para la salud

Para reducir al mínimo los errores de operación debe suministrarse a los trabajadores un manual detallado de instrucciones donde se señale los pasos a seguir en todas las situaciones previsibles¹⁷.

Deben darse explicaciones a los operarios sobre los motivos que aconsejan el uso de respiradores ropa protectora y protección ocular. También deben ser informados acerca de la necesidad de un buen orden, limpieza y mantenimiento.

¹⁷ Olishifski, Julian B. and McElroy. Fundamentals of Industrial Hygiene, Chicago. Ed. Frank E. Publ. National Safety Council, 1988. p. 650.

Como constante aparecen nuevas sustancias en el mercado y se desarrollan nuevos procesos, la reeducación y la renovación continua de la instrucción deben también ser parte de un programa efectivo de control.

CONCLUSIONES

En los últimos años ha ido incrementando el uso de sustancias químicas en el ambiente laboral, sin embargo no se conoce en realidad el daño que algunas sustancias puedan generar al organismo. En la actualidad existen aproximadamente 54 millones de sustancias químicas y tan solo hay alrededor de 250,000, hojas de datos de seguridad, de las que sólo se han establecido LMPE para 561. Esto explica la preocupación de diferentes organismos a nivel mundial, ya que la gente se esta enfermando y como consecuencia se esta muriendo debido a las exposiciones laborales a las que se ven afectados los trabajadores.

Esta monografía, con base en la bibliografía consultada y aportaciones personales, propone una metodología para el reconocimiento, evaluación y control de los disolventes orgánicos, permitirá darle una idea clara al lector y le proporcionara las herramientas necesarias para poder abordar problemas relacionados con disolventes, dado que hoy en día resulta imperativo el evitar la posible exposición de los trabajadores a estas sustancias debido a los graves efectos que estas provocan en el organismo humano.

La información contenida en este documento sentara las bases para que los interesados puedan profundizar en el estudio de los disolventes orgánicos, lo cual propiciara una mayor investigación bibliográfica del tema y será un incentivo para orientar el desarrollo de estudios más precisos que proporcionen mayor

información del como prevenir accidentes y/o enfermedades relacionadas con el tema tratado.

El gobierno federal, a través de la Secretaria del Trabajo y Previsión Social ha establecido normas que los empresarios deban cumplir en beneficio de sus trabajadores y de la empresa misma, ya que la exposición de los trabajadores a los disolventes orgánicos no solo afecta a la salud empleados, si no que dichas exposiciones provocan dependiendo del disolvente, ausentismo, accidentes, enfermedades, producción baja, mala calidad, etc. Lo cual afecta la gravemente la economía de los empresarios.

Por tal motivo, debemos aprender la manera de reconocer, evaluar y controlar no solo a los disolventes orgánicos, si no a todos los agentes de riesgo que pongan en riesgo la salud de los trabajadores; de esta manera nuestro país podrá ser competitivo y las personas que vivimos en el, tendremos una mejor calidad de vida.

GLOSARIO

Para efectos de esta monografía, se consideran las definiciones contenidas en la normatividad mexicana, principalmente en la NOM-010-STPS-1993.

ACTIVIDAD PELIGROSA: Conjunto de tareas derivadas de los procesos de trabajo, que generan condiciones inseguras y sobre exposición a los agentes químicos capaces de provocar daños a la salud de los trabajadores o al centro de trabajo.

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

AGENTE QUÍMICO: Sustancia química orgánica o inorgánica de estructura definida y con propiedades fisicoquímicas específicas, presente en el medio ambiente y que pueden producir un deterioro en la salud y seguridad de las personas expuestas.

ALERGÉNICOS: Sustancias cuya acción se caracteriza por dos circunstancias: la primera es que no afectan a la totalidad de los individuos, ya que se requiere una predisposición genética-fisiológica; la segunda, es que los efectos sólo se presentan en individuos previamente sensibilizados.

