



Revisión, control y prevención en la exposición a solventes en el ámbito laboral

Cesar Alejandro García Molano
Angie Zorany Duran Ferrucho
Laura Daniela Huertas Valencia
Magda Milena Del Vasto Reyes




Fundación Universitaria
SAN MATEO
Editorial



Revisión, control y prevención en la exposición a
solventes en el ámbito laboral

Cesar Alejandro García Molano
Angie Zorany Duran Ferrucho
Laura Daniela Huertas Valencia
Magda Milena Del Vasto Reyes

Revisión, control y prevención en la exposición a
solventes en el ámbito laboral



Fundación Universitaria
SAN MATEO

Editorial

Revisión, control y prevención en la exposición a solventes en el ámbito laboral

© 2025, Fundación Universitaria San Mateo

© Cesar Alejandro García Molano

© Angie Zorany Duran Ferrucho

© Laura Daniela Huertas Valencia

© Magda Milena Del Vasto Reyes

Primera edición, 2025

ISBN: 978-628-7725-18-8 (digital)

Autoridades académicas

Richar Rangel Martínez, Rector

María Luisa Acosta Triviño, Vicerrectora Investigación y Bienestar

Félix Sánchez Ardila, Vicerrector Académico

Ricardo Acosta Triviño, Director de Investigación

Preparación editorial

Editorial Fundación Universitaria San Mateo

Raúl Cera-Ochoa, coordinador de publicaciones

Paula Cabezas García, correctora de estilo

Joan Yáñez Barriga, diseñador

Transversal 17 No 25-25

editorial@sanmateo.edu.co

<https://www.sanmateo.edu.co/editorial.html>

Bogotá, D.C., Colombia, 2025



Este libro publicado por el Sello Editorial Fundación Universitaria San Mateo se encuentra en acceso abierto bajo una licencia Creative Commons: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>. Las opiniones expresadas son responsabilidad exclusiva del/los autor(es) y no constituye una postura institucional al respecto.

La Editorial de la Fundación Universitaria San Mateo se encuentra indexada en SciELO Libros.

Hecho en Bogotá, D.C., Colombia

Catalogación en la publicación – Biblioteca Nacional de Colombia

García Molano, Cesar Alejandro, autor

Revisión, control y prevención en la exposición a solventes en el ámbito laboral / Cesar Alejandro García Molano [y otros tres]. – Primera edición. – Bogotá: Fundación Universitaria San Mateo, 2025.

1 recurso en línea: archivo de texto: PDF.

ISBN 978-628-7725-18-8 (digital)

1. Disolventes - Medidas de seguridad 2. Enfermedades ocupacionales - Prevención 3. Toxicología industrial 4. Salud ocupacional I. Duran Ferrucho, Angie Zorany, autora II. Huertas Valencia, Laura Daniela, autora III. Vasto Reyes, Magda Milena del, autora

CDD: 541.34820289 ed. 23

CO-BoBN- a1151930

Resumen:

Este libro presenta una revisión sistemática de los riesgos asociados al contacto con disolventes orgánicos en el ámbito laboral, al tiempo que propone metodologías de control y prevención ajustadas a los lineamientos de la normativa nacional e internacional. La obra está estructurada en tres capítulos: el primero aborda las generalidades, propiedades fisicoquímicas, toxicocinética y enfermedades derivadas de la exposición; el segundo expone estrategias de prevención e intervención basadas en controles de ingeniería, administrativos, sustitución de sustancias, equipos de protección personal y programas de vigilancia epidemiológica; y el tercero analiza el manejo de bases de datos toxicológicas para la caracterización de solventes, lo cual resulta indispensable en el diseño de sistemas de vigilancia ocupacional.

Palabras clave:

Salud ocupacional, higiene industrial, sustancias químicas peligrosas, toxicología, prevención de riesgos.

Abstract:

This book provides a systematic review of the risks associated with occupational exposure to organic solvents, while also presenting control and prevention strategies aligned with national and international standards. The work is structured in three chapters: the first addresses general aspects, physicochemical properties, toxicokinetics, and diseases caused by exposure; the second describes prevention and intervention strategies based on engineering controls, administrative measures, substance substitution, personal protective equipment, and epidemiological surveillance programs; and the third analyzes the use of toxicological databases for solvent characterization, an essential tool in the design of occupational surveillance systems.

Keywords:

Occupational health, industrial hygiene, hazardous chemicals, toxicology, risk prevention.

Tabla de contenido

<u>INTRODUCCIÓN.....</u>	<u>10</u>
<u>CAPÍTULO 1.....</u>	<u>12</u>
EFFECTOS A LA SALUD	29
<u>CAPÍTULO 2.....</u>	<u>35</u>
INTRODUCCIÓN	35
MEDIDAS DE PREVENCIÓN	37
REVISIÓN PERIÓDICA DE LOS PROCEDIMIENTOS	49
SUSTITUCIÓN DE SOLVENTES	50
<u>CAPÍTULO 3.....</u>	<u>67</u>
INTRODUCCIÓN	67
CONSTITUCIÓN QUÍMICA	75
CLASIFICACIÓN IARC	100
ESTADO FÍSICO	101
<u>CONCLUSIONES.....</u>	<u>102</u>
<u>REFERENCIAS.....</u>	<u>104</u>

Introducción

Los disolventes orgánicos son sustancias químicas usadas para la fabricación de productos de uso cotidiano: cosméticos, pegamentos, pinturas, adhesivos o tintas. Su utilidad radica en la capacidad de disolver materiales que no son afines con el agua, por lo cual se disponen en forma de preparados o mezclas.

La indebida exposición a los disolventes orgánicos, en el lugar de trabajo, puede originar diversos efectos perjudiciales para la salud, ya sea por exposición aguda o crónica. Diversas son las causas que explican la aparición de patologías y efectos adversos en el trabajador: condiciones genéticas, hábitos personales, desconocimiento en el manejo de productos químicos, ausencia de controles e indebido uso de implementos de protección personal. Sumado a lo anterior, en Colombia no existe normatividad que regule el manejo de los disolventes, situación que obliga a la implementación, en las empresas, de metodologías que den seguimiento a la exposición del trabajador en la realización de sus tareas con el objetivo de prevenir accidentes y la aparición de enfermedades.

El presente libro tiene como objetivo dar a conocer los efectos a la salud y medidas preventivas y de intervención en la manipulación de los disolventes orgánicos. La información está dirigida a estudiantes y profesionales en salud ocupacional, cuyo interés esté centrado en la prevención de aparición de enfermedades en trabajadores expuestos a disolventes.

El libro está dividido en tres capítulos: en el primero se explican generalidades de los disolventes: definiciones, características,

enfermedades y la toxicocinética; en el segundo se exponen los métodos de control e intervención asociados a la exposición de estas sustancias y en el tercer capítulo se da información sobre el manejo adecuado de bases de datos para la búsqueda de información de los disolventes y realizar una caracterización de ellos.

Capítulo 1

Aspectos generales y enfermedades originadas por exposición a disolventes orgánicos

El presente capítulo tiene como objetivo describir los aspectos generales y las enfermedades generadas por exposición a los disolventes orgánicos. Se abordan elementos introductorios como sus propiedades fisicoquímicas, la toxicocinética y las enfermedades derivadas de exposiciones agudas o crónicas.

Los disolventes orgánicos son sustancias químicas volátiles, usadas como sustancias puras o preparados para disolver materias primas, preparados o materiales residuales que tienen amplio uso a nivel industrial como desengrasantes, plastificantes, adhesivos en fabricación de pinturas, tintas y pegantes. Se clasifican según su grupo funcional químico y dentro de sus propiedades físicas se destaca su fácil evaporación, su afinidad por sustancias lipofílicas y la alta inflamabilidad.

Los disolventes ingresan por vía oral, digestiva y dérmica llegan a la sangre donde son transportados a diferentes compartimentos, presentan gran afinidad por el sistema nervioso, son metabolizados en el hígado en sustancias hidrosolubles y son eliminados por principalmente por vía urinaria y fecal.

Los efectos a la salud pueden ser agudos o crónicos. En estos últimos, el trabajador puede manifestar cefalea, borrachera química y dolor abdominal. Si se ingieren tras exposición crónica, los efectos se caracterizan por daños en el sistema nervioso central y periférico.

¿Qué son los disolventes?

Los disolventes se emplean para disolver una o varias sustancias denominadas solutos, presentes en menor cantidad. La mezcla entre soluto y disolvente se denomina disolución química. Ahora bien, la efectividad con la que un disolvente disuelve los solutos depende de las fuerzas intermoleculares y la polaridad.

Se distinguen dos tipos de disolventes: polares y apolares.

- Disolventes polares: se utilizan para disolver solutos polares (hidrosolubles), por ejemplo, los alcoholes de peso molecular bajo como el etanol utilizado en la industria de los licores. El agua es conocida como el disolvente universal.
- Disolventes apolares: son sustancias usadas para disolver solutos liposolubles o apolares. Tienen una amplia aplicación industrial, ya que el agua al ser polar no es compatible con solutos hidrofóbicos. Por tal motivo, en diversos ámbitos industriales, se tienen que utilizar solventes orgánicos que disuelven este tipo de materiales.

Disolventes orgánicos

Son compuestos en su mayoría líquidos volátiles a condiciones normales de temperatura y presión (20 °C y 0,01 kPa). Están formados principalmente por átomos de carbono, aunque también pueden contener flúor, cloro, bromo, azufre o nitrógeno. También, se utilizan solos o en combinación con otros agentes, principalmente para disolver materias primas, productos o materiales residuales. La mayoría de estos disolventes son inflamables, lo que puede formar mezclas explosivas aire/vapor.

Muchos de los solventes, cuyos puntos de ebullición están en el rango de 50 a 260 °C, están formados por compuestos orgá-

nicos volátiles (COV), presentes en forma de vapor, lo cual facilita su absorción vía inhalatoria.

Los disolventes orgánicos son ampliamente usados a nivel industrial, producidos y utilizados en grandes cantidades, bajo una gran variedad de denominaciones comerciales y químicas.

Dentro de estos usos se destacan:

- Limpieza en seco.
- Desengrasante de metales.
- Recubrimiento de adhesivos.
- Constituyentes de pinturas, barnices o ceras.
- Tratamiento de caucho.
- Fabricación de plásticos.
- Combustibles para motores.
- Anticongelantes.
- Extracción de grasas y aceites.

Además, se utilizan para la fabricación de plaguicidas, gomas artificiales, cueros, calzados, textiles y explosivos.

El principal origen de los disolventes orgánicos es antropogénico (resultados de actividades humanas), ya que sus emisiones proceden en gran medida de actividades industriales.

Las fuentes antropogénicas se clasifican en dos grupos: fijas y móviles, esta última asociada a emisiones en el ámbito urbano. Las fuentes fijas están relacionadas con actividades que involucran procesos de evaporación de solventes, actividades de desengrasado, limpieza de piezas metálicas y recubrimiento para la protección de superficies (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021).

Extinción del contrato de seguro

Los solventes orgánicos suelen clasificarse según el grupo funcional químico al que pertenecen, como puede observarse en la tabla 1.

Tabla 1

Clasificación de disolventes orgánicos según grupo funcional químico

Grupo químico o funcional	Ejemplos disolventes orgánicos
Hidrocarburos alifáticos	Pentano, hexano, decano, heptano
Hidrocarburos alicíclicos	Ciclohexano, metilciclohexano
Hidrocarburos aromáticos	Benceno, tolueno, xileno, etilbenceno estireno
Hidrocarburos halogenados	Cloruro de metileno, cloroformo, tricloroetileno, yodoformo, tetracloruro de carbono, 1,1,1- Tricloroetano
Alcoholes	Metanol, etanol, isopropanol, butanol
Glicoles	Etilenglicol, dietilenglicol
Éteres	p-Dioxano, 2-Metoxietanol, etoxietanol
Otros	Formaldehido, glutaraldehído, aminas, amidas, acetona

Nota. Elaboración propia.

Extinción del contrato de seguro

Estado físico: es líquido, pero debido a su alta volatilidad permanecen en el aire en forma de vapor.

Solubilidad: es la capacidad que presenta una sustancia (solute) de disolverse en otra (disolvente) a determinada temperatura. Los disolventes orgánicos, en su mayoría, son liposolubles en el organismo, se dispersan y se alojan en tejido graso debido a su afinidad por material lipídico. La permanencia prolongada de los solventes en el organismo se explica por su bioacumulación, donde de forma paulatina se van eliminando del cuerpo, incrementando la posibilidad de la aparición, en el tiempo, de los efectos tóxicos. En la tabla 2 se listan algunos disolventes con su respectivo valor de solubilidad.

Tabla 2

Solubilidad en agua (g/100ml) de algunos disolventes orgánicos

Disolvente orgánico	Solubilidad en agua (g/100ml) a 20 °C
Cloroformo	0.8
N-Hexano	0.0013
Acetona	Miscible
Tricloroetileno	0.1
Metanol	Miscible
Diéter	Moderada
Ciclohexano	0.0058
Tricloroetano	Escasa

N-Pentano	0.004
Tetracloruro de carbono	0.1

Nota. Elaboración propia.

Volatilidad: es la propiedad que presentan los líquidos de pasar a fase de vapor. La evaporación depende de una constante física denominada presión de vapor, donde las moléculas que se escapan de la superficie de un líquido formando vapor ejercen presión sobre la fase líquida, en un sistema cerrado a una temperatura determinada. Cuando la fase vapor y líquida están en equilibrio dinámico, se determina la presión de vapor. A mayor presión de vapor, mayor volatilidad.

En general, la presión de vapor de los solventes orgánicos es alta, de ahí su volatilidad. A nivel ocupacional, los trabajadores expuestos durante largas jornadas pueden manifestar síntomas por la inhalación permanente de los vapores, sobre todo si no hay uso de un sistema de protección respiratoria y ventilación en el área de trabajo. Un caso particular ocurre en empleados de la industria del calzado, quienes usan constantemente bóxer, un pegamento que tiene tolueno. Al ser absorbido el vapor del disolvente, se generan síntomas de neurotoxicidad. En la tabla 3 se pueden observar algunos valores de presión de vapor en disolventes orgánicos.

Tabla 3

Presión de vapor (mmHg) de algunos disolventes orgánicos

Disolvente orgánico	Presión de vapor (mmHg)
Cloroformo	197
N-Hexano	153

Acetona	231
Tricloroetileno	69
Metanol	127
Diétiléter	538
Ciclohexano	96.9
Tricloroetano	124
N-Pentano	514
Tetracloruro de carbono	115

Nota. Elaboración propia.

Punto de ebullición: es la temperatura a la cual la presión de vapor de un líquido es igual a la presión atmosférica. Existe, por lo tal, un equilibrio dinámico entre la fase líquida y la de vapor. La temperatura de ebullición en este caso se mantiene constante en el tiempo hasta que todo el líquido se ha evaporado. Esta propiedad varía según la presión atmosférica; a mayor altitud, menor es el punto de ebullición.

El punto de ebullición y la volatilidad están ampliamente relacionadas. Así, los solventes orgánicos que presentan bajos puntos de ebullición son más volátiles, sobre todo si presentan pocos átomos de carbono en su cadena estructural. En la tabla 4 se pueden observar diferentes puntos de ebullición para algunos compuestos.

Tabla 4

Puntos de ebullición (°C) de algunos disolventes orgánicos

Disolvente orgánico	Punto de ebullición (°C)
N-Hexano	-22
Acetona	-18
Metanol	9
Dietiléter	-45
Ciclohexano	-18
N-Pentano	-49

Nota. Elaboración propia.

Inflamabilidad: es uno de los peligros físicos categorizados por el Sistema Globalmente Armonizado (SGA). Esta propiedad se define como la capacidad que presenta una sustancia de generar llama, encenderse y arder. Está determinada por el punto de ignición del material, que es la temperatura a la cual se libera vapor y este puede encenderse.

Los disolventes pueden ser peligrosos en ambientes industriales, debido a su alta inflamabilidad, pueden encenderse fácilmente y provocar incendios tras una diseminación rápida de la llama.

Por lo anterior, es importante que, dentro de la implementación de un programa de riesgo químico, se cuente con la matriz de compatibilidad y se puedan almacenar los productos lejos de fuentes que generan chispas eléctricas, materiales de ignición o comburentes.

En la tabla 5 se presentan diferentes puntos de inflamabilidad para algunos disolventes orgánicos.

Tabla 5

Punto de inflamabilidad (°C) para algunos disolventes orgánicos

Disolvente orgánico	Punto de inflamabilidad (°C)
Cloroformo	61.12
N-Hexano	68.70
Acetona	56.08
Tricloroetileno	87.20
Metanol	64.70
Dietiléter	34.60
Ciclohexano	80.70
Tricloroetano	74.00
N-Pentano	37.00
Tetracloruro de carbono	76.80

Nota. Elaboración propia.

Toxicocinética

La toxicocinética es el estudio del recorrido y el conjunto de cambios que sufre un tóxico desde que ingresa al organismo hasta que se elimina. Se entiende como la acción que ejerce el organismo sobre el agente, por lo tal se evidencian diversos mecanismos de defensa que intentan contrarrestar la acción dañina en el cuerpo. Este proceso consta de cuatro etapas: absorción, distribución, metabolismo (fijación) y eliminación.

Absorción: consiste en el ingreso del químico al cuerpo y su tránsito a la sangre luego de atravesar diferentes membranas.

Los disolventes ingresan a través de tres vías: inhalatoria, dérmica y digestiva.

Vía respiratoria: esta vía es la más importante a nivel ocupacional, pues todo material presente en el ámbito de trabajo en forma de vapor, gas o aerosol tiene una alta posibilidad de ingresar por esta. El tracto respiratorio presenta mecanismos de defensa que intentan impedir el paso del tóxico a la sangre. Por ejemplo, las mucosas retienen partículas hidrosolubles y los macrófagos alveolares hacen fagocitosis y destrucción de organismos dañinos, además de presentar antígenos a las células e iniciar el proceso inflamatorio mediante la liberación de citosinas, que activan otras células.

Los disolventes orgánicos, al formar vapores, ingresan en un alto porcentaje a la vía respiratoria. Al ser compuestos liposolubles, difícilmente son retenidos por las mucosidades, por lo que pasan fácilmente por los pulmones y atraviesan la membrana alveolar llegando con efectividad a la sangre.

Aparte del estado físico, otros factores que facilitan el ingreso de los vapores vía respiratoria son la dosis, pues a mayor cantidad, mayor probabilidad de ingreso, tiempo y frecuencia de exposición, condiciones ambientales y humanas. También, existe una alta influencia por la actividad realizada, ya que el esfuerzo físico incrementa la velocidad pulmonar y el flujo sanguíneo, a su vez la cantidad de tóxico que ingresa a la zona alveolar se incrementa.

