



UNIVERSIDAD DE CUENCA

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

“MAESTRÍA EN TOXICOLOGÍA INDUSTRIAL Y AMBIENTAL”

**EVALUACIÓN DEL RIESGO TOXICOLÓGICO POR EXPOSICIÓN A
COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES EN AIRE AMBIENTE, EN
TALLERES DE LATONERÍA Y PINTURA DE LA CIUDAD.**

CASO DE ESTUDIO: CUENCA – ECUADOR.

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE
MAGÍSTER EN TOXICOLOGÍA
INDUSTRIAL Y AMBIENTAL**

AUTOR: BQF. Johana Cristina Guevara Idrovo

C.I. 0103989208

DIRECTOR: Ing. Ana Lucía Astudillo Alemán MSc.

C.I. 0103681557

**CUENCA-ECUADOR
2017**



RESUMEN

Los Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) son sustancias que contienen carbono en su estructura molecular, su presencia puede causar efectos nocivos sobre el medio ambiente y la salud. En la ciudad de Cuenca existe exposición a COVs a nivel industrial, artesanal y doméstico, dichos compuestos son empleados en la industria de pintura, siderurgia, calzado y adhesivos; la vía de inhalación y absorción dérmica son las causas frecuentes de intoxicación. El objetivo de esta investigación fue evaluar el riesgo toxicológico sobre la salud de los trabajadores de talleres de latonería y pintura (TLP) expuestos a COVs. Para la determinación de las concentraciones de COVs, se hizo empleo de tubos de difusión pasiva, el monitoreo se realizó a distancias de 0,50 centímetros; 1 metro; 1,50 un metro cincuenta centímetros y 2 metros, durante un período de 8 horas, para el cálculo del riesgo toxicológico se determinó la concentración de COVs, Benceno, Tolueno, Xileno (BTX) identificando la ruta de exposición y se calculó la dosis de exposición e índice de peligro. Los resultados indican que las concentraciones de BTX en los talleres evaluados disminuyeron con respecto a la distancia. Al determinar el riesgo toxicológico se observó que el tolueno presenta un índice de peligro (IP) menor a uno en todos los TLP, por lo que se consideró un riesgo aceptable; no así para el xileno y benceno en donde IP es mayor a uno hasta la distancia de 1,50 un metro con cincuenta centímetros, considerándose que existe un riesgo para la salud inaceptable razón por la cual es indispensable.

Palabras Claves: Compuestos orgánicos volátiles, toxicidad, latonería, pintura.



ABSTRACT

Volatile Organic Compounds (VOCs) are substances that contain carbon in their molecular structure, their presence can cause harmful effects on the environment and health. In the city of Cuenca there is exposure to VOCs at industrial, artisanal and domestic level, these compounds are used in the paint, steel, shoe and adhesive industry; the route of inhalation and dermal absorption are the frequent causes of intoxication. The objective of this research was to evaluate the toxicological risk on the health of the workers of workshops of brass and paint (TLP) exposed to VOCs. For the determination of VOC concentrations, passive diffusion tubes were used, monitoring was performed at distances of 0.50 centimeters; 1 meter; 1.50 meters and 2 meters, during a period of 8 hours, the concentration of VOCs, Benzene, Toluene, Xylene (BTX) was determined for the toxicological risk calculation, identifying the route of exposure and calculating the dose of Exposure and hazard index. The results indicate that the concentrations of BTX in the evaluated workshops decreased with respect to distance. When determining the toxicological risk it was observed that toluene presents a hazard index (IP) of less than one in all the TLP, reason why considered an acceptable risk; Not so for xylene and benzene where IP is greater than one up to the distance of 1.50 meters with fifty centimeters, it being considered that there is an unacceptable health risk for which it is indispensable.

Keywords: Volatile organic compounds, toxicity, brass, paint.



TABLA DE CONTENIDOS

| | |
|--|----|
| RESUMEN | 2 |
| ABSTRACT | 3 |
| LISTA DE FIGURAS | 9 |
| ECUACIONES..... | 10 |
| ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA..... | 13 |
| AGRADECIMIENTOS | 15 |
| DEDICATORIA..... | 16 |
| CAPITULO I | 17 |
| INTRODUCCIÓN | 17 |
| 1.1 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN | 18 |
| 1.2 HIPOTESIS | 19 |
| CAPITULO II | 20 |
| REVISION BIBLIOGRÁFICA..... | 20 |
| 2.1 CONSIDERACIONES GENERALES..... | 20 |
| 2.2 CONTAMINANTES ORGÁNICOS..... | 20 |
| 2.2.1 COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (COVs)..... | 20 |
| 2.2.1.1 CLASIFICACIÓN DE LOS COVs | 21 |
| 2.3 PRINCIPALES COVs: BENCENO, TOLUENO Y XILENO (BTX)..... | 22 |
| 2.4 PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DEL BTX | 23 |
| 2.4.1 Benceno | 23 |
| 2.4.2 Tolueno | 23 |
| 2.4.3 Xileno..... | 24 |
| 2.5 METABOLISMO DE LOS SOLVENTES ORGÁNICOS BTX | 25 |
| 2.5.1 Absorción..... | 25 |
| 2.5.2 Distribución | 26 |
| 2.5.3 Metabolismo | 26 |
| 2.5.4 Eliminación | 27 |
| 2.6 TOXICIDAD DE LOS SOLVENTES ORGÁNICOS BTX | 28 |
| 2.7 NORMATIVA AMBIENTAL (ESPAÑA 2014) | 31 |
| 2.7.1 LÍMITES DE EXPOSICIÓN PROFESIONAL PARA AGENTES QUÍMICOS EN ESPAÑA 2014..... | 31 |
| 2.7.2 VALORES LÍMITES AMBIENTALES (VLA) | 33 |



