

Proyecto de Grado Seminario de Investigación

Exposición a Benceno, Tolueno y Xileno (Btx) y los Posibles Efectos Hematológicos en los  
Trabajadores de la Estación City Gate y Estación Buena Vista

Yivi Tatiana Acosta Ardila

Angie Carolina Peña Núñez

Universidad ECCI

Especialización en Gerencia en Seguridad y Salud en el Trabajo

Facultad de Posgrados

Virtual

2023

Proyecto de Grado Seminario de Investigación

Yivi Tatiana acosta Ardila

Angie carolina Peña Núñez

Exposición a Benceno, Tolueno y Xileno (Btx) y los Posibles Efectos Hematológicos en los  
Trabajadores de la Estación City Gate y Estación Buena Vista

Tutor:

Luisa Gatian

Universidad ECCI

Especialización en Gerencia en Seguridad y Salud en el Trabajo

Facultad de Posgrados

Virtual

2023

## Índice

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Introducción</b> .....                                | <b>4</b>  |
| <b>Resumen/Palabras Clave</b> .....                      | <b>5</b>  |
| Abstract/Keywords .....                                  | 6         |
| <b>Planteamiento del Problema de Investigación</b> ..... | <b>6</b>  |
| Pregunta de Investigación .....                          | 7         |
| <b>Objetivos</b> .....                                   | <b>8</b>  |
| Objetivo General.....                                    | 8         |
| Objetivo Específico .....                                | 8         |
| <b>Justificación y Delimitación</b> .....                | <b>8</b>  |
| <b>Marcos Referenciales</b> .....                        | <b>10</b> |
| Estado del Arte .....                                    | 10        |
| Marco Teórico.....                                       | 14        |
| Marco Legal .....  | 26        |
| Marco Metodológico .....                                 | 29        |
| Paradigma .....  | 29        |
| Tipo de Investigación .....                              | 29        |
| Diseño de la Investigación .....                         | 29        |
| Fases del Estudio .....                                  | 30        |
| Población y Muestra .....                                | 31        |
| <b>Materiales e Instrumentos</b> .....                   | <b>32</b> |
| Tabla 4 .....  | 32        |
| <b>Técnica de Recolección de la Información</b> .....    | <b>32</b> |
| Criterios .....  | 33        |
| Tabla 5 .....  | 33        |
| <b>Procedimiento para el Análisis de Datos</b> .....     | <b>33</b> |
| Tabla 6 .....  | 33        |
| Tabla 7 .....  | 34        |
| <b>Descripción del Puesto de Trabajo</b> .....           | <b>34</b> |
| Tabla 8 .....  | 35        |
| Tabla 9 .....  | 35        |
| Tabla 10 .....   | 36        |
| Tabla 11 .....   | 37        |
| Tabla 12 .....   | 39        |
| Tabla 13 .....   | 38        |
| <b>Cronograma</b> .....                                  | <b>39</b> |
| <b>Presupuesto</b> .....                                 | <b>40</b> |
| <b>Análisis de Resultados</b> .....                      | <b>40</b> |
| <b>Recomendaciones</b> .....                             | <b>41</b> |
| <b>Referencias</b> .....                                 | <b>49</b> |

## Introducción

En el ambiente ocupacional los trabajadores pueden estar expuestos por largos períodos a sustancias químicas, lo cual los coloca en peligro de desarrollar enfermedades graves que pueden ocasionarles incluso la muerte.

El tolueno y los xilenos se utilizan como disolventes en la fabricación de artículos de caucho, adhesivos, barnices y pinturas, también en la elaboración de perfumes, explosivos y tintas, entre otros. A nivel mundial está prohibido el uso de benceno, aunque puede estar presente como impurezas de otros disolventes.

Colombia importa anualmente alrededor de 4000 toneladas de benceno, 4000 de tolueno y 7200 de xilenos, los cuales se utilizan en diferentes industrias, Teniendo en cuenta los graves efectos que ocasiona al organismo el contacto permanente con estos disolventes, que se pueden encontrar como vapores en los ambientes ocupacionales de diferentes industrias, se propuso realizar este estudio para determinar por cromatografía de gases los niveles de benceno, tolueno y xilenos en el aire efectuado en estaciones Buenavista y City Gate 40 de la empresa COINOBRAS GAS S.A E.S.P.

La exposición continua a estos disolventes afecta el organismo de diferentes maneras puesto que actúan como tóxicos sistémicos, narcóticos, anestésicos, producen dermatosis y efectos combinados al atacar diferentes órganos.

El benceno es una sustancia cancerígena, razón por la cual el Ministerio de Trabajo, por medio del Decreto 44 del 12 de diciembre de 1995, restringió el uso de éste en las industrias de Colombia.

Normas de calidad en ambientes ocupacionales. En el campo de la higiene industrial existen normas de calidad ambiental en aire con las cuales se comparan los resultados que se obtienen cuando se hace la evaluación de un ambiente de trabajo.

Colombia ha adoptado los valores reportados por la American Conference of Governamental Industrial Hygienist (ACGIH), quienes anualmente publican una relación de valores límite umbrales denominados TLV (Threshold Limit Valué) para agentes físicos y químicos en ambientes ocupacionales. Estos valores de referencia están dados para jornadas laborales de 8 horas diarias y 5 días de trabajo; son valores límite recomendables y como tal deben interpretarse. Para los agentes químicos expresan las concentraciones en aire de las sustancias y representan las condiciones bajo las cuales se asume que los trabajadores pueden estar expuestos, día a día repetidamente, durante toda su vida laboral sin sufrir efectos adversos en su salud.

Los valores TLV pueden estar expresados como ppm (v/v) y/o como  $\text{mg}/\text{m}^3$  de aire a  $25^\circ\text{C}$  y 760 torr, dependiendo el estado físico en que se encuentren en el ambiente. Para el benceno, tolueno y xilenos son en su orden los siguientes: 1,6  $\text{mg}/\text{m}^3$  (0,5 ppm.); 188,1  $\text{mg}/\text{m}^3$  (50 ppm); 441,7  $\text{mg}/\text{m}^3$  (100 ppm ). El Convenio 170 sobre la seguridad en la utilización de productos químicos en el trabajo,

de la Conferencia General de la Organización Internacional del Trabajo en Ginebra, adoptado por Colombia el 25 de junio de 1990, contiene medidas de control y de seguridad con el fin de proteger a los trabajadores contra los efectos nocivos de los productos químicos, previniendo enfermedades y accidentes causados por la utilización de éstos.

Investigaciones sobre riesgo ocupacional por solventes orgánicos. En algunos países se han realizado estudios para evaluar el daño que ocasiona a la salud de los trabajadores la exposición continua a disolventes orgánicos. Estas investigaciones se llevaron a cabo en trabajadores expuestos y no expuestos, determinando algunos metabolitos del benceno como los ácidos s-fenilhipúrico, mucónico en orina y la s-fenilcisteína en sangre.

También se hicieron estudios para evaluar los efectos neurotóxicos producidos por exposición a solventes en procesos de pinturas, encontrando que el 67% de las enfermedades neurotóxicas más comunes, como intensos dolores de cabeza, demencia y epilepsia fueron causados por dicha exposición.

### **Resumen**

La exposición a solventes aromáticos empleados en numerosos procesos industriales, se considera un riesgo ocupacional que enfrentan millones de trabajadores en el mundo. Se evaluó la exposición a solventes aromáticos BTX (Benceno, Tolueno, Xileno) efectuado en estaciones Buenavista y City Gate 40 de la empresa COINOBRAS GAS S.A E.S.P. La estrategia de muestreo se realizó en la modalidad personal y tuvo como principio establecer la concentración de estos compuestos en el personal operativo que desarrolla labores en las diferentes áreas de Producción. Los métodos y procedimientos aplicados durante el presente estudio fueron los recomendados por el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) de los Estados Unidos de Norteamérica. Los trabajadores expuestos presentaron concentraciones por debajo del valor permisible, determinando un riesgo BAJO. Por otro lado, las concentraciones de Xileno dieron por debajo del límite de reporte, por lo cual se determina riesgo BAJO. Se recomienda que, durante las jornadas de trasiego, el personal cuente con tiempos de espera en espacios lejanos al camión cisterna y la estación, con el fin de garantizar que el trabajador pueda respirar aire libre de vapores orgánicos en exposiciones innecesarias. Por lo tanto, es importante continuar con los Programas de Vigilancia Epidemiológica por riesgo químico llevados actualmente en la empresa.

**Palabras clave:** Exposición, Solventes aromáticos, benceno, tolueno, xilenos, BTX, efectos sobre la salud, riesgo ocupacional.

## **Abstract**

Exposure to aromatic solvents used in numerous industrial processes is considered an occupational risk faced by millions of workers around the world. Exposure to aromatic solvents BTX (Benzene, Toluene, Xylene) was evaluated at Buenavista and City Gate 40 stations of the company COINOBRAS GAS S.A E.S.P. The sampling strategy was carried out in the personal modality and its principle was to establish the concentration of these compounds in the operational personnel who carry out work in the different areas of Production. The methods and procedures applied during the present study were those recommended by the National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) of the United States of America. The exposed workers presented concentrations below the permissible value, determining a LOW risk. On the other hand, Xylene concentrations were below the reporting limit, which is why the risk is determined to be LOW. It is recommended that, during transfer days, personnel have waiting times in spaces far from the tanker truck and the station, in order to guarantee that the worker can breathe air free of organic vapors in unnecessary exposures. Therefore, it is important to continue with the Epidemiological Surveillance Programs for chemical risk currently carried out in the company.

**Keywords:** Exposure, Aromatic solvents, benzene, toluene, xylenes, BTX, health effects, occupational risk.

## **Problema de Investigación**

### **Descripción del problema**

En la actualidad existe cada vez un mayor número de sustancias químicas que son utilizadas en las industrias, las cuales son susceptibles de crear deterioro en la salud de los trabajadores. Dentro de este considerable grupo se encuentran los hidrocarburos aromáticos, que pueden producir graves daños a la salud de los trabajadores y en especial pueden ocasionar afectación del sistema nervioso central. En muchos países industrializados, la exposición a hidrocarburos aromáticos se ha catalogado como una preocupación de Salud Pública, por su gran utilización en la industria, las formas inapropiadas de manipulación y la disposición de estos productos, los cuales generan contaminación ambiental, laboral y efectos sobre la salud (Torres y col., 2006).

Se empezaron a descubrir enfermedades de tipo profesional en trabajadores que tenían una prolongada exposición a hidrocarburos ambientales, en 1933 se evidenció que un hidrocarburo

aromático cíclico aislado del alquitrán de hulla era cancerígeno, descubriéndose que el compuesto aislado era el benzo (a) pireno. Este tipo de hidrocarburo pueden causar efectos agudos y crónicos en el organismo, produciendo cefalea, náuseas, mareo, desorientación, confusión e inquietud; una alta exposición puede provocar pérdida de consciencia y depresión respiratoria, también se han evidenciado síntomas cardiovasculares (Zubizarreta, Martínez, Rivas, Gómez y Sanz, 2018).

Se encuentran más de 1.000 sustancias tóxicas en el ambiente, en las que se encuentra el benceno, el tolueno, etilbenceno y el xileno (conocidos en su conjunto como BTEX) debido a lo cual se liberan en la atmósfera por la quema de combustibles fósiles, por evaporaciones en las gasolineras, durante el llenado del tanque de almacenamiento, vertidos accidentales, y por el uso de disolventes. En consecuencia, se observa que los trabajos en fábricas de gas presentan una exposición muy alta al benceno, debido al puesto de trabajo puede acarrear problemas importantes para la salud (Zubizarreta et al., 2018).

Hay un amplio reconocimiento en la literatura de las razones de la toxicidad de estas sustancias y la diversidad de efectos adversos sobre el organismo se explican por sus propiedades lipotróficas y por sus propiedades físico-químicas (volatilidad, bajo punto de ebullición) que facilitan su absorción. Por otra parte, este tipo de compuestos son utilizados generalmente por la industria moderna (Mayor, 1995).

Esta investigación propone medir el nivel de exposición de hidrocarburos aromáticos (benceno, tolueno y xileno) y los posibles efectos hematológicos, señalando los principales riesgos de accidentes asociados a los peligros propios del sector. Orientado a la prevención de riesgos laborales según la Ley 1562 del 11 de julio 2012 para la seguridad y salud de los trabajadores de la Planta City Gate y Buena Vista.