ANESTÉSICOS Y NARCÓTICOS: Sustancias químicas que actúan como depresivas del sistema nervioso central.

ASFIXIANTES: Sustancias capaces de impedir la llegada del oxígeno a los tejidos vivos.

ASFIXIANTE SIMPLE: Gases o vapores inertes que desplazan el aire, disminuyendo la concentración de oxígeno, sin otros efectos importantes. Cuando en el aire está presente una cierta cantidad de gases y vapores en altas concentraciones, estos actúan como asfixiantes simples sin otro efecto fisiológico significativo sobre el hombre, siempre y cuando el nivel de oxígeno sea mayor al 19.5% en volumen.

ATMÓSFERA EXPLOSIVA: Área del centro de trabajo en que la concentración ambiental de las sustancias químicas peligrosas se encuentra entre el 20% del límite inferior de inflamabilidad y el límite superior de inflamabilidad.

ATMÓSFERA NO RESPIRABLE: Área del centro de trabajo con deficiencia, menos de 19.5%, o exceso, más de 23.5%, de oxígeno.

CANCERÍGENOS: Sustancias químicas que pueden generar o potenciar el desarrollo de un crecimiento desordenado de células.

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

CENTRO DE TRABAJO: Todo aquel lugar, cualquiera que sea su denominación, en el que se realicen actividades de producción, de comercialización o de prestación de servicios, o en el que laboren personas que estén sujetas a una relación de trabajo.

CONCENTRACIÓN LETAL MEDIA (CL₅₀): Es la concentración de una sustancia como gas, vapor, neblina o polvo en el aire, calculada estadísticamente, a cuya exposición se espera que mueran el 50% de los animales de experimentación. Cuando se trata de vapores o gases, se expresa en ppm y cuando son polvos o neblinas se expresa en mg/l o en mg/m³.

CONCENTRACIÓN PROMEDIO PONDERADA EN TIEMPO (PPT): Es la sumatoria del producto de las concentraciones por el tiempo de medición de cada una de las exposiciones medidas, dividida entre la suma de los tiempos de medición durante una jornada de trabajo.

CONDICIONES NORMALES DE OPERACIÓN: Son todas aquellas actividades y procesos seguros que se efectúan rutinariamente en un centro de trabajo utilizando materias primas, maquinaria y equipo en circunstancias físicas seguras.

CONDICIONES NORMALES DE TEMPERATURA Y PRESIÓN (TPN): Corresponde a un medio ambiente a una temperatura de 298 K (25°C) y a una presión de 101.3 kPa (760 mmHg).

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

DENSIDAD: Es la relación de masa por unidad de volumen de una sustancia dada.

DISOLVENTE: Es cualquier sustancia, por lo general un líquido a temperatura ambiente, que disuelve otra sustancia y origina una solución (mezcla con dispersión uniforme).

DISOLVENTE ORGÁNICO: Son compuestos químicos de tipo orgánico, es decir, estructuras moleculares conformadas con base en el elemento de carbono, que son utilizados para disolver sustancias.

DOSIS-EFECTO: Acción que una sustancia puede ejercer en el organismo según la dosis absorbida.

DOSIS LETAL: Cantidad de una sustancia que al ponerse en contacto o después de penetrar en un organismo, le causa la muerte.

DOSIS LETAL MEDIA (DL₅₀): Es la cantidad de una sustancia (miligramos o gramos por kilogramo corporal del sujeto de prueba) obtenida estadísticamente, y que administrada por vía oral o dérmica, matará al 50% de un grupo de animales de experimentación.

EFECTO ADITIVO: Cuando están presentes dos o más sustancias peligrosas que actúen sobre un mismo sistema de órganos, deberán tomarse en cuenta sus efectos combinados y no los independientes.

EFECTO INDEPENDIENTE: Los efectos principales de las sustancias dañinas no son aditivos sino independientes, cuando los diversos componentes de alguna mezcla producen efectos puramente locales sobre diferentes órganos del cuerpo.