Vía dérmica: la piel está compuesta por tres capas (epidermis, dermis e hipodermis), la absorción de los tóxicos puede darse a través de dos mecanismos, la transepidérmica (distribución por medio de la membrana lipídica) y transfolicular (alrededor del tallo de pelo hasta el folículo piloso). Una vez el químico tiene contacto con la piel, este atraviesa el estrato córneo pasando luego por la epidermis o los anexos (poros) siguiendo a la dermis y de allí a la sangre.

La efectividad de la absorción dérmica depende de los factores como solubilidad, dosis, estado de la piel y hábitos higiénicos de los trabajadores.

Los compuestos liposolubles presentan una buena absorción dérmica; sin embargo, al ser los solventes orgánicos muy volátiles el ingreso vía inhalatoria se efectúa en alto porcentaje, debido a que al contacto con la piel forman vapores rápidamente.

Muchos trabajadores tienen el hábito de lavar sus manos o partes del cuerpo con thinner para remover trazas de pintura presentes en la piel. Esta práctica debe evitarse, ya que los solventes remueven la capa sebácea de la piel generando resaca y irritación. Una piel poco hidratada y descuidada facilita la absorción dérmica de químicos.

Vía digestiva: en la práctica laboral los solventes orgánicos pueden ser ingeridos por accidente o malos hábitos de higiene como comer, beber y fumar después de tener contacto directo con ellos.

Distribución y fijación: cuando los solventes orgánicos llegan a la sangre son transportados a diferentes órganos y tejidos. Este proceso se denomina distribución, etapa de la toxicocinética que tiene como objetivo mantener la concentración del contaminante en el organismo, por debajo de un nivel crítico.

Los solventes orgánicos, debido a su liposolubilidad, presentan una alta fijación por tejidos ricos en grasa tales como:

- Tejido adiposo.
- Hígado.
- Barrera hematoencefálica.
- Leche materna.
- Sistema nervioso.
- Barrera placentaria.
- Barrera hematológica.

Cuando los solventes atraviesan la barrera hematológica, son distribuidos a órganos cuya irrigación sanguínea es alta. Allí existe mayor concentración, pero menor fijación del contaminante, puesto que el alto volumen de sangre moviliza los químicos a zonas de excreción.

Biotransformación o metabolismo: en este proceso los disolventes sufren una serie de cambios químicos. Por lo general, se producen en el hígado, con el objetivo de reducir su toxicidad y ser convertidos en una sustancia polar y fácilmente eliminable.

Los disolventes son biotransformados o metabolizados bajo una serie de reacciones químicas de descomposición o síntesis con acción catalizadora de diferentes enzimas. Un compuesto reactivo se puede convertir en una molécula más reactiva (acti-

vación metabólica). Este fenómeno se da en las reacciones de fase I. En la fase II, una molécula activa o tóxica se convierte en un metabolito menos tóxico.

El metabolismo de los disolventes inicia en fase I, donde los compuestos sufren oxidación (pérdida de electrones), lo que los hace más hidrosolubles y facilita las demás reacciones.

Las enzimas involucradas en las oxidaciones de fase I son el citocromo p450. Esta enzima actúa en moléculas que poseen determinadas características donde se utilizan como sustrato moléculas endógenas. La obtención de datos sobre la inducción del citocromo p450 puede proporcionar información de la naturaleza de exposiciones anteriores.

El segundo paso en el metabolismo son las reacciones de fase II, donde el compuesto oxidado se acopla a una molécula endógena, lo que aumenta más su hidrosolubilidad y facilita la excreción vía urinaria. Las transferasas catalizan las reacciones de esta fase. Además, conjugan los xenobióticos con compuestos endógenos como el glutatión, aminoácidos, el ácido glucurónico o sulfatos.

Metabolismo del benceno: la mayor parte del benceno absorbido es metabolizado básicamente en el hígado y la médula ósea por oxidación a fenol, quinol y catecol que se excretan en la orina en forma de sulfatos y glucuronatos. Otros metabolitos formados son el ácido S-fenilmercaptúrico y los ácidos transt mucónicos (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 1998).

Metabolismo del tolueno: el tolueno se descompone en el hígado a alcohol bencílico, a través de la enzima citocromo

p450. Este alcohol se convierte en benzaldehído a través de alcohol deshidrogenasa y luego en ácido benzoico por medio de la enzima aldehído deshidrogenasa. El ácido benzoico se conjuga con glicina y se convierte en ácido hipúrico que es el principal y último metabolito del tolueno, que se excreta en la orina (Rodríguez, 2020).

Metabolismo del xileno: en el ser humano se metaboliza cerca del 95 % del xileno absorbido y del 3 % al 6 % se excreta, sin alteración, por aire espirado. La ruta metabólica principal es la oxidación de los ácidos metilbenzoicos quienes se conjugan con la glicina para producir ácidos (orto-, meta- y para-) metilhipúricos eliminados vía urinaria. Los metabolitos del xileno son excretados rápidamente, encontrándose un máximo de la concentración al final de la jornada laboral. El metabolismo del xileno puede afectarse por la actividad de consumo de alcohol y medicamentos tales como la aspirina.

Metabolismo del n-hexano: sufre oxidación transformándose en metabolitos glucurónico-conjugados que a su vez se convierten en 2,5 hexanodiona la cual es responsable de generar efectos tóxicos. Se elimina vía urinaria.

Eliminación o excreción

Una vez que los disolventes son metabolizados, pasan a ser eliminados por diferentes vías de excreción.

- Aire exhalado: esta vía es muy característica de los disolventes debido a su alta volatilidad; sin embargo, los solventes son excretados por esta vía sin transformación alguna, ya que su evaporación es rápida incluso antes de llegar a la sangre.

- Orina: por esta vía se elimina un gran porcentaje de los metabolitos producidos por el metabolismo de los solventes.
- Otras vías de eliminación son: heces, sudor, lágrimas, uñas o cabello.

La permanencia de los solventes en el organismo depende del tiempo de vida media biológica, el cual es definido como el tiempo en el cual tarda en eliminarse el 50 % del químico. El tiempo de vida media suele incrementarse en exposición laboral, lo cual posibilita su bioacumulación.

Aplicaciones industriales de los disolventes orgánicos

Industria del calzado: los adhesivos y pegantes son utilizados para ensamblar los diferentes componentes del calzado. Los procesos donde los trabajadores están más expuestos, por alta frecuencia de exposición a los disolventes, son: la unión de piezas, pegado y acabado de zapatos.

Los adhesivos están formados por una parte sólida o polímero y un disolvente. El papel más importante de los disolventes en un adhesivo es servir para que la parte sólida, que es la que realmente tiene propiedades adhesivas, pueda depositarse sobre las superficies. Para ello se necesitan sistemas de baja viscosidad, fácil aplicación y rápida evaporación. De hecho, los disolventes presentes en el adhesivo deben evaporarse totalmente antes de proceder a la unión de los materiales (Basequim, 2019).

Los adhesivos con mayor uso en la industria del calzado son:

- Poliuretanos (colas plásticas).

- Policloroprenos (colas de contacto).
- Látex de caucho natural (cement).

Los adhesivos se utilizan en las operaciones de:

- Aparado y dobladillado de bordes, para fijarlos como paso previo a su cosido.
- Colocación de topes y contrafuertes en el interior del forro.
- Preparado de forros y plantillas, para facilitar su montaje posterior.
- Montaje del forro sobre la plantilla, para montar el frente, los laterales y los talones del zapato.
- Fijado de pisos, tapas y plantas. Se trata de la operación de mayor consumo de adhesivo.
- Terminación, con el pegado de plantillas interiores o taloneras.
- La aplicación de estos adhesivos se realiza habitualmente de forma manual, con brocha, pincel o rodillo, o bien con pistola aerográfica (Basequim, 2019).

El n-hexano, presente en la composición de adhesivos y pegamentos, produce una neuropatía tóxica calificada como axonopatía central-periférica distal efecto conocido como “la parálisis del zapatero”, en esta enfermedad se inhibe las neuronas funcionales del sistema motor generando una parálisis en las extremidades, manifestándose síntomas como: hormigueo, entumecimiento y finalmente la parálisis.

En el ensamble de materiales del calzado es muy común el uso de pegante “boxer”. Dicho producto sintético está elaborado a base de caucho y tolueno como solvente, el cual tiene efectos estimulantes. Los trabajadores expuestos a este químico

pueden presentar síntomas como mareo, alucinaciones, falta de apetito, hiperactividad y pérdida del conocimiento.

Artes gráficas: los trabajadores del sector de las artes gráficas presentan exposición a disolventes en todas las etapas de los procesos de preimpresión (tratamiento de texto e imagen), impresión y posimpresión (limpieza, encuadernación, acabado y acabados finales). En esta última etapa deben realizarse actividades de limpieza de los rodillos entintadores, planchas de impresión, cilindros, ya que quedan impregnados de tintas insertables.

En las imprentas se usan un gran número de disolventes tales como: ciclohexano, tolueno, xileno, etilbenceno, dietilbenceno, metanol, etanol, isopropanol, isobutanol, ciclohexanol, etil acetato, metil etil cetona y metil isobutil cetona.

Industria de pinturas: en el proceso de fabricación de pinturas se utilizan materiales tales como pigmentos, aditivos, aglutinantes, resinas y diluyentes. Esta composición le brinda a la pintura una apariencia homogénea fácil de aplicar y que se mantenga en buenas condiciones. Dentro de los diluyentes se encuentran una gran variedad de disolventes orgánicos: tolueno, acetatos o cetonas. Estos son importantes, ya que le otorgan la viscosidad deseada a la pintura.

Los disolventes universales están compuestos por alcoholes, cetonas y otros hidrocarburos, los cuales logran una adecuada solución homogénea en pinturas de distintos tipos. Los esmaltes, barnices, pinturas epoxi, poliuretanos y barnices nitrocelulósicos están diluidos en disolventes universales.

Limpieza en seco: en las lavanderías realizan el proceso de limpieza de las prendas mediante lavado en seco. Aunque no se emplea agua, si toman otros líquidos especiales tales como el tricloroetileno, el cual disuelve fácilmente la grasa, ceras y alquitranes. Otro disolvente frecuentemente usado es el percloroetileno (tetracloroetileno), que tiene la capacidad de emulsionar los componentes grasos, los cuales son difíciles de eliminar con agua.

Efectos a la salud

Los efectos a la salud provocados por la exposición a solventes orgánicos pueden ser de naturaleza aguda o crónica. Esta clasificación depende del tiempo de aparición de los efectos, dosis, tiempo y frecuencia de contacto con el químico.

En el ámbito laboral, los efectos agudos son originados por accidentes. En este tipo de intoxicación, la manifestación de la enfermedad puede aparecer de inmediato, en minutos o 24 horas después de una exposición única a uno o varios agentes a dosis lo suficientemente altas para generar daños en el organismo.

Los disolventes orgánicos presentan alta afinidad por el sistema nervioso central. Tras exposición aguda, los trabajadores pueden manifestar efectos depresores, alteración del tiempo de reacción a efectos sonoros y luminosos. Los síntomas son semejantes a una embriaguez etílica: euforia, excitación, descoordinación motriz, desorientación, alteración del lenguaje, ataxia, disminución de reflejos y alusiones con cambios en el comportamiento. Si la exposición se prolonga, acompañada de dosis mayores, los trabajadores pueden experimentar mareos, somnolencia, náuseas, cefalea, vómitos, la pérdida de conocimiento y posiblemente la muerte.

A nivel renal, los efectos adversos se manifiestan por un cuadro de necrosis tubular aguda, glomerulonefritis y modificaciones en el equilibrio hidroeléctrico con acidosis metabólica por exceso de cloro en sangre y baja concentración de potasio y calcio (hipocalcemia) (Brailowsky, 2017).

En el hígado, los clorohidrocarburos generan necrosis hepática; en lo relativo a los pulmones, se pueden presentar casos de neumonitis e irritación bronquial. Los fluorocarbonos pueden producir alteraciones del ritmo cardíaco (arritmias), potencialmente peligrosas.

La irritación en la piel (eccema) y en las mucosas es característico de un contacto local en el cual la piel presenta enrojecimiento que puede ser acompañado de prurito, los disolventes orgánicos disuelven la capa grasa superficial de la piel.

En la intoxicación crónica las manifestaciones clínicas aparecen en meses o años, según el tiempo de latencia del solvente, tras una exposición frecuente a dosis relativamente bajas. Las enfermedades laborales surgen por exposición crónica a los solventes orgánicos. A continuación, se explicarán los efectos adversos a la salud ocasionados por la exposición frecuente a estos agentes según el órgano o sistema afectado.

Neurotoxicidad

La inhalación constante de solventes orgánicos genera daños en las estructuras del sistema nervioso central y periférico.

Sistema nervioso central: los disolventes orgánicos presentan gran afinidad por las neuronas. Además, ejercen su acción generando pérdida irregular de mielina y atrofia de la sustancia blanca, la cual está compuesta por fibras nerviosas y se encuen-

tra ubicada en los tejidos más profundos del cerebro (Álvarez y Mauriño, 2004). Estudios in vitro en animales se han utilizado para estudiar el mecanismo de acción de los disolventes sobre las neuronas. Estos ensayos han demostrado la capacidad de los disolventes para inducir cambios en la estructura lipídica de las membranas celulares que interfieren con los mecanismos de transporte de la membrana sináptica y perturban la comunicación intercelular (Maday et al., 2014). Los disolventes también interactúan con las porciones lipófilas de las proteínas celulares que alteran el transporte axonal de proteínas como los neurofilamentos (Maday et al., 2014).

La apoptosis neuronal o muerte celular programada es un proceso llevado a cabo durante el desarrollo del sistema nervioso, cuyo objetivo es controlar el número de neuronas y la precisión de conexiones sinápticas eliminando las imperfectas, la apoptosis, en las primeras fases, puede afectarse por la inducción de los disolventes orgánicos al formar especies reactivas de oxígeno lo que conduce a la peroxidación lipídica influenciada por radicales libres, daño mitocondrial y estrés oxidativo (Beceerra y Pimienta, 2009).

En cuanto a los procesos sinápticos se han evidenciado efectos de los disolventes sobre los neurotransmisores. Ensayos en ratas demostraron un aumento en la síntesis de dopamina en el cerebro sin afectar el número de terminales presinápticas o receptores de dopamina postsinápticos que puede resultar de la actividad catalítica potenciada por disolvente de la enzima dopadecarboxilasa o como respuesta a afinidad reducida del receptor D2 de dopamina (Visser et al., 2008).

Los efectos neurotóxicos asociados a una exposición prolongada incluyen cambios de personalidad acompañados de cua-

dros de irritabilidad, hiperexcitación y crisis depresivas. También, pueden presentar fatiga, desórdenes cognitivos, trastornos de atención, percepción, memoria y personalidad. Los cambios neurofisiológicos están relacionados con la disminución de conducción del nervio, desmielinización, alteración de pares craneales, atrofia cortical cerebral del cerebelo y tallo cerebral.

Sistema nervioso periférico: las neuropatías periféricas son trastornos que ocasionan daño en los nervios que están presentes fuera del cerebro y la médula espinal. Disolventes como el n-hexano y la metil n-butil cetona ocasionan neuropatías de tipo distal simétrica. Estudios de conducción nerviosa realizados en trabajadores expuestos a disolvente orgánicos muestran cambios en la función nerviosa sensorial y desaceleración de la conducción motora en el cerebro a causa de la desmielinización que sufren los axones de las neuronas (Baker, 1994). Las neuropatías periféricas por lo general causan hormigueo, ardor en brazos, trastornos de sensibilidad, problemas de movilidad y entumecimiento.

Hepatotoxicidad

La hepatotoxicidad de los disolventes se evidencia en la necrosis focal a parte de la esteatosis (acumulación de grasa en el hígado), elevación de enzimas hepáticas y aumento de ácidos biliares séricos.

Nefrotoxicidad

A nivel renal la exposición a disolventes orgánicos produce un aumento en los niveles de eritrocitos y leucocitos en la orina, cambios en las concentraciones de proteínas y la presencia de sedimento urinario (Sainio, 2015).

En el riñón se evidencia inflamación en el glomérulo renal (glomerulonefritis), lo que afecta la filtración de desechos provocando pérdida de sangre y proteína en la orina. El mecanismo biológico de esta enfermedad se explica por la presencia de anticuerpos antimembrana basal glomerular relacionados con la liberación de antígeno.

Otro tipo de trastornos renales asociados con la inhalación de disolventes orgánicos están relacionados con los túbulos renales, lo que provoca que los niveles de sales, agua y acidez corporal se vuelvan anormales.

Dermatotoxicidad

Las glándulas sebáceas forman parte de la dermis, la capa más externa de la piel, compuesta por células lipídicas, cuya función es producir el sebo que hidrata la piel, aporta antioxidantes y protege contra los gérmenes. El daño de la capa sebácea se debe a la liposolubilidad de los disolventes orgánicos. La afinidad por la grasa desnaturaliza la capa sebácea, generando inflamación y enrojecimiento propios de una dermatitis, cuya severidad depende del tipo de químico y tiempos de exposición. La dermatitis es reconocida como uno de los principales efectos locales de la exposición crónica a diversos solventes, dentro de los signos y síntomas característicos de la dermatitis eccematosa están: resecamiento excesivo acompañado de resquebrajamiento en la piel, fisuras dolorosas, prurito, eritema.

Carcinogénesis y mutagénesis

Diferentes tipos de cáncer están relacionados con la exposición ocupacional a algunos disolventes orgánicos, el tricloroetileno usado como desengrasante para piezas metálicas en la fabricación de muebles, manufactura y reparación de calzado genera linfosarcoma neoplasia de linfocitos malignos, originado en ór-

ganos con presencia de nódulos linfáticos, hígado, bazo u otro órgano con tejido linfoide. Este mismo producto ocasiona tumores malignos y riñón y próstata (Sainio, 2015).

El benceno es un disolvente cancerígeno, que tras exposición prolongada genera alteraciones en la médula ósea (tejido hematopoyético) y produce disminución de los glóbulos rojos. El tipo de cáncer asociado a este compuesto es la leucemia mieloide (AML), en el cual una célula progenitora mielocítica se prolifera de forma no controlada produciendo alto número de elementos sanguíneos inmaduros, reemplazando la médula ósea normal por células malignas.