¿Cuáles son los niveles de exposición a benceno, tolueno y xileno (BTX) y los posibles efectos hematológicos que se pueden presentar en los trabajadores de las plantas de almacenamiento de Nafta – Disolvente 1A?

## **Objetivos**

### **Objetivo General:**

Determinar la exposición a Benceno, Tolueno y Xileno (BTX) y los posibles efectos hematológicos que pueden presentar los trabajadores en la planta City Gate y Planta Buena Vista, para evaluar la exposición real y asegurar que este dentro de los límites permisibles de exposición establecidos por las autoridades reguladoras.

### **Objetivos Específicos:**

- Medir el nivel de exposición y concentración de los hidrocarburos aromáticos (BTX) a los que se enfrentan los trabajadores de la planta City Gate y Planta Buena Vista.
- Analizar las condiciones de trabajo en las que se encuentran expuestos los trabajadores en la planta de almacenamiento de condensado debido a los hidrocarburos aromáticos (BTX).
- Identificar los elementos de protección personal (EPP) utilizados por los trabajadores de la planta de almacenamiento de gas, donde se ejecutan actividades de trasiego (Nafta – Disolvente 1A).
- Proponer las medidas de prevención y protección necesarias para el bienestar y salud de los trabajadores de la planta de almacenamiento de Nafta – Disolvente 1A.



## **Justificación y Delimitación**

La salud es un derecho fundamental que implica la garantía real a gozar de un estado físico, mental, emocional y social que permita al ser humano desarrollar en forma digna y al máximo sus potencialidades, de su familia y de la colectividad en general (Gañán, 2013, p. 8) la salud en Colombia está protegida por todas las garantías constitucionales y legales propias de tal tipo de derechos.

Por ende, esta investigación propone medir el nivel de exposición de hidrocarburos aromáticos (benceno, tolueno y xileno) y los posibles efectos hematológicos que pueden presentar los trabajadores de la Planta de almacenamiento de (Nafta – Disolvente 1A), en condiciones reales al realizar la actividad de trasiego de condensados, los trabajadores desarrollan la actividad de trasiego que consiste en trasvasar disolvente (nafta) desde un tanque estacionario de almacenamiento a un camión cisterna. Para esto el trabajador debe conectar la manguera de salida del tanque y a presión se va enviando hasta las boquillas de ingreso del carro tanque. El trabajador permanece por periodos de tiempo en la zona de cargue con el fin de verificar el proceso. Adicionalmente, ayuda a conectar y desconectar las mangueras de cargue. Es una actividad que dura tres horas, aproximadamente y tiene una periodicidad de:

- Cargue Nafta: 1 vez a la semana

En el marco de la seguridad y salud en el trabajo uno de los beneficios primordiales es el aporte a prevenir las enfermedades laborales, accidentes e incidentes laborales en los trabajadores, de igual forma permitir el ciclo PHVA de los Programas de Riesgos Prioritarios (PRP) y Programas de Vigilancia Epidemiológica (PVE).

En cuanto a los trabajadores les permite evidenciar el nivel de exposición al que están expuestos en el desarrollo de la actividad y a tener una percepción del riesgo más específica en cada una de las áreas de proceso. Aplicando los controles necesarios (eliminación del riesgo, sustituir el riesgo, aislar el riesgo, controles de ingeniería, controles administrativos, equipos de protección personal).

La Dirección General de Riesgos Profesionales del Ministerio de la Protección Social público en el año 2004 el informe de enfermedad profesional en Colombia 2001- 2002, en donde se plantea un plan de trabajo que como objetivo principal es incrementar el diagnóstico y prevenir las enfermedades profesionales de mayor prevalencia en Colombia. El cual fue incluido en el Plan Nacional de Salud Ocupacional 2003-2007, de modo que certifico el compromiso del Ministerio frente al tema de la prevención de las enfermedades profesionales. El mencionado plan fue el diseño y aplicación

de Guías de Atención Integral basadas en la evidencia, para las diez enfermedades profesionales de mayor frecuencia en el país; durante el año 2007 se elaboraron cinco guías más sobre los siguientes temas en los cuales se encuentra las afectaciones por exposición de benceno y sus derivados denominada como Guía de Atención Integral de Salud Ocupacional Basada en la Evidencia para trabajadores Expuestos a Benceno y sus Derivados. (Ministerio de la Protección Social [MPS], 2008).

Con la recolección de información de los niveles de exposición a las sustancias de BTX y los estudios que ya se han realizado se obtendrá beneficios para los empleadores y los trabajadores desde un punto de vista preventivo, por consiguiente, se generará concientización en los trabajadores para hacer un buen uso de los EPP por medio de la exposición del registro de los casos de intoxicación con estas sustancias. Con todos estos aspectos, junto con la corrección de las condiciones generadoras del riesgo e incentivando el reintegro laboral, se logrará contribuir a reducir los costos por carga de enfermedad en el sistema.

Por último, el beneficio hacia la organización es evitar la afectación de la salud de su recurso humano (trabajadores) que conlleven a indemnizaciones al presentarse enfermedades o accidentes laborales, adicionalmente evitar sanciones de tipo penal, civil y administrativa que pongan en riesgo los activos y la imagen de la organización.

En cuanto a las limitaciones se puede presentar en el tema económico, si la Planta de almacenamiento no cuenta con el recurso económico para realizar este tipo de mediciones o seguimientos que permitan al área de SST evidenciar los posibles riesgos a los que están expuestos los trabajadores y por ende las diferentes afectaciones que pueden surgir en el personal. En tema administrativo al no obtener los permisos para el desarrollo del proyecto.

## MARCOS REFERENCIALES

### Estado del Arte

Durante años se han realizado diferentes investigaciones frente a la exposición que presentan los trabajadores con BTX principalmente que se utilizan en la industria.

A continuación, se describen algunas investigaciones nacionales que se han realizado:

Una investigación realizada en Bogotá en el 2007 por Omayda Cárdenas, Marcela Varona, Rosa Patiño, Helena Groot, Diana Sicard, María Torres y Darío Pardo que denominaron a la exposición a solventes orgánicos y efectos genotóxicos en trabajadores de fábricas de pinturas en Bogotá encontraron que las concentraciones de ácido hipúrico en orina post-exposición se encontraron dentro de los rangos normales, mientras que para fenol el 3,3 % y para ácido metilhipúrico el 50,8 % de las muestras presentaron niveles por encima de los valores de referencia. En una de las fábricas la concentración de benceno en aire estaba por encima de los valores límites permisibles. No hubo diferencias estadísticas entre los trabajadores expuestos y los no expuestos con relación a los biomarcadores genéticos examinados. En este estudio los niveles de solventes orgánicos internamente efectivos parecen ser bajos lo cual se explica con la ausencia de efectos genotóxicos en las células examinadas. Este trabajo constituye un aporte para continuar investigando sobre el tema y a la vez hacer seguimiento por medio del programa de vigilancia epidemiológica.

En Bogotá, Marcela Martínez y Carlos Gamboa en el 2022 realizaron una revisión exhaustiva de la literatura que trata el benceno, el tolueno, etilbenceno y xileno (BTEX) en estaciones de servicio resaltando al detalle las patologías posibles que pueden generar en el ser humano y teniendo en cuenta esta revisión se encontró que, el benceno y el etilbenceno son carcinógenos bien conocidos. Esta investigación se realizó mediante la revisión de estudios científicos donde se pudo observar que el benceno afecta el sistema hematopoyético, el sistema nervioso central y el sistema reproductivo. El tolueno afecta el sistema nervioso central y reproductivo; el etilbenceno y el xileno pueden afectar el sistema respiratorio y neurológico. Estos compuestos se pueden producir durante diversas actividades de operación de petróleo y gas, incluidas la quema, la ventilación y la operación

de varios tipos de maquinaria. Como resultado propiamente se realizan actividades de capacitación para la prevención de los factores de riesgo por la exposición a BTEX.

También se han realizado diferentes investigaciones a nivel internacional, a continuación, se mencionan algunas:

Díaz (2008) realizó una investigación titulada “Neurotoxicidad temprana, factores personales y laborales, en trabajadores expuestos a mezclas de solventes orgánicos en empresas de pintura automotriz, en Barquisimeto Estado Lara”. Con el propósito de determinar la frecuencia de neurotoxicidad temprana mediante la aplicación de pruebas neuroconductuales, además de conocer los factores personales y laborales que puedan estar asociados a su aparición en trabajadores expuestos a mezclas de solventes orgánicos, en empresas de pintura automotriz; donde se evaluaron 33 trabajadores del sexo masculino, 18 directamente expuestos (preparador, pintor, colorista) y 15 indirectamente expuestos (latonero, armador, pulidor, supervisor). Como resultado arroja que el 61 % de los trabajadores se ubicó en el grupo etario de 20 a 39 años, y 39 % en el de 40 a 59 años, con un inicio laboral a una edad promedio de 14,5 años y una antigüedad laboral en el área de pintura automotriz, con exposición a solventes orgánicos mayor a 5 años en 90 % de los casos, y en cuanto a la tarea específica realizada el 51,5 % de los trabajadores se desempeñan como preparador, pintor, y el 45,5 % de ellos, en tareas que incluyen latonero, armador, desarmador, pulidor y supervisor, el grupo de los directamente expuestos 54,5 % incluyó a los preparadores, pintores y coloristas.

En consecuencia, se recomendó continuar con esta línea de investigación y elaborar un Programa de Vigilancia Epidemiológica para trabajadores ocupacionalmente expuestos a sustancias neurotóxicas, que incluya la aplicación de pruebas neuroconductuales, por su valor en materia de prevención. Se considera que es un aporte para este estudio, porque hace hincapié la necesidad de implementar medidas preventivas y de detectar alteraciones tempranas a la salud, para poder limitar el daño.

Igualmente, Sánchez (2005) realizó una investigación titulada “Efectos Neuroconductuales en trabajadores expuestos a solventes orgánicos en la industria petrolera en el Estado Zulia, Venezuela”, La muestra estudiada estuvo constituida por 86

trabajadores de ambos sexos en la industria petrolera, 51 trabajadores expuestos y 35 no expuestos. En cuanto a los resultados obtenidos: de los trabajadores expuestos 45 (88,24 %) correspondieron al sexo masculino y 6 (11,76 %) al sexo femenino; con una edad promedio para el grupo expuesto de 38,57, la antigüedad promedio de la muestra fue de 14,45 años, la muestra control estuvo conformada por 35 trabajadores, 62,86 % de sexo masculino y 37,14 % de sexo femenino, con un promedio de edad de 37,71. En cuanto al Cuestionario de Síntomas Neurológicos y Psicológicos (P.N.F) hubo un 6,06 % de casos anormales en la población no expuesta, mientras que en la población expuesta fue del 33,33 %; con el Mini Mental Test, se encontró 0,76% de casos alterados del grupo no expuesto y 2,85% en los expuestos. Se determinó la presencia de alteraciones neuroconductuales con afectación de la esfera cognitiva a través de los instrumentos aplicados. Se considera un aporte importante para esta investigación porque determina que la exposición a solventes orgánicos produce alteraciones a nivel neuroconductual, contribuyendo a enriquecer la investigación y a la vez precisar mejor el problema.

La investigación denominada Alteraciones hematológicas en trabajadores expuestos ocupacionalmente a mezcla de BTX en una fábrica de pinturas, realizada por Luis Haro, Nadia Vélez, Guadalupe Aguilar, Susana Guerrero, Vanessa Sánchez, Sergio Muñoz, Edward Mezones y Cuauhtémoc Juárez en el 2012, tenía por objetivo evaluar las tres series celulares sanguíneas e identificar la presencia de hipocromía, macrocitosis, leucopenia, linfocitopenia y trombo vitopenia en un grupo de trabajadores expuestos a la mezcla de BTX, es un estudio transversal donde se incluyó a 97 trabajadores de una empresa de pinturas de México a los que se le realizó una biometría hemática convencional y les fue estimada la exposición a través de dosis diaria potencial acumulada para vapores de BTX. Como resultados el total de los trabajadores 19,6% mostro macrocitosis, 18,6% linfocitopenia, 10,3% hipocromía, 7,2% trombocitopenia y 5,2% leucopenia. Todos los componentes citohemáticos analizados mostraron cambios leves, que podrían estar asociados con la exposición a la mezcla de BTX.