EFFECTOS TÓXICOS AGUDOS: Se refiere a un conjunto de efectos adversos que ocurren dentro de un breve lapso, estos se manifiestan posteriormente a la exposición única o múltiple en un intervalo de 24 horas; al principio estos efectos se deben a la acción del disolvente orgánico en su composición química original, antes de su biotransformación.

EFFECTOS TÓXICOS CRÓNICOS: Son alteraciones que se producen en la salud de los trabajadores y que se presentan por lo menos tres meses después de la exposición cotidiana o repetida a estos compuestos químicos aunque las concentraciones sean relativamente bajas o moderadas en el medio ambiente de trabajo.

EFICIENCIA DE RECOLECCIÓN: Porcentaje de una sustancia química específica del medio ambiente laboral, retenida en el medio de captura.

ENFERMEDAD DE TRABAJO: Todo estado patológico derivado de la acción continuada de una causa que tenga su origen o motivo en el trabajo o en el medio donde el trabajador preste sus servicios.

EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL: Conjunto de elementos y dispositivos de uso personal, diseñados específicamente para proteger al trabajador contra accidentes y enfermedades que pudieran ser causados con motivo de sus actividades de trabajo. En caso de que en el análisis de riesgo se establezca la necesidad de utilizar ropa de trabajo con características específicas, ésta será considerada equipo de protección personal.

ESPACIO CONFINADO: Es un lugar lo suficientemente amplio, configurado de tal manera que una persona puede desempeñar una determinada tarea en su interior, que tiene medios limitados o restringidos para su acceso o salida, que no esté diseñado para ser ocupado por una persona en forma continua y en el cual se realizan trabajos específicos ocasionalmente.

ESTRATEGIA DE MUESTREO: Es el conjunto de criterios a partir del reconocimiento, que sirven para definir el procedimiento de evaluación de la exposición de los trabajadores.

EVALUACIÓN: Es la cuantificación de los contaminantes del medio ambiente laboral.

FACTORES DE RIESGO: Son las condiciones y circunstancias del trabajador, del ambiente de trabajo, así como las de los agentes nocivos que se asocian y tienen mayor probabilidad de originar efectos negativos en la salud de los trabajadores.

FIBRAS: Partículas sólidas con una longitud mayor a 5 mm y diámetro menor o igual a 3 mm, en relación mayor de 3:1 (longitud: diámetro)

FIBRAS RESPIRABLES: Estructura orgánica o mineral con una determinada relación longitud/diámetro, que pueda depositarse en el tejido pulmonar y producir un efecto nocivo para la salud.

GASES: Estado de la materia caracterizado por ausencia de forma propia y volumen variable, como consecuencia de su expansibilidad o de su

comprensibilidad. En general, puede decirse que a temperatura y presión ambiente se comportan en forma similar al aire.

GENERADORES DE DERMATOSIS: Sustancias químicas que al contacto con la piel originan cambios en la misma (independientemente de que puedan ejercer otros efectos tóxicos sobre el organismo), que se expresan en diferentes formas: irritación primaria, sensibilización alérgica o fotosensibilización.

GRUPO DE EXPOSICIÓN HOMOGÉNEA: Es la presencia de dos o más trabajadores expuestos a las mismas sustancias químicas con concentraciones similares e igual tiempo de exposición durante sus jornadas de trabajo, y que desarrollan trabajos similares.

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

HUMOS DE COMBUSTIÓN: Partículas sólidas en suspensión en el aire, producidas por la combustión incompleta de materiales orgánicos.

HUMOS METÁLICOS: Partículas sólidas metálicas suspendidas en el aire, producidas en los procesos de fundición de metales.

IDENTIFICACIÓN: Es una representación gráfica que proporciona información de seguridad e higiene, que contiene el nombre de la sustancia química peligrosa, el

color de seguridad, la forma geométrica de la señal, el tipo y grado de riesgo, o la simbología del equipo de protección personal que se debe usar.