| | |
|--|----|
| 2.7.3 UNIDADES DE LOS VALORES LÍMITE AMBIENTALES | 34 |
| 2.7.4 VALOR LÍMITE AMBIENTAL-EXPOSICIÓN DIARIA (VLA-ED)..... | 34 |
| 2.8 NORMATIVA PARA LA CONCENTRACIÓN DE BTX EN EL AIRE | 35 |
| 2.9 DETERMINACIÓN DE COVs..... | 36 |
| 2.9.1 TUBOS DE DIFUSIÓN PASIVO | 36 |
| 2.9.2 MEDICIÓN DEL COVs MEDIANTE EL USO DE TUBOS DE DIFUSIÓN PASIVA | 37 |
| 2.10 EVALUACIÓN DEL RIESGO TOXICOLÓGICO | 38 |
| 2.10.1 IDENTIFICACIÓN DEL PELIGRO | 39 |
| 2.10.2 CARACTERIZACIÓN DEL PELIGRO | 39 |
| 2.10.3 EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN | 39 |
| 2. 10.4 CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO | 40 |
| CAPITULO III | 41 |
| MATERIALES Y MÉTODOS | 41 |
| 3.1 DISEÑO EXPERIMENTAL | 41 |
| 3.1.1 LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN | 41 |
| 3.3 METODOLOGÍA | 42 |
| 3.3.1 MUESTREO AMBIENTE LABORAL | 43 |
| 3.3.2 MUESTREO EN AIRE AMBIENTE..... | 45 |
| 3.4 EVALUACIÓN DEL RIESGO | 45 |
| 3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO | 47 |
| CAPITULO IV | 50 |
| RESULTADOS | 50 |
| 4.1 ANÁLISIS DE REGRESIÓN | 50 |
| 4.2 ANÁLISIS DEL MODELO DE REGRESIÓN DE GASES TOTALES Y DISTANCIA, EN RELACIÓN CON LOS GASES PARCIALES: TOLUENO, XILENO Y BENCENO..... | 59 |
| 4.3 CONCENTRACIÓN DE COVs EN EL TLP 1..... | 59 |
| 4.4 CONCENTRACIÓN DE COVs EN EL TLP 2..... | 60 |
| 4.5 CONCENTRACIÓN DE COVs EN EL TLP 3..... | 61 |
| 4.6 CONCENTRACIÓN DE BTX EN EL TLP 1, 2, 3..... | 62 |
| 4. 7 EVALUACIÓN DEL RIEGO | 64 |
| 4.7.1 CÁLCULO DOSIS DE EXPOSICIÓN | 64 |
| 4.7.2 CÁLCULO INDICE DE PELIGRO (IP)..... | 65 |



| | |
|---|----|
| 4.7.3 CÁLCULO MARGEN DE EXPOSICIÓN | 67 |
| 4.8 DETERMINACIÓN DE COVs EN AIRE AMBIENTE..... | 68 |
| CAPITULO V | 69 |
| DISCUSIÓN | 69 |
| CAPITULO VI..... | 76 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 76 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS | 79 |
| ANEXOS | 83 |



LISTA DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Propiedades y características del benceno, tolueno y xileno. | 25 |
| Tabla 2. Índices biológicos de exposición (BEI) para benceno, tolueno y xileno... | 27 |
| Tabla 3. Efectos Neurotóxicos según la clasificación de Simonsen y cols. | 29 |
| Tabla 4. Resumen de límites tolerables de exposición para disolventes BTX | 34 |
| Tabla 5. Regulación de los niveles de exposición a BTX | 35 |
| Tabla 6. Características generales de los talleres y condiciones del área de estudio..... | 41 |
| Tabla 7. Factor de corrección..... | 44 |
| Tabla 8. Promedio de la pendiente (variación de la contaminación por metro) y de la ordenada al origen (concentración cuando la distancia es cero), con la finalidad de determinar un modelo general para la latonería cerrada..... | 52 |
| Tabla 9. Promedio de la pendiente (variación de la contaminación por metro) y de la ordenada al origen (concentración cuando la distancia es cero), con la finalidad de determinar un modelo general para la latonería semicerrada. | 55 |
| Tabla 10. Promedio de la pendiente (variación de la contaminación por metro) y de la ordenada al origen (concentración cuando la distancia es cero), con la finalidad de determinar un modelo general para la latonería abierta..... | 58 |
| Tabla 11. Modelos de regresión para los BTX. | 59 |
| Tabla 12. Concentración de COVs (ppm) en el TLP 1 | 60 |
| Tabla 13. Concentración de COVs (ppm) en el TLP 2 | 61 |
| Tabla 14. Concentración de COVs (ppm) en el TLP 3 | 62 |
| Tabla 15. Concentración Promedio de BTX (ppm) en el TLP 1..... | 62 |
| Tabla 16. Concentración Promedio de BTX (ppm) en el TLP 2..... | 63 |
| Tabla 17. Concentración Promedio de BTX (ppm) en el TLP 3..... | 63 |



| | |
|---|----|
| Tabla 18. Dosis de Exposición (mg/m^3) de BTX en el TLP 1 | 64 |
| Tabla 19. Dosis de Exposición (mg/m^3) de BTX en el TLP 2 | 64 |
| Tabla 20. Dosis de Exposición (mg/m^3) de BTX en el TLP 3 | 65 |
| Tabla 21. Índice de Peligro de BTX en el TLP 1..... | 65 |
| Tabla 22. Índice de Peligro de BTX en el TLP 2..... | 66 |
| Tabla 23. Índice de Peligro de BTX en el TLP 3..... | 66 |
| Tabla 24. Margen de Exposición de BTX en el TLP 1 | 67 |
| Tabla 25. Margen de Exposición de BTX en el TLP 2..... | 67 |
| Tabla 26. Margen de Exposición de BTX en el TLP 3..... | 68 |
| Tabla 27. Concentración de COVs en aire ambiente | 68 |



LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Estructura química del benceno..... | 23 |
| Figura 2. Estructura química del tolueno..... | 24 |
| Figura 3. Estructura química del orto, meta y para-xileno..... | 24 |
| Figura 4. Ubicación de las latonerías de estudio en la ciudad de Cuenca. | 42 |
| Figura 5. Procedimiento de medición. FUENTE: Gastec Corporation..... | 44 |
| Figura 6. Análisis de regresión lineal en el TLP 1, primera semana..... | 50 |
| Figura 7. Análisis de regresión lineal en el TLP 1, segunda semana..... | 51 |
| Figura 8. Análisis de regresión lineal en el TLP 1, tercera semana..... | 51 |
| Figura 9. Análisis de regresión lineal en el TLP 2, primera semana..... | 53 |
| Figura 10. Análisis de regresión lineal en el TLP 2, segunda semana. | 53 |
| Figura 11. Análisis de regresión lineal en el TLP 2, tercera semana..... | 54 |
| Figura 12. Análisis de regresión lineal en el TLP 3, primera semana..... | 56 |
| Figura 13. Análisis de regresión lineal en el TLP 3, segunda semana. | 56 |
| Figura 14. Análisis de regresión lineal en el TLP 3, tercera semana..... | 57 |