Los disolventes orgánicos son mutagénicos, interactúan con el ácido desoxirribonucleico (ADN) originando efectos genéticos de manera inmediata o a largo plazo (carcinogénesis) (Londoño et al., 2019). Se ha demostrado que el benceno y el tolueno causan ruptura en los cromosomas, efecto conocido como clastogénico, interfiriendo en las funciones de los ácidos nucleicos aumentando la velocidad de mutación genética.

Los efectos teratógenos como malformaciones en el feto pueden originarse por cambios inducidos por los disolventes en los genes transmitidos por los progenitores. Algunos disolventes afectan las células reproductivas ocasionando esterilidad.

Capítulo 2

Medidas de prevención e intervención en la exposición a solventes

Introducción

La exposición a solventes orgánicos se ha caracterizado como uno de los principales problemas en salud ocupacional a causa de su gran uso a nivel industrial, por las formas inapropiadas de manipulación y disposición de estos productos, los cuales generan contaminación ambiental y laboral. La manipulación de solventes orgánicos es uno de los factores de riesgo más críticos, ya que causan diversas enfermedades y alteraciones en la salud de los trabajadores. El propósito del presente capítulo es exponer los aspectos preventivos para la manipulación y control de solventes en el entorno laboral, como lo son la vigilancia epidemiológica, controles de ingeniería, administrativos y elementos de protección personal.

Es fundamental fortalecer la vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos a disolventes teniendo en cuenta la información técnica de los productos, realizar exámenes médicos ocupacionales y determinar los biomarcadores necesarios para prevención de riesgos a la salud e implementar medidas de intervención para la manipulación de sustancias químicas.

Los solventes son un grupo de productos químicos industriales de amplio uso, producidos y utilizados en grandes cantidades bajo una gran variedad de denominaciones comerciales y químicas en casi todas las industrias (Henaó, 2011).

Estos agentes químicos ocasionan daños a la salud de los trabajadores, tanto por exposición crónica o aguda, por lo cual se

hace indispensable la implementación de metodologías que lleven a mitigar la aparición de accidentes y enfermedades en la población trabajadora.

En el ámbito laboral, las empresas realizan la promoción de la salud y la seguridad en el trabajo, incluyendo la gestión de la exposición a solventes. Tales organizaciones trabajan en colaboración con gobiernos y trabajadores sindicalistas para proporcionar directrices y promover buenas prácticas en la gestión de riesgos químicos.

La Organización Internacional del Trabajo (OIT) ha adoptado varios convenios y acuerdos que abordan la prevención de la exposición a solventes y otras sustancias químicas. Estos buscan establecer estándares comunes y promover prácticas seguras en los lugares de trabajo. Algunos de los convenios más reconocidos son:

- El Convenio sobre Seguridad y Salud de los Trabajadores, 1981 (Núm. 155) que prevé la adopción de una política nacional sobre seguridad y salud en el trabajo. También, de las acciones de los gobiernos dentro de las empresas, para promover la seguridad y la salud en el trabajo, y mejorar sus condiciones (Organización Internacional del Trabajo, 1983).
- Convenio de Rotterdam sobre el Procedimiento de Consentimiento Fundamentado Previo. Tiene como objetivo promover la responsabilidad compartida y la cooperación en el manejo de productos químicos peligrosos. Establece procedimientos para obtener el consentimiento antes de la importación de ciertos productos químicos peligrosos (Cancillería, s.f.a).

- El Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes. Es un tratado internacional que fue adoptado en mayo de 2001 y entró en vigor el 17 de mayo de 2004. Su objetivo principal es proteger la salud humana y el medio ambiente alrededor del mundo al abordar y reducir la liberación de contaminantes orgánicos persistentes (COP) en la atmósfera (Cancillería, s.f.b).

Medidas de prevención

Son el conjunto de actividades o medidas adoptadas en todas las fases de los procesos de la organización con el fin de evitar o disminuir los riesgos derivados del trabajo.

También, es necesario identificar y evaluar los ambientes de trabajo donde se presenta una mayor concentración de solventes para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores. Estas acciones son parte integral de la gestión efectiva de la exposición a sustancias químicas. A continuación, se explicarán las metodologías necesarias para identificar y evaluar el nivel de riesgo químico en el entorno laboral.

Programa de riesgo químico

Evaluación de riesgos: para identificar las áreas de trabajo donde la concentración de sustancias químicas puede ser significativa. Esto implica examinar los procesos, las prácticas laborales y la frecuencia de uso de sustancias en cada área o el uso de metodologías cualitativas, las cuales se explicarán a continuación.

Conforme a lo mencionado por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, el control banding o método COSHH (Control of Substances Hazardous To Health) es usado en en-

tornos de trabajo donde la información cuantitativa detallada sobre la exposición es limitada y permite a los empleadores tomar decisiones sobre las medidas de control basadas en categorías de riesgo. Esta metodología nos ayuda a enumerar y clasificar las sustancias químicas o procesos según el riesgo potencial y determina los niveles de exposición a través de rutas de ingreso como la inhalación. El contacto dérmico también permite establecer las medidas de control y/o seguimiento donde se realiza el monitoreo regularmente, evaluando su efectividad y garantizando que la exposición se mantenga dentro de los límites.

En la figura 1 se muestran las etapas para la valoración cualitativa de riesgo químico siguiendo la metodología de control banding.

Figura 1
Valoración control banding



Nota. Criterios de nivel de riesgo de INSSST [IMAGEN] por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (2012).

De acuerdo con la Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo (en 2004), el REACH: Reglamento de registro, evaluación, autorización y restricción de sustancias químicas, es un

documento de la Unión Europea que aborda la producción y el uso de sustancias químicas para mejorar la protección de la salud humana y del medio ambiente; también, establece procedimientos para recopilar y evaluar información sobre las propiedades y los peligros de las sustancias y obliga a que las empresas registren los productos químicos que se utilicen. Para hacerlo, deben colaborar con otras empresas que estén registrando la misma sustancia.

Mapeo de riesgos: crear mapas de riesgos que destaquen las zonas donde se utilizan o almacenan solventes en cantidades considerables. Estos mapas pueden ayudar a orientar a los trabajadores sobre las áreas de mayor riesgo. Por ejemplo, si se cuenta con una planta de producción y almacenamiento de sustancias químicas, es necesario conocer sus características o propiedades físicas, las concentraciones y usos. Esto es necesario para determinar los riesgos asociados con cada sustancia química. Para el manejo de las sustancias se consideran factores como toxicidad, inflamabilidad, reactividad y otros peligros específicos. Conociendo estas características se analiza la interacción o compatibilidad con otras sustancias. En las zonas de almacenamiento se pueden utilizar gráficos, diagramas o mapas para visualizar los puntos de riesgo y la magnitud de los riesgos asociados. Por medio de colores, símbolos o señalización, se da a conocer el nivel de riesgo al que se exponen los trabajadores en dicha operación.

Inventario de sustancias químicas: mantener un inventario actualizado de todas las sustancias químicas utilizadas en el lugar de trabajo. Esto incluye productos químicos utilizados en procesos de producción, limpieza, mantenimiento y otros.

La creación de un inventario de sustancias químicas, incluyendo solventes, es esencial para la gestión segura de produc-

tos químicos en un entorno laboral. Un inventario adecuado ayuda a identificar y rastrear las sustancias químicas utilizadas, lo que facilita la implementación de medidas de control y la respuesta a situaciones de emergencia. A continuación, se da a conocer la información necesaria para crear un inventario de sustancias químicas:

- Identificación de sustancias químicas.
- Nombre común y número CAS.
- Cantidad y unidad de medida.
- Fecha de adquisición y fecha de caducidad.
- Proveedores y números de lote.
- Clasificación de peligros (compatibilidades).
- Equipo de protección personal (EPP) requerido.
- Actualización continua.
- Planificación actuación frente a emergencias.

Zonas de almacenamiento seguro: establecer áreas designadas y seguras para el almacenamiento de solventes, con las medidas de seguridad como ventilación adecuada, almacenamiento en recipientes adecuados y señalización de medidas de advertencia.

El almacenamiento seguro es crucial para garantizar un entorno de trabajo seguro y para prevenir riesgos asociados con la manipulación de sustancias químicas. A continuación, se presentan algunas pautas generales para el almacenamiento seguro de solventes:

- Almacene solventes de manera que evite mezclas incompatibles. Algunos solventes pueden reaccionar entre sí, generando vapores tóxicos o inflamables.

- Separe los solventes inflamables de los no inflamables. Utilice áreas de almacenamiento específicas y bien ventiladas para solventes inflamables.
- Utilice contenedores y recipientes de almacenamiento aprobados y específicos para solventes. Asegúrese de que estén en buen estado y correctamente sellados.
- Almacene disolventes a temperaturas controladas según las recomendaciones del fabricante. Evite la exposición a temperaturas extremas que puedan afectar la estabilidad de los solventes.
- Utilice estantes resistentes y estables para almacenar envases. Asegúrese de que estén diseñados para soportar el peso de los solventes y evitar el almacenamiento en alturas excesivas.
- Almacene solventes inflamables lejos de fuentes de ignición y asegúrese de que haya extintores de incendios adecuados y fácilmente accesibles en el área de almacenamiento.
- Implemente medidas para contener derrames, como bandejas colectoras y proporcione material absorbente para limpiar los derrames rápidamente.
- Proporcione iluminación adecuada en el área de almacenamiento para facilitar la identificación y manipulación segura de los solventes.
- Prohíba fumar en áreas de almacenamiento de solventes y coloque señales de advertencia.
- Proporcione entrenamiento regular a los trabajadores sobre prácticas seguras de almacenamiento y manipulación de solventes.
- Desarrolle un plan de emergencia que incluya procedimientos para enfrentar derrames, fugas o incendios. Asegúrese de que los trabajadores estén capacitados para responder adecuadamente.

- Realice inspecciones regulares del área de almacenamiento para identificar y abordar cualquier problema de seguridad.

Identificación, clasificación y etiquetado

De acuerdo con el Ministerio del Trabajo, junto con el Ministerio de Salud y Protección Social (en 2021) se expide la resolución 773 de 2021 “Por la cual se definen las acciones que deben desarrollar los empleadores para la aplicación del Sistema Globalmente Armonizado (SGA) de clasificación y etiquetado de productos químicos en los lugares de trabajo y se dictan otras disposiciones en materia de seguridad química”.

El SGA es un conjunto de directrices internacionales diseñadas para estandarizar la clasificación y etiquetado de productos químicos a nivel mundial, su objetivo principal es mejorar la protección de la salud humana y del medio ambiente, facilitar el comercio internacional de productos químicos y proporcionar información clara y coherente sobre los peligros asociados con el uso de sustancias químicas.

Clasificación de peligros según SGA: el SGA establece criterios claros y armonizados para clasificar los peligros físicos, para la salud y ambientales de sustancias químicas y mezclas. Los criterios abarcan los siguientes tipos de peligros:

Peligros físicos:

- Incluye sustancias y mezclas que pueden explotar bajo la acción de una llama o que son sensibles a los golpes o la fricción.
- Sustancias gaseosas que son inflamables en contacto con el aire a temperatura ambiente.

- Aerosoles que contienen sustancias inflamables y que pueden presentar un peligro en caso de incendio.
- Sustancias líquidas que pueden encenderse fácilmente y sostener la combustión.
- Sólidos que pueden encenderse fácilmente y mantener la combustión a través de fricción, calor o contacto con fuentes de ignición.
- Sustancias que favorecen la combustión de otras sustancias o que pueden generar oxígeno y, por lo tanto, aumentar el riesgo de incendio.
- Gases que se almacenan a presión y que pueden presentar riesgos físicos si se liberan de manera no controlada.
- Sustancias que pueden corroer materiales metálicos al entrar en contacto con ellos.
- Incluye sustancias y mezclas que presentan riesgos para la salud humana o animal que no se clasifican en otras clases.

Peligros a la salud: están clasificados en varias categorías según la naturaleza de los efectos adversos que pueden causar.

- Toxicidad aguda: causa daño al ser ingerido, daño al entrar en contacto con la piel y al ser inhalado.
- Corrosión e irritación cutánea u ocular: provoca daño irreversible a la piel y provoca daño irreversible a los ojos.
- Sensibilización cutánea: puede provocar una reacción alérgica en la piel tras la exposición.
- Toxicidad para órganos específicos - exposición única: causa daño a órganos específicos tras una única exposición.

- Toxicidad para órganos específicos - exposición repetida: ocasiona daño a órganos específicos tras exposiciones repetidas.
- Mutagenicidad: causa daño al material genético.
- Carcinogenicidad: produce cáncer.
- Toxicidad para la reproducción: afecta la capacidad reproductiva o causar daño al feto.
- Peligro aspiración: causa daño si es aspirado al sistema respiratorio.

Peligros para el medio ambiente:

- Peligro para el medio ambiente acuático: toxicidad acuática aguda, crónica, potencial de bioacumulación y degradación.
- Peligro para la capa de ozono: se representa por medio de la concentración de halo carburos que puede llegar a reducir el ozono en la atmósfera. Como referente el protocolo de Montreal contiene una lista de sustancias que dañan la capa de ozono y el SGA requiere que los productos etiquetados se identifiquen.

En cuanto a la información de la etiqueta a continuación se presentan los siguientes componentes.

Etiquetas según SGA

El SGA establece un sistema de etiquetado armonizado que utiliza pictogramas, palabras de advertencia, frases de peligro y consejos de prudencia para comunicar eficazmente los riesgos asociados con los productos químicos.

- Identificación del producto. Debe ser la misma que la utilizada en la Ficha de Datos de Seguridad-FDS.
- Identificación de proveedores, ya sea que se trate de fabricantes, importadores o distribuidores. Nombre, dirección y número de teléfono proveedores y hasta fabricantes, importadores o distribuidores de los productos químicos.
- Pictogramas de peligro con gráficos de fondo blanco, con una figura en tipo rombo con los bordes de color rojo y el símbolo de riesgo en color negro.
- Palabra de advertencia: esta información debe ser en letras mayúsculas, ya que son las que nos dicen o dan a conocer si la sustancia es clasificada como peligrosa o nos advierte en el manejo o uso de estas, son dos palabras “PELIGRO o ATENCIÓN”.
- Indicaciones de peligro.
- Consejos de prudencia.
- Otra información como peso, lotes o fechas de vencimiento.

Figura 2

Ejemplo de elementos de una etiqueta de solvente butil cellosolve según sistema globalmente armonizado



Nota. Elaboración propia.

En la figura 2 se encontrará un ejemplo con los elementos de la etiqueta anteriormente nombrados.

Fichas de datos de seguridad

En la resolución 773 del 2021 se definen las características que deben cumplir las Fichas de Datos de Seguridad (FDS), elaboradas bajo los lineamientos del SGA. Estas pueden elaborarse en formato libre y requieren disponibilidad idioma español, garantizando la comprensión por parte de los usuarios en los lugares de trabajo. Los datos e información consignada en las FDS deben guardar coherencia con la información de las etiquetas de los productos químicos, debe registrarse la línea de emergencias de acceso local o número gratuito a través de línea fija o celular y con disponibilidad de 24 horas, 7 días a la semana. También, es necesario incluir la fecha de elaboración o en caso de ser una revisión, la fecha de la última revisión; su almacenamiento debe estar disponibles siempre en medio físico o digital y estar ubicadas en un lugar visible y seguro donde no se encuentren expuestas a la intemperie o posibles emergencias con los productos químicos.

En lo relativo a la sección 8 “Controles de Exposición y Protección Personal”, los valores límites de exposición ocupacional corresponderán a los TLV definidos por la ACGIH vigentes a la fecha de elaboración o actualización de la FDS. En esta misma sección se debe indicar el tipo de elementos de protección personal recomendados, precisando características como, por ejemplo, material de guantes, tipo de filtro, entre otras especificaciones dadas por el Ministerio de Trabajo y el Ministerio de Salud (desde 2021).

El Consejo Colombiano de Seguridad (2021) cuenta con el Centro de Información de Seguridad sobre Productos Químicos – CISPROQUIM, que funciona como línea de emergencias de

acceso local. Es un número gratuito con acceso a línea fija o celular, con disponibilidad de 24 horas, 7 días a la semana. Los fabricantes, importadores y distribuidores de sustancias químicas tienen en CISPROQUIM un aliado esencial para garantizar la custodia de sus productos, promover un uso seguro y mantener información actualizada sobre los eventos de emergencia con sustancias químicas.

Las FDS contienen 16 secciones, las cuales se mencionan a continuación:

Sección 1. Identificación del producto y del proveedor: nombre del producto químico, información del proveedor o fabricante y los números de teléfono de emergencia.

Sección 2. Identificación de peligros: clasificación de los peligros según el SGA (peligros físicos, para la salud y ambientales) se representan por medio de pictogramas de peligro.

Sección 3. Composición e información sobre los ingredientes: lista de compuestos o sustancias químicas presentes, incluyendo concentraciones e impurezas significativas.

Sección 4. Primeros auxilios: definen las medidas de primeros auxilios en caso de exposición o contacto con el producto.

Sección 5. Medidas de lucha contra incendios: se definen los métodos adecuados para extinguir un incendio relacionado con el producto químico.

Sección 6. Medidas en caso de vertido accidental: se definen los procedimientos para contener y limpiar derrames del producto y evitar la liberación al medio ambiente.

Sección 7. Manejo y almacenamiento: es una guía de recomendaciones para el manejo seguro del producto y condiciones de almacenamiento adecuadas.

Sección 8. Controles de exposición y protección personal: se definen los límites de exposición ocupacional recomendados y el uso de equipos de protección personal (EPP).

Sección 9. Propiedades físicas y químicas: determina las propiedades como punto de ebullición, punto de fusión, densidad y solubilidad.

Sección 10. Estabilidad y reactividad: información sobre la estabilidad química del producto y posibles reacciones químicas peligrosas con otras sustancias.

Sección 11. Información toxicológica: datos sobre la toxicidad del producto y los efectos en la salud.

Sección 12. Ecotoxicología: impacto del producto en el medio ambiente y en organismos acuáticos y terrestres.

Sección 13. Consideraciones sobre eliminación: define los métodos adecuados de eliminación y disposición del producto.

Sección 14. Información sobre el transporte: se muestran los requisitos de transporte según las regulaciones internacionales o nacionales.

Sección 15. Información reglamentaria: referencias a regulaciones y leyes específicas relacionadas con el producto químico.

Sección 16. Otra información: cualquier otra información relevante que pueda ser útil.