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

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

INMEDIATAMENTE PELIGROSO PARA LA VIDA Y LA SALUD (IPVS): Es una concentración que representa una amenaza inmediata para la vida, y que puede producir efectos adversos irreversibles para la salud en un periodo de 30 minutos, o que puede afectar la capacidad de una persona para escapar de una atmósfera peligrosa.

IRRITANTES: Compuestos químicos que causan, entre otros efectos: enrojecimiento, comezón e hinchazón, principalmente de la piel y mucosas del sistema respiratorio, debidos a la acción química, física, o ambas, ejercida sobre las áreas anatómicas con las que entran en contacto.

LÍMITE INFERIOR DE INFLAMABILIDAD Es la concentración mínima de cualquier vapor o gas (% por volumen de aire), que se inflama o explota si hay una fuente de ignición presente a la temperatura ambiente. Cualquier concentración del vapor abajo de este límite no explotará y se dice entonces que la atmósfera es muy rica.

LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE: Concentración máxima de un contaminante del medio ambiente laboral, a la cual se permite que se expongan los trabajadores durante un tiempo determinado, de tal forma que no provoque efectos desfavorables sobre la salud de la mayoría de ellos, y la cual no debe superarse bajo cualquier circunstancia.

LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE DE EXPOSICIÓN DE CORTO TIEMPO (LMPE-CT): Valor establecido para la concentración promedio ponderada en un periodo de 15 minutos de un contaminante presente en el medio ambiente laboral, que no debe rebasarse en ningún momento durante una jornada de trabajo. Cuando la concentración promedio ponderada en un periodo de 15 minutos de una sustancia se encuentre entre su LMPE-PPT y su LMPE-CT, las exposiciones no deben ser mayores a 15 minutos ni ocurrir más de 4 veces durante una jornada laboral. La exposición se debe suspender cuando menos 60 minutos entre cada periodo de exposición que tenga estas características.

LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE DE EXPOSICIÓN PICO (LMPE-P): Es la concentración de un contaminante del medio ambiente laboral, que no debe rebasarse en ningún momento durante la exposición del trabajador.

LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE DE EXPOSICIÓN PONDERADA EN TIEMPO (LMPE-PPT): Concentración promedio ponderada a tiempo, de un contaminante del medio ambiente laboral, para una jornada de ocho horas diarias y una semana

laboral de cuarenta horas, a la cual se pueden exponer la mayoría de los trabajadores durante su vida laboral sin sufrir daños a la salud.

LÍMITE SUPERIOR DE INFLAMABILIDAD: Es la concentración máxima de cualquier vapor o gas (% por volumen de aire), que se inflama o explota si hay una fuente de ignición presente a la temperatura ambiente. Cualquier concentración del vapor arriba de este límite no explotará y se dice que la atmósfera es muy pobre.

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

MUESTREO AMBIENTAL: Se realiza para determinar el nivel de contaminación en un ambiente general o en una zona localizada, en el cual se usan detectores fijos en posición equivalente a la del trabajador expuesto.

MUESTREO PERSONAL: Comúnmente se realiza en un puesto específico de trabajo, de modo que el trabajador es el portador del dispositivo de muestreo durante su permanencia en todas las áreas en donde desempeña sus tareas.

MUESTREO PROLONGADO: Se basa en la obtención de muestras durante un periodo prolongado de tiempo, que puede abarcar hasta una jornada completa de trabajo.

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

NEBLINAS: Partículas líquidas en suspensión en el aire, producidas por condensación de vapores.

NEUMOCONIÓTICOS: Sustancias químicas sólidas, que se depositan en los pulmones y se acumulan, produciendo neuropatía y degeneración fibrótica del tejido pulmonar.

PARTÍCULAS: Materia sólida o líquida dispersa en el aire.

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

PESO MOLECULAR: Es la masa de una sustancia expresada en g/mol.