ECUACIONES

| | |
|-----------------|----|
| Ecuación 1..... | 44 |
| Ecuación 2..... | 46 |
| Ecuación 3..... | 47 |
| Ecuación 4..... | 47 |



CLÁUSULA DE DERECHO DE AUTOR



Universidad de Cuenca
Clausula de derechos de autor

BQF. Johana Cristina Guevara Idrovo, autora de la tesis "EVALUACIÓN DEL RIESGO TOXICOLÓGICO POR EXPOSICIÓN A COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES EN AIRE AMBIENTE, EN TALLERES DE LATONERÍA Y PINTURA DE LA CIUDAD. CASO DE ESTUDIO: CUENCA – ECUADOR.", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de MAGÍSTER EN TOXICOLOGÍA INDUSTRIAL Y AMBIENTAL. El uso que la Universidad de Cuenca hiciera de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora

Cuenca, Enero de 2017

BQF. Johana Cristina Guevara Idrovo

C.I: 0103989208



CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL



Universidad de Cuenca
Clausula de propiedad intelectual

BQF. Johana Cristina Guevara Idrovo, autora de la tesis "EVALUACIÓN DEL RIESGO TOXICOLÓGICO POR EXPOSICIÓN A COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES EN AIRE AMBIENTE, EN TALLERES DE LATONERÍA Y PINTURA DE LA CIUDAD. CASO DE ESTUDIO: CUENCA – ECUADOR.", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, Enero de 2017

BQF. Johana Cristina Guevara Idrovo

C.I: 0103989208



ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA

| | |
|---|--|
| ACGIC | American Conference of Governmental Industrial Hygienists |
| BEI | Índices biológicos de exposición |
| BXT | Benceno, Tolueno y Xileno |
| C | Valores techo |
| C₆H₄(CH₃)₂ | Xileno |
| C₆H₆ | Benceno |
| CEA | Centro de Estudios Ambientales |
| CFCs | Clorofluorocarburos |
| COVs | Compuestos Orgánicos Volátiles |
| CYP2E1 | Citocromo P450 2E1 |
| ED | Exposición diaria |
| EP | Exposición profesional |
| HAP | Agentes Contaminantes peligrosos |
| HFCs | Hidrofluorocarburos |
| IP | Índice de peligro |
| KPas | Kilopascal |
| m | metro |
| MAAP | Major Air Pollutants o Principales Contaminantes Atmosférico |
| ml/m³ | mililitro por metro cubico |
| NIOSH | National Institute for Occupational Safety and Health o Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional |
| °C | Grados centígrados |



| | |
|---------------|--|
| OSHA | Occupational Safety and Health Administration o Administración de Seguridad y Salud ocupacional |
| PAH | Hidrocarburos poli aromáticos |
| PEL | Límite de exposición permisible |
| PID | Proporcional (P), integral (I) y derivativa (D) |
| POCP | Factor de producción de ozono Fotoquímico |
| ppb | Partes por billón |
| ppm | Partes por millón |
| ppt | Partes por trillón |
| STEL | Short Term Exposure Level o Límite de exposición a corto plazo. |
| TLP | Taller de latonería y pintura |
| TLV | Threshold Limit Value o Valor límite de umbral. |
| TWA | Time weight average o Medida ponderada de 8 horas |
| VLA | Valor límite ambiental |
| VLA-ED | Valores de límites de exposición diaria. |
| ACGIH | Association Advancing Occupational and Environmental Health) |



AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la vida y la oportunidad de realizar uno de mis sueños, a mis padres, hermanos por estar siempre junto a mí, a la MSc. Ana Astudillo por el apoyo durante la realización del presente trabajo, a mi querido esposo y mis queridos hijos por el apoyo incondicional para concluir mi tesis de Maestría.

Johana Cristina Guevara Idrovo



DEDICATORIA

A mi familia que con su apoyo incondicional han sabido guiarme siempre permitiendo que hoy culmine con éxito mi maestría; a mi esposo e hijos que son parte fundamental en mi vida, y por brindarme siempre su apoyo.

Johana Cristina Guevara Idrovo



CAPITULO I INTRODUCCIÓN

La importancia de los compuestos orgánicos volátiles (COVs) en la química atmosférica, son generados por actividades productivas, acorde a lo establecido en los años cincuenta en estudios realizados sobre el smog de la ciudad de los Ángeles Estados Unidos. (Marc, Zabiegala, Namiesnik, 2014)

En dichos estudios se manifiesta como papel clave la oxidación de éstos compuestos en presencia de luz solar y óxidos de nitrógeno, como una fuente de ozono y otros oxidantes (Marc et al., 2014). Estos compuestos juegan un papel importante en el desarrollo de riesgos toxicológicos a nivel de la salud humana y han sido considerados precursores de contaminantes ambientales como el ozono troposférico (Marc et al., 2014). Sin embargo, a pesar del impacto y la importancia que han tenido últimamente los COVs, las investigaciones llevadas para su identificación, caracterización, cuantificación y regulación son escasos en nuestro país, especialmente en la ciudad de Cuenca.