Bosia (2013) realizó una investigación titulada “Afectación hepática en trabajadores de una industria petroquímica” en Argentina, Para ello estudiaron un grupo de operarios, el número total de trabajadores en esa planta fue de 672, de los cuales 269 estaban expuestos a solventes orgánicos mixtos (BTX), “Grupo de Riesgo” (GR) y 403 no expuestos, grupo de

no riesgo (GNR); con una muestra seleccionada aleatoria. En cuanto a los resultados arrojados, el hemograma (eritrocitos, leucocitos y hemoglobina), glucemia y uremia resultaron normales en ambos grupos (GR y GNR) y no hubo diferencias en la edad, antigüedad laboral, IMC, colesterolemia y trigliceridemia. Las concentraciones obtenidas en el estudio se encontraron dentro de los límites permitidos por la legislación (5 ppm), el valor promedio de concentración ambiental de exposición obtenido en la refinería fue 1,5 ppm.

Linery Bracho en el periodo del 2013-2014 realizó un estudio donde evaluó la exposición a solventes aromáticos BTX y efectos a la salud de los trabajadores de una industria petrolera del Estado de Carabobo. Es un estudio descriptivo, de campo, transversal; la muestra estuvo representada por 180 trabajadores a los cuales se les aplicó una encuesta y un cuestionario PNF, previa exclusión de 26 trabajadores. Los trabajadores expuestos presentaron concentraciones significativamente menores a los valores de referencia de fenol, ácido hipúrico y ácido metil hipúrico en orina; el 33,3% no utiliza guantes de seguridad; el 46,1% tiene antigüedad en la empresa de 10 a 12 años; entre los hábitos psicobiológicos el 46,1% consume licor socialmente. Como recomendaciones que se realizaron se menciona realizar monitorización permanente a los trabajadores, con énfasis en los signos y síntomas precoces, realizar capacitaciones, vigilancia y exigencia del uso de todos los equipos de protección personal y el uso de pruebas neuroconductuales para ayudar al diagnóstico y guiar el tratamiento de una posible enfermedad ocupacional, en el marco de un programa de vigilancia epidemiológica de la exposición ocupacional a BTX.

Una investigación realizada en Quito por Fabian Mera y Michael Silva en el 2021, midieron la asociación entre efectos hematológicos y la exposición a hidrocarburos aromáticos BTX, en los trabajadores de la Refinería Estatal de Esmeraldas, con el propósito de fortalecer el sistema de vigilancia epidemiológica. La muestra son 107 trabajadores de área de mediación ambiental, no catalíticas 2 y mecánicos rotativos, los cuales tienen antigüedad de 5 años en mismo puesto de trabajo. Realizaron un seguimiento a través de los exámenes ocupacionales a los trabajadores sobre la exposición a BTX y verificar que no existan efectos hematológicos a nivel de elementos de sangre y médula ósea.

## Marco Teórico

Dentro de la presente investigación se encuentra la teoría de (Zúñiga, 2003) quien explica que los agentes o componentes químicos se clasifican en tres partes, sólidos, líquidos y gaseosos, los cuales a su vez se subdividen en polvos inertes o activos, humos, rocíos, neblinas, fluidos líquidos, gases y vapores. El autor indica que los productos químicos están relacionados con sustancias o aditivos, ya que, al entrar en contacto con personas o el medio ambiente, desarrollan potencialmente efectos nocivos.

Así mismo, explica que el término sustancia hace referencia aquellos elementos químicos y sus componentes de estado natural o, al resultado de un proceso, que contiene aditivos necesarios para conservar la estabilidad del producto y las impurezas derivadas de dicho proceso.

Esta investigación tiene relación con el presente estudio en cuanto a los efectos a la salud que causa la exposición al benceno, tolueno y xileno, los cuales provocan toxicidad crónica sobre la médula ósea, y además por la importancia que tienen los biomarcadores de exposición para medir la concentración de dichos disolventes en los trabajadores.

Por lo tanto, en la revista de Rubiano, Marciales, Duarte (2002) determinaron los niveles de benceno, tolueno y xilenos (BTX) en el aire de una industria de pinturas adscrita al Instituto Colombiano de Seguros Sociales, con el propósito de evaluar el riesgo ocupacional ocasionado por el uso de estos solventes; se compararon estos resultados con los valores límite umbral (Threshold Limit Value, TLV). Se escogió como estrategia de muestreo la metodología de período parcial con muestras consecutivas y se utilizaron tubos de carbón activado como medio de captación de solventes.

La exposición a Benceno, Tolueno y Xileno (BTX) se refiere a una combinación de compuestos orgánicos volátiles, que incluyen benceno, tolueno y xileno. Estos compuestos pueden encontrarse en productos como combustibles, productos de limpieza, pinturas, solventes y productos químicos.

De acuerdo Beatriz Morante Fon fría 2015 en su investigación aplicación de la metodología de diseño conceptual a una planta de obtención de BTX a partir de gas esquisto es realizar un diseño conceptual de una planta de obtención de commodities químicos BTX a partir de gas de esquisto como materia prima. Se parte de un documento de CACHE sobre

el que se realiza una adaptación a la situación europea de los precios de materia prima y productos y disponibilidad del gas de esquisto. Se dedica especial énfasis a los aspectos metodológicos del diseño conceptual, como los algoritmos de cálculo para los balances y el dimensionado. También se lleva a cabo la aplicación de herramientas short-cut para la realización de los cálculos manuales. Originalmente BTX se obtiene para su uso comercial mediante el pirólisis de carbón. A partir de la Segunda Guerra Mundial, su producción ha estado relacionada con el petróleo, en la gasolina de pirólisis o reformado. Más tarde los aromáticos se obtienen a partir de gas natural y gas de esquisto. BTX constituye una parte de un componente de la gasolina importante llamado reformado. Mientras el reformado es la principal fuente de compuestos aromáticos en la mayoría del mundo, la gasolina de pirólisis es también una fuente importante. Ambos son mezclas de hidrocarburos aromáticos y alifáticos, en diferentes proporciones.

Es así como Ángeles, Martínez y Toledo 2011 en la revista académica de investigación producción de BTX en México: usos, toxicología y análisis En México la producción de Benceno, Tolueno y Xilenos (BTX), así como de otros compuestos aromáticos se lleva a cabo en el complejo Petroquímico La Cangrejera, el cual se localiza al sureste de la Ciudad de Coatzacoalcos, Veracruz. En el año 2009 la producción de aromáticos de este complejo fue de 3 192 000 ton, parte de los cuales 139 000 ton fueron de Tolueno, 79 000 ton de Benceno y 60 000 ton de Xilenos. Estos compuestos se utilizan ampliamente como disolventes, como ingredientes bases para otros productos químicos o como aditivos. La exposición a estos aromáticos provoca toxicidad crónica sobre médula ósea. Para medir la concentración de estos disolventes en sangre y orina se emplean los biomarcadores de exposición, con la finalidad de prevenir los daños irreversibles sobre el sistema hemato inmunológico de las personas ocupacionalmente expuestas. Es así como esta revista tiene por objetivo exponer la procedencia del Benceno, Tolueno y Xilenos, así como sus características toxicológicas, sus efectos en salud y los métodos de cuantificación en muestras ambientales y biológicas.

Para evaluar la concentración de BTX en las personas ocupacionalmente expuestas se utilizan biomarcadores de exposición que son una medida de la concentración del solvente o de sus metabolitos en fluidos o tejidos corporales. La Agencia para el Registro de Sustancias Tóxicas y Enfermedades (ASTDR), ha publicado las metodologías de análisis y

los límites de concentración en diferentes matrices tanto biológicas como ambientales, elaboradas por otras instituciones internacionales como el Instituto Nacional de Salud y Seguridad Ocupacional y la Agencia de Protección Ambiental (NIOSH y EPA) respectivamente etc. Con la finalidad de proteger la salud de las personas expuestas a estos compuestos.

Rodrigo David Villalba Toro 2022 Artículo Exposición Ocupacional a Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno en Trabajadores de Gasolineras: Revisión Sistemática. Existe una gran variedad de afectaciones a la salud por la exposición a vapores de gasolina que contienen Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's) que van desde irritación hasta cáncer, y la porción BTEX es la principal causante por su acceso al cuerpo mediante las vías respiratoria y dérmica que representan un riesgo químico aun cuando existen concentraciones dentro de los límites de exposición recomendados .Es frecuente observar en el medio ha trabajadores expendedores de combustibles cumpliendo jornadas de 8 horas sin la adecuada protección ante el riesgo químico y potencial daño a su salud que conlleva la exposición constante a BTEX en el ambiente de trabajo, los trabajadores encargados de la carga y descarga de combustible en las gasolineras quienes tienen el riesgo químico más alto y consecuentemente al mayor daño a la salud.

El objetivo de este estudio es sistematizar los conocimientos teóricos relativos al riesgo químico y principales afectaciones a la salud de los trabajadores expendedores de gasolina a consecuencia de la exposición ocupacional a BTEX mediante un estudio de revisión sistemática.

Igualmente, Luis Haro-García, Nadia Vélez-Zamora, Guadalupe Aguilar-Madrid, Susana Guerrero-Rivera, Vanessa Sánchez-Escalante, Sergio R. Muñoz, Edward Mezones-Holguín, Cuauhtémoc Juárez-Pérez 2012 en su artículo Alteraciones hematológicas en trabajadores expuestos ocupacionalmente a mezcla de benceno- tolueno-xileno (btx) en una fábrica de pinturas donde evalúan las tres series celulares sanguíneas e identificar la presencia de hipocromía, macrocitosis, leucopenia, linfocitopenia y trombocitopenia en un grupo de trabajadores expuestos a la mezcla de benceno-tolueno-xileno (BTX). Con un estudio transversal donde se incluyó a 97 trabajadores de una empresa de pinturas de México a los que se les realizó una biometría hemática convencional y les fue estimada la exposición a través de la dosis diaria potencial acumulado para vapores de BTX. Resultados. Del total

de trabajadores, 19,6%, mostró macrocitosis, 18,6%, linfocitopenia, 10,3% hipocromía, 7,2% trombocitopenia y 5,2% leucopenia. La asociación cruda de macrocitosis con exposición a dosis alta de mezcla de BTX fue la única significativa ajustada por edad, consumo de alcohol y tabaquismo.

En el cual todos los componentes cito hemáticos analizados mostraron cambios leves; que podrían estar asociados con la exposición a la mezcla de BTX. De ellos, la macrocitosis podría constituirse en una manifestación precoz que merece ser vigilada.

Por lo tanto, Almora, Vargas y Ramírez 1998 en su artículo biodegradación oxigénica de btx en matrices acuosas: evaluación de parámetros operacionales En el presente estudio se evaluaron parámetros operacionales tales como oxígeno disuelto (OD), concentración de BTX y nutrientes, y su influencia en la cinética de remoción en un sistema tipo batch, operado a escala de laboratorio. Estas condiciones operacionales serán usadas para determinar la cinética de remoción y los parámetros requeridos para la planta a escala piloto y reactores industriales. Por otra parte, se han estudiado los tratamientos biológicos, tanto oxigénicos como anoxigénicos, para la remediación de suelos, lodos, aguas y aire contaminadas con BTX. Los procesos anaerobios son muy lentos y las reacciones de sulfatos y nitratos involucrados en el proceso inhiben la remoción de tolueno y xileno.

El cual se evaluó el efecto de parámetros operacionales tales como nivel de oxígeno disuelto, temperatura y concentración de nutrientes, en un sistema oxigénico tipo batch, totalmente hermético, sobre la capacidad que presentan algunos microorganismos nativos para metabolizar BTX bajo condiciones aerobias. Tales microorganismos fueron aislados y seleccionados en el laboratorio de Biotecnología del Instituto Colombiano del Petróleo. Los resultados revelan que la cinética del proceso es función directa de la concentración de oxígeno disuelto en el medio y de la concentración de contaminante en el medio.

La preocupación por el control de la presencia de benceno en el lugar de trabajo es un hecho existente hace más de medio siglo, en comparación con la concentración máxima de benceno en el aire tomada por distintas instituciones en el mundo.