Revisión periódica de los procedimientos

Es indispensable en el sitio de exposición, realizar revisiones periódicas de los procedimientos de trabajo y las medidas de control para garantizar su eficacia y hacer ajustes según sea necesario. Al implementar estas prácticas, las organizaciones pueden crear un entorno de trabajo más seguro y reducir los riesgos asociados con la exposición a solventes. La gestión proactiva de la seguridad química es esencial para proteger la salud de los trabajadores y cumplir con las regulaciones de salud y seguridad ocupacional.

Medidas de intervención y control

Cuando se trata de intervención y control en el ámbito laboral, es fundamental implementar medidas específicas para prevenir incidentes, garantizar la seguridad y mantener un entorno de trabajo saludable. Estas medidas deben personalizarse según las necesidades y riesgos específicos del lugar de trabajo. Además, es esencial cumplir con las regulaciones y normativas locales relacionadas con la seguridad laboral.

A continuación, se describirá una lista de medidas específicas que se pueden considerar para intervenir y controlar la exposición a solventes en el lugar de trabajo.

Eliminación

Desarrollo de alternativas: investigar y desarrollar alternativas no químicas para las aplicaciones que actualmente requieren solventes. Podría ser métodos mecánicos, térmicos o enzimáticos.

Sustitución de solventes

Si es posible, considere el uso de solventes menos tóxicos o no tóxicos como alternativa a aquellos más peligrosos. La sustitución puede ser una estrategia efectiva para reducir los riesgos para la salud.

- Reemplazo por métodos secos: donde sea posible, reemplace procesos húmedos con métodos secos que no impliquen el uso de solventes líquidos.
- Uso de solventes con bajo punto de ebullición: opte por solventes con bajos puntos de ebullición, ya que tienden a liberar menos vapores tóxicos y son más fáciles de controlar.
- Solventes de base acuosa: donde sea posible, sustituir solventes orgánicos por solventes de base acuosa. Estos tienden a ser menos tóxicos y presentan menores riesgos de inflamabilidad.
- Solventes de Bajo VOC (Compuestos Orgánicos Volátiles): escoja solventes con bajo contenido de VOC para reducir las emisiones atmosféricas y mejorar la calidad del aire interior.
- Uso de tecnologías innovadoras: explore tecnologías innovadoras, como limpieza por CO₂ supercrítico u otros métodos que puedan eliminar o reducir significativamente la necesidad de solventes convencionales.

Controles de ingeniería

Son medidas físicas implementadas en el lugar de trabajo para reducir o eliminar los riesgos asociados por el uso de solventes.

- Sistemas cerrados o parcialmente cerrados: emplee durante las operaciones que involucren el manejo de sol-

ventes. Esto reduce la liberación de vapores al aire y limita la exposición del personal.

- Cabinas de seguridad: instale junto con sistemas de ventilación localizados para capturar y eliminar los vapores de solventes antes de que puedan entrar en el área de trabajo.
- Extracción localizada: implemente en las áreas donde se manipulan solventes para capturar los vapores en el punto de origen y evitar que se dispersen en el ambiente.
- Sistemas de ventilación general: asegúrese de que el lugar de trabajo cuente con este sistema para proporcionar un flujo constante de aire fresco y minimizar la concentración de vapores de solventes en el ambiente.
- Sistemas de filtración de aire: permiten eliminar los vapores de solventes del aire en el lugar de trabajo. Estos sistemas pueden incluir filtros de carbón activado u otros medios específicos para solventes.
- Control de fuentes de ignición: implemente en las áreas donde se utilizan solventes para prevenir riesgos de incendios y explosiones.
- Detección de gases: instale estos sistemas para monitorear la concentración de vapores de solventes en el aire y activar alarmas en caso de exceder los límites permitidos
- Encapsulamiento: trate de encapsular o contener los procesos que involucran solventes, ya que ayudan a prevenir la liberación de vapores a la atmósfera. Esto se puede lograr mediante el uso de cabinas cerradas o sistemas de contención.

Controles administrativos

La priorización de los trabajadores y las sustancias químicas es fundamental para la gestión eficaz de la seguridad y salud en el trabajo. Una de las estrategias es identificar a los trabajadores

que laboran en entornos peligrosos o realicen tareas de alto riesgo. También, es necesaria la evaluación de vulnerabilidad o grupos de exposición similares para determinar por medio de sistemas de vigilancia, aquellas personas que pueden tener un potencial daño o llegan a tener un historial de afectaciones a la salud.

Por esta razón se da a conocer metodologías de control administrativo como lo es el sistema de vigilancia epidemiológico, el cual es un pilar para la prevención que requiere de la recolección, análisis e interpretación continua de datos de salud y sus determinantes, lo que permitirá tomar acciones preventivas en el ámbito laboral. Podemos definir el sistema de vigilancia como el control sistemático de las condiciones de salud presentes en los trabajadores, con el fin de prevenir y controlar las enfermedades y lesiones asociadas a ellos.

El sistema de vigilancia es una herramienta que facilita la focalización del riesgo químico basado en los efectos a la salud. Su diseño está enmarcado por lo establecido en el decreto 1072 del 2015, de tal forma que las acciones emprendidas en la intervención del riesgo se articulen con el sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo (Oyola et al., 2018).

La estructura del sistema de vigilancia está centrada en el ciclo PHVA (planear, hacer, verificar y actuar). Para implementar dicho sistema es indispensable identificar los procesos de la empresa que involucren manipulación o uso de sustancias químicas, consolidar el inventario de estas con sus respectivas FDS, realizar el análisis secuencial de sus efectos (salud, seguridad y medio ambiente) y evaluar la exposición ocupacional de los trabajadores a ellas. A partir de esta información se tendrán ele-

mentos que permitan definir aquellas sustancias que deben ser objeto prioritario de intervención (Oyola et al., 2018).

El alcance del sistema de vigilancia inicia con el proceso de evaluación de la gestión actual de este, la evaluación de la exposición a sustancias químicas peligrosas en el lugar de trabajo. Esto incluye la definición de objetivos y estrategias particularizados a la problemática, la implementación de las estrategias, la detección precoz de los casos, el diagnóstico y la calificación de origen, el tratamiento y la rehabilitación de los trabajadores afectados y finalmente, el seguimiento a los indicadores que miden el impacto y la gestión del sistema (Oyola et al., 2018). La vigilancia epidemiológica para solventes se centra en monitorear y evaluar la exposición de las personas en entornos laborales o comunitarios, así como los posibles efectos para la salud asociados con dicha exposición. Algunos aspectos clave de la vigilancia epidemiológica para solventes incluyen:

- Monitoreo de la exposición laboral: se recopilan datos sobre la exposición de los trabajadores a solventes en diferentes ocupaciones e industrias. Esto puede implicar la medición de niveles de solventes en el aire o la evaluación de biomarcadores en el cuerpo de los trabajadores.
- Identificación de poblaciones en riesgo: la vigilancia epidemiológica ayuda a identificar grupos de población que pueden estar más expuestos a solventes, ya sea debido a su ocupación, ubicación geográfica o estilo de vida.
- Evaluación de efectos para la salud: se analizan datos de salud para identificar posibles efectos adversos asociados con la exposición a solventes. Esto puede incluir enfermedades respiratorias, problemas neurológicos, problemas reproductivos, entre otros.

- Establecimiento de estándares y regulaciones: los datos recopilados a través de la vigilancia epidemiológica pueden contribuir a la formulación de estándares y regulaciones para limitar la exposición a solventes en entornos laborales y comunitarios.
- Desarrollo de estrategias de prevención: con base en la información recopilada, se pueden desarrollar estrategias de prevención destinadas a reducir la exposición a solventes y mitigar los riesgos para la salud.

Para determinar estas condiciones se deben realizar las siguientes actividades de gestión para realizar la recolección de la información necesaria para la prevención de enfermedades.

Exámenes médicos: es una práctica fundamental para evaluar la salud de los empleados y detectar posibles efectos adversos relacionados con la exposición a estas sustancias químicas. Los exámenes médicos deben llevarse a cabo de manera regular y específica para cada trabajador expuesto. A continuación, se describen algunos de los exámenes médicos comunes para evaluar la exposición a solventes:

Pruebas de función pulmonar:

- Espirometría para evaluar la función pulmonar y detectar posibles efectos respiratorios asociados con la exposición a solventes.
- Evaluación del sistema respiratorio, incluyendo auscultación pulmonar.

Análisis de sangre y orina:

- Cuadro hemático (frotis de sangre periférica, recuento de reticulocitos y plaquetas).
- Pruebas de función renal y hepática para evaluar el impacto en estos sistemas.
- Medición de concentraciones de solventes o sus metabolitos en la sangre o la orina para evaluar la exposición reciente o acumulativa.

Exámenes de audiometría:

- Pruebas de audición para evaluar posibles efectos de los solventes en la función auditiva.

Exámenes oftalmológicos:

- Evaluación de la salud ocular y detección de posibles irritaciones o problemas visuales relacionados con la exposición.

Evaluación psicosocial y sistema nervioso:

- Entrevistas para evaluar el bienestar psicológico y emocional del trabajador.
- Evaluación neurológica para identificar posibles efectos en el sistema nervioso central.

Prueba dermatológica:

- Examen dermatológico para detectar posibles irritaciones o alergias en la piel.

Prueba hepática:

- Transaminasa Glutámico Oxalacética y pirúvica.
- Bilirrubinas totales.
- Fosfatasa alcalina.
- Gamma Guamil transpeptidasa.

Es importante destacar que la frecuencia y extensión de estos exámenes médicos pueden variar según la naturaleza de la exposición y las regulaciones legales. Además, la interpretación de los resultados debe realizarse por profesionales de la salud con experiencia en salud ocupacional. La información recopilada durante estos exámenes no solo contribuye a la protección de la salud del trabajador, sino que también puede ser utilizada para mejorar las medidas preventivas en el lugar de trabajo.

La valoración puede realizarse antes si se evidencia un trabajador con alteraciones neurológicas (cefalea, náuseas, pérdida de peso), adicción al alcohol, alteraciones respiratorias o dermatológicas. Se debe realizar la medición de indicadores de exposición cada seis meses y al momento de realizar la rotación.

Los exámenes médicos y los indicadores biológicos son herramientas valiosas en el campo de la salud ocupacional. La elección de uno u otro, o la combinación de ambos, dependerá de factores como el tipo de exposición, las sustancias químicas involucradas y los requisitos normativos.

Indicadores de exposición biológica

La Comisión Internacional de Medicina del Trabajo, en el Código de Ética para los profesionales de la salud ocupacional, refiere respecto a las pruebas biológicas lo siguiente (Mercado, 2003):

- Las pruebas biológicas y otras investigaciones deben seleccionarse en función de su validez para proteger la salud del trabajador.
- Deben de tomarse en cuenta para la selección de las pruebas biológicas su sensibilidad, su especificidad y su valor predictivo
- Deben de preferirse las pruebas biológicas que no sean invasivas y que no representen ningún riesgo para la salud del trabajador.
- Deben practicarse con el debido consentimiento informado del trabajador.
- Deben realizarse cumpliendo las normas profesionales más estrictas

El monitoreo biológico tiene como objetivo evaluar la cantidad de químico presente en el organismo del trabajador o alguna alteración fisiológica. Esto se logra a través del uso y selección adecuada de los biomarcadores. A continuación, encontrará algunos ejemplos de biomarcadores:

- Hidrocarburos alifáticos en sangre o aire exhalado: los solventes alifáticos, como el hexano, pueden medirse en muestras de sangre o aire exhalado.
- Metabolitos de tolueno en orina: el tolueno, un disolvente común, se metaboliza en el cuerpo y produce metabolitos que pueden detectarse en la orina, como el ácido hipúrico.
- Ácido mandélico y ácido hipúrico en orina: estos son metabolitos de solventes aromáticos como el estireno y el xileno, y su presencia en la orina puede indicar exposición.

- Tricloroetileno (TCE) y metabolitos en sangre u orina: el TCE y sus metabolitos pueden medirse en sangre u orina para evaluar la exposición a este solvente.
- Benceno en sangre u orina: el benceno, un solvente peligroso, puede medirse en sangre u orina para evaluar la exposición.
- Disolventes clorados y sus metabolitos en orina: solventes como el cloroformo o el tetracloroetileno y sus metabolitos pueden detectarse en muestras de orina.
- Biomarcadores de daño celular: marcadores de daño celular, como enzimas hepáticas (AST, ALT), pueden aumentar en presencia de exposición a solventes tóxicos para el hígado.

Es importante señalar que la interpretación de los resultados de los biomarcadores requiere la experiencia de profesionales de la salud y toxicólogos. Además, la elección de biomarcadores específicos puede depender de la naturaleza de los solventes a los que están expuestos la persona y de los objetivos particulares de la evaluación. Estos biomarcadores no solo son útiles para evaluar la exposición, sino también para orientar las medidas preventivas y el monitoreo continuo de la salud de los trabajadores expuestos a solventes.

Mediciones higiénicas ambientales

Son esenciales para evaluar y controlar la exposición de los trabajadores a estas sustancias químicas. Estas mediciones ayudan a determinar si las concentraciones de solventes en el aire están dentro de los límites permitidos y si se están cumpliendo las normativas de salud ocupacional. Las siguientes son las etapas para tener en cuenta en el monitoreo ambiental de disolventes.

Antes de la medición:

- Identifique los solventes específicos que se utilizan en el lugar de trabajo. Cada solvente puede tener diferentes límites de exposición ocupacional y propiedades únicas
- Determine los parámetros a medir, como la concentración de solventes en el aire, el límite de exposición ocupacional (LEO), la temperatura, la humedad y otros factores ambientales relevantes.
- Identifique los lugares estratégicos para colocar los dispositivos de muestreo, teniendo en cuenta la proximidad a las fuentes de emisión y la ubicación de los trabajadores.

Durante la medición:

- Calibre los instrumentos de medición antes de comenzar la medición para asegurar resultados precisos.
- Coloque los dispositivos de muestreo en los puntos previamente seleccionados, asegurándose de que estén ubicados cerca de la zona de inhalación de los trabajadores.
- Determine la duración de la medición, que puede variar según la naturaleza de la tarea y la sustancia química.
- Registre condiciones ambientales relevantes, como la temperatura, la humedad y la velocidad del viento, ya que estos factores pueden afectar la dispersión de vapores.
- Documente las actividades laborales realizadas durante el período de medición, ya que esto puede ser crucial para interpretar los resultados.

Después de la medición:

- Retire los dispositivos de muestreo según el plan establecido y de acuerdo con los procedimientos de seguridad
- Analice los resultados del muestreo comparándolos con los límites de exposición ocupacional y otros estándares relevantes.
- Prepare un informe detallado que incluya los resultados del muestreo, las condiciones ambientales, las actividades laborales y cualquier recomendación para la mejora de las condiciones de trabajo.
- Si se identifican niveles de exposición superiores a los límites permitidos, implemente acciones correctivas para reducir la exposición, como la mejora de controles de ingeniería, cambios en los procesos de trabajo o la revisión de equipos de protección personal.
- Realice una revisión periódica del programa de medición para garantizar su efectividad continua y ajustar las estrategias según sea necesario.

La medición higiénica para solventes es un componente esencial de un programa integral de gestión de riesgos laborales. La participación de los trabajadores y la supervisión constante son fundamentales para garantizar la efectividad de estas mediciones y proteger la salud de los trabajadores.

En la higiene industrial se tiene como referente unas instituciones internacionales que cuentan con criterios de valoración para poder comparar los resultados obtenidos al estudiar un ambiente de trabajo. Por ejemplo, la National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), es una institución dependiente de la administración federal que, entre otras actividades, desarrolla y revisa periódicamente recomendaciones para límites de exposición a sustancias o condiciones potencialmente

peligrosas en el ámbito de trabajo (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, 1998).

Dentro de los métodos de análisis conocidos se encuentra la Guía de bolsillo sobre riesgo químico, diseñada con el fin generar una fuente de información general para poder reconocer y controlar los riesgos químicos ocupacionales. Esta guía es la que da a conocer los límites de exposición (REL) y los límites de exposición permisible (PEL), bajo las normas de contaminantes en el aire para todas las industrias. La NIOSH establece y revisa periódicamente los REL para sustancias o condiciones peligrosas en el sitio de trabajo y recomienda medidas adecuadas de prevención para reducir o eliminar los efectos adversos en la salud y la seguridad derivados de estos peligros.

Para utilizar la guía de bolsillo, la NIOSH establece que se debe conocer el nombre del químico y su estructura, los sinónimos y nombres comerciales, bajo que unidades de medidas se presentan, los límites de exposición, los peligros a la salud, se realiza una descripción física y química, incompatibilidades, métodos de medición, protección personal, primeros auxilios, recomendación de respiradores, rutas de exposición, síntomas y órganos afectados.

Adicional se conocen el Manual de Métodos Analíticos de NIOSH, como una secuencia de métodos para el muestreo y análisis de contaminantes en el aire del lugar de trabajo y en la sangre y orina de los trabajadores con exposición ocupacional. Se observan los métodos NIOSH 1500 hidrocarburos, 1501 hidrocarburos aromáticos, 3800 gases orgánicos e inorgánicos y 4000 tolueno.

Programa de capacitación de manejo de solventes

El desarrollo de un programa de capacitación para el manejo seguro de solventes es crucial para garantizar que los trabajadores estén informados sobre los riesgos asociados y sepan cómo utilizar, almacenar y desechar solventes de manera segura.

Contenido del programa:

- Introducción a solventes: propiedades de solventes, clasificación y usos comunes.
- Riesgos y peligros: identificación de riesgos para la salud y la seguridad asociados con solventes.
- Equipo de protección personal (EPP): selección y uso adecuado de EPP, como guantes, gafas de seguridad y respiradores.
- Manejo seguro: prácticas seguras para el manejo, transporte y uso de solventes.
- Almacenamiento y etiquetado: pautas para el almacenamiento seguro, etiquetado y manejo de recipientes de solventes.
- Medidas de control de ingeniería: uso de sistemas cerrados, ventilación y otras medidas para controlar la exposición.
- Procedimientos de emergencia: respuesta a derrames, fugas, incendios y otros eventos de emergencia relacionados con solventes.
- Sustitución y eliminación: estrategias para la sustitución de solventes peligrosos y prácticas para la eliminación segura de residuos.
- Capacitación práctica: sesiones prácticas para aplicar los conocimientos adquiridos, como simulacros de emergencia y prácticas de manejo de solventes.

Metodología de capacitación: en la manipulación de sustancias químicas se debe garantizar que todo el personal cumpla por lo menos con una inducción y reinducción al riesgo y se puede realizar por medio de sesiones teóricas como presentaciones, charlas y material educativo para impartir información teórica. Estas demostraciones prácticas pueden ser ejercicios donde se ponga en ejecución los procedimientos seguros, el uso de los equipos de la operación, simulacros de como atender una emergencia. Además, se debe garantizar la participación de los trabajadores por medio de discusiones o secciones de reunión. Sin embargo, es necesario que toda esta información presentada sea evaluada por medio de pruebas escritas o evaluaciones prácticas para medir la comprensión y retención del material.