Éstos compuestos presentan una alta volatilidad, por lo que se transfieren a la atmosfera con gran facilidad y pueden ser absorbidos por el hombre a través de la vía respiratoria o dérmica. (Sanchez & León, 2009)

Los efectos ambientales más notables de los COVs son el agotamiento de ozono estratosférico, formación fotoquímica de ozono troposférico y la potenciación del efecto invernadero global. Por otro lado los riesgos tóxicos a nivel de la salud humana a bajas concentraciones causan dolor de cabeza, irritación de garganta y tos. A concentraciones elevadas han sido asociados con el incremento de riesgo de enfermedades cardiovasculares, respiratorias, neurológicas e incluso han sido



relacionadas con aplasia medular, en especial a exposiciones prolongadas de BXT (Benceno, Tolueno y Xileno) (Franco, 2010, Haro-García et al., 2008, Marcé et al., 2014)

Con lo manifestado anteriormente, la presente investigación permitió determinar las concentraciones de COVs en el aire ambiente de tres talleres de carrocería y pintura de la ciudad de Cuenca, luego estas concentraciones se compararon con los límites estipulados en la Norma Española 2014 y se identificaron los compuestos orgánicos más persistentes, para finalmente evaluar el riesgo toxicológico sobre la salud humana.

1.1 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el riesgo toxicológico sobre la salud humana de los trabajadores de talleres de latonería y pintura, expuestos a Compuestos Orgánicos Volátiles.

OBJETIVO ESPECÍFICO

- Determinar la concentración de los compuestos orgánicos volátiles (Tolueno, Benceno y Xileno) en distancias concéntricas desde el punto de generación de vapores de pintura, por técnica dosimétrica pasiva.
- Evaluar la concentración de COVs totales mediante el empleo de muestreadores PID activo representativo para el área de pintura de los talleres investigados.
- Determinar el riesgo toxicológico ponderado de acuerdo a las concentraciones encontradas de COVs, en función de la distancia del punto de generación de vapores de pintura y del área de trabajo.



1.2 HIPOTESIS

La concentración de COVs y su riesgo toxicológico sobre la salud humana (por exposición en periodo laboral diario) es directamente proporcional a la distancia del punto de generación de vapores de pintura, al interior de talleres de latonería.



CAPITULO II

REVISION BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONSIDERACIONES GENERALES

La polución atmosférica es una de las principales formas de contaminación, ya que el medio por la que se difunde (el aire) llega rápidamente a cualquier lugar del ecosistema. La causa de contaminación más típica por este medio, desde tiempos inmemorables, es la quema de combustibles (Montero & León, 2009). En la atmosfera el movimiento de los vientos, los cambios de temperatura y de humedad en el ambiente, pueden modificar el comportamiento de las sustancias presentes en él. (Sanchez & León, 2009)

2.2 CONTAMINANTES ORGÁNICOS

Los compuestos orgánicos que contaminan el ambiente pueden dividirse en cuatro grandes grupos: contaminantes orgánicos volátiles, compuestos poli aromáticos, persistentes y plaguicidas. (Sanchez & León, 2009)

2.2.1 COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (COVs)

Se define como compuestos orgánicos volátiles, o a veces llamados COVs (por sus siglas en inglés), a aquellos compuestos constituidos fundamentalmente por carbono y que participan en las reacciones atmosféricas fotoquímicas. Se convierten fácilmente en vapor o gas; y a una temperatura de 200° C poseen una presión de vapor igual o mayor a 0,01kPas, o una volatilidad equivalente en condiciones particulares de uso. (De Blas, 2014, Montero & León, 2009)



2.2.1.1 CLASIFICACIÓN DE LOS COVs

Existen muchas categorizaciones de los COVs y pueden clasificar en base a su composición, peligrosidad, toxicidad, utilización, etc., pero de manera general podemos decir que existen dos grupos principales de compuestos orgánicos. (Sanchez & León, 2009)

2.2.1.1.1 Major Air Pollutants (MAAP) o Principales agentes contaminantes: Comprenden dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, monóxido de carbono, partículas y los contaminantes secundarios del ozono.

2.2.1.1.2 Hazardous Air pollutants (HAP) o Agentes Contaminantes peligrosos: Están comprendidos por agentes químicos, físicos y biológicos de diferentes tipos. Los HAP (Agentes Contaminantes peligrosos) están generalmente presentes en la atmosfera en mucha menor concentración que los MAAP (Major Air Pollutants o Principales Contaminantes Atmosférico), aunque son más difíciles de controlar debido a que en muchas ocasiones no son identificados.

Entre los HAP, los más importantes son los COVs y los PAH (Hidrocarburos poli aromáticos):

- **Compuestos orgánicos volátiles (COVs)** emitidos principalmente a través de la combustión parcial de carburantes y a través de evaporación de disolventes orgánicos. De ellos destacan el benceno y el 1,3 butadieno por ser potencialmente cancerígenos. Ambos son emitidos principalmente a través de la combustión de petróleo y sus derivados. (Sanchez & León, 2009)



- **Hidrocarburos poliaromáticos (PAH):** son compuestos emitidos en cantidades pequeñas a la atmosfera, pero son potencialmente cancerígenos. (Sanchez & León, 2009)

2.3 PRINCIPALES COVs: BENCENO, TOLUENO Y XILENO (BTX)

Los COVs son reconocidos principalmente por ser volátiles, liposolubles, tóxicos e inflamables. Estas características hacen que los solventes emitan vapores tóxicos que afectan principalmente al sistema nervioso central, periférico y a la médula ósea. Los efectos adversos en la salud humana varían en función de cada compuesto, del grado y del período de exposición al mismo, logrando ser causantes de efectos cancerígenos, mutagénicos e incluso ser responsables de enfermedades crónicas como el asma. (De Blas, 2014, Sanchez & León, 2009)

Desde el siglo XIX se despertó el interés por comprender la toxicidad crónica que ejercen los compuestos aromáticos (BTX) sobre la medula ósea debido a su poder leucemiogénico, así como, la asociación de los mismos con las manifestaciones citopenicas, dismielopoyeticas, displasias o inmunotoxicas en atmósferas laborales. (Sanchez & León, 2009)

2.4 PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DEL BTX

2.4.1 Benceno

El benceno (C_6H_6), es un hidrocarburo aromático que puede formar una mezcla altamente inflamable y explosiva con el aire. Ha sido designado como “carcinogénico humano confirmado” (1ª según ACGIH. Association Advancing Occupational and Environmental Health) (Castellar, 2007)

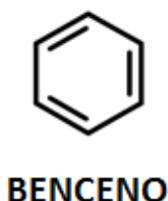


Figura 1. Estructura química del benceno.
FUENTE: Royal Society of Chemistry, 2014.