La Occupational Safety and Health Administration (OSHA), organismo estadounidense cuyos límites tienen valor legal, estableció el valor de 10 ppm en 1974. En 1987, el nivel de exposición permisible se incrementa. En 1997, la ACGIH fija el valor de 0,5 ppm (1,6 mg/m<sup>3</sup>) Las principales fuentes de hidrocarburos aromáticos son la destilación

del petróleo crudo y la alquilación de hidrocarburos aromáticos de las series más bajas. Varios hidrocarburos policíclicos se encuentran en las atmósferas urbanas como estaciones de servicio.

El benceno se conoce comúnmente como “Benzol” cuando se encuentra en forma comercial (mezcla de benceno y sus homólogos). La Agencia Internacional de Investigación del Cáncer considera cancerígenos del grupo 1 a los contaminantes atmosféricos al benceno que es un compuesto orgánico volátil.

Según la OIT El benceno líquido puede emitir vapores a temperaturas tan bajas como  $-11^{\circ}\text{C}$ , por ello, si no se observan las precauciones durante el almacenamiento, la manipulación o el uso de este, es seguro que, a las temperaturas normales de trabajo, se formarán concentraciones inflamables. Este riesgo aumentará cuando se produzcan salpicaduras o derrames accidentales.

Es así como la Dra. Rosa Isabel Patiño<sup>2006</sup>, jefe del Programa Nacional de Ciencia y Tecnología de la Salud en Colciencias sustentó (los disolventes) pueden actuar como reguladores de la expresión de algunos genes aumentando o disminuyendo la síntesis y actividad de algunas proteínas o modificando la velocidad de las actividades metabólicas, produciendo así graves repercusiones clínicas, efectos mutagénicos y carcinogénicos. En nuestro país, la exposición a disolventes orgánicos se ha caracterizado como un problema de Salud Pública, por la gran utilización en la industria, por las formas inapropiadas de manipulación y por la disposición de estos productos que son causantes de contaminación ambiental y laboral. Son muchos los trabajadores colombianos en su cotidianidad laboral y tal vez sin saberlo, están expuestos o en contacto con disolventes orgánicos como el benceno, tolueno y xileno (BTX), lo cual puede terminar ocasionando graves daños a la salud del mismo y de su familia.

La investigación pretende evaluar el impacto de los disolventes orgánicos como el benceno, el tolueno y el xileno en la salud de la población laboral expuesta a los mismos, determinando los cambios genéticos que han sufrido las enzimas CYP2E1 y detectando la presencia de metabolitos o sustancias características del proceso metabólico de estos agentes químicos, en las muestras de orina tomadas a algunos miembros de esta población en riesgo y de quienes no lo están, para establecer efectos y controles entre ambos grupos.

Este trabajo aportará conocimientos sobre biomarcadores de exposición, efecto y susceptibilidad para determinar el papel de la respuesta individual a factores ambientales y laborales de riesgo, que permita prevenir el desarrollo de enfermedades de alto costo social y el establecimiento de programas de vigilancia epidemiológica.

Por lo tanto, Córdova Suárez, Manolo Alexander, Peralta Álvarez, Katherine Alejandra 2021 en su investigación de evaluación de riesgos químicos por Benceno, Tolueno y Xileno en los puestos críticos de los laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato Se efectuó un análisis de evaluación de compuestos orgánicos volátiles (COV's) producidos por los distintos laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato empleando la Normativa de calidad para ambientes internos ISO 171330. Se muestreó el benceno, tolueno y xileno (BTX) utilizando la Norma de Evaluación de Riesgos Químicos UNE 689, se efectuó ensayos de medición en los laboratorios de Físico Química y Análisis Instrumental, Química General y el Centro de Investigación de Alimentos durante 90 días laborables.

Para las mediciones se usó el BriD MX6 (medición directa-foto ionizada). Los índices de exposición en partes por millón (ppm) fueron: Análisis Instrumental: benceno 10.35, tolueno 0.12, xileno: meta 0.08, orto 0.07, para 0.08, Química General: benceno 22.13, tolueno 0.13, xileno: meta 0.17, orto 0.17 y para 0.12; y el Centro de Investigación de Alimentos: benceno 17.74, tolueno 0.14, xileno: meta 0.13, orto 0.17 y para 0.15; determinando un valor del índice de exposición total en ppm: Análisis Instrumental de 10.54, química general de 22.71 y el Centro de investigación de alimentos 22.76. Sobrepassando el Valor límite Ambiental recomendado (VLA). Para finalizar se desarrolló un sistema de atenuación calculando un caudal total de ventilación para cada uno de los laboratorios en metros cúbicos por hora. Los laboratorios utilizan BTX en diferentes concentraciones esto hace que varíe sus concentraciones. Para finalizar se obtuvo la tasa de evaporación total calculado en litros por hora. Se utilizó los parámetros que exigen el Instituto de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).

Según Fernández y Vega (2016) en el ámbito ocupacional las personas pueden estar expuestas por largos períodos a sustancias químicas, Cuando se expone continuamente a estos disolventes perjudica al organismo de distintas formas debido a que intervienen como tóxicos sistémicos, narcóticos, anestésicos, causan dermatosis y efectos combinados al atacar diferentes órganos, esto abarca a consecuencias nocivas y peligrosas en el individuo como

enfermedades graves que pueden ocasionarles incluso la muerte. El procedimiento de caracterización y valoración de los agentes de riesgo se atribuye al análisis de las estipulaciones existentes en la organización, que pueden originar de manera directa o indirecta daños a la salud, estas pueden ser:

- Circunstancias técnicas inadecuadas.
- Inadecuada o carencia de protección ante situaciones peligrosas.
- Falta de capacitación en situaciones peligrosas.
- Carencia o mal mantenimiento de equipos de trabajo.
- Interacciones entre procesos, manifestación de terceros.
- Inexperiencia de criterios de adquisición o montaje.
- Prácticas inseguras de operación.
- Errores organizativos en generales.

### **Valor Umbral Límite Promedio Ponderado en el Tiempo (TLV-TWA)**

Es la concentración promedio ponderada en el tiempo para una jornada diaria convencional de 8 horas y una jornada semanal de 40 horas, a la cual se cree que la mayoría de los trabajadores pueden exponerse repetidamente, día tras día, durante su vida de trabajo sin tener efectos adversos (Hernández, 2019) Debido al estudio realizado se necesita conocer las características físicas y químicas de dichas sustancias (BTX). A continuación, se explicará los BTX:

#### **Benceno**

Conocido como un fluido con característica incolora, de olor particular debido a que es un compuesto aromático. En el riesgo de la salud es cancerígeno. Es inflamable, más liviano que el agua e insoluble en la misma. Sus vapores son más concentrados que los del aire (Pazmiño, 2016).

Es un componente sumamente tóxico que puede producir problemas considerablemente graves a la salud. Se conoce que exposiciones constantes o prolongadas a este reactivo, causa daños a los componentes de la sangre, hasta leucemia (Pazmiño, 2016).

Se ha utilizado el Benceno como solvente en la industria farmacéutica y química, como material de inicio e intermedio en la síntesis de diversos químicos y como aditivo de gasolina. Los principales usos del Benceno son en la producción de etilbenceno, cumeno y

ciclohexano. (Hernández, 2019)

En la siguiente tabla se encuentran los valores de límite de exposición del benceno que se deben mantener en diferentes lugares

**Tabla 1**

*Valores límites permisibles de exposición a benceno*

| <b>Límites de exposición</b>                        | <b>Valores</b>           |
|---|--------------------------|
| OSHA – PEL<br>Límites de exposición en la industria | 1 ppm TWA                |
| NIOSH – REL<br>Límite recomendado de exposición     | 1 ppm TWA                |
| TLV-ACGHI<br>Threshold limit value                  | 1 ppm TWA<br>5 ppm Steal |

*Nota: Esta tala muestra los valores límites permisibles del benceno. De Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT,2014).*

## **Tolueno**

Conocido como un líquido incoloro el cual tiene un característico olor aromático, menos espeso que el agua, insoluble en la misma. Asimismo, se usa en la fabricación de una gran diversidad de productos como materia prima. Los productos son: benceno, ácido benzoico, fenol, benzaldehído, explosivos (TNT), colorantes, productos farmacéuticos (por ejemplo, aspirina), adhesivos, detergentes, monómeros para fibras sintéticas, sacarinas, saborizantes y perfumes. Es obtenido, principalmente, por reformación catalítica de las fracciones de petróleo ricas en naftenos.

**Tabla 2**

*Valores límites permisibles de exposición a tolueno*

| <b>Límites de exposición</b>                        | <b>Valores</b> |
|---|----------------|
| OSHA – PEL<br>Límites de exposición en la industria | 100 ppm TWA    |
| NIOSH – REL   | 150 ppm TWA    |

|                                  |               |
|----------------------------------|---------------|
| Límite recomendado de exposición |               |
| TLV-ACGHI                        | 100 ppm TWA   |
| Thresold limit value             | 150 ppm Steal |

*Nota: Esta tala muestra los valores límites permisibles del tolueno. De Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT,2014).*

### **Xileno**

Compuesto líquido muy volátil, presenta un olor dulce, por ser un compuesto aromático. Derivado del petróleo crudo. Presenta tres isómeros: orto, meta y para, según el sitio del segundo grupo metilo. (Fonseca, 2013)

Los xilenos son buenos disolventes y se usan como tales, encontrándose también en las tintas de los marcadores permanentes. Su uso es habitual en los laboratorios 22 es como disolvente y en los últimos pasos de la preparación de muestras como como líquido intermediario.

### **Tabla 3**

*Valores límites permisibles de exposición al xileno*

| <b>Límites de exposición</b>  | <b>Valores</b>   |
|---|--|
| OSHA – PEL<br>Límites de exposición permisible en la industria de la construcción y la industria en general | 100 (435 mg/m <sup>3</sup> ) TWA<br>100 (655 mg/m <sup>3</sup> ) TWA |
| NIOSH – REL<br>Límite recomendado de exposición   | 100 (435 mg/m <sup>3</sup> ) TWA<br>150 (435 mg/m <sup>3</sup> ) TWA |
| TLV-ACGHI<br>Thresold limit value   | 100 (435 mg/m <sup>3</sup> ) TWA<br>150 (651 mg/m <sup>3</sup> ) TWA |

*Nota: Esta tala muestra los valores límites permisibles del xileno. De Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT,2014).*

En la investigación de Christian Eduardo Albornoz Villagra, Rolando Eduardo Vilasau Domínguez (2018) revista del instituto de salud pública de Chile Exposición a compuestos orgánicos volátiles, tipo benceno, tolueno y xileno, en trabajadores de estaciones de expendio de combustible. Los efectos en la salud humana debido a la inhalación del vapor de gasolina varían desde la tos, dolor de garganta, irritación ocular e incluso la muerte.

Entre los componentes de mayor peligrosidad para la salud se encuentra el Benceno, Tolueno y Xileno (BTX), siendo el primero de estos de especial importancia debido a sus propiedades carcinógenas según el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (IARC). Específicamente, la fracción bencénica de la mezcla BTX, una vez introducida al organismo penetra al torrente circulatorio y pueden dañar especialmente la médula ósea; las concentraciones que pueden alcanzar en tejidos como la médula ósea, son casi 20 veces mayores que a nivel sanguíneo. En cuanto al tolueno, este pasa al torrente circulatorio y es distribuido a tejidos ricos en contenido graso, asentándose en la médula ósea, el efecto principal del tolueno es sobre el cerebro y el sistema nervioso. Por otra parte, el xileno se absorbe y distribuye de manera primaria en tejido adiposo, exposiciones breves como prolongadas a altas concentraciones de xileno pueden producir numerosos efectos sobre el sistema nervioso, como por ejemplo dolor de cabeza, falta de coordinación muscular, mareo, confusión y pérdida del sentido del equilibrio.

Los trabajadores de estaciones de expendio de combustible se ven especialmente expuestos a este factor de riesgo para la salud. Durante la carga de gasolina en una estación de expendio de combustible los trabajadores pueden exponerse fácilmente a niveles extremadamente altos de vapor de gasolina. En 1997 Periago concluyó que el volumen de gasolina generado en las operaciones de reabastecimiento y la temperatura ambiental pueden aumentar significativamente los vapores de gasolina.

De este modo, sin las medidas preventivas necesarias, los COV, pueden encontrarse en sectores de almacenamiento y expendio, afectando así a la salud de los trabajadores que se desempeñan en estos lugares de trabajo.