Disposición y eliminación:

Procedimientos de eliminación segura: instrucciones detalladas para la eliminación segura de residuos y solventes usados.

Cumplimiento normativo: conformidad con regulaciones locales y nacionales en relación con la eliminación de solventes.

Un programa de capacitación efectivo para el manejo de solventes debe ser integral, interactivo y adaptado a las necesidades específicas del lugar de trabajo. La participación de los trabajadores y la dirección es esencial para el éxito del programa.

Procedimiento de trabajo seguro: deben adaptarse a las condiciones específicas del lugar de trabajo y cumplir con las regulaciones locales y nacionales. La participación de los trabajadores y la dirección es esencial para garantizar la implementación efectiva y el cumplimiento continuo de estos procedimientos.

Elementos de protección personal

La protección personal es esencial para minimizar la exposición a solventes y reducir los riesgos asociados con su manejo. Es importante seleccionar y usar el EPP adecuado según la naturaleza de la tarea y los tipos de sustancias involucradas:

En la tabla 6 se describe el material de fabricación del elemento de protección personal, el riesgo al que está diseñado proteger, los usos de cada uno de ellos y la imagen donde se identifica el EPP.

Criterios de uso de EPP:

Esto es indispensable teniendo en cuenta que ya se conoce el nivel de peligrosidad de la sustancia. Para ello se recomienda seguir las siguientes observaciones:

- Selección y ajuste: la selección adecuada del EPP y su ajuste correcto son fundamentales para garantizar la protección efectiva.
- Mantenimiento y reemplazo: el EPP debe ser mantenido adecuadamente y reemplazado según sea necesario para garantizar su efectividad continua.
- Evaluación de riesgos: la elección del EPP debe basarse en una evaluación de riesgos específica para las tareas y sustancias químicas involucrados.
- Cumplimiento de normativas: asegúrese de que el EPP cumpla con las normativas y regulaciones locales en relación con el uso y fabricación.

Recuerde que la implementación efectiva del EPP debe ir de la mano con otras medidas de control, como la ventilación adecuada, la capacitación del personal y prácticas seguras de traba-

jo, para garantizar un entorno de trabajo seguro en presencia de solventes.

Tabla 6
Equipos de protección

IMAGEN	DESCRIPCIÓN	USO
	Gafas de seguridad: monogafas protege los ojos de salpicadura y vapores	Siempre que se trabaje con solventes que puedan salpicar o generar vapores.
	Guantes de protección: Guante Nitrilo, neopreno, PVC, látex Protegen las manos contra el contacto directo con solventes.	Al manipular solventes o realizar tareas que impliquen contacto con sustancias químicas.
	Protección respiratoria: filtran el aire respirado, protegiendo contra vapores y partículas.	En entornos donde los vapores de solventes superen los límites permisibles o en tareas que generen aerosoles. Para tareas con niveles bajos de vapores y partículas.



Ropa de protección:
resistente a productos
químicos que cubre el
cuerpo

Para evitar el contacto directo con la piel durante tareas que involucren manipulación de solventes.



Batas o mandiles:
ofrecen protección
adicional para la ropa y
el cuerpo.

Principalmente en situaciones donde hay un riesgo de salpicaduras.



Calzado de seguridad:
zapatos resistentes a
productos químicos y
antideslizantes.

En áreas donde existe riesgo de derrames o salpicaduras de solventes.



Equipos de ducha de emergencia y lavaojos:
instalaciones para lavar rápidamente el cuerpo o los ojos en caso de contacto con solventes.

En áreas donde existe riesgo de exposición a solventes en los ojos o la piel.

Nota. Elaboración propia a partir de resolución 2400 de 1979 (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 1979).

Capítulo 3

Manejo de base de datos para la caracterización de disolventes orgánicos

Introducción

El propósito del siguiente capítulo es, mediante el uso adecuado de diferentes bases de datos, realizar una caracterización de estos agentes químicos como etapa previa para la posible elaboración de un sistema de vigilancia epidemiológica teniendo en cuenta que antes de realizar un programa de vigilancia debe ejecutarse una línea base o etapa diagnóstica donde se recopilen datos asociados a las características de las sustancias a las cuales están expuestos los trabajadores y la descripción de las actividades de los grupos de exposición similar. Esto con el fin de identificar el grupo de agentes químicos, como de personas, a priorizar dentro del sistema de vigilancia.

Existen diversas bases de datos tales como: PubChem, ATSDR, haz-map o redciatox. Es indispensable tener un inventario actualizado de los disolventes usados y contar con información asociada a propiedades fisicoquímicas, aspectos relacionados con peligros físicos, a la salud, vigilancia médica y valores límites para medición ambiental y biológica.

En síntesis, se presentan los disolventes como sustancias volátiles, neurotóxicas con efectos narcóticos, siendo depresores del sistema nervioso. No todos son cancerígenos, pero debido a la posible aparición de trastornos psicológicos generados tras exposición crónica, es recomendable involucrar estos productos en el sistema de vigilancia.

La caracterización y clasificación toxicológica de los disolventes orgánicos permitirá definir aquellas sustancias que deben ser objeto prioritario de intervención en un sistema de vigilancia epidemiológica para agentes químicos, para lo cual es indispensable que en el sitio de trabajo se cuente, inicialmente, con la siguiente información:

- Constitución química.
- Estado físico.
- Órgano diana.
- Clasificación IARC.
- Efectos a la salud.
- Usos.
- Inventario de productos con las respectivas FDS.
- Análisis secuencial de los efectos (salud, seguridad y medio ambiente).
- Evaluación de la exposición ocupacional (ambiental y biológica) de los trabajadores frente a los disolventes orgánicos.
- Vigilancia a la salud exámenes médico-ocupacionales de diagnóstico y seguimiento.

Caracterización de disolventes orgánicos usando bases de datos toxicológicas

Las FDS brindan información variada en relación con el producto químico que se esté manipulando. En estas fichas se puede consultar información sobre efectos a la salud, primeros auxilios, aspectos relacionados con el almacenamiento, transporte, riesgo de incendio y explosividad y manejo adecuado de residuos entre otros. Aparte de esta herramienta existen otras fuentes de búsqueda como los son las bases de datos en las cuales se pueden consultar aspectos relacionados con la toxicología y sa-

lud ocupacional. Además de otros campos de interés médico, farmacológico e industrial.

A continuación, se describen algunas bases de datos que sirven de apoyo para el profesional o el estudiante en formación en seguridad y salud para el trabajo:

- Haz-Map Information on Hazardous Chemicals and Occupational Diseases disponible en <https://haz-map.com/>: es una base de datos que contiene información de los efectos a la salud ocasionados por diversos agentes en los ambientes laborales. Al ingresar a la página web, se puede colocar el nombre del producto químico, de interés, en la barra de búsqueda o se puede seleccionar una de las siguientes opciones presentadas en la página principal del sitio como se muestra en la figura 3.
- Hazardous agents: presenta una lista amplia de productos químicos organizados alfabéticamente.
- Occupational diseases: en esta opción los agentes químicos, incluidos solventes, están agrupados en enfermedades de origen laboral: cáncer ocupacional, daños en la piel, neumoconióticos, toxicidad crónica, entre otros.
- High Risk Jobs: se presentan diversas actividades económicas donde incluyen los productos químicos que son utilizados en dicho sector.
- Symptoms/Findigs: en esta opción los agentes químicos están agrupados según el órgano receptor, el cual tiene afinidad por el contaminante.

Figura 3

Página principal base de datos Haz-Map

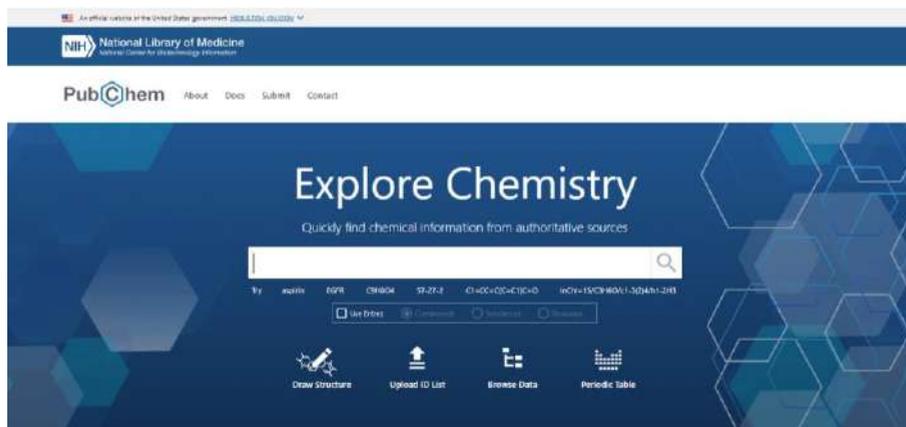


Nota. Base de datos Haz-Map [Imagen], 2024, <https://haz-map.com/>.

- PubChem disponible en <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>, es una base de datos del Instituto Nacional de Salud Estadounidense. Presenta información recolectada de las sustancias químicas en aspectos como estructura química, propiedades fisico-químicas, patentes, seguridad y salud, datos de toxicidad, entre otras. Como se muestra en la figura 4, la página principal presenta una barra de búsqueda en la cual se coloca el nombre del disolvente a buscar o el número CAS. Al seleccionar el químico de interés se presenta la información organizada en 17 secciones como se observa en a continuación.

Figura 4

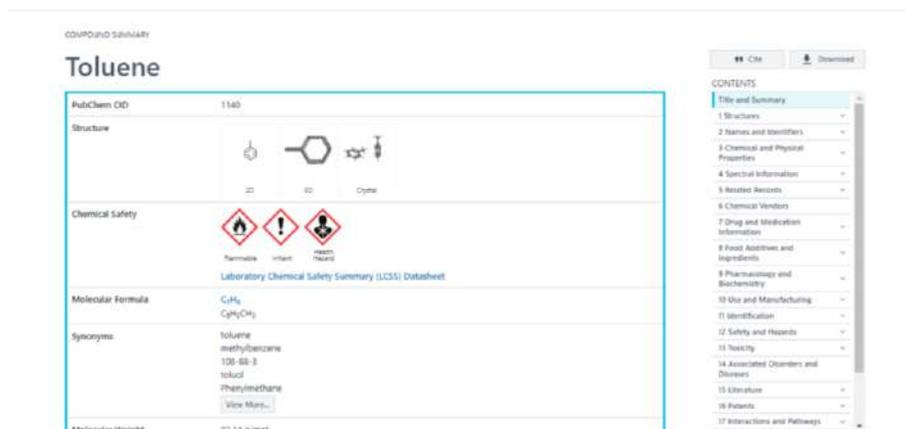
Página principal de la base de datos PubChem



Nota. Base de datos PubChem [Imagen], 2024, <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>.

Figura 5

Página de contenido de información del tolueno base de datos PubChem

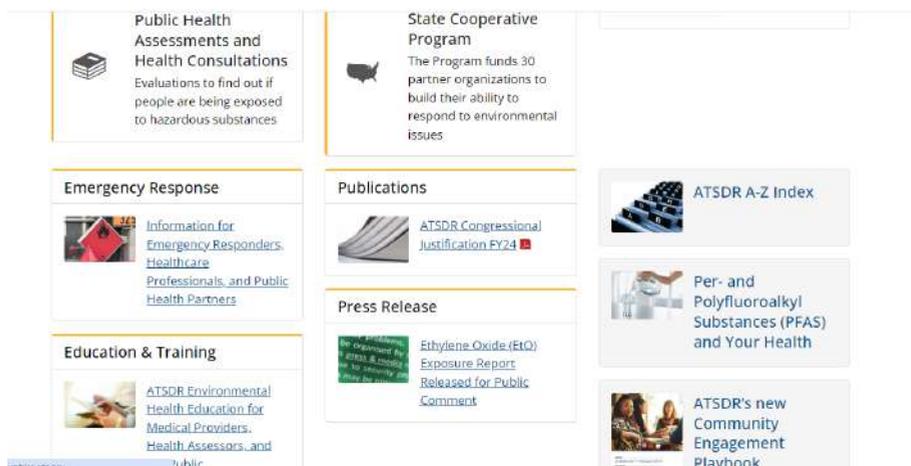


Nota. Base de datos PubChem [Imagen], 2024, <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>.

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) disponible en <https://www.atsdr.cdc.gov/index.html>, es una base de datos estadounidense de la agencia de salud pública del departamento de salud de servicios humanos en Georgia. Presenta una amplia información sobre los efectos a la salud relacionado con sustancias peligrosas, respuesta ante emergencias ambientales, eliminación adecuada de residuos, orientación ante problemas de salud pública por mal manejo de residuos. En la página principal del sitio web se debe seleccionar la opción ATSDR A-Z INDEX, ver figura 6, allí se encuentran las sustancias químicas organizadas alfabéticamente una vez seleccionado el químico de interés se presentará información relacionada con código CAS, órgano diana, clasificación química, propiedades físicas y usos.

Figura 6

Página principal base de datos ATSDR



Nota. Base de datos ATSDR [Imagen], 2024,

<https://www.atsdr.cdc.gov/es/index.html>.

- Redciatox disponible en <https://redciatox.org>: presenta información sobre carcinogénesis, toxicología ocupacional, toxinas, intoxicaciones y tratamiento, identificación y propiedades de las sustancias químicas. Al ingresar al sitio web debe seleccionarse la opción fuentes de búsqueda allí la base de datos está organizada en las siguientes categorías: carcinogénesis, toxicología ocupacional, toxinas e intoxicación y tratamiento.
- OSHA Chemical data base, disponible en <https://www.osha.gov/chemicaldata/>: muestra un inventario de sustancias químicas, recopila información de varias agencias y organizaciones gubernamentales acerca de límites de exposición, características de las sustancias, muestreo ambiental. En la página principal debe seleccionarse la opción A TO Z INDEX, luego chemical database donde se encontrará una lista de químicos organizados alfabéticamente.
- NIOSH, disponible en <https://www.cdc.gov/niosh/az/>: creada por el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional contiene información de límites permisibles de exposición y metodologías de medición ambiental.

Para efectos de este trabajo, se utilizaron diversas bases de datos con el fin de caracterizar algunos solventes orgánicos, el cual puede servir de guía en la elaboración de un diagnóstico previa a la posible ejecución de un sistema de vigilancia. La información recopilada fue organizada y se muestran en los siguientes cuadros.

Cuadro 1
Tetracloruro de carbono

1. CARACTERÍSTICAS		2. SEGURIDAD	
1.1. Descripción fisicoquímica	1.2. Usos	2.1 Pictograma	
<p>Clasificación química: alifáticos clorados (Haz-Map, 2024),</p> <p>Hydrocarburos clorados transparente (PubChem, 2024)</p> <p>Descripción física: se presenta como un líquido incoloro con olor característico a éter (Haz-Map, 2024)</p>	<p>Se usa como agente de limpieza en seco y fumigante, como producto químico intermedio y en pequeñas cantidades como limpiador de manchas (Haz-Map, 2024)</p> <p>Se utiliza como disolvente para aceites y grasas, como refrigerante y como agente de limpieza en seco (PubChem,2024)</p>		
3. LÍMITES DE EXPOSICIÓN			
3.1. TLV- STEL (Periodo máximo de 15 minutos continuos, 4 veces por día, recesos mínimos de 60 minutos)	3.2. TLV-TWA (Tiempo máx. exposición 8 horas diarias, 40 horas a la semana, 5 días continuos)	3.3. IDLH (Inmediatamente peligroso para la vida o la salud)	3.4. BEI (Biomarcadores)
10 ppm (PubChem, 2024)	5 ppm (PubChem, 2024)	200 ppm (PubChem, 2024)	No reportado
4. AFECTACIONES A LA SALUD			
4.1. Grupo cancerígeno IARC	4.2. Toxicidad aguda	4.3. Toxicidad crónica (enfermedades)	4.4. Órgano Diana
Grupo 2B: posiblemente cancerígeno para los humanos (PubChem, 2024)	Irritación de ojos, piel; depresión del sistema nervioso central; náuseas vómitos; daño hepático, renal; somnolencia, mareos, falta de coordinación (PubChem, 2024)	<p>Necrosis tubular aguda, encefalopatía crónica</p> <p>Solvente fumigantes, efecto tóxico agudo, hepatitis química</p> <p>Disolventes (Haz-Map, 2024)</p>	Hepatotóxico Nefrotóxico Neurotóxico Neumotóxico Hematotóxico (PubChem, 2024)
5. VIGILANCIA A LA SALUD			

5.1 Exámenes médicos

VIGILANCIA MÉDICA:

- Semestralmente: hepatograma y orina completa.
- Anualmente: examen clínico con orientación de cardiológica, dermatológica, hepatológica, nefrológica, neumonológica, neurológica aguda, neurológica y oftalmológica.

VIGILANCIA BIOLÓGICA:

- Los parámetros biológicos para medir dependerán de cada integrante de esta familia en particular (Albiano y Villaamil, 2015).

Nota. Elaboración propia.