2.4.2 Tolueno

El tolueno (toluol, metilbenceno, fenilmetano), con formula $C_6H_5CH_3$, es un líquido incoloro, no corrosivo, de olor dulce y penetrante, semejante al del benceno, poco soluble en agua y soluble en alcohol, cloroformo, éter, acetona, ácido acético glacial y disulfuro de carbono. Su estructura química con siete átomos de carbono y ocho de hidrógeno, forman un anillo de seis carbonos y posee además un grupo metil ($C_6H_5CH_3$). (Castellar, 2007)

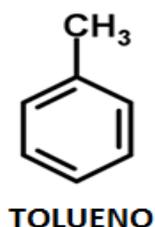


Figura 2. Estructura química del tolueno.
FUENTE: Royal Society of Chemistry, 2014.

2.4.3 Xileno

El xileno (xilol, di metilbenceno), $C_6H_4 (CH_3)_2$, es una mezcla comercial de tres isómeros: orto, meta y para-xileno, predominando los dos últimos. De iguales características físicas que los dos compuestos anteriores, es soluble en alcohol y éter e insoluble en agua. Por su inflamabilidad, el riesgo de incendio es moderado. (Castellar, 2007)

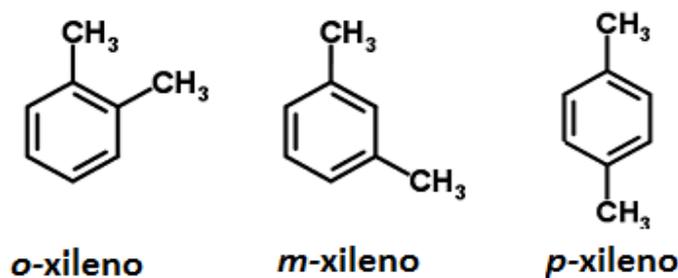


Figura 3. Estructura química del orto, meta y para-xileno.
FUENTE: Royal Society of Chemistry. 2014.

En la tabla 1 se describe las principales características de los compuestos orgánicos volátiles más importantes. (Jiménez & Kuhn, 2009)



Tabla 1. Propiedades y características del benceno, tolueno y xileno.

| PRODUCTO QUIMICO | PROPIEDADES Y CARACTERISTICAS DE LOS BTX |
|------------------|---|
| Benceno | Hidrocarburo incoloro. |
| | Olor dulce, altamente inflamable. |
| | PM: 78,11 g/mol |
| | ρ : 0,879 g/m ³ |
| | Carcinógeno |
| | Afecta principalmente la sangre |
| Tolueno | Líquido incoloro. |
| | Olor característico. |
| | PM: 92,14 g/mol. |
| | ρ : 0,8669 g/m ³ |
| | Origen natural del petróleo crudo y árbol de tolú |
| | Su puerta de entrada es por inhalación afectando al SNS |
| Xileno | Derivado del benceno |
| | Olor similar al tolueno |
| | Origen griego Xilion = Madera |
| | PM: 106,16 g/mol |
| | ρ : 0,864 g/m ³ |
| | Se obtiene por destilación de la madera gases de coque |
| | Narcótico |

FUENTE: Jiménez, 2009

2.5 METABOLISMO DE LOS SOLVENTES ORGÁNICOS BTX

2.5.1 Absorción

La inhalación y absorción percutánea son las principales vías de absorción de los disolventes y ocurre a pocos minutos después del inicio de la exposición. La captación por inhalación es la principal vía y depende de la concentración del disolvente en el aire inhalado, del coeficiente sangre/aire del disolvente (que es determinado por la variabilidad individual de la permeabilidad de la membrana alveolo-capilar y la solubilidad en sangre), la tasa de ventilación alveolar, la



perfusión pulmonar y la duración de la exposición. (Castellar, 2007, Morales & Barahona, 2013). En cambio, la absorción por vía dérmica es menor pero también importante pues los disolventes son fácilmente solubles en agua y en lípidos; el atrapamiento entre la piel y la ropa de trabajo, el grado de hidratación de la piel y presencia de cortes, abrasiones o enfermedades de la piel también son factores que juegan un papel importante en el grado de absorción del solvente. En estudios realizados en hombres, se ha demostrado que la exposición percutánea al xileno de ambas manos por 15 minutos, alcanza concentraciones plasmáticas iguales a las que se obtienen después de la inhalación de 100 ppm para el mismo período de tiempo. (Haro et al., 2008, Castellar, 2007)

2.5.2 Distribución

Después de la absorción, los disolventes orgánicos son distribuidos a través del torrente sanguíneo hacia el hígado para ser biotransformados o se acumulan en los tejidos ricos en lípidos, como los del sistema nervioso. (Morales & Barahona, 2013)

2.5.3 Metabolismo

El **benceno**, una fase intermedia promueve la constitución de un epóxido a través de oxidases dependientes principalmente del CYP2E1 (citocromo P450 2E1). La fase terminal puede ser a través de la hidrolización del epóxido de benceno transformándose en fenol, catecol, hidroquinona y 1,2,4-trihidrobenceno, los cuales inhiben la hematopoyesis a través de diferentes mecanismos de toxicidad. (Castellaro, 2007, Haro et al, 2008)



El **tolueno** es biotransformado entre otros por CYP2E1, el cual comparte con el benceno que lo oxidan a ácido benzoico una vez conjugado con glicina forma ácido hipúrico, uno de sus principales metabolitos finales, mismo que no tiene adjudicados, al menos a la fecha, efectos tóxicos conocidos sobre médula ósea. (Castellar, 2007, Haro et al.2008)

Los tres isómeros del **xileno** son mayoritariamente biotransformados en ácido metilhipúrico. (Castellar, 2007, Haro et al.2008)

Los metabolitos de BTX son utilizados como índices biológicos y permiten determinar el nivel de exposición de los trabajadores a estas sustancias como se indica en la tabla 2. (Castellar, 2007)

Tabla 2. Índices biológicos de exposición (BEI) para benceno, tolueno y xileno.

| PRODUCTO QUÍMICO | METABOLITO | ÍNDICE BIOLÓGICO DE EXPOSICIÓN (BEI) |
|------------------|--|--------------------------------------|
| Benceno | Ácido S-fenil mercaptúrico en orina $\mu\text{g/g}$ creatinina | 25 $\mu\text{g/g}$ creatinina |
| Tolueno | Acido hipúrico en orina g/g creatinina | 2,5 g/g creatinina |
| Xileno | Ácido metilhipúrico en orina g/g creatinina | 1,5 g/g creatinina |

FUENTE: Morales & Barahona, 2013.