Así mismo, existen otras fuentes de exposición como son los vapores que emanan de los estanques de combustible de vehículos, trapos empapados de combustible, ropa accidentalmente sucia y las emisiones de los tubos de escape de vehículos que se desplazan dentro del área de la estación de servicio. A partir del reconocimiento de que las estaciones

de expendio de combustible como fuente de especial de riesgo para la salud producto de la presencia de BTX, las especificaciones técnicas y mezclas de gasolinas se han modificado, además se han diseñado sistemas de control para reducir el riesgo de exposición.

En Chile 2009 se realizaron modificaciones legales en lo que respecta a la calidad de la gasolina expendida en la región metropolitana, principalmente en el contexto del “Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región.”. Posteriormente, en el año 2012 se reguló un contenido máximo de benceno de 1% (v/v) en todo el país. Por otra parte, se estableció la obligación de instalar Sistemas de Recuperación de Vapores (SRV) en estanques de almacenamiento y distribución. Estos SRV deben asegurar la captura de al menos el 90% del total de vapores desplazados en la transferencia desde camiones a los estanques de almacenamiento y de 80% en la carga de reabastecimiento en vehículos. Pese a esto, actualmente la gasolina en el país no tiene asignado un valor límite de exposición ocupacional, debido principalmente a que su término describe un número de mezclas muy diversa.

Los resultados de las concentraciones de BTX obtenidas en las muestras ambientales (vía inhalatoria) en este estudio demostraron que todos los valores encontrados estuvieron bajo los respectivos límites permisibles de las sustancias evaluadas y reguladas en Chile en el DS N°594/99. Para la comparación de los resultados obtenidos con estudios similares realizados en otros países, resulta bastante complejo, considerando que la calidad de los combustibles varía al igual que los porcentajes de benceno, las distintas condiciones ambientales y estrategias de muestreo, lo que hace muy difícil realizar comparaciones directas. La respuesta de cada organismo a la exposición de un agente exógeno es diferente y depende de numerosos factores individuales, por tanto, cierto nivel de exposición puede ser tolerado por un individuo, pero no por otro. Así, futuras investigaciones podrían analizar la relación entre evaluaciones médicas de diversos indicadores biológicos y exposición de los trabajadores, con sus diversas características, considerando evaluaciones ambientales y vías de ingreso a cuerpo.

Polo Alvarado, B., Nieto Zapata, O., Mejía Alfaro, J. y otros. (2007). Guía de atención integral de salud ocupacional basada en la evidencia para trabajadores expuestos a benceno y sus derivados. Ministerio de Protección Social. Bogotá. La toxicidad de los disolventes orgánicos y de los aromáticos en particular (tolueno, xileno, benceno, etc.) es ampliamente

reconocida en la literatura desde hace varias décadas (Hogstedt C., Lundberg L. 1992, LaDou J, 2006).

Los hidrocarburos aromáticos tienen propiedades especiales asociadas con el anillo del benceno, el cual posee seis grupos de carbono-hidrógeno unidos a cada uno de los vértices de un hexágono. Los enlaces del anillo presentan características intermedias, entre los enlaces simples y los dobles. Los derivados del benceno se obtienen por sustitución de uno o varios átomos de hidrógeno por un elemento univalente o un grupo (Guía de Hidrocarburos Aromáticos. Enciclopedia de la OIT 2001).

Las moléculas de los hidrocarburos aromáticos están formadas por uno o más anillos de benceno y pueden considerarse derivados de este, si:

1. Poseen un solo anillo con sustitución de los átomos de hidrógeno por radicales de hidrocarburos alifáticos. Este grupo de compuestos se conoce con el nombre de homólogos del benceno que incluyen: tolueno, xileno, etilbenceno, que en adelante se denomina grupo BTX-EB.

2. Resultan de la unión de dos o más anillos de benceno mediante cadenas alifáticas u otros radicales intermedios. Ejemplo: difenilos, terfenilos, etc.

3. Resultan de la condensación de varios anillos de benceno, como los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), polinucleares o poliaromáticos, los cuales tienen tres o más anillos de benceno en su estructura. Ejemplos naftaleno, antraceno, benzopireno, etc. (Enciclopedia OIT 2001).

La toxicidad de los disolventes orgánicos afecta a los sistemas linfático, hematopoyético, hepático, renal y nervioso, además de causar efectos irritantes inmediatos sobre la piel y las mucosas (Chen R., et al., 2001).

De este conjunto de efectos, aquellos que se presentan sobre el sistema nervioso parecen ser los más conspicuos y probablemente, los que más rápidamente se pueden detectar en situaciones de exposición continuada o crónica. La gran mayoría de los disolventes orgánicos tienen la característica de causar trastornos no específicos del sistema nervioso (SN), debido a su liposolubilidad (LaDou J, 2006).

Sin embargo, a pesar de la evidencia de los efectos, la estimación de la dosis o el tiempo que se requiere para que aparezca una enfermedad no ha sido adecuado, ya que casi siempre aparecen elementos difusos de juicio clínico, de un modo paulatino y gradual

(Cassarett and Doull's, 1996).

Las estrategias de prevención y control involucran acciones de ingeniería, administrativas e individuales y requieren del trabajo interdisciplinario, así como la actualización permanente del conocimiento. Esta guía constituye fundamentalmente una herramienta para la toma de decisiones frente a la neurotoxicidad central y/o periférica, asociadas con la exposición laboral a benceno, tolueno, xileno y etilbenceno (BTX-EB) en la cual se recomiendan cursos de acción óptimos y eficientes (pasos críticos), pero no se definen niveles mínimos de desempeño, ni se formulan programas o políticas. Esta guía contribuye a los procesos de determinación del origen y calificación de pérdida de la capacidad laboral, pues no define metodologías o procedimientos pertinentes a tal fin. Dado que las recomendaciones fueron emitidas con base en la mejor evidencia disponible, no adoptarlas debería tener una justificación suficientemente sustentada. Se espera que el seguimiento de las recomendaciones por parte de los profesionales a quienes va dirigida la guía, permita mejorar la consistencia y la calidad de la atención que se les brinda a los trabajadores, así como la eficiencia y efectividad de la utilización de los recursos y contribuya a reducir la brecha entre la producción del conocimiento y su utilización en la prevención.

## **Marco Legal**

La exposición a Benceno, Tolueno y Xileno (BTX) se refiere a una combinación de compuestos orgánicos volátiles, que incluyen benceno, tolueno y xileno. Estos compuestos pueden encontrarse en productos como combustibles, productos de limpieza, pinturas, solventes y productos químicos.

La exposición a BTX puede ser peligrosa para la salud humana, por lo que existen marcos legales y regulaciones para limitar su exposición. A continuación, se presentan algunas de las normatividades existentes:

### **Decreto 1072 de 2015**

Decreto 1072 Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo.

Artículo 2.2.4.6.2. Para los efectos del presente capítulo se aplican las siguientes definiciones:

Numeral 36. Vigilancia de la salud en el trabajo o vigilancia epidemiológica de la salud en el trabajo.

Para valoraciones de riesgo químico y físico se establece en el numeral 6, artículo 2.2.4.6. 8° del Decreto 1072 de 2015, gestión de peligros y riesgos, que el empleador debe adoptar disposiciones efectivas para desarrollar las medidas de identificación de peligros, evaluación y valoración de los riesgos y establecimiento de controles que prevengan daños en la salud de los trabajadores y/o contratistas, en los equipos o instalaciones.

Artículo 2.2.4.6.12. Documentación. El empleador debe mantener disponibles y debidamente actualizados entre otros, los siguientes documentos en relación con el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo. Numeral 4. El informe de las condiciones de salud, junto con el perfil sociodemográfico de la población trabajadora y según los lineamientos de los programas de vigilancia epidemiológica en concordancia con los riesgos existentes en la organización.

Numeral 8. Desarrollo de los programas de vigilancia epidemiológica de acuerdo con el análisis de las condiciones de salud y de trabajo y a los riesgos priorizados.

Artículo 2.2.4.6.22. Indicadores que evalúan el resultado del sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo SG-SST. Para la definición y construcción de los indicadores que evalúan el resultado, el empleador debe considerar entre otros: Numeral 6. El cumplimiento de los programas de vigilancia epidemiológica de la salud de los trabajadores, acorde con las características, peligros y riesgos de la empresa.

Artículo 2.2.4.6.24. Medidas de prevención y control. Las medidas de prevención y control deben adoptarse con base en el análisis de pertinencia, teniendo en cuenta el siguiente esquema de jerarquización:

PARÁGRAFO 3. El empleador debe desarrollar acciones de vigilancia de la salud de los trabajadores mediante las evaluaciones médicas de ingreso, periódicas, retiro y los programas de vigilancia epidemiológica, con el propósito de identificar precozmente efectos hacia la salud derivados de los ambientes de trabajo y evaluar la eficacia de las medidas de prevención y control.

**Decreto 1496 de 2018**

ARTÍCULO 1. El presente Decreto tiene por objeto adoptar el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos – SGA de la Organización de las Naciones Unidas, sexta edición revisada (2015), con aplicación en el territorio nacional, para la clasificación y la comunicación de peligros de los productos químicos y establecer las disposiciones para tal fin.

### **Resolución 2400 de 1979**

Capítulo VIII: Se refiere a las concentraciones máximas permisibles en la exposición de sustancias tóxicas.

Artículo 154. Nos da a conocer que en todos los establecimientos de trabajo en donde se lleven a cabo operaciones y procesos con sustancias nocivas o peligrosas que desprendan gases, humos, neblinas, polvos, etc. Y vapores fácilmente inflamables con riesgo para la salud de los trabajadores, se fijarán los niveles máximos permisibles de exposición a sustancias tóxicas, inflamables o contaminantes atmosféricos industriales.

Capítulo X: Nos habla de las sustancias infecciosas y tóxicas.

En el artículo 164. Los recipientes que contengan sustancias peligrosas estarán marcadas o provistos de etiquetas de manera característica para que sean fácilmente identificadas y acompañadas de instrucciones que indiquen su manipulación y precauciones.

Capítulo II -Título V: Artículo 176. Todos los establecimientos de trabajo en donde los trabajadores estén expuestos a riesgos físicos, mecánicos, biológicos, químicos. Los empleadores suministrarán los equipos de protección adecuados según la naturaleza del riesgo.

### **Resolución 1013 de 2008**

Artículo 1: La presente resolución tiene por objeto adoptar las Guías de Atención Integral de Salud Ocupacional Basadas en la Evidencia para:

- a) Asma ocupacional;
- b) Trabajadores expuestos a benceno y sus derivados;
- c) Cáncer pulmonar relacionado con el trabajo;
- d) Dermatitis de contacto relacionada con el trabajo;
- e) Trabajadores expuestos a plaguicidas inhibidores de la colinesterasa. (3

### **Resolución 610 de 2010**

Artículo 5: Nos indica Niveles Máximos Permisibles para Contaminantes No Convencionales con Efectos Carcinogénicos y Umbrales para las Principales Sustancias Generadoras de Olores Ofensivos. En la Tabla 2 se establecen los niveles máximos permisibles para contaminantes no convencionales con efectos carcinogénicos. (4)

### **NTC 4115**

Esta norma nos indicalas pautas generales de los exámenes médicos ocupacionales, también precisa el objetivo y los elementos de los exámenes de ingreso, los periódicos, por pos- incapacidad, cambio de oficio, retiro, y ciertos exámenes especiales. Además, tiene en cuenta las consideraciones éticas y económicas para su desarrollo y manejo.

## **MARCO METODOLÓGICO**

**paradigma.** Esta investigación estuvo regida por un paradigma analítico, ya que pretende estudiar y profundizar un tema concreto basado en un marco de referencia o literatura existente y comprender cómo la exposición a sustancias químicas como adhesivos y solventes industriales afecta a los trabajadores, específicamente en el contexto particular de condensación de gas. Y el diseño es cuantitativo deductivo, orientado en los resultados de la evaluación ocupacional de riesgo químico – análisis de BTX.

**Tipo de investigación.** Se llevó a cabo un estudio de corte trasversal con los trabajadores que desarrolla labores en las diferentes áreas de Producción. Los métodos y procedimientos aplicados durante el presente estudio fueron los recomendados por el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) de los Estados Unidos de Norteamérica.