Cuadro 2
Cloruro de metilo

1. CARACTERÍSTICAS		2. SEGURIDAD	
<p>1.1. Descripción fisicoquímica</p> <p>Clasificación química: alifáticos clorados, gas incoloro con un ligero olor dulce que no se nota en concentraciones peligrosas</p> <p>Nota: enviado como gas comprimido licuado (Haz-Map, 2024)</p> <p>Descripción física: es un gas transparente (Haz-Map, 2024)</p>	<p>1.2. Usos</p> <p>Se usó ampliamente como refrigerante y tiene muchas aplicaciones industriales actuales, incluido el uso como anestésico local, un producto químico intermedio en la producción de polímeros de silicona y la fabricación de medicamentos, un extractor de aceites y resinas, un solvente en caucho de butilo y refinación de petróleo, propulsor en la producción de espuma de poliestireno, agente de metilación y cloración en química orgánica y herbicida (PubChem, 2024)</p>	<p>2.1 Pictograma</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Flammable</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Compressed Gas</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Health Hazard</p> </div> </div>	
2. LÍMITES DE EXPOSICIÓN			
<p>3.1. TLV- STEL (Periodo máximo de 15 minutos continuos, 4 veces por día, recesos mínimos de 60 minutos)</p>	<p>3.2. TLV-TWA (Tiempo máx. exposición 8 horas diarias, 40 horas a la semana, 5 días continuos)</p>	<p>3.3. IDLH (Inmediatamente peligroso para la vida o la salud)</p>	<p>3.4. BEI (Biomarcadores)</p>
100 ppm (PubChem, 2024)	50 ppm (PubChem, 2024)	200 ppm (PubChem, 2024)	No se identifica
3. AFECTACIONES A LA SALUD			
4.1. Grupo cancerígeno IARC	4.2. Toxicidad aguda	4.3. Toxicidad crónica (enfermedades)	4.4. Órgano diana

Grupo 3: no clasificable en cuanto a su carcinogenicidad para los humanos (PubChem, 2024)	Mareos, náuseas, vómitos; alteración visual, tambaleo, dificultad para hablar, convulsiones, coma; hígado, daño renal; líquido: congelación; efectos reproductivos, teratogénicos (PubChem, 2024)	Disolventes, efecto tóxico agudo (Haz-Map, 2024)	Hepatotóxico Nefrotóxico Neurotóxico (PubChem, 2024)
4. VIGILANCIA A LA SALUD			
5.1 Exámenes médicos			
VIGILANCIA MÉDICA:			
- Semestralmente: hepatograma y orina completa			
- Anualmente examen clínico con orientación: cardiológica, dermatológica, hepatológica, nefrológica, neumonológica, neurológica aguda, neurológica y oftalmológica.			
VIGILANCIA BIOLÓGICA:			
- Los parámetros biológicos para medir dependerán de cada integrante de esta familia en particular (Albiano y Villaamil, 2015).			

Nota. Elaboración propia.

Cuadro 3

Percloroetileno

1. CARACTERÍSTICAS		2. SEGURIDAD	
1.1. Descripción fisicoquímica	1.2. Usos	2.1 Pictograma	
Clasificación química: alifáticos clorados (Haz-Map, 2024) Descripción física: líquido incoloro c (Haz-Map, 2024)	Solvente primario de limpieza en seco, desengrasado de metales y como producto químico intermedio y en líquidos correctores para máquinas de escribir (Haz-Map, 2024)	 Health Hazard Environmental Hazard	
2. LÍMITES DE EXPOSICIÓN			
3.1. TLV- STEL (Periodo máximo de 15 minutos continuos, 4 veces por día, recesos mínimos de 60 minutos)	3.2. TLV-TWA (Tiempo máx. exposición 8 horas diarias, 40 horas a la semana, 5 días continuos)	3.3. IDLH (Inmediatamente peligroso para la vida o la salud)	3.4. BEI (Biomarcadores)
100 ppm (Haz-Map, 2024)	25 ppm (Haz-Map, 2024)	2000 ppm (Haz-Map, 2024)	Tetracloroetileno en el aire exhalado final = 3 ppm; tetracloroetileno en sangre = 0,5 mg/L; muestra antes del turno; [ACGIH] (Pub-

			Chem, 2024)
3. AFECTACIONES A LA SALUD			
4.1. Grupo cancerígeno IARC	4.2. Toxicidad aguda	4.3. Toxicidad crónica (enfermedades)	4.4. Órgano diana
Grupo 3: no clasificable en cuanto a su carcinogenicidad para los humanos (PubChem, 2024)	Mareos, náuseas, vómitos; alteración visual, tambaleo, dificultad para hablar, convulsiones, coma; hígado, daño renal; líquido: congelación; efectos reproductivos, teratogénicos (PubChem, 2024)	Disolventes, efecto tóxico agudo (Haz-Map, 2024)	Hepatotóxico Nefrotóxico Neurotóxico (PubChem, 2024)
4. VIGILANCIA A LA SALUD			
5.1 Exámenes médicos			
VIGILANCIA MÉDICA: - Semestralmente: hepatograma y orina completa - Anualmente examen clínico con orientación: cardiológica, dermatológica, hepatológica, nefrológica, neumonológica, neurológica aguda, neurológica y oftalmológica.			
VIGILANCIA BIOLÓGICA: - Los parámetros biológicos para medir dependerán de cada integrante de esta familia en particular (Albiano y Villaamil, 2015).			

Nota. Elaboración propia.

Cuadro 4
Propanol

1. CARACTERÍSTICAS		2. SEGURIDAD
1.1. Descripción fisicoquímica	1.2. Usos	2.1 Pictograma
Clasificación química: químico orgánico (Haz-Map, 2024) Descripción física: líquido transparente e incoloro (PubChem, 2024)	Se utiliza en la fabricación de cosméticos, preparaciones para la piel y el cabello, productos farmacéuticos, perfumes, formulaciones de laca, soluciones de tinte, anticongelantes, alcoholes, jabones, limpiadores de ventanas, acetona y otros químicos y productos (PubChem, 2024)	 Flammable Corrosive Irritant

2. LÍMITES DE EXPOSICIÓN			
3.1. TLV- STEL (Periodo máximo de 15 minutos continuos, 4 veces por día, recesos mínimos de 60 minutos)	3.2. TLV-TWA (Tiempo máx. exposición 8 horas diarias, 40 horas a la semana, 5 días continuos)	3.3. IDLH (Inmediatamente peligroso para la vida o la salud)	3.4. BEI (Biomarcadores)
250 ppm (PubChem, 2024)	100 ppm (PubChem, 2024)	800 ppm (Haz-Map ,2024)	No reportado
3. AFECTACIONES A LA SALUD			
4.1. Grupo cancerígeno IARC	4.2. Toxicidad aguda	4.3. Toxicidad crónica (enfermedades)	4.4. Órgano diana
CLASIFICACIÓN: A4: no clasificable como carcinógeno humano (PubChem, 2024)	Irritación ojos, nariz, garganta; piel seca y agrietada; somnolencia, dolor de cabeza; ataxia, dolor gastrointestinal; calambres abdominales, náuseas, vómitos, diarrea (PubChem,2024)	Cáncer, encefalopatía crónica solvente disolventes, efecto tóxico agudo (Haz-Map, 2024)	Neurotóxico Neumotóxico (PubChem, 2024)
4. VIGILANCIA A LA SALUD			
5.1 Exámenes médicos			
VIGILANCIA MÉDICA: -Anualmente examen clínico con orientación: dermatológica, neurológica, oftalmológica y otorrinolaringológica radiografía de tórax (Albiano y Villaamill, 2015).			

Nota. Elaboración propia.

Cuadro 5
Butanol

1. CARACTERÍSTICAS		2. SEGURIDAD	
<p>1.1. Descripción fisicoquímica</p> <p>Clasificación química: Químico orgánico (Haz-Map, 2024)</p> <p>Descripción física: el butanol es un líquido incoloro de olor característico (PubChem, 2024)</p>	<p>1.2. Usos</p> <p>Se emplea como solvente para pinturas, lacas y barnices, resinas naturales y sintéticas, gomas, aceites vegetales, tintes y alcaloides. Se utiliza como intermediario en la fabricación de productos farmacéuticos y químicos, y se emplea en industrias que producen cuero artificial, textiles, vidrio de seguridad, cemento de caucho, goma laca, impermeables, películas fotográficas y perfumes (PubChem, 2024)</p>	<p>2.1 Pictograma</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Flammable</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Corrosive</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Irritant</p> </div> </div>	
2. LIMITES DE EXPOSICION			
<p>3.1. TLV- STEL (Periodo máximo de 15 minutos continuos, 4 veces por día, recesos mínimos de 60 minutos)</p>	<p>3.2. TLV-TWA (Tiempo máx. exposición 8 horas diarias, 40 horas a la semana, 5 días continuos)</p>	<p>3.3. IDLH (Inmediatamente peligroso para la vida o la salud)</p>	<p>3.4. BEI (Biomarcadores)</p>
20 ppm (PubChem, 2024)	20 ppm (PubChem, 2024)	1400 ppm; basado en el 10% del límite explosivo inferior. (NIOSH, 2022; PubChem, 2024)	No reportado
3. AFECTACIONES A LA SALUD			
<p>4.1. Grupo cancerígeno IARC</p>	<p>4.2. Toxicidad aguda</p>	<p>4.3. Toxicidad crónica (enfermedades)</p>	<p>4.4. Órgano diana</p>
CLASIFICACIÓN: D; no clasificable en cuanto a carcinogenicidad humana. BASE PARA LA CLASIFICACIÓN: no se basa en datos sobre el cáncer en humanos ni en animales. DATOS DE CARCINOGENICIDAD EN HUMANOS: Ninguno. DATOS DE CARCINOGENICIDAD ANIMAL: ninguno (PubChem,	Irritación ojos, nariz, garganta; dolor de cabeza; mareos, somnolencia; inflamación de la córnea, visión borrosa, lagrimeo (secreción de lágrimas), fotofobia (intolerancia visual anormal a la luz); dermatitis; posible daño al	Cáncer, urticaria de contacto, síndrome de alcoholismo fetal, encefalopatía crónica, enfermedad de Crohn, síndrome del intestino irritable, enfermedad del hígado graso no alcohólico	Neurotóxico Neumotóxico (PubChem, 2024)

2024)	nervio auditivo, pérdida de la audición; depresión del sistema nervioso central (PubChem, 2024)	(PubChem, 2024)	
4. VIGILANCIA A LA SALUD			
<i>5.1 Exámenes médicos</i>			
VIGILANCIA MÉDICA:			
-Anualmente examen clínico con orientación: dermatológica, neurológica, oftalmológica y otorrinolaringológica fondo de ojo			
VIGILANCIA BIOLÓGICA:			
-Semestralmente: metanol urinario (Albiano y Villamil, 2015).			

Nota. Elaboración propia.

Cuadro 6
Etilenglicol

1. CARACTERÍSTICAS		2. SEGURIDAD	
1.1. Descripción fisicoquímica	1.2. Usos	2.1 Pictograma	
<p>Clasificación química: químico orgánico (Haz-Map)</p> <p>Descripción física: líquido transparente, incoloro, almibarado e inodoro (Haz-Map, 2024)</p>	<p>Se utiliza para fabricar soluciones anticongelantes y descongelantes para automóviles, aviones y barcos. También se utiliza en líquidos para frenos hidráulicos y tintas utilizadas en almohadillas para sellos, bolígrafos e impresoras (PubChem, 2024)</p>	 Irritant	
3. LÍMITES DE EXPOSICIÓN			
3.1. TLV- STEL (Periodo máximo de 15 minutos continuos, 4 veces por día, recesos mínimos de 60 minutos)	3.2. TLV-TWA (Tiempo máx. exposición 8 horas diarias, 40 horas a la semana, 5 días continuos)	3.3. IDLH (Inmediatamente peligroso para la vida o la salud)	3.4. BEI (Biomarcadores)
50 ppm (PubChem, 2024)	25 ppm (PubChem, 2024)	300 ppm (Haz-Map, 2024)	No reportado
4. AFECTACIONES A LA SALUD			

4.1. Grupo cancerígeno IARC	4.2. Toxicidad aguda	4.3. Toxicidad crónica (Enfermedades)	4.4. Órgano diana
No hay indicios de carcinogenicidad en humanos (no listado por IARC) (Pub-Chem, 2024)	Taquicardia, hipertensión, hiperventilación y acidosis metabólica. La etapa 3 de la intoxicación por etilenglicol es el resultado de una lesión renal, lo que lleva a una insuficiencia renal aguda. El ácido oxálico reacciona con el calcio y forma cristales de oxalato de calcio en el riñón (PubChem, 2024)	Encefalopatía crónica solvente (Haz-Map, 2024)	Neurotóxico Nefrotóxico (PubChem, 2024)
5. VIGILANCIA A LA SALUD			
5.1 Exámenes médicos			
VIGILANCIA MÉDICA: - Semestralmente: hemograma, recuento de plaquetas, examen clínico, en búsqueda de linfadenopatías. -Anualmente examen clínico con orientación: dermatológica, ginecológica, neurológica.			
VIGILANCIA BIOLÓGICA: -N-acetil-S-2-hidroxietyl-L-cisteína (Albiano y Villaamil, 2015)			

Nota. Elaboración propia.

Cuadro 7
Dietiléter

1. CARACTERÍSTICAS		2. SEGURIDAD
1.1. Descripción fisicoquímica	1.2. Usos	2.1 Pictograma
Clasificación química: Químico orgánico (HazMap, 2024) Descripción física: líquido transparente e incoloro con olor anestésico (Haz-Map,2024)	Utilizado como solvente y reactivo en síntesis orgánicas; [ACGIH] Utilizado como solvente (ceras, grasas, aceites, perfumes, gomas, nitrocelulosa, alcaloides); También se usa para cebar motores de Gasolina; [Índice Merck] (Haz-Map,	<p>Flammable Irritant</p>

2024)

3. LÍMITES DE EXPOSICIÓN			
3.1. TLV- STEL (Periodo máximo de 15 minutos continuos, 4 veces por día, recesos mínimos de 60 minutos)	3.2. TLV-TWA (Tiempo máx. exposición 8 horas diarias, 40 horas a la semana, 5 días continuos)	3.3. IDLH (Inmediatamente peligroso para la vida o la salud)	3.4. BEI (Biomarcadores)
500 ppm (PubChem, 2024)	400 ppm (PubChem, 2024)	1900 ppm (Haz-Map, 2024)	No reportado
4. AFECTACIONES A LA SALUD			
4.1. Grupo cancerígeno IARC	4.2. Toxicidad aguda	4.3. Toxicidad crónica (Enfermedades)	4.4. Órgano diana
No hay indicios de carcinogenicidad en humanos (no listado por IARC) (PubChem, 2024)	Causa depresión del SNC. La muerte por depresión respiratoria puede resultar de una exposición severa y prolongada, irritación ojos, piel, sistema respiratorio superior; mareos, somnolencia, dolor de cabeza, excitación, narcosis; náuseas vómitos (PubChem,2024)	Disolventes, efecto tóxico agudo (Haz-Map, 2024)	Neurotóxico Neumotóxico (PubChem, 2024)
5. VIGILANCIA A LA SALUD			
5.1 Exámenes médicos			
VIGILANCIA MÉDICA: -Anualmente examen clínico con orientación: a) En el hombre la aparición de ginecomastia e impotencia. Se debe acompañar con la realización de espermograma. b) En la mujer una evaluación ginecológica anual.			
VIGILANCIA BIOLÓGICA: -DIETILESTIL-BESTROL. (Albiano y Villaamil, 2015)			

Nota. Elaboración propia.

Cuadro 8
Etilacetato

1. CARACTERÍSTICAS		2. SEGURIDAD	
1.1. Descripción fisicoquímica	1.2. Usos	2.1 Pictograma	
Clasificación química: Químicos orgánicos (PubChem, 2024) Descripción física: líquido transparente e incoloro con olor afrutado (PubChem, 2024)	Utilizado como solvente para productos químicos orgánicos y revestimientos de superficies; [ACGIH] (Haz-Map, 2024)		
3. LÍMITES DE EXPOSICIÓN			
3.1. TLV- STEL (Periodo máximo de 15 minutos continuos, 4 veces por día, recesos mínimos de 60 minutos)	3.2. TLV-TWA (Tiempo máx. exposición 8 horas diarias, 40 horas a la semana, 5 días continuos)	3.3. IDLH (Inmediatamente peligroso para la vida o la salud)	3.4. BEI (Biomarcadores)
400 ppm (Haz-Map, 2024)	400 ppm (Haz-Map, 2024)	2000 ppm (Haz-Map, 2024)	No reportado
4. AFECTACIONES A LA SALUD			
4.1. Grupo cancerígeno IARC	4.2. Toxicidad aguda	4.3. Toxicidad crónica (enfermedades)	4.4. Órgano diana
No se conocen sus propiedades cancerígenas (PubChem, 2024)	Irritación ojos, piel, nariz, garganta; narcosis; dermatitis (PubChem, 2024)	Encefalopatía crónica solvente Disolventes, efecto tóxico agudo (Haz-Map, 2024)	Neurotóxico (Haz-Map, 2024)
5. VIGILANCIA A LA SALUD			
5.1 Exámenes médicos			
VIGILANCIA MÉDICA: -Anualmente examen clínico con orientación: dermatológica, neurológica, oftalmológico y otorrinolaringológica.			
VIGILANCIA BIOLÓGICA: -Anualmente: acetona fuorina (Albiano y Villaamil, 2015).			

Nota. Elaboración propia.

Cuadro 9

Metilisobutilcetona

1. CARACTERÍSTICAS		2. SEGURIDAD	
<p>1.1. Descripción fisicoquímica</p> <p>Clasificación química: Químicos orgánicos, cetonas. (PubChem, 2024)</p> <p>Descripción física: el butanol es un líquido incoloro de olor característico (PubChem, 2024)</p>	<p>1.2. Usos</p> <p>Se usa como solvente para gomas, resinas, pinturas, barnices, lacas y nitrocelulosa (PubChem, 2024)</p> <p>Se utiliza como solvente en las industrias de fabricación de pinturas, resinas sintéticas, adhesivos, aeronaves y productos farmacéuticos; [ACGIH] (Haz-Map,2024)</p>	<p>2.1 Pictograma</p> <div style="text-align: center;">  <p>Flammable Irritant Health Hazard</p> </div>	
3. LÍMITES DE EXPOSICIÓN			
<p>3.1. TLV- STEL (Periodo máximo de 15 minutos continuos, 4 veces por día, recesos mínimos de 60 minutos)</p>	<p>3.2. TLV-TWA (Tiempo máx. exposición 8 horas diarias, 40 horas a la semana, 5 días continuos)</p>	<p>3.3. IDLH (Inmediatamente peligroso para la vida o la salud)</p>	<p>3.4. BEI (Biomarcadores)</p>
75 ppm (Haz-Map, 2024)	20 ppm (Haz-Map, 2024)	500 ppm (Haz-Map, 2024)	No reportado
4. AFECTACIONES A LA SALUD			
<p>4.1. Grupo cancerígeno IARC</p>	<p>4.2. Toxicidad aguda</p>	<p>4.3. Toxicidad crónica (enfermedades)</p>	<p>4.4. Órgano diana</p>
Grupo 2B: posiblemente cancerígeno para los humanos (PubChem, 2024)	Irritación ojos, piel, membrana mucosa; dolor de cabeza, narcosis, coma; dermatitis; en animales: hígado, daño renal (PubChem, 2024)	Encefalopatía crónica solvente Disolventes, efecto tóxico agudo (Haz-Map, 2024)	Hepatotóxico Nefrotóxico Neurotóxico Neumotóxico (PubChem, 2024)

5. VIGILANCIA A LA SALUD	
5.1 Exámenes médicos	
VIGILANCIA MÉDICA: -Anualmente examen clínico con orientación: dermatológica, neurológica, oftalmológico y otorrinolaringológica.	
VIGILANCIA BIOLÓGICA: -Anual mente: Metil-Isobutil-Cetona en orina (Albiano y Villaamil, 2015).	