2.5.4 Eliminación

La eliminación de los solventes se produce a través de exhalación del compuesto en el aire expirado o por medio de la excreción urinaria o biliar de los metabolitos solubles en agua. La excreción de los metabolitos se completa generalmente dentro de las 24-48 horas después de una exposición única, lo que representa una vida media biológica inferior a las 12 horas. Sin embargo, los tejidos adiposos



pueden retener una pequeña cantidad de benceno durante varios días después del final de la exposición. (Castellar, 2007)

2.6 TOXICIDAD DE LOS SOLVENTES ORGÁNICOS BTX

La importancia de destacar su mezcla con tolueno y xileno es debido a que existe evidencia para suponer que éstas sustancias interactúan y determinan la hematoimmunotoxicidad del benceno, ya que comparten el mecanismo toxicocinético del citocromo P450 CYP2E1 y de otras isoenzimas de este sistema, sin embargo, la acción conjunta de tolueno-xileno al parecer en forma independiente produce algunos efectos aditivos sobre la cuenta de linfocitos, de glóbulos rojos y de monocitos. (Haro et al, 2008)

Para evaluar el riesgo hematoimmunotóxico en trabajadores expuestos de manera crónica a BTX es necesario el recuento eritrocitario, fórmula leucocitaria y otros valores hematológicos o marcadores inmunológicos. A pesar de que los estudios acerca de efecto hematoimmunotóxico de BTX son escasos, existe información sobre la disminución sutil del número de eritrocitos acompañada de decremento en la hemoglobina corpuscular media, de la concentración media de hemoglobina corpuscular y de macrocitos, sin embargo, otra no señala cambio alguno. Los efectos sobre el número de reticulocitos y el resto de indicadores hematológicos de la fórmula roja no parecen ser relevantes, así como el número de las plaquetas. (Castellar, 2007, Morales & Barahona, 2013)

La neurotoxicidad es considerada como una de las diez principales causas de enfermedades profesionales en Estados Unidos, pues se ha determinado en las industrias químicas, que estos productos provocan síndromes neurotóxicos que



pueden volverse irreversibles o bien expresarse en forma aguda o crónica, y sus síntomas y efectos varían según el tiempo de exposición, la agresividad de la sustancia, la dosis y la sensibilidad individual del trabajador. (Castellar, 2007, Morales & Barahona, 2013)

Tabla 3. Efectos Neurotóxicos según la clasificación de Simonsen y cols.

| NIVEL | GRUPO | EFFECTOS NEUROTÓXICOS |
|-------|--|--|
| 6 | Alteraciones morfológicas | Muerte celular, axonopatía, y alteraciones morfológicas subcelulares |
| 5 | Alteraciones neurológicas | Hallazgos anómalos en exploraciones neurológicas en seres humanos. |
| 4 | Alteraciones fisiológicas o del comportamiento | Hallazgos experimentales en animales o seres humanos (por ejemplo variaciones en los potenciales evocados o electroencefalograma o alteraciones en pruebas psicológicas o del comportamiento). |
| 3 | Alteraciones bioquímicas | Alteraciones de parámetros bioquímicos importantes (por ejemplo en el nivel del transmisor, el contenido de proteína-AFG o en actividades enzimáticas). |
| 2 | Síntomas subjetivos irreversibles | Síntomas subjetivos. Ausencia de indicios de anomalías en las exploraciones neurológica, psicológica o cualquier otra exploración médica. |
| 1 | Síntomas subjetivos reversibles | Síntomas subjetivos. Ausencia de indicios de anomalías en las exploraciones neurológica, psicológica o cualquier otra exploración médica. |

FUENTE: Morales and Barahona 2013

Otra manera de expresar los efectos neurotóxicos de los compuestos orgánicos volátiles (benceno, tolueno y xileno) es a través de las siguientes definiciones: intoxicación aguda e intoxicación crónica.



Intoxicación Aguda

Los síntomas se agravan dependiendo de la cantidad de sustancia neurotóxica a la que se haya expuesto, los efectos agudos son inmediatos. Si la exposición ha sido leve los efectos serán transitorios y pueden desaparecer al cesar la exposición. El principal síntoma de intoxicación aguda que se le atribuye al benceno, tolueno y xileno son síntomas pre narcóticos. Si la exposición es a una alta concentración puede dar lugar inclusive a la muerte. La intoxicación aguda, se trata de un suceso súbito, violento y por lo tanto, se considera como accidente de trabajo. (Morales & Barahona, 2013)

Intoxicación Crónica

La exposición constante a niveles bajos o medios de sustancias neurotóxicas durante algún tiempo puede alterar la fisiología del sistema nervioso progresivamente, presentando patologías por inhalación o por contacto que suelen ser más graves con presencia de encefalopatía, disfunción cerebelosa, polineuropatía, pérdida de audición y trastornos visuales. La intoxicación repetitiva de una misma sustancia deriva en enfermedad profesional. (Morales & Barahona, 2013)



2.7 NORMATIVA AMBIENTAL (ESPAÑA 2014)

2.7.1 LÍMITES DE EXPOSICIÓN PROFESIONAL PARA AGENTES QUÍMICOS EN ESPAÑA 2014

DEFINICIONES

Agente químico. Todo elemento o compuesto químico, por si solo o mezclado, tal como se presenta en estado natural o es producido, utilizado o vertido, incluido el vertido como residuo, en un actividad laboral, se haya elaborado o no de modo intencional y se haya comercializado o no.

Puesto de trabajo. Con este término se hace referencia tanto al conjunto de actividades que están encomendadas a un trabajador concreto como al espacio físico en que este desarrolla su trabajo.