**Diseño de la investigación.** Se hizo un diagnóstico de los factores de riesgo principales del proceso de condensación de gas , tomando la empresa de referencia Coinogas SA ESP, se identificaron las sustancias químicas que se emplean en las distintas etapas del proceso de realizar la actividad de trasiego de consiste en trasvasar disolvente #1 (naftas) del tanque de almacenamiento a un camión cisterna y la actividad de trasiego de consiste en trasvasar disolvente #1 (naftas) y condensado contaminado con trazas de cruzo, del tanque de almacenamiento a un camión cisterna. Se realizó la evaluación de contaminantes químicos

con análisis de Benceno, Tolueno y Xileno, efectuado en estaciones Buenavista y City Gate 40. Los criterios de referencia o valores límite (TLV's) para riesgos químicos aplicados para este estudio son los recomendados por la Conferencia Americana Gubernamental de Higienistas Industriales (ACGIH) que tienen vigencia para Colombia según el Estatuto General de Seguridad e Higiene Industrial del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social de Colombia (Resolución 02400 de 1979, artículo 154). Para valoraciones de riesgo químico y físico se establece en el numeral 6, artículo 2.2.4.6.8° del Decreto 1072 de 2015, gestión de peligros y riesgos, que el empleador debe adoptar disposiciones efectivas para desarrollar las medidas de identificación de peligros, evaluación y valoración de los riesgos y establecimiento de controles que prevengan daños en la salud de los trabajadores y/o contratistas, en los equipos o instalaciones.

**Fases del estudio.** El procedimiento general consiste en la toma de muestra de aire contaminado, utilizando un equipo portátil (Bomba personal de diafragma), el equipo es calibrado a una tasa de bajo flujo que permanece constante durante el periodo de duración del muestreo, a este se coloca un medio de captación, donde se recolecta la muestra de aire contaminado.

En la primera estación Buenavista donde se encontraba un técnico de operación y mantenimiento. El trabajador evaluado es el encargado de realizar la actividad de trasiego de consiste en trasvasar disolvente #1 (naftas) del tanque de almacenamiento a un camión cisterna. Para esto el trabajador debe conectar la manguera de salida del tanque y a presión se va enviando hasta las boquillas de ingreso del carro tanque. El trabajador permanece por periodos de tiempo en la zona de las boquillas con el fin de verificar el proceso pero no lo realiza durante toda actividad. Adicionalmente, ayuda a sellar las boquillas y tomar muestras del producto de forma manual. Durante la jornada evaluada realizó la actividad durante dos horas, aproximadamente. Esta actividad se realiza en promedio dos veces por semana. Durante las mediciones las condiciones meteorológicas fueron de cielo nublado.

En la segunda estación City Gate 40 se encontraba el segundo técnico quien es evaluado se encarga de realizar la actividad de trasiego de consiste en trasvasar disolvente #1 (naftas) y condensado contaminado con trazas de cruzo, del tanque de almacenamiento a un camión cisterna. Para esto el trabajador debe conectar la manguera de salida del tanque y a presión se va enviando hasta las boquillas de ingreso del carro tanque. El trabajador

permanece por periodos de tiempo en la zona de las boquillas con el fin de verificar el proceso pero no lo realiza durante toda actividad. Adicionalmente, ayuda a sellar las boquillas y tomar muestras del producto de forma manual. Durante la jornada evaluada realizó la actividad durante dos horas, aproximadamente. Esta actividad se realiza en promedio dos veces por semana. Durante las mediciones las condiciones meteorológicas fueron de cielo nublado y llovizna.

Las muestras de contaminantes químicos posteriormente son analizadas por el laboratorio BUREAU VERITAS.

**Población y muestra.** La estrategia de muestreo se realizó en la modalidad personal y tuvo como principio establecer la concentración de estos compuestos en el personal operativo que desarrolla labores en las diferentes áreas de Producción, en el lugar se encuentran 5 técnicos en el área de operación y mantenimiento encargados de hacer todo el proceso de condensado de gas, teniendo en cuenta que la medición a BTX tiene un costo muy alto para aplicarlo, la empresa decidió solo realizar la medición a 2 trabajadores.

Los riesgos que se generan en esta área de la empresa pueden ser extremadamente inflamable: Pueden formar mezclas explosivas en contacto con el aire (los límites de inflamabilidad inferior y superior son, para el gas natural, aproximadamente de entre el 4,4 y el 17% en volumen y para el propano comercial entre el 2 y 9,5% volumen). Electricidad estática: Todos los gases combustibles tiene una marcada tendencia a almacenar electricidad estática cuando se transportan o trasiegan por tubería, especialmente en estado líquido, que puede ser origen de una ignición dada la extremada inflamabilidad de estos. Asfixiante simple: Pueden desplazar el oxígeno del aire respirable y provocar anoxia. Quemadura por frío: El GNL se manipula a  $-160^{\circ}\text{C}$ , pudiendo provocar quemaduras por contacto.

Se aplicó en dos áreas de trabajo de trasiego, la primera es en la estación Buenavista donde se encontraba un técnico en operación y mantenimiento; en la estación 2 City Gate 40 donde se encontraba otro técnico.

Como criterio de inclusión se tuvo en cuenta esta área ya que los valores límites permisibles (TLV – Threshold Limit Values) se definen como concentraciones químicas en el aire a la cual casi todos los trabajadores pueden estar repetidamente expuestos, día tras día, sin que se evidencien efectos adversos.

Nuestro criterio de exclusión del desarrollo de la medición de BTX sería el no aplicar

las pruebas a mujeres embarazadas debido a que sería perjudicial para la persona y para el feto, otro de nuestros criterios de exclusión es el no aplicar la medición a todos los trabajadores del área de operación y manteniendo debido a que la exposición de los colaboradores puede ser medible con una única persona la cual sea expuesta al desarrollo de la actividad (trasiego de condensado) y analizar el nivel de exposición en sitio vs límite permisible de exposición. [10:24 p. m., 6/12/2023] Tatiana Acosta ECCI: las áreas administrativas y vigilancia ya que no tienen contacto directo con el producto y tampoco exposición. Las áreas administrativas y de vigilancia no se exponen en el desarrollo de la actividad y no tienen contacto directo con el producto.

### MATERIALES E INSTRUMENTOS

La medición de BTX se realiza por medio de los siguientes equipos:

**Tabla 4**

*Equipos que se requieren para la medición de BTX*

| <b>EQUIPO</b>   | <b>MARCA</b>   |
|---|--|
| <p>Calibrador de flujo<br/>           Marca: STI<br/>           Serial: 41461832040</p> |   |
| <p>Bombas de muestreo de flujo<br/>           Gill Air 3</p>                            |  |

*Nota: Explica el tipo de equipos que se utilizaron para la medición de BTX de los trabajadores.*

### TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Técnicas de muestreo

Los métodos y procedimientos aplicados durante el presente estudio fueron los recomendados por el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) de los Estados Unidos de Norteamérica.

El procedimiento general consiste en la toma de muestra de aire contaminado,

utilizando un equipo portátil (Bomba personal de diafragma), el equipo es calibrado a una tasa de bajo flujo que permanece constante durante el periodo de duración del muestreo, a este se coloca un medio de captación, donde se recolecta la muestra de aire contaminado.

Las muestras de contaminantes químicos posteriormente son analizadas por el laboratorio BUREAU VERITAS.

### Criterios de referencia

Los criterios de referencia o valores límites permisibles (TLV – Threshold Limit Values) se definen como concentraciones químicas en el aire a la cual casi todos los trabajadores pueden estar repetidamente expuestos, día tras día, sin que se evidencien efectos adversos.

**Tabla 5**

*Métodos aplicados en la medición de BTX*

| Elemento en estudio | Método     | Medio de recolección           | Flujo de calibración | Técnica de análisis    |
|---------------------|------------|--------------------------------|----------------------|------------------------|
| BENCENO             | NIOSH 1501 | 226-01 Tubo de carbón activado | 0.1 LP.M             | Cromatografía de gases |
| TOLUENO             | NIOSH 1501 |                                |                      |                        |
| XILENO              | NIOSH 1501 |                                |                      |                        |

*Nota: Se establecen los métodos aplicados en la medición de BTX que se les realizó a los trabajadores de la empresa COINOGAS S.A E.S.P.*

## PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS DE DATOS

**Tabla 6**

*Trabajador No. 1 escogido para realizar la medición de BTX.*

| HOJA DE CAMPO NO 1 |                                      |
|--------------------|--------------------------------------|
| <b>EMPRESA</b>     | COINOGAS S.A. E.S.P                  |
| <b>NOMBRE</b>      | JONY FERNANDO CHAPARRO               |
| <b>CARGO</b>       | TÉCNICO EN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO |

|                                  |                     |
|----------------------------------|---------------------|
| <b>ÁREA DE TRABAJO</b>           | ESTACIÓN BUENAVISTA |
| <b>CONTAMINANTE A MONITOREAR</b> | BTX                 |
| <b>METODOLOGÍA USADA</b>         | NIOSH 1501          |

*Nota: Se describe los datos del trabajador No. 1 escogido por la organización para realizar la medición de BTX y verificar el nivel de exposición que presenta en el desarrollo de sus actividades.*

**Tabla 7**

*Datos tomados del desarrollo de la actividad*

| <b>FLUJO INICIAL</b> | <b>FLUJO FINAL</b>        | <b>FLUJO PROMEDIO</b>    | <b>% ERROR</b>     |                   |
|----------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------|-------------------|
| 0.176 L/min          | 0.180 L/min               | 0.178 L/min              | 2.2 %              |                   |
| <b>MUESTRA NO</b>    | <b>TIEMPO MONITOREADO</b> | <b>VOLUMEN CORREGIDO</b> | <b>HORA INICIO</b> | <b>HORA FINAL</b> |
| 8743171061           | 123 minutos               | 21.91 L                  | 3:12 am            | 5:15 pm           |

*Nota: Se describen los datos que fueron tomados del desarrollo de la actividad por parte del trabajador No. 1.*

### **Descripción del puesto de trabajo:**

El trabajador evaluado es el encargado de realizar la actividad de trasiego que consiste en trasvasar disolvente #1 (nafta) del tanque de almacenamiento a un camión cisterna. Para esto el trabajador debe conectar la manguera de salida del tanque y a presión se va enviando hasta las boquillas de ingreso del carro tanque. El trabajador permanece por periodos de tiempo en la zona de las boquillas con el fin de verificar el proceso, pero no lo realiza durante toda actividad. Adicionalmente, ayuda a sellar las boquillas y tomar muestras del producto de forma manual. Durante la jornada evaluada realizó la actividad durante dos horas, aproximadamente. Esta actividad se realiza en promedio dos veces por semana.

Durante las mediciones las condiciones meteorológicas fueron de cielo nublado.