Nota. Elaboración propia.

Cuadro 10
Metiletilcetona

1. CARACTERÍSTICAS		2. SEGURIDAD	
1.1. Descripción fisicoquímica	1.2. Usos	2.1 Pictograma	
Clasificación química: Químicos orgánicos, cetonas (PubChem, 2024) Descripción física: líquido incoloro con un olor fuerte y dulce (PubChem, 2024)	Se utiliza como solvente para revestimientos de superficies, aceites, resinas, cuero artificial, cauchos y pegamentos; generalmente se encuentra en mezclas con otros solventes; Ocurre naturalmente en los alimentos en bajas concentraciones (Haz-Map)	 Flammable Irritant Health Hazard	
3. LÍMITES DE EXPOSICIÓN			
3.1. TLV- STEL (Periodo máximo de 15 minutos continuos, 4 veces por día, recesos mínimos de 60 minutos)	3.2. TLV-TWA (Tiempo máx. exposición 8 horas diarias, 40 horas a la semana, 5 días continuos)	3.3. IDLH (Inmediatamente peligroso para la vida o la salud)	3.4. BEI (Biomarcadores)
300 ppm (Haz-Map, 2024)	200 ppm (Haz-Map, 2024)	3000 ppm (Haz-Map, 2024)	No reportado
4. AFECTACIONES A LA SALUD			
4.1. Grupo cancerígeno IARC	4.2. Toxicidad aguda	4.3. Toxicidad crónica (enfermedades)	4.4. Órgano diana

No hay información disponible sobre los efectos cancerígenos (PubChem, 2024)	Irritación ojos, piel, nariz; dolor de cabeza; mareo; vómitos; dermatitis (PubChem, 2024)	Urticaria de contacto encefalopatía crónica solvente disolventes, efecto tóxico agudo (Haz-Map, 2024)	Neurotóxico Neumotóxico (PubChem, 2024)
5. VIGILANCIA A LA SALUD			
<i>5.1 Exámenes médicos</i>			
VIGILANCIA MÉDICA: -Anualmente examen clínico con orientación: dermatológica, neurológica, oftalmológico y otorrinolaringológica.			
VIGILANCIA BIOLÓGICA -Anual mente: Metil-Etil-Cetona en orina (Albiano y Villaamil, 2015).			

Nota. Elaboración propia.

Cuadro 11
Benceno

1. CARACTERÍSTICAS		2. SEGURIDAD	
1.1. Descripción fisicoquímica	1.2. Usos	2.1 Pictograma	
<p>Clasificación química: hidrocarburo/orgánico</p> <p>Descripción física: el benceno aparece como un líquido transparente e incoloro con olor a petróleo. Los vapores son más pesados que el aire (PubChem, 2024)</p>	<p>Se utiliza en la fabricación de caucho, plástico, desengrasante, tintes (PubChem, 2024)</p>	 <p>Flammable Irritant Health Hazard</p>	
3. LÍMITES DE EXPOSICIÓN			
3.1. TLV- STEL (Periodo máximo de 15 minutos continuos, 4 veces por día, recesos mínimos de 60 minutos)	3.2. TLV-TWA (Tiempo máx. exposición 8 horas diarias, 40 horas a la semana, 5 días continuos)	3.3. IDLH (Inmediatamente peligroso para la vida o la salud)	3.4. BEI (Biomarcadores)
2.5 ppm (PubChem, 2024)	0.5 ppm (PubChem, 2024)	500ppm (PubChem, 2024)	<p>Ácido S-fenilmercaptúrico en orina = 25 ug/g creatinina; t- t- Ácido mucónico en orina = 500 ug/g creatinina; muestra al final del turno (Pub-Chem, 2024)</p>

4. AFECTACIONES A LA SALUD			
4.1. Grupo cancerígeno IARC	4.2. Toxicidad aguda	4.3. Toxicidad crónica (Enfermedades)	4.4. Órgano diana
Carcinógeno para humanos	Inconsciencia, enrojecimiento, dolor	Anemia aplásica	Inmunotóxico

5. VIGILANCIA A LA SALUD
5.1 Exámenes médicos
<p>VIGILANCIA MÉDICA: -Semestralmente: hemograma, recuento de plaquetas. -Anualmente: examen clínico con orientación dermatológica, hematológica, oftalmológica, otorrinolaringológica, neumológica, neurológica.</p> <p>VIGILANCIA BIOLÓGICA: -Semestralmente: ácido t, t-mucónico en orina -Anualmente: ácido s-fenilmercaptúrico en orina (Albiano y Villamil, 2015).</p>

Nota. Elaboración propia.

Cuadro 12
Tolueno

1. CARACTERÍSTICAS		2. SEGURIDAD	
<p>1.1. Descripción fisicoquímica</p> <p>Clasificación química: hidrocarburos, cíclicos, hidrocarburos aromáticos.</p> <p>Descripción física: se presenta como un líquido transparente e incoloro con un olor aromático (PubChem, 2024)</p>	<p>1.2. Usos</p> <p>Principal uso, una mezcla añadida a la gasolina para mejorar el octanaje. También se usa para producir benceno y como solvente en pinturas, recubrimientos, fragancias sintéticas, adhesivos, tintas y agentes de limpieza (PubChem, 2024)</p>	<p>2.1 Pictograma</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  Flammable </div> <div style="text-align: center;">  Irritant </div> <div style="text-align: center;">  Health Hazard </div> </div>	
3. LÍMITES DE EXPOSICIÓN			
<p>3.1. TLV-STEL (Periodo máximo de 15 minutos continuos, 4 veces por día, recesos mínimos de 60 minutos)</p>	<p>3.2. TLV-TWA (Tiempo máx. exposición 8 horas diarias, 40 horas a la semana, 5 días continuos)</p>	<p>3.3. IDLH (Inmediatamente peligroso para la vida o la salud)</p>	<p>3.4. BEI (Biomarcadores)</p>

150 ppm (PubChem, 2024)	20 ppm (PubChem, 2024)	500 ppm (Haz-Map, 2024)	o-Cresol en orina = 0,3 mg/g de creatinina (final del turno); Tolueno en sangre = 0,02 mg/L (antes del último turno de la semana laboral); Tolueno en orina = 0,03 mg/L (final del turno); [ACGIH] (Haz-Map, 2024)
---	--	---	--

4. AFECTACIONES A LA SALUD

4.1. Grupo cancerígeno IARC	4.2. Toxicidad aguda	4.3. Toxicidad crónica (Enfermedades)	4.4. Órgano diana
Grupo 3: no clasificable en cuanto a su carcinogenicidad para los humanos (PubChem, 2024)	Irritación de los ojos y de las vías respiratorias, dolor de cabeza, mareos y sensación de intoxicación Fatiga, debilidad muscular, confusión, alteración de la coordinación, dilatación de las pupilas, sequedad del pie, tos, arcadas, vómitos, escozor, diarrea, anemia (PubChem, 2024)	Edema pulmonar, parálisis cerebral, enfermedades del cerebelo, ataxia, acatisia inducida por fármacos (PubChem, 2024)	Hepatotóxico Nefrotóxico Hematotóxico (PubChem, 2024)

5. VIGILANCIA A LA SALUD

5.1 Exámenes médicos

VIGILANCIA MEDICA:

-Anualmente: examen clínico por dermatológica, gastroenterológica, neurológica.
Hepatograma: orina completa.
Hemograma: recuento de plaquetas.

VIGILANCIA BIOLÓGICA:

-Semestralmente: O-cresol en orina, tolueno en sangre, tolueno en orina ([Albiano y Villaaamil, 2015](#)).

Nota. Elaboración propia.

Cuadro 13

Xileno

1. CARACTERÍSTICAS		2. SEGURIDAD
1.1. Descripción fisicoquímica	1.2. Usos	2.1 Pictograma

<p>Clasificación química: hidrocarburo aromático</p> <p>Descripción física: aparece como un líquido transparente e incoloro con un olor aromático (PubChem, 2024)</p>	<p>Se utiliza como solvente en pinturas, recubrimientos y cemento de caucho, el xileno se usa para desarrollar el patrón en los fotoprotectores (PubChem, 2024)</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <p style="text-align: center;">Flammable Irritant</p>	
3. LÍMITES DE EXPOSICIÓN			
<p>3.1. TLV- STEL (Periodo máximo de 15 minutos continuos, 4 veces por día, recesos mínimos de 60 minutos)</p>	<p>3.2. TLV-TWA (Tiempo máx. exposición 8 horas diarias, 40 horas a la semana, 5 días continuos)</p>	<p>3.3. IDLH (Inmediatamente peligroso para la vida o la salud)</p>	<p>3.4. BEI (Biomarcadores)</p>
<p>150 ppm (PubChem, 2024)</p>	<p>20 ppm (PubChem, 2024)</p>	<p>900 ppm (PubChem, 2024)</p>	<p>Ácidos metilhipúricos en orina; Tiempo de muestreo: fin de turno; BEI: 1,5 g/g de creatinina. /Xilenos, grado técnico o comercial/ (PubChem, 2024)</p>
4. AFECTACIONES A LA SALUD			
<p>4.1. Grupo cancerígeno IARC</p>	<p>4.2. Toxicidad aguda</p>	<p>4.3. Toxicidad crónica (Enfermedades)</p>	<p>4.4. Órgano diana</p>
<p>Grupo 3: No clasificable en cuanto a su carcinogenicidad para los humanos (PubChem, 2024)</p>	<p>Urticaria de contacto Cefaleas Mareos, fatiga temblores (PubChem, 2024)</p>	<p>Encefalopatía crónica, urticaria de contacto (PubChem, 2024)</p>	<p>Neurotóxico Hepatotóxico (PubChem, 2024)</p>
5. VIGILANCIA A LA SALUD			
5.1 Exámenes médicos			
<p>VIGILANCIA MEDICA:</p> <p>-Anualmente: examen clínico por dermatológica, gastroenterológica, neurológica. hepatograma, orina completa, hemograma, recuento de plaquetas.</p> <p>VIGILANCIA BIOLÓGICA:</p> <p>-Semestralmente: ácido metilhipúrico en orina (Albiano y Villaamil, 2015).</p>			

Nota. Elaboración propia.

Cuadro 14
Estireno

1. CARACTERÍSTICAS		2. SEGURIDAD	
1.1. Descripción fisicoquímica	1.2. Usos	2.1 Pictograma	
<p>Clasificación química: Hidrocarburo aromático (ATDSR, 2024)</p> <p>Descripción física: líquido transparente de incoloro a oscuro con un olor aromático. (PubChem, 2024)</p>	<p>Se utiliza ampliamente en la fábrica para fabricar poliestireno para embalaje, aislamiento para edificios y equipos de refrigeración, y vasos y recipientes desechables, otros polímeros y resinas para fabricar botes, cabinas de ducha, neumáticos, piezas de automóviles (PubChem, 2024)</p>	 <p>Flammable Irritant Health Hazard</p>	
3. LÍMITES DE EXPOSICIÓN			
3.1. TLV- STEL (Periodo máximo de 15 minutos continuos, 4 veces por día, recesos mínimos de 60 minutos)	3.2. TLV-TWA (Tiempo máx. exposición 8 horas diarias, 40 horas a la semana, 5 días continuos)	3.3. IDLH (Inmediatamente peligroso para la vida o la salud)	3.4. BEI (Biomarcadores)
20 ppm (Haz-Map, 2024)	10 ppm (Haz-Map, 2024)	700 ppm (Haz-Map, 2024)	Mandelic acid plus phenylglyoxylic acid in urine = 150 mg/g creatinine at end of shift; Styrene in urine = 20 ug/L at end of shift; [TLVs and BEIs] (Haz-Map, 2024)
4. AFECTACIONES A LA SALUD			
4.1. Grupo cancerígeno IARC	4.2. Toxicidad aguda	4.3. Toxicidad crónica (enfermedades)	4.4. Órgano diana
Grupo 2A: Probablemente cancerígeno para los humanos (PubChem, 2024)	Somnolencia, vértigo, dermatitis, vómitos (PubChem, 2024)	Neumoplastia de mama, daño hepático, enfermedades de los ojos (PubChem, 2024)	Neurotóxico (PubChem, 2024)
5. VIGILANCIA A LA SALUD			

5.1 Exámenes médicos

VIGILANCIA MEDICA:

-Anualmente:

Examen clínico: dermatológica, neurológica, oftalmológica, otorrinolaringológica, psicológica. Hepatograma, hemograma, recuento de plaquetas.

VIGILANCIA BIOLÓGICA:

-Semestralmente: ácido mandélico más ácido fenilgloxílico en orina, estireno en sangre (Albiano y Villaamil, 2015).

Nota. Elaboración propia.

Cuadro 15

Tricloroetano

1. CARACTERÍSTICAS		2. SEGURIDAD	
<p>1.1. Descripción fisicoquímica</p> <p>Clasificación química: Hidrocarburos halogenados, Hidrocarburos Clorado (Haz-Map, 2024)</p> <p>Descripción física: líquido incoloro con un olor dulce y agradable. Puede irritar la piel, los ojos y las mucosas (PubChem, 2024)</p>	<p>1.2. Usos</p> <p>Se utiliza para desengrasar, limpiar y diluir, Se usa como solvente para resinas naturales y sintéticas, aceites, ceras, alquitrán, alcaloides, adhesivos, recubrimientos, polímeros fotorresistentes, teñido de textiles y extracciones, también se utiliza en las industrias de procesamiento de cuero y papel (PubChem, 2024)</p>	<p>2.1 Pictograma</p> <div style="text-align: center;">  <p>Irritant</p> </div>	
3. LÍMITES DE EXPOSICIÓN			
<p>3.1. TLV- STEL (Periodo máximo de 15 minutos continuos, 4 veces por día, recesos mínimos de 60 minutos)</p>	<p>3.2. TLV-TWA (Tiempo máx. exposición 8 horas diarias, 40 horas a la semana, 5 días continuos)</p>	<p>3.3. IDLH (Inmediatamente peligroso para la vida o la salud)</p>	<p>3.4. BEI (Biomarcadores)</p>
450 ppm (Haz-Map,2024)	350 ppm (Haz-Map, 2024)	700 ppm (Haz-Map, 2024)	No reportado
4. AFECTACIONES A LA SALUD			

4.1. Grupo cancerígeno IARC	4.2. Toxicidad aguda	4.3. Toxicidad crónica (enfermedades)	4.4. Órgano diana
Grupo 3: No clasificable en cuanto a su carcinogenicidad para los humanos (Pub Chem, 2024)	Pérdida del equilibrio, falta de coordinación, pérdida del conocimiento, reducción de la presión arterial, molestias oculares y nasales leves, sensación de náuseas, ligera irritación ocular, dermatitis, arritmias Cardiacas, insuficiencia cardíaca (PubChem, 2024)	Daño hepático inducido por sustancias químicas y fármacos Hepatitis crónica y enfermedades del sistema inmunológico (PubChem, 2024)	Cardiotóxico Hepatotóxico (PubChem, 2024)
5. VIGILANCIA A LA SALUD			
5.1 Exámenes médicos			
VIGILANCIA MÉDICA:			
-Anualmente			
Examen clínico con orientación cardiológica, hepatológica, nefrológica, neumológica, neurológica aguda, oftalmológica.			
-Semestralmente: hepatograma, orina completa.			
VIGILANCIA BIOLÓGICA:			
Los parámetros biológicos para medir dependerán de cada integrante de esta familia en particular (Albiano y Villaamil, 2015).			

Nota. Elaboración propia.

Cuadro 16
Tricloroetileno

1. CARACTERÍSTICAS		2. SEGURIDAD
1.1. Descripción fisicoquímica	1.2. Usos	2.1 Pictograma
<p>Clasificación química: Hidrocarburos halogenados, hidrocarburos Clorado (Pub-Chem, 2024)</p> <p>Descripción física: se presenta como un líquido volátil transparente e incoloro que tiene un olor similar al cloroformo (PubChem, 2024)</p>	<p>El principal uso del tricloroetileno es el desengrasado con vapor de piezas metálicas. El tricloroetileno se usa en productos de consumo como líquidos correctores de máquinas de escribir, removedores/decapantes de pintura, adhesivos, quitamanchas y líquidos</p>	 <p>Irritant Health Hazard</p>

	para limpiar alfombras (Pub-Chem, 2024)		
3. LÍMITES DE EXPOSICIÓN			
3.1. TLV- STEL (Periodo máximo de 15 minutos continuos, 4 veces por día, recesos mínimos de 60 minutos)	3.2. TLV-TWA (Tiempo máx. exposición 8 horas diarias, 40 horas a la semana, 5 días continuos)	3.3. IDLH (Inmediatamente peligroso para la vida o la salud)	3.4. BEI (Biomarcadores)
25 ppm (PubChem,2024)	10 ppm (PubChem,2024)	1000 ppm (PubChem,2024)	<p>Ácido tricloroacético en orina = 15 mg/L al final del turno al final de la semana laboral</p> <p>Notaciones: el determinante es inespecífico, ya que también se observa tras la exposición a otras sustancias químicas (PubChem, 2024)</p>
4. AFECTACIONES A LA SALUD			
4.1. Grupo cancerígeno IARC	4.2. Toxicidad aguda	4.3. Toxicidad crónica (enfermedades)	4.4. Órgano diana
Grupo 1: cancerígenos para los humanos (Pub-Chem, 2024)	Irritación de la piel, irritación ocular, irritación de la nariz y la garganta, náuseas, alteración del sistema nervioso central, insuficiencia cardíaca, dermatitis, mareos, dolores de cabeza, confusión, euforia, entumecimiento facial, debilidad (Pub-Chem, 2024)	<p>La exposición crónica (a largo plazo) por inhalación de tricloroetileno puede afectar el sistema nervioso central (SNC)</p> <p>Cáncer de riñón, hígado, cuello uterino y sistema linfático.</p> <p>Albuminuria, Anafilaxia, astrocitoma,</p> <p>Enfermedades autoinmunes (PubChem, 2024)</p>	<p>Hepatotóxico</p> <p>Nefrotóxico (PubChem, 2024)</p>
5. VIGILANCIA A LA SALUD			
5.1 Exámenes médicos			

VIGILANCIA MEDICA:

-Anualmente:

Examen clínico con orientación cardiológica, hepatológica, nefrológica, neumológica, neurológica aguda, oftalmológica.

-Semestralmente: hepatograma, orina completa.