POLIMERIZACIÓN PELIGROSA: Es una reacción química en la que dos o más moléculas de la misma sustancia química peligrosa o al contacto con otras, se combinan para formar moléculas más grandes, lo que genera una liberación descontrolada de energía y puede provocar incendios o explosiones.

PORCENTAJE DE VOLATILIDAD: Es la proporción de volumen de una sustancia química peligrosa que se evapora a 21°C.

POTENCIAL DE HIDRÓGENO (PH): Es la concentración de iones hidronio, que representa la acidez o alcalinidad de una sustancia, dentro de una escala del 0 al 14.

POTENCIACIÓN: Efecto producido por una sustancia química, que al entrar en contacto con otra, desarrolla en esta última la propiedad de toxicidad que inicialmente no tenía, o que era de poca magnitud.

PRESIÓN DE VAPOR: Es la presión ejercida por un vapor saturado sobre su propio líquido en un recipiente cerrado, a 101.3 kPa y a 21°C.

PRODUCTORES DE EFECTOS COMBINADOS: Contaminantes que al coincidir en un medio ambiente laboral pueden provocar o desencadenar efectos variables sobre la salud de los individuos expuestos, ya sea por simple adición o potenciación de dichos efectos.

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

REACTIVIDAD; INESTABILIDAD: Es la posibilidad que tiene una sustancia para liberar energía.

RIESGO A LA SALUD: Es la probabilidad de que una sustancia química peligrosa pueda causar directa o indirectamente lesión temporal, permanente o la muerte del trabajador por ingestión, inhalación o contacto.

RIESGO DE INFLAMABILIDAD: Es la probabilidad que tienen las sustancias químicas para arder en función de sus propiedades físicas y químicas.

RIESGO POTENCIAL: Es la probabilidad de que una sustancia química peligrosa cause daño a la salud de los trabajadores o dañe el centro de trabajo.

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

ROCÍO: Son partículas líquidas en suspensión en el aire, que se producen por ruptura mecánica.

SECRETARÍA: Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

SINERGISMO: Acción conjunta de las sustancias químicas cuyo efecto es mayor que el correspondiente a la suma de sus efectos totales.

SOLUBILIDAD EN AGUA: Es la propiedad de algunas sustancias químicas para disolverse en agua.

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

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

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

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

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

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

SUSTANCIAS REACTIVAS: Son aquellas que presentan susceptibilidad para liberar energía.

SUSTANCIAS TÓXICAS: Son aquellas en estado sólido, líquido o gaseoso que pueden causar trastornos estructurales o funcionales que provoquen daños a la salud o la muerte si son absorbidas aún en cantidades relativamente pequeñas por el trabajador.

TEMPERATURA DE AUTOIGNICIÓN: Es la temperatura mínima a la que una sustancia química entra en combustión en ausencia de chispa o llama.

TEMPERATURA DE EBULLICIÓN: Es la temperatura a la que la presión de vapor de un líquido, es igual a la presión atmosférica.

TEMPERATURA DE INFLAMACIÓN: Es la temperatura más baja del aire a la cual el vapor puede encenderse cuando se introduce una fuente de ignición. Temperatura mínima a la cual el líquido despidе suficiente vapor para formar una mezcla inflamable en contacto con el aire.

TOXICIDAD: Capacidad de una sustancia para provocar una perturbación reversible o irreversible de los procesos fisiológicos normales de uno o varios aparatos o sistemas del organismo.

TÓXICOS SISTÉMICOS: Sustancias químicas que, independientemente de su vía de entrada, se distribuyen por todo el organismo, produciendo efectos diversos, específicos o selectivos, sobre un órgano o sistema.

VAPORES: Fase gaseosa de una sustancia que en condiciones ambientales normalmente es sólida o líquida.