**Tabla 8**

*Datos del área donde los trabajadores realizan las actividades y los controles aplicados*

| Área crítica                             | Tarea crítica   | Materiales o sustancias químicas utilizadas  |
|--|---|--|
| Estación Buenavista /<br>camión cisterna | Trasiego  | Disolvente # 1<br>Condensado   |
| Controles identificados actualmente      |   |  |
| Ingeniería – sistema de captación        | Controles administrativos   | Jornada Laboral  |
| N/A                                      | Ventilación natural,<br>espacio abierto.<br>Uso de mascarilla media<br>cara con filtros 6006. | Turnos de 48<br>horas/semana<br>2 veces por semana – 5<br>horas a la semana,<br>aproximadamente. |

*Nota: Se describen los datos del área de trabajo, actividades a realizar y controles que se aplican en la exposición que tiene el trabajador.*

**Tabla 9**

*Resultados del muestreo ocupacional que se le realizó al puesto de campo No 1*

| Nombre              | Concentración determinada ppm | Análisis | TLV Corregido ppm | Índice de riesgo | Índice de riesgo |
|---------------------|-------------------------------|----------|-------------------|------------------|------------------|
| Jony                | 0.29 ppm                      | Benceno  | 0,390             | 0,74             | MEDIO            |
| Chaparro            | 0.16 ppm                      | Tolueno  | 15,625            | 0.039            | BAJO             |
| Estación Buenavista | < 0.042                       | Xileno   | 78,125            | <LR              | BAJO             |

*Nota: Se evidencian las concentraciones de benceno, tolueno y xileno a las que esta expuesto el trabajador No. 1 en el desarrollo de la actividad de trasiego de condensados en la estación Buenavista.*

*< LR: Concentración inferior al límite de reporte del equipo analizador de la muestra implementado por el laboratorio acreditado.*

### Grafica 1.



HIGIENE & ENVIRONMENTAL

#### ANALYTICAL RESULTS

| Client ID:           | SAMPLE NUMBER 8743171061 |                               |        | Matrix:         | Air                           |                  |
|----------------------|--------------------------|-------------------------------|--------|-----------------|-------------------------------|------------------|
| BV Labs ID:          | PST621                   |                               |        | Sample Media:   | SKC226-01 Charcoal tube 150mg |                  |
| Date Sampled:        | 04/29/2021               |                               |        | Air Volume (L): | 21.91                         |                  |
| ANALYTE              | Mass<br>ug               | Concentration<br>mg/m3    ppm |        | RL<br>ug        | Test Method                   | Date<br>Analyzed |
| Benzene              | 20                       | 0.91                          | 0.29   | 1.0             | N1501/N1550                   | 06/07/2021       |
| Toluene              | 13                       | 0.61                          | 0.16   | 2.0             | N1501/N1550                   | 06/07/2021       |
| Xylenes              | <4.0                     | <0.18                         | <0.042 | 4.0             | N1501/N1550                   | 06/07/2021       |
| RL = Reporting Limit |                          |                               |        |                 |                               |                  |

### Tabla 10

*Trabajador No. 2 escogido para realizar la medición de BTX.*

| HOJA DE CAMPO NO 2               |  |
|----------------------------------|--|
| <b>EMPRESA</b>                   | COINOGAS S.A. E.S.P                        |
| <b>NOMBRE</b>                    | JHON ALEXANDER PEREZ                       |
| <b>CARGO</b>                     | TÉCNICO II EN OPERACIÓN Y<br>MANTENIMIENTO |
| <b>ÁREA DE TRABAJO</b>           | ESTACIÓN CITY GATE 40                      |
| <b>CONTAMINANTE A MONITOREAR</b> | BTX  |
| <b>METODOLOGÍA USADA</b>         | NIOSH 1501                                 |

*Nota: Se describe los datos del trabajador No.2 escogido por la organización para realizar*

la medición de BTX y verificar el nivel de exposición que presenta en el desarrollo de sus actividades.

**Tabla 11**

*Datos tomados del desarrollo de la actividad*

| <b>FLUJO INICIAL</b> | <b>FLUJO FINAL</b>        | <b>FLUJO PROMEDIO</b>    | <b>% ERROR</b>     |                   |
|----------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------|-------------------|
| 0.154 L/min          | 0.150 L/min               | 0.152 L/min              | 2.6 %              |                   |
| <b>MUESTRA NO</b>    | <b>TIEMPO MONITOREADO</b> | <b>VOLUMEN CORREGIDO</b> | <b>HORA INICIO</b> | <b>HORA FINAL</b> |
| 6349011837           | 125 minutos               | 19.02 L                  | 8:17 am            | 10:22 pm          |

*Nota: Se describen los datos que fueron tomados del desarrollo de la actividad por parte del trabajador No. 2.*

**Descripción del puesto de trabajo:**

El trabajador evaluado es el encargado de realizar la actividad de trasiego que consiste en trasvasar disolvente #1 (nafta) y condensado contaminado con trazas de cruzo, del tanque de almacenamiento a un camión cisterna. Para esto el trabajador debe conectar la manguera de salida del tanque y a presión se va enviando hasta las boquillas de ingreso del carro tanque. El trabajador permanece por periodos de tiempo en la zona de las boquillas con el fin de verificar el proceso, pero no lo realiza durante toda actividad. Adicionalmente, ayuda a sellar las boquillas y tomar muestras del producto de forma manual. Durante la jornada evaluada realizó la actividad durante dos horas, aproximadamente. Esta actividad se realiza en promedio dos veces por semana. Durante las mediciones las condiciones meteorológicas fueron de cielo nublado y llovizna

**Tabla 12**

*Datos del área donde los trabajadores realizan las actividades y los controles aplicados*

| Área crítica                              | Tarea crítica   | Materiales o sustancias químicas utilizadas  |
|---|---|--|
| Estación City Gate 40/<br>camión cisterna | Trasiego  | Disolvente # 1<br>Condensado contaminado<br>(Trazas de crudo)                                    |
| Controles identificados actualmente       |   |  |
| Ingeniería – sistema de captación         | Controles administrativos   | Jornada Laboral  |
| N/A                                       | Ventilación natural,<br>espacio abierto.<br>Uso de mascarilla media<br>cara con filtros 6006. | Turnos de 48<br>horas/semana<br>2 veces por semana – 5<br>horas a la semana,<br>aproximadamente. |

*Nota: Se describen los datos del área de trabajo, actividades a realizar y controles que se aplican en la exposición que tiene el trabajador.*

**Tabla 13**

*Resultados del muestreo ocupacional que se le realizó al puesto de campo No 2*

| Nombre       | Concentración determinada ppm | Análisis | TLV Corregido ppm | Índice de riesgo | Índice de riesgo |
|--------------|-------------------------------|----------|-------------------|------------------|------------------|
| Jhon Perez   | 0.29 ppm                      | Benceno  | 0,390             | 1.179            | ALTO             |
| City Gate 40 | 0.16 ppm                      | Tolueno  | 15,625            | 0.064            | BAJO             |
|              | < 0.042                       | Xileno   | 78,125            | <LR              | BAJO             |



## PRESUPUESTO

|   | DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD                                      | CANT | VALOR UNI           | VALOR TOTAL         |
|---|--|------|---------------------|---------------------|
| <b>PRESUPUESTO PARA MEDICIÓN DE BTX</b> | Contratación de profesionales y medición BTX               | 1    | \$ 5.000.000        | \$ 5.000.000        |
|   | Exámenes ocupacionales periodicos                          | 2    | \$ 128.000          | \$ 256.000          |
|   | Examen de exposición a Acido S Fenilmercapturico (BENCENO) | 2    | \$ 145.000          | \$ 290.000          |
|   | Compra de dotación y epps                                  | 2    | \$ 400.000          | \$ 800.000          |
|   | Mascarilla media cara 3M con filtros                       | 2    | \$ 140.000          | \$ 280.000          |
|   | Traje tyveck   | 2    | \$ 30.000           | \$ 60.000           |
|   | Transporte   | 1    | \$ 200.000          | \$ 200.000          |
| <b>SUBTOTAL</b>                         |  |      | <b>\$ 6.043.000</b> | <b>\$ 6.886.000</b> |

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

Desarrollada la actividad de medición de BTX del personal de la empresa COINOGAS S.A E.S.P del área de operación / mantenimiento y siendo esta la única área de exposición a los productos de Benceno, Tolueno, Xileno y únicamente en la actividad que la organización desarrolla como lo es el trasiego de condensados (limpios y contaminados). Se logro evidenciar que las concentraciones de vapores orgánicos de las muestras nos indican lo siguiente:

La evaluación realizada a Jony Chaparro quien fue el trabajador No 1 del área de operación / mantenimiento presenta concentración de Benceno por encima del límite de acción determinando nivel de riesgo MEDIO, para el Tolueno se presentan concentraciones por debajo del valor permisible, determinando un riesgo BAJO. Por otro lado, las concentraciones de Xileno dieron por debajo del límite de reporte, por lo cual se determina riesgo BAJO.

La evaluación realizada a John Pérez trabajador No- 2 del área de operación y mantenimiento presenta concentración de Benceno por encima del nivel máximo de

exposición determinando nivel de riesgo ALTO, para el Tolueno se presentan concentraciones por debajo del valor permisible, determinando un riesgo BAJO. Por otro lado, las concentraciones de Xileno dieron por debajo del límite de reporte, por lo cual se determina riesgo BAJO.

Se determinaron concentraciones de Benceno en los puestos de trabajo analizados, dicho químico tiene una notación cancerígena de tipo A1, por lo tanto, es importante continuar con los Programas de Vigilancia Epidemiológica por riesgo químico llevados actualmente en la empresa para el personal que presente la exposición al producto Benceno como lo es el área de operación y mantenimiento quienes son los que ejecutan la actividad de trasiego de condensados.

De igual forma se establecen las siguientes recomendaciones que aportan a la mitigación del nivel de exposición de cada uno de los trabajadores que ejecutan las actividades en las cuales se manipulan estas sustancias como lo son (Benceno, Tolueno y Xileno).

## **RECOMENDACIONES**

### **Protección Respiratoria:**

Durante las actividades de trasiego, se recomienda continuar con el uso de protección personal. La protección respiratoria con filtros para vapores orgánicos es de carácter obligatorio como medida de prevención en el área de la planta de tratamiento de residuos de hidrocarburos. Como se demuestra en las siguientes gráficas obtenidas de las guías de selección de protección respiratoria 3M, un respirador media cara atenúa hasta 50 veces el límite de exposición, y se recomienda el uso de filtros de vapores orgánicos para las sustancias evaluadas, razón por la cual se cumple con la protección requerida para el personal evaluado. Adicionalmente todo el personal que se encuentre en el área durante estas actividades debe contar con dicha protección respiratoria

### Respirador purificador de aire forzado

- Máscara de ajuste holgado (e.g., L-501, Airstream™)..... 25
- Media máscara ..... 50
- Máscara completa, casco, o capucha .....1000



#### Media Cara

|      |                      |
|------|----------------------|
| 7501 | Media Cara (pequeña) |
| 7502 | Media Cara (mediana) |
| 7503 | Media Cara (grande)  |

Otros de los elementos de protección personal que son de gran importancia para los trabajadores son:



Overol Ignifugo



Bosta de seguridad



Monogafas



|                    |   |
|--------------------|---|
| Casco de seguridad |   |
| Traje Tyveck       |  |

**Administrativas:**

Se recomienda que, durante las jornadas de trasiego, el personal cuente con tiempos de espera en espacios lejanos al camión cisterna y la estación, con el fin de garantizar que el trabajador pueda respirar aire libre de vapores orgánicos en exposiciones innecesarias.

Se debe evitar derrames y que los Wypall o materiales impregnados de solventes orgánicos se dejen sobre otras superficies de trabajo, lo cual puede ayudar a incrementar los niveles de solventes orgánicos en otras áreas.

Es importante que se cuente con las fichas de datos de seguridad las sustancias químicas almacenadas, las cuales deben proveer toda la información relacionada con el producto químico o residuo que se trata.

Se debe contar con equipos de emergencia, como kits de material absorbente frente a un eventual derrame, extintores específicos de acuerdo a las características de los productos químicos y demás herramientas para el control de eventuales accidentes.

Se recomienda continuar con la implementación de las campañas sobre prácticas seguras de trabajo, en donde el personal se concientice sobre la importancia del auto cuidado y por lo tanto reporte cualquier condición insegura referente al factor de riesgo químico.

Recomendaciones de la Guía de Atención Integral de Seguridad y Salud en el Trabajo Basada en la Evidencia para Trabajadores Expuestos a Vapores Orgánicos y sus derivados (GATISO-BTX), mientras presente una exposición a hidrocarburos aromáticos especialmente con evidencias de Benceno.

Se debe implementar las siguientes recomendaciones mientras se use el anterior producto.

Para el control de la exposición a los agentes del grupo BTX en los lugares de trabajo, se recomienda tener en cuenta los siguientes criterios:

La política de la empresa debe orientarse a utilizar tecnologías limpias, evaluar el cambio del Thinner actual, es posible que presente benceno o sea redistilado, es bueno evaluar la opción del cambio por un thinner libres de benceno, que actualmente existe en el mercado y definir estándares de calidad en la adquisición de materias primas no peligrosas para la salud y el medio ambiente. - Las medidas de prevención y control técnico y de higiene, deben priorizarse en el orden siguiente: Control en la fuente, en el medio de propagación y finalmente en el receptor o sea en el trabajador expuesto.

Para seleccionar apropiadamente la ropa de protección química (RPQ) para el trabajo con los agentes químicos del grupo BTX, se recomienda aplicar la guía NIOSH 1990 y Recommendations for Chemical Protective Clothing NIOSH 1999.