Zona de respiración. El espacio alrededor de la cara del trabajador del que éste toma el aire que respira. Con fines técnicos, una definición más precisa es la siguiente: semiesfera de 0,3 m de radio que se extiende por delante de la cara del trabajador, cuyo centro se localiza en el punto medio del segmento imaginario que une ambos oídos y cuya base está constituida por el plano que contiene dicho segmento, la parte más alta de la cabeza y la laringe.

Periodo de referencia. Periodo especificado de tiempo, establecido para el valor límite de un determinado agente químico. El periodo de referencia para el límite de larga duración es habitualmente de 8 horas y para el límite de corta duración es de 15 minutos.



Exposición. Cuando este término se emplea sin calificativos hace siempre referencia a la vía respiratoria, es decir, a la exposición por inhalación.

Se define como la presencia de un agente químico en el aire de la zona de respiración del trabajador.

Se cuantifica en términos de la concentración del agente obtenida de las mediciones de exposición, referida al mismo período de referencia que el utilizado para el valor límite aplicable.

PEL. Limite de exposición permisible. Es la cantidad máxima o concentración de un producto químico a la que un trabajador puede estar expuestos según la Norma de OSHA (Administración de seguridad y salud ocupacional). Los PELS pueden definirse de dos formas diferentes

- **Valores techo (C).** Este límite de exposición no debe ser excedido en ningún momento. A veces se denota con la letra C (del inglés cellings, q significa techo)
- **Medidas ponderadas de 8 horas (TWA):** son un valor medio de exposición durante un turno de 8 horas. Los niveles TWA son normalmente más bajos que los valores techo. De esta forma, un trabajador puede estar expuesto a un nivel más alto que TWA durante parte del día (pero más bajo que el valor techo) siempre y cuando la exposición sea a valores por debajo de TWA durante el resto del día.

TLV. Valor limite umbral. Son valores guía (no estándares) preparados por la conferencia americana de higienistas Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (American Conference Of Governmental Industrial



Hygienists, ACGIH) para ayuda a los higienistas industriales a tomar decisiones relacionadas con niveles seguros de exposición a diferentes peligros que se encuentren en el lugar de trabajo.

Un TLV refleja el nivel de exposición que el trabajador típico puede experimentar sin un riesgo razonable de enfermedad o daño. Los TLVs no son estimaciones cuantitativas de riesgo a distintos niveles de exposición o por diferentes rutas de exposición.

2.7.2 VALORES LÍMITES AMBIENTALES (VLA)

Son valores de referencia para las concentraciones de los agentes químicos en el aire y representan condiciones a las cuales se cree, basándose en los conocimientos actuales, que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos día tras día, durante toda su vida laboral, sin sufrir efectos adversos para su salud. (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo de España, 2014)

Los VLA se establecen teniendo en cuenta la información disponible, procedente de la analogía físico-química de los agentes químicos, de estudios *in vitro*, de los estudios de experimentación animal y de exposición controlada con voluntarios, de los estudios epidemiológicos y de la experiencia industrial. (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo de España, 2014)

Los VLA sirven exclusivamente para la evaluación y el control de los riesgos por inhalación de los agentes químicos incluidos en la lista de valores.



2.7.3 UNIDADES DE LOS VALORES LÍMITE AMBIENTALES

El valor límite para los gases y vapores se establece originalmente en ml/m^3 (ppm), valor independiente de las variables de temperatura y presión atmosférica, pudiendo también expresarse en mg/m^3 para una temperatura de 20°C y una presión de 101,3 kPa. (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo de España, 2014)

2.7.4 VALOR LÍMITE AMBIENTAL-EXPOSICIÓN DIARIA (VLA-ED)

Es el valor de referencia para la Exposición Diaria (ED).

De esta manera los VLA-ED representan condiciones a las cuales se cree, basándose en los conocimientos actuales, que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos 8 horas diarias y 40 horas semanales durante toda su vida laboral, sin sufrir efectos adversos para su salud.

Los límites de exposición en el ambiente laboral que se aceptan a nivel internacional son los propuestos por OSHA (Occupational Safety and Health Administration), NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) y ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists). Los límites de exposición a BTX admisibles se resumen en la Tabla 4. (Eller & Cassinelli, 2003, Acevedo, 2009)

Tabla 4. Resumen de límites tolerables de exposición para disolventes BTX

| DISOLVENTE | VLA-ED | |
|------------|--------|-----------------|
| | ppm | mg/m^3 |
| Benceno | 1 | 3,25 |



| | | |
|---------|----|-----|
| Tolueno | 50 | 191 |
| Xileno | 50 | 221 |

FUENTE: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España 2014.

2.8 NORMATIVA PARA LA CONCENTRACIÓN DE BTX EN EL AIRE

Si bien en el Ecuador no existen normas que regulen la presencia de BTX en el aire, se puede tomar como referencia normas internacionales como lo muestra la tabla 5, la cual es un resumen de diferentes normas aplicadas para cada compuesto:

Tabla 5. Regulación de los niveles de exposición a BTX

| COMPUESTO | TIPO DE EXPOSICIÓN | PERIODO PROMEDIO | VALOR LÍMITE |
|----------------|--------------------|------------------|--------------------------|
| BENCENO | Ambiental | 1 año civil | 0,00156 ppm ¹ |
| | Ocupacional | 8 h | 1 ppm ² |
| TOLUENO | Ambiental | 30 min | 0,27 ppm ⁴ |
| | Ocupacional | 8 h | 100 ppm ³ |
| | | No más de 15 min | 150 ppm ³ |
| XILENO | Ocupacional | 8 h | 100 ppm ⁵ |

¹ Directiva Europea de Calidad del Aire (2000/69CE) RD 1073/2002 (España) Valor Limite exigible a partir del 1 enero del 2010.

² Niveles de Exposición Recomendados por National Institute for Occupational and safety Health (NIOSH). Pocket Guide to Chemical Hazards. Benzene.2005.

³ Niveles de Exposición Recomendados por National Institute for Occupational and safety Health (NIOSH). Pocket Guide to Chemical Hazards. Toluene.2005.

⁴ World Health Organization (WHO). Air Quality guidelines for Europe. WHO Regional Publications, European Series N°23, 2 edition, Copenhagen: Regional Office for Europe. 2000.