VENTILACIÓN: Es el sistema de inyección y extracción de aire, por medios naturales o artificiales, mediante el cual se pueden modificar las condiciones del aire del medio ambiente laboral en cuanto a concentración de contaminantes, temperatura y humedad.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aniq. Setiq. (1992). *Guía de Respuestas Iniciales en Caso de Emergencias*, Primera edición. México. Editado por la Asociación Nacional de la Industria Química.
2. Ashton, I. and Gill, F.S. (1992). *Monitoring for Health Hazards at Work*, 2nd Edition, Blackwell Scientific Publications, Oxford.
3. Finucane, Edward W., (1993). *Definitions, Conversions and Calculations for Occupational Safety and Health Professionals*, Lewis Publishing, Boca Raton, Florida.
4. Kusnetz, H. L. (1976). *Big Industry's Environmental monitoring programs*. National safety news.
5. Lecturas en Materia de Seguridad Social. (1984). "*Enfermedades de Trabajo*". Primera edición. México. Editado por la Jefatura de publicaciones del Instituto Mexicano del Seguro Social.
6. Leidel, N. A. (1977). *Occupational Exposure Sampling Strategy Manual*, NIOSH,
7. McCammon, C. S. (1974). *Direct-Reading Combustible Gas Meters*.
8. McFee, Donald R. (1988). *Fundamentals of Industrial Hygiene*, 3rd Edition. USA. Ed. Barbara A. Plog, Publ. National Safety Council.
9. Olishifski, Julian B. and McElroy. (1988). *Fundamentals of Industrial Hygiene*, Chicago. Ed. Frank E. Publ. National Safety Council.

10. Soule, R.D. (1991). *Industrial Hygiene Sampling, vol 1*. New York, Ed. John Wiley & sons.
11. STPS (Secretaria del Trabajo y Previsión Social). (2003). *Norma Oficial Mexicana NOM-010-STPS-1993*, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral. Diario Oficial de la Federación, México, DF.
12. Thompkins. F. C. (1976). *Evaluating of Portable*, NIOSH.

HEMEROGRAFIA

1. Alteraciones Cocleo-Vestibulares por Ototóxicos de Origen Laboral. Primera edición. México. Editado por la Coordinación General de Comunicación Social del Instituto Mexicano del Seguro Social. 1992. p.6-28.
2. Distribución de Planta y Prevención de Accidentes y Enfermedades de Trabajo. Única edición. México. Editado por la Coordinación General de Comunicación Social del Instituto Mexicano del Seguro Social. 2001. p. 6-23.
3. Enfermedad de las Vías Aéreas por Contaminantes en el Sitio de Trabajo. Primera edición. México. Editado por la Coordinación General de Comunicación Social del Instituto Mexicano del Seguro Social. 1990. p. 7-26.
4. Estudio del Medio Ambiente de Trabajo. Única edición. México. Editado por la Coordinación General de Comunicación Social del Instituto Mexicano del Seguro Social. 1993. p. 5-17.
5. Exposición a sustancias químicas en el trabajo. Única edición. México. Editado por la Coordinación General de Comunicación Social del Instituto Mexicano del Seguro Social. 1994. p. 3-14.
6. Generalidades de Patología del Trabajo. Primera edición. México. Editado por el Departamento de Publicaciones y Documentación del Instituto Mexicano del Seguro Social. 1987. p. 5-71.
7. Guía para la Vigilancia Epidemiológica de Efectos Tóxicos por Exposición Laboral a Disolventes Orgánicos. Primera edición. México.

Editado por la Coordinación General de Comunicación Social del Instituto Mexicano del Seguro Social. 1995. p. 7-27.