Se recomienda aplicar las normas OSHA para guantes CFR.1910.138 y para protección de ojos y cara: 29CFR1910. 133.

Todos los trabajadores expuestos de manera directa a benceno, tolueno, etilbenceno y xileno (BTEX) (incluyendo todos los trabajadores que realizan actividades y tareas relacionadas con los usos del producto, deben ser evaluados e incluidos en los programas de vigilancia médica. También se incluirán todos los trabajadores que, de acuerdo con la evaluación de riesgo, pueden estar en contacto indirecto con estos vapores, teniendo en cuenta las propiedades físico-químicas de los BTX. Se recomienda que esta evaluación deba hacerse por un profesional experto en evaluación de riesgo- tal como se ejecutó en el presente estudio.

En la evaluación de la exposición de los trabajadores a contaminantes químicos del grupo BTX, no se recomienda utilizar los tubos colorimétricos como método de lectura directa, específicamente en el caso del benceno por ser un agente cancerígeno reconocido en humanos.

Para mantener vigilada la exposición de los trabajadores a los BTX-EB y validar los resultados de la evaluación de exposición se recomienda utilizar la estrategia de Grupos de exposición Similar (GES).

Para controlar y reducir la exposición a benceno, tolueno, xileno y etilbenceno, en los sitios de trabajo, se recomienda establecer controles en la fuente y en el medio implementando intervenciones en el siguiente orden de prioridad: Sustitución, modificación del proceso, aislamiento o encerramiento, ventilación local exhaustiva, automatización del proceso, sistemas de ventilación general, excepto para el benceno y control de emisiones.

### REGISTRO FOTOGRAFICO





## Referencias

- Almora, Vargas y Ramírez (1998) artículo biodegradación oxigénica de btx en matrices acuosas: evaluación de parámetros operacionales. Recuperado de: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0122-53831998000100006](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-53831998000100006)
- Ángeles Martínez-Toledo (2011) revista producción de BTX en México: usos, toxicología y análisis. Recuperado de: <https://www.eumed.net/rev/tlatemoani/05/mtcd.htm>
- Artículo Alteraciones hematológicas en trabajadores expuestos ocupacionalmente a mezcla de benceno- tolueno-xileno (btx) en una fábrica de pinturas. Recuperado de: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-46342012000200003](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342012000200003)
- Bosia, J. D. (2013). Afectación hepática en trabajadores de una industria petroquímica. (Tesisdoctoral, Universidad Nacional de La Plata), Argentina.
- Bracho. L y Guevara, H. (2013). Exposición a solventes aromáticos BTX y sus efectos en la salud de trabajadores de una industria petrolera del estado de Carabobo. Universidad de Carabobo, facultad de ciencias de la salud. Recuperado de <http://mriuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/handle/123456789/5239/lbracho.pdf?sequence=1>
- Cárdenas-Bustamante, Omayda, Varona-Urbe, Marcela, Patiño-Flórez, Rosa I., Groot-Restrepo, Helena, Sicard-Suárez, Diana, M. Tórres-Carvajal, María, & Pardo-Pardo, Darío. (2007). Exposición a Solventes Orgánicos y Efectos Genotóxicos en Trabajadores de Fábricas de Pinturas en Bogotá. *Revista de Salud Pública*, 9(2), 275-288. Retrieved April 02, 2023, recuperado de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0124-00642007000200011](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-00642007000200011)
- Córdova Suárez, Manolo Alexanderm, Peralta Álvarez, Katherine Alejandra (2021) investigación evaluación de riesgos químicos por Benceno, Tolueno y Xileno en los puestos críticos de los laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato. Recuperado de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/32558>
- Christian Eduardo Albornoz Villagra, Rolando Eduardo Vilasau Domínguez (2018) revista

del instituto de salud pública de Chile Exposición a compuestos orgánicos volátiles, tipo benceno, tolueno y xileno, en trabajadores de estaciones de expendio de combustible. Recuperado de

<https://revista.ispch.gob.cl/index.php/RISP/article/view/61>

Díaz, P. (2008). Neurotoxicidad temprana, factores personales y laborales, en trabajadores expuestos a mezclas de solventes orgánicos en empresas de pintura automotriz. Universidad Centro occidental Lisandro Alvarado. Barquisimeto, Estado de Lara.

Fon fría, B. M. (2015). Aplicación de la metodología de diseño conceptual a una planta de obtención de BTX a partir de gas de esquisto. Universidad de Cantabria.

<https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/6099/373337.pdf?sequence=1>

Gañan, J.L. (2013). De la naturaleza jurídica del derecho a la salud en Colombia. *Monitorestratégico*

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/IA/SSA/naturaleza-juridica-derecho-salud-colombia.pdf>

Haro, L., Vélez, N., Aguilar, G., Guerrero, S., Sánchez, V., Muñoz, S., Mezones, E y Juárez, C. (2012). Alteraciones Hematológicas en trabajadores expuestos ocupacionalmente a mezcla de BTX en una fábrica de pinturas. *Revista Perú Med Exp Salud Pública* 29(2), 181-87. Recuperado de

<https://www.scielosp.org/pdf/rpmesp/2012.v29n2/181-187/es>

Hernández, U. M. (2019). Director: Francisco J. Martínez Ortega Alumna: Pilar Escolar Quereda.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (mayo 16, 1997) NTC 4115.

Medicina del trabajo. Evaluaciones medicas ocupacionales

<https://saludocupacionalunad.files.wordpress.com/2009/12/ntc-4115-evaluaciones-medicas-ocupacionales.pdf>

Martínez, M y Gamboa, C. (2022). Efectos a la salud por la exposición a BTEX en personas que manipulan combustibles. Corporación Universitaria Minutos de

Dios, Bogotá D.C.

[https://repository.uniminuto.edu/bitstream/10656/14735/1/TE.RLA\\_Mart%C3%ADnezMarcela-GamboaCarlos\\_2022](https://repository.uniminuto.edu/bitstream/10656/14735/1/TE.RLA_Mart%C3%ADnezMarcela-GamboaCarlos_2022)

Mayor, J. (1995). Efectos de los solventes orgánicos sobre el sistema nervioso- los métodos neurológicos. *Salud de los Trabajadores*, 3 (2), 108-114. Recuperado de <file:///C:/Users/felip/Downloads/Dialnet-EfectosDeLosSolventesOrganicosSobreElSistemaNervio-6477417.pdf>

Mera, F. y Silva, M. (2021). Exposición a benceno, tolueno y xileno (BTX), y efectos hematológicos de la refinería estatal de la ciudad de Esmeraldas. Universidad internacional SEK, Quito. Recuperado de <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/4376>

Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial (Marzo 24, 2010). Resolución 610 de 2010. Que mediante la Resolución 601 de 2006 de este Ministerio, se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/resolucion-610-de-2010.pdf>

Ministerio de protección social (marzo 25, 2008). Resolución 1013 de 2008. Por la cual se adoptan las Guías de Atención Integral de Salud Ocupacional Basadas en la Evidencia para asma ocupacional, trabajadores expuestos a benceno, plaguicidas inhibidores de la colinesterasa, dermatitis de contacto y cáncer pulmonar relacionados con el trabajo. [https://www.cancilleria.gov.co/sites/default/files/Normograma/docs/resolucion\\_minproteccion\\_1013\\_2008.htm#:~:text=Por%20la%20cual%20se%20adoptan,pulmonar%20relacionados%20con%20el%20trabajo.](https://www.cancilleria.gov.co/sites/default/files/Normograma/docs/resolucion_minproteccion_1013_2008.htm#:~:text=Por%20la%20cual%20se%20adoptan,pulmonar%20relacionados%20con%20el%20trabajo.)

Ministerio de la Protección Social. (2008). *Guía de Atención Integral de Salud Ocupacional Basada en la Evidencia para Trabajadores Expuestos a Benceno y sus Derivados (GATISO-BTX-EB)*. Recuperado de

[file:///C:/Users/felip/Downloads/normas\\_apa\\_revisada\\_y\\_actualizada\\_mayo\\_2019%20\(1\)%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/felip/Downloads/normas_apa_revisada_y_actualizada_mayo_2019%20(1)%20(1).pdf)

Ministerio de trabajo (mayo 26, 2015) Decreto 1072 de 2015. Esta versión incorpora las modificaciones introducidas al decreto único reglamentario del sector Trabajo a partir de la fecha de su expedición.

[https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=72173#:~:t\\_ext=Objeto.,cumplida%20ejecuci%C3%B3n%20de%20las%20leyes.](https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=72173#:~:t_ext=Objeto.,cumplida%20ejecuci%C3%B3n%20de%20las%20leyes.)

Ministerio de trabajo (agosto 6, 2018). Decreto 1496 de 2018. Por el cual se adopta el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos y se dictan otras disposiciones en materia de seguridad química.

[https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=87910#:~:t\\_ext=Se%20prohibe%20el%20trasvase%20de%20qu%C3%ADmicos%20peligrosos%20para%20almacenar%20alimentos.](https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=87910#:~:t_ext=Se%20prohibe%20el%20trasvase%20de%20qu%C3%ADmicos%20peligrosos%20para%20almacenar%20alimentos.)

Ministerio de trabajo y seguridad social (mayo 22, 1979). Resolución 2400 de 1979. Por la cual se establecen algunas disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los Establecimientos de trabajo.

<https://www.ilo.org/dyn/travail/docs/1509/industrial%20safety%20statute.pdf>

Polo Alvarado, B., Nieto Zapata, O., Mejía Alfaro, J. y otros. (2007). Guía de atención integral de salud ocupacional basada en la evidencia para trabajadores expuestos a benceno y sus derivados. Ministerio de Protección Social. Bogotá.

OIT. (2002). Directrices relativas a los sistemas de gestión de la seguridad y la salud en el trabajo. En O. I. Trabajo. Ginebra.

Rodrigo David Villalba Toro (2022) Artículo Exposición Ocupacional a Benceno, Tolueno Etilbenceno y Xileno en Trabajadores de Gasolineras: Revisión Sistemática.

- Recuperado de:  
<file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/VILLALBA%20TORO%20RODRIGO%20DAVID.pdf>
- Rosa Isabel Patiño (2006), jefe del Programa Nacional de Ciencia y Tecnología de la Salud en Colciencias. Recuperado de:  
[https://cienciagora.universia.net.co/infodetail/novedades\\_de\\_ciencia/actualidad/disolventes-organicos-y-salud-publica-169.html](https://cienciagora.universia.net.co/infodetail/novedades_de_ciencia/actualidad/disolventes-organicos-y-salud-publica-169.html)
- Rubiano, M., Duarte, M. (2002). Revista colombiana de química Evaluación del riesgo ocupacional por exposición a benceno, tolueno y xilenos en una industria de pinturas en Bogotá, D.C. Recuperado de:  
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/30826>
- Sánchez, M. M. (2005). Efectos Neuroconductuales en trabajadores expuestos a solventes orgánicos en la industria petrolera. (Tesis de maestría, Universidad del Zulia), Estado Zulia, Venezuela
- Varona - Uribe, Marcela. (2010) Vigilancia médica para los trabajadores expuestos a benceno, tolueno y xileno. *Universidad del Rosario*. Recuperado de  
<https://repository.urosario.edu.co/items/2a1a9c04-c065-4bba-8bb5-4cf48444073a>
- Zubizarreta, A., Martínez, J., Rivas, P., Gómez, S. y Sanz, A. (2018). Revisión de la literatura sobre efectos nocivos de la exposición laboral a hidrocarburos en trabajadores en ambiente externo. *Medicina y Seguridad del Trabajo*, 64 (252), 271-294. Recuperado de  
[https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0465-546X2018000300271](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0465-546X2018000300271)
- Zúñiga, A. H. (2003). Seguridad e higiene industrial. Editorial Limusa.  
 Recuperado de:  
[https://www.google.com.co/books/edition/Seguridad\\_e\\_higiene\\_industrial/Eo\\_kObpifcM?hl=es&gbpv=1&dq=inauthor:%22Alfonso+Hern%C3%A1ndez+Z%C3%BA%C3%B1iga%22&printsec=frontcove](https://www.google.com.co/books/edition/Seguridad_e_higiene_industrial/Eo_kObpifcM?hl=es&gbpv=1&dq=inauthor:%22Alfonso+Hern%C3%A1ndez+Z%C3%BA%C3%B1iga%22&printsec=frontcove)