VIGILANCIA BIOLÓGICA:

Los parámetros biológicos para medir dependerán de cada integrante de esta familia en particular (Albiano y Villaamil, 2015)

Nota. Elaboración propia.

Cuadro 17**Cloroformo**

1. CARACTERÍSTICAS		2. SEGURIDAD	
1.1. Descripción fisicoquímica	1.2. Usos	2.1 Pictograma	
<p>Clasificación química: Alifáticos clorados (Haz-Map, 2024)</p> <p>Hidrocarburos halogenados (PubChem, 2024)</p>	<p>Se usa como agente de limpieza en seco y solvente para resinas, plastificantes, productos químicos de caucho y sabores</p> <p>Productos de limpieza y cuidado del hogar, lavado y tratamiento de tejidos, almidón de lavado (PubChem, 2024)</p>	<p>Acute Toxic Health Hazard</p>	
3. LÍMITES DE EXPOSICIÓN			
3.1. TLV- STEL (Periodo máximo de 15 minutos continuos, 4 veces por día, recesos mínimos de 60 minutos)	3.2. TLV-TWA (Tiempo máx. exposición 8 horas diarias, 40 horas a la semana, 5 días continuos)	3.3. IDLH (Inmediatamente peligroso para la vida o la salud)	3.4. BEI (Biomarcadores)
2 ppm (PubChem, 2024)	10 ppm (PubChem, 2024)	500 ppm (PubChem, 2024)	No se identifica
4. AFECTACIONES A LA SALUD			
4.1. Grupo cancerígeno IARC	4.2. Toxicidad aguda	4.3. Toxicidad crónica (enfermedades)	4.4. Órgano diana

Grupo 2B: Posiblemente cancerígeno para los humanos. (PubChem, 2024)	Arritmias Cardiacas		
	Bradycardia, hígado graso	Daño hepático, daño renal, enfermedad celíaca, colitis ulcerosa, necrosis tubular renal, disfunción rena, ictericia (PubChem, 2024)	Neurotóxico
	Irritación de los ojos y de las vías respiratorias		Hepatotóxico
	Gastroenteritis con náuseas y vómitos, cansancio, sequedad de boca y anorexia, dermatitis (PubChem, 2024)		Nefrotóxico Hematotóxico (PubChem, 2024)
5. VIGILANCIA A LA SALUD			
<i>5.1 Exámenes médicos</i>			
VIGILANCIA MEDICA:			
-Anualmente: examen clínico con orientación cardiológica, hepatológica, nefrológica, neumológica, neurológica aguda, oftalmológica.			
-Semestralmente: hepatograma, orina completa.			
VIGILANCIA BIOLÓGICA:			
Los parámetros biológicos para medir dependerán de cada integrante de esta familia en particular (Albiano y Villaamil, 2015).			

Nota. Elaboración propia.

Cuadro 18
Metanol

1. CARACTERÍSTICAS		2. SEGURIDAD
1.1. Descripción fisicoquímica	1.2. Usos	2.1 Pictograma
<p>Clasificación química: Químicos orgánicos (PubChem, 2024)</p> <p>Descripción física: el metanol aparece como un líquido incoloro bastante volátil (PubChem, 2024)</p>	<p>Se utiliza como disolvente, desnaturalizante de alcohol, anticongelante e intermedio químico, Se usa en removedores de pintura, soluciones para lavar parabrisas y fluidos de duplicación (Haz-Map, 2024)</p>	 <p>Flammable Acute Toxic Health Hazard</p>
3. LÍMITES DE EXPOSICIÓN		

3.1. TLV- STEL (Periodo máximo de 15 minutos continuos, 4 veces por día, recesos mínimos de 60 minutos)	3.2. TLV-TWA (Tiempo máx. exposición 8 horas diarias, 40 horas a la semana, 5 días continuos)	3.3. IDLH (Inmediatamente peligroso para la vida o la salud)	3.4. BEI (Biomarcadores)
250 ppm (Haz-map,2024)	200 ppm (PubChem,2024)	6000 ppm (PubChem,2024)	No se identifica
4. AFECTACIONES A LA SALUD			
4.1. Grupo cancerígeno IARC	4.2. Toxicidad aguda	4.3. Toxicidad crónica (enfermedades)	4.4. Órgano diana
No hay indicios de carcinogenicidad en humanos (no listado por IARC) (PubChem, 2024)	Vómitos, embriaguez, gastritis, mareos, náuseas, cefaleas (PubChem, 2024)	Paladar hendido, enfermedad de Crohn, artritis reumatoide Síndrome del intestino Irritable Enfermedad diverticular Esofagitis eosinofílica Colitis Ulcerosa Enfermedad del hígado graso (PubChem, 2024)	Neurotóxico (PubChem, 2024)
5. VIGILANCIA A LA SALUD			
5.1 Exámenes médicos			
VIGILANCIA MEDICA: -Anualmente: Examen clínico con orientación dermatológica, neurológica, oftalmológica, Otorrinolaringológica. -Fondo de ojo VIGILANCIA BIOLÓGICA: Metanol urinario (Albiano y Villaamil, 2015).			

Nota. Elaboración propia.

Cuadro 19
Etanol

1. CARACTERÍSTICAS		2. SEGURIDAD	
1.1. Descripción fisicoquímica	1.2. Usos	2.1 Pictograma	
<p>Clasificación química: Químicos orgánicos</p> <p>Descripción física: el etanol es un líquido transparente e incoloro (PubChem, 2024)</p>	<p>Se usa a menudo como desinfectante tópico. Se usa ampliamente como solvente y conservante en preparaciones farmacéuticas, además de servir como ingrediente principal en bebidas alcohólicas (Haz-Map, 2024)</p>	 Flammable	
3. LIMITES DE EXPOSICIÓN			
3.1. TLV- STEL (Periodo máximo de 15 minutos continuos, 4 veces por día, recesos mínimos de 60 minutos)	3.2. TLV-TWA (Tiempo máx. exposición 8 horas diarias, 40 horas a la semana, 5 días continuos)	3.3. IDLH (Inmediatamente peligroso para la vida o la salud)	3.4. BEI (Biomarcadores)
1000 ppm (Haz-Map, 2024)	1000 ppm (PubChem, 2024)	3300 ppm (PubChem, 2024)	No se identifica
4. AFECTACIONES A LA SALUD			
4.1. Grupo cancerígeno IARC	4.2. Toxicidad aguda	4.3. Toxicidad crónica (enfermedades)	4.4. Órgano diana
Grupo 1: cancerígenos para los humanos (PubChem, 2024)	Mareos Asfixia Ataxia Letargo Vómitos Decúbito Temblores Taquicardia Diarrea (PubChem, 2024)	Cáncer Urticaria de contacto síndrome de alcoholismo fetal Encefalopatía Crónica Enfermedad de Crohn Síndrome del intestino irritable Enfermedad del hígado graso no alcohólico (PubChem, 2024)	Neurotóxico Hepatotóxico Tóxicos sistémicos Hematotóxico (PubChem, 2024)
5. VIGILANCIA A LA SALUD			
5.1 Exámenes médicos			
VIGILANCIA MEDICA:			
-Anualmente: examen clínico con orientación dermatológica, neurológica, oftalmológica, otorrinolaringológica.			
-Fondo de ojo.			
VIGILANCIA BIOLÓGICA:			
Metanol urinario (Albiano y Villaamil, 2015).			

Nota. Elaboración propia.

Cuadro 20
Acetona

1. CARACTERÍSTICAS		2. SEGURIDAD	
1.1. Descripción fisicoquímica	1.2. Usos	2.1 Pictograma	
<p>Clasificación química: Químicos orgánicos, cetonas.</p> <p>Descripción física: Líquido incoloro que se utiliza como disolvente y antiséptico. (PubChem, 2024)</p>	<p>Limpiador (ceras de goma, resinas, grasas, grasas, aceites, colorantes, celulósicos, revestimientos, plásticos y barnices Pega-mento para manualidades, soportes en aerosol, aerosoles para plantillas y otros adhesivos utilizados principalmente con fines artesanales</p> <p>Productos a base de disolventes o detergentes para eliminar pinturas, adhesivos, etc. (Haz-Map, 2024)</p>		
3. LÍMITES DE EXPOSICIÓN			
3.1. TLV- STEL (Periodo máximo de 15 minutos continuos, 4 veces por día, recesos mínimos de 60 minutos)	3.2. TLV-TWA (Tiempo máx. exposición 8 horas diarias, 40 horas a la semana, 5 días continuos)	3.3. IDLH (Inmediatamente peligroso para la vida o la salud)	3.4. BEI (Biomarcadores)
500 ppm (Haz-Map, 2024)	250 ppm (PubChem, 2024)	2500 ppm (PubChem, 2024)	Acetona en orina = 25 mg/L; al final del turno (Haz-Map, 2024)
4. AFECTACIONES A LA SALUD			
4.1. Grupo cancerígeno IARC	4.2. Toxicidad aguda	4.3 Toxicidad crónica (Enfermedades)	4.4. Órgano diana

Sin indicación de carcinogenicidad (no listado por IARC). (L135) (PubChem, 2024)	Insuficiencia cardiorrespiratoria, irritación ocular y respiratoria, vómitos, desmayos, dermatitis, disminución de la conciencia (PubChem, 2024)	Daño hepático, depresión del SNC, enfermedades de los nervios craneales, cistitis, enfermedad celíaca, enfermedad de Crohn, encefalopatía hepática, síndrome del intestino irritable, nefropatía, cáncer de pulmón, intoxicación por paraqués, cáncer de páncreas, eosinofílica colitis ulcerosa (PubChem, 2024)	Hepatotóxico Nefrotóxico Neurotóxico Hematotóxico (PubChem, 2024)
5. VIGILANCIA A LA SALUD			
<i>5.1 Exámenes médicos</i>			
VIGILANCIA MEDICA:			
-Anualmente: examen clínico con orientación dermatológica, neurológica, oftalmológica, otorrinolaringológica.			
VIGILANCIA BIOLÓGICA:			
- Semestralmente: hexanodiona (Albiano y Villaamil, 2015).			

Nota. Elaboración propia.

Acorde con la información presentada en los cuadros, se evidencian aspectos en común entre los disolventes orgánicos, tales como:

Constitución química

Es un tipo de clasificación que depende de la estructura química de la molécula, todos los disolventes al presentar átomos de carbono enlazados entre sí de forma covalente se categorizan como materiales orgánicos con los siguientes grupos funcionales: hidrocarburos, alcoholes, éteres, cetonas y glicoles.

En la tabla 7 se presenta la clasificación de sustancias químicas según el órgano diana.

Tabla 7*Clasificación de agentes químicos según órgano diana*

Órgano o tejido diana	Clasificación
Sistema nervioso	Neurotóxico
Riñones	Nefrotóxico
Hígado	Hepatotóxico
Sangre	Hepatotóxico
Pulmones	Neurotóxico
Corazón	Cardiotóxico

Nota. Elaboración propia.

Los disolventes orgánicos son clasificados, principalmente, como neurotóxicos debido a su acción narcótica. Además, presentan afinidad por la vaina de mielina debido a su liposolubilidad, afectando los procesos de conductividad nerviosa; su acción sistemática le confiere una acción adversa en varios órganos: piel, riñón, hígado y tejido sanguíneo.

Clasificación IARC

La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) es una entidad de la organización mundial de la salud (OMS) que tiene como objetivo elaborar listas de sustancias cancerígenas, teratogénicas y mutagénicas y clasificarlas de acuerdo con sus propiedades cancerígenas en tres grupos:

- GRUPO 1: agentes químicos cancerígenos para el hombre.
- GRUPO 2: este se subdivide en dos categorías
2A Alta Probabilidad cancerígena para los humanos.

2B baja probabilidad cancerígena para humanos.

- GRUPO 3: químicos no cancerígenos para el hombre.

No todos los disolventes orgánicos son cancerígenos del grupo 1 IARC entre ellos el etanol, benceno, metanol, de los clasificados, existen algunos en el grupo 2A (estireno), 2B (cloroformo) 3 y no se listan como clasificables (acetona).

Estado físico

Los disolventes orgánicos son líquidos, pero son bastantes volátiles, por lo cual se evaporan con facilidad ingresando, en mayor dosis, vía respiratoria.

Conclusiones

Los disolventes orgánicos son agentes químicos con un alto potencial de generar efectos adversos en la salud de los trabajadores expuestos. Su toxicidad se relaciona con su carácter lipofílico, que facilita la disolución en las membranas celulares de las neuronas. La inhalación constante de vapores puede ocasionar daños tanto en el sistema nervioso central como en el periférico. En casos de exposición aguda, se presentan efectos narcóticos y anestésicos, que van desde una etapa inicial de excitación o euforia hasta letargo, confusión, pérdida de la conciencia e, incluso, coma o muerte.

La exposición crónica a estos compuestos ha sido asociada con la aparición de encefalopatías caracterizadas por deterioro cognitivo, alteraciones de la personalidad y neuropatías. De igual forma, el sistema nervioso periférico puede presentar pérdida de sensibilidad y debilidad muscular. Otros órganos como riñones, hígado, piel y pulmones también pueden resultar comprometidos, aunque no todos los disolventes orgánicos han demostrado poseer efectos cancerígenos.

Ante este panorama, resulta indispensable que las empresas en las que se manipulen disolventes orgánicos implementen procesos rigurosos de identificación y valoración de riesgos, tanto cualitativa como cuantitativamente. Ello permite reconocer los controles existentes y, de acuerdo con los niveles de riesgo detectados, establecer nuevos controles siguiendo la jerarquía de intervención. Entre las acciones prioritarias se destacan: la realización de inspecciones periódicas, la verificación y mantenimiento de equipos, la identificación de áreas con potencial de exposición, el inventario y caracterización de productos quími-

cos, así como la implementación de un sistema de vigilancia integral que contemple mediciones ambientales, biológicas y de salud de los trabajadores.

Referencias

- Albiano, N., y Villaamil, E. (2015). *Toxicología laboral: criterios para el monitoreo de la salud de los trabajadores expuestos a sustancias químicas peligrosas*. Superintendencia de Riesgos del Trabajo.
- Baker, E. L. (1994). A review of recent research on health effects of human occupational exposure to organic solvents: A critical review. *Journal of occupational medicine.: official publication of the Industrial Medical Association*, 36(10), 1079–1092.
<http://www.jstor.org/stable/45016661>.
- Basequim. (2019). Utilización de adhesivos en la industria del calzado: exposición a vapores orgánicos. Colecciones Técnicas INSST. <https://www.insst.es/stp/basequim/028-utilizacion-de-adhesivos-en-la-industria-del-calzado-exposicion-a-vapores-organicos-2019>.
- Becerra, L. V., y Pimienta, H. J. (2009). Apoptosis neuronal: la diversidad de señales y de tipos celulares. *Colombia Médica*, 40(1), 124–133.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=28340116>.

Brailowsky, S. (2017). Solventes e inhalantes. *Revista de cultura científica*, 122-123, 78-85.

<https://www.revistacienciasunam.com/es/203-revistas/revista-ciencias-122-123/2033-solventes-e-inhalantes.html#:~:text=El%20efecto%20agudo%20de%20la,los%20reflejos%2C%20mareo%20y%20desorientaci%C3%B3n.>

Cancillería. (s.f.a). *Convenio de Rotterdam*.

<https://www.cancilleria.gov.co/convenio-rotterdam>

Cancillería. (s.f.b). *Convenio de Estocolmo*.

<https://www.cancilleria.gov.co/convenio-estocolmo>

Decreto 1072 de 2015. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo. 26 de mayo de 2015.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=72173>

Henao, F. (2011). *Riesgos químicos*. ECOE.

<https://www.ecoediciones.mx/wp-content/uploads/2015/08/RIESGOS-QUIMICOS.pdf>

Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional. (1998). *La guía de bolsillo de NIOSH sobre riesgo químico*.

<https://www.cdc.gov/spanish/niosh/npg-sp/pgintrod-sp.html>

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (1998). *Evaluación de la exposición a benceno: control ambiental y biológico (norma 486)*.

https://www.insst.es/documents/94886/326962/ntp_486.pdf/7b1e0c1b-c0b7-46ce-b45f-731ad676114d#:~:text=Metabolismo%20del%20benceno&text=La%20mayor%20parte%20del%20benceno,forma%20de%20sulfatos%20y%20glucuronatos.

Londoño, E., Martínez, F., Carvajal, S., García, F., Hoyos, S. (2019). Evaluación del daño oxidativo y por metilación del ADN de pintores expuestos ocupacionalmente a solventes orgánicos y pinturas. *Biomédica*, 39, 464-477.

<https://doi.org/10.7705/biomedica.4289>.

Maday, S., Twelvetrees, A. E., Moughamian, A. J., & Holzbaur, E. L. F. (2014). Axonal transport: Cargo-specific mechanisms of motility and regulation. *Neuron*, 84(2), 292–309.

<https://doi.org/10.1016/j.neuron.2014.10.019>.

Mauriño Donato, J., y Álvarez-Sabin, J. (2004). Lesiones de la sustancia blanca cerebral: significado clínico y mecanismos fisiopatológicos. *Hipertensión y riesgo vascular*, 21(1), 38–42. [https://doi.org/10.1016/s1889-1837\(04\)71447-6](https://doi.org/10.1016/s1889-1837(04)71447-6).

Mercado, C. (2003) *Bioética en la práctica del monitoreo biológico de la exposición química laboral*.
<https://www.medigraphic.com/pdfs/trabajo/lm-2003/lm031h.pdf>

Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021). *Guía nacional para el control, monitoreo y seguimiento de emisiones de compuestos orgánicos volátiles*.
<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/12/GUIA-EMISIONES-COMPUESTOS-VOLATILES.pdf>.

Oyola Mizuno, I., Sánchez, C. y Ospina, C. (2018). *Sistema de vigilancia epidemiológica para la prevención de efectos por exposición a sustancias químicas peligrosas*.
https://www.arlsura.com/files/doc_PVE.docx

Resolución 2400 de 1979. Por la cual se establecen algunas disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo. 22 de mayo de 1979.

<https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/normativa/2400%20-%201979.pdf>

Rodríguez, P. (2020). Intoxicación por tolueno. *Medicina Legal de Costa Rica*, 37(2), 53-62.
http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-00152020000200053&lng=en&tlng=es.

Sainio M. A., Sr (2015). Neurotoxicity of solvents. *Handbook of clinical neurology*, 131, 93–110.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-444-62627-1.00007-X>.

Superintendencia de seguridad social. Prevención de riesgos laborales <https://www.suseso.cl/606/w3-article18605.html#:~:text=Es%20el%20conjunto%20de%20actividades,los%20riesgos%20derivados%20del%20trabajo>