8. Guía para la Vigilancia Epidemiológica en Trabajadores Expuestos a Contaminantes de Vías Respiratorias. Primera edición. México. Editado por la Coordinación General de Comunicación Social del Instituto Mexicano del Seguro Social. 1995. p. 7-24.
9. Intoxicaciones laborales. Única edición. México. Editado por la Coordinación General de Comunicación Social del Instituto Mexicano del Seguro Social. 1992. p. 5-29.
10. Introducción al reconocimiento, evaluación y control de agentes químicos. Única edición. México. Editado por la Coordinación General de Comunicación Social del Instituto Mexicano del Seguro Social. 2000. p. 5-33.
11. Prevención de intoxicaciones en el trabajo por disolventes orgánicos alifáticos. Única edición. México. Editado por la Jefatura de Servicios de Salud en el Trabajo del Instituto Mexicano del Seguro Social
12. Prevención de intoxicaciones en el trabajo por disolventes orgánicos aromáticos. Única edición. México. Editado por la Jefatura de Servicios de Salud en el Trabajo del Instituto Mexicano del Seguro Social

CIBERGRAFÍA

1. Australian Safety and Compensation Council. *Industrial Organic Solvents*.
<http://www.nohsc.gov.au/PDF/Standards/IndustrialOrganicSolvents.pdf>
2. Center for Disease Control. *The national Institute for Occupational Safety*
<http://www.cdc.gov/niosh/homepage.html>
3. Department of Consumer and Employment Protection. *Organic solvents*
http://www.safetyline.wa.gov.au/institute/level2/course16/lecture44/l44_05.asp
4. Eco-Sur. Recolección de residuos industriales. *Disolventes*
<http://www.ecosur.net/disolventes.html>
5. Europa. *Portal de la Unión Europea*
http://europa.eu/index_es.htm
6. Illinois teratogen information service. *Organic solvents and pregnancy*.
<http://www.fetal-exposure.org/ORGANIC.html>
7. Ilustrados. *Evaluación de la exposición ocupacional a solventes*
<http://www.ilustrados.com/publicaciones/EpZZuAkAIVSHaOnXpi.php>
8. Industria farmacéutica y cosmética. *Seguridad e higiene*
http://www.pharmaportal.com.ar/tem_seguridad.asp
9. Instituto Mexicano del Seguro Social. *Enfermedades de trabajo, según naturaleza de la lesión*
<http://www.imss.gob.mx/ventunica/memoria2005/063000.htm>
10. Instituto sindical de trabajo, ambiente y salud. *Casos prácticos y alternativas de sustitución de sustancias tóxicas*.
<http://www.istas.net/ma/areas/residuos/casos.htm>
11. Instituto sindical de trabajo, ambiente y salud. *Los disolventes*
<http://www.istas.net/sl/rs/rshi15.htm>
12. La verdad. *Alternancia disolvente*.
http://canales.laverdad.es/cienciaysalud/6_3_9.html
13. La verdad. *Infertilidad y disolventes orgánicos*
http://canales.laverdad.es/cienciaysalud/4_4_41.html

14. Ministerio de trabajo y asuntos sociales. *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (España)*
<http://www.mtas.es/insht/principal/insht.htm>
15. MFL Occupational Health Centre, Inc. *Organic Solvents*
http://www.mflohc.mb.ca/fact_sheets_folder/solvents%2C%20organic.html
16. National Institute of Occupational Safety and Health. *Industrial Hygiene*
<http://www.niosh.com.my/consultation/Industrial-Hygiene.htm>
17. News Yahoo. *Disolventes orgánicos y cáncer*
<http://espanol.news.yahoo.com/041005/2/utf6.html>
18. North Carolina Chemical Injury Network. *Organic solvent neurotoxicity*
<http://www.ncchem.com/niosh.htm>
19. Occupational Safety & Health Administration. *U.S. Department of Labor*
<http://www.osha.gov/>
20. Organización panamericana de la salud. *Introducción a la Toxicología.*
<http://www.cepis.ops-oms.org/bvsci/e/fulltext/toxicol/cepis.html>
21. Secretaria del Trabajo y Previsión Social. *Norma Oficial Mexicana*
<http://trabajoyps.jalisco.gob.mx/nom/nomhiq010stps99.pdf>
22. Science and engineering library. *Finding physical and chemical properties*
<http://www.library.vanderbilt.edu/science/property.htm>
23. SKC. *Air sampling Technologies*
<http://www.skcinc.com/>