⁵ Niveles de Exposición recomendados por National Institute for Occupational and safety Health (NIOSH). Pocket Guide to Chemical Hazards. Xylenes.2005.



2.9 DETERMINACIÓN DE COVs

2.9.1 TUBOS DE DIFUSIÓN PASIVO

Las concentraciones de los mismos contaminantes en aire de interiores y exteriores son también de interés. Sin embargo, estas concentraciones son usualmente mucho más bajas que las que se encuentran en el lugar de trabajo. Las técnicas adecuadas para medir altas concentraciones en aire de fábrica con frecuencia no son lo suficientemente sensibles para medir las concentraciones en exteriores o en viviendas. Por ejemplo, el límite más bajo de detección para tubos de difusión pasiva usualmente no es lo suficientemente bajo para medir las concentraciones en exteriores y viviendas. (Nash & Leith, 2010)

Las concentraciones bajas de contaminantes a menudo se miden usando grandes instrumentos que requieren energía eléctrica. El tamaño, costo inicial, ruido, y requerimientos para energía, calibración y mantenimiento de estos instrumentos, puede ser problemático. Muchos de estos instrumentos proveen medidas con buen tiempo de resolución, lo cual es importante si los efectos agudos son una preocupación primaria. Monitores pasivos, pequeños, silenciosos y baratos, tales como los tubos de difusión pasiva, no requieren electricidad, calibración, ni mantenimiento, y pueden incluso ser una atractiva alternativa si su límite bajo de detección puede ser reducido. Las concentraciones promedio a largo plazo que los monitores pasivos proveen son de interés cuando la exposición se asocia con efectos crónicos en vez de agudos, y cuando la variabilidad espacial de las concentraciones es más importante que la variabilidad temporal. (Nash & Leith, 2010)



Se realizaron varios estudios en donde se observa que los tubos colorimétricos de difusión pasiva pueden ser usados para medir bajas concentraciones de contaminantes aéreos durante períodos de exposición de una semana. Aunque los resultados no son tan precisos como se podría obtener usando instrumentos de tiempo real, los resultados de los tubos de difusión pueden sin embargo ser de considerable valor bajo circunstancias donde el costo, tamaño y necesidad de silencio, calibración *in situ* y energía eléctrica de dichos instrumentos constituyen un problema. Los tubos colorimétricos de difusión pasiva podrían ser particularmente útiles para encuestas de calidad de aire de exteriores e interiores en las cuales la intención es identificar ubicaciones o circunstancias donde las concentraciones promedio son particularmente bajas o altas, y donde la exigencia de precisión no es severa. (Nash & Leith, 2010) (Anexo 1)

2.9.2 MEDICIÓN DEL COVs MEDIANTE EL USO DE TUBOS DE DIFUSIÓN PASIVA

Los tubos colorimétricos de difusión pasiva están disponibles en el comercio para muchos contaminantes gaseosos. Estos tubos tienen el tamaño y forma aproximados de un lápiz, y están hechos de vidrio transparente. Contienen un químico que reacciona con los especímenes aéreos de interés, para producir una mancha coloreada. Como vienen de fábrica, los tubos están cerrados por ambos extremos; para tomar la muestra, un extremo del tubo se abre y se expone al aire. (Nash & Leith, 2010). Este extremo del tubo contiene una barrera de difusión que limita la velocidad de muestreo del contaminante. Conforme el contaminante se difunde en el tubo y reacciona, una mancha coloreada se desarrolla y expande. El fabricante del tubo imprime una serie de líneas circulares en el tubo,



perpendiculares a su eje. Estas líneas se etiquetan en partes por millón (ppm)-horas, para corresponder a la calibración del fabricante. La exposición se determina por la unión del largo de la mancha con el valor en ppm-horas de la línea correspondiente (Nash & Leith, 2010). La concentración promedio, se determina entonces dividiendo la exposición en ppm-horas del tubo para el tiempo de exposición, T. (Nash & Leith, 2010)

2.10 EVALUACIÓN DEL RIESGO TOXICOLÓGICO

La evaluación del riesgo toxicológico es aquella actividad científica que permite valorar las propiedades tóxicas de una sustancia y las condiciones de exposición humana a dicha sustancia, con el fin de determinar la posibilidad de que se produzcan efectos adversos y caracterizar la naturaleza de los mismos en la población expuesta. La evaluación de riesgo permite dar soporte, con base científica, a la toma de decisiones por los responsables de la gestión de sitios con peligros o contaminantes que afecten la salud de las personas y el medio ambiente. (Díaz, 1999)

La evaluación de riesgos se resume en los siguientes pasos (ATSDR, 1992):

- Identificación del peligro (que efectos nocivos sobre la salud tiene el contaminante)
- Caracterización del riesgo (cuál es el riesgo en la población expuesta)
- Evaluación de la exposición (que dosis reciben las personas)
- Relación dosis-respuesta (cuales son los efectos sobre la salud a distintos niveles de exposición).



2.10.1 IDENTIFICACIÓN DEL PELIGRO

Este proceso consiste en la recolección y la evaluación de datos del orden toxicológico, sobre los daños que en los organismos vivos pueda producir una sustancia, en este caso los BTX, que pueden causar efectos nocivos para la salud. La identificación del peligro sirve para determinar si es científicamente correcto relacionar que los efectos tóxicos observados en una especie ocurrirán en otras (ATSDR, 1992)

2.10.2 CARACTERIZACIÓN DEL PELIGRO

Describe la relación cuantitativa y/o cualitativa entre la magnitud de la exposición a una sustancias (dosis) y el grado, frecuencia o intensidad del daño toxico o enfermedad causada por dicha sustancia. Los datos provienen de estudios de preferencia en animales y, menos frecuentemente, de estudios en poblaciones humanas expuestas. (García et al., 1995)

2.10.3 EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

Incluye la descripción de la naturaleza y el tamaño de la población expuesta a una sustancia, la magnitud y duración de su exposición así como las condiciones habituales en que se produce la exposición. Es una combinación de los datos de exposición con los datos de consumos mediante un análisis probabilístico. (Díaz, 1999)

El valor de contaminación podría ser el percentil 95 o los niveles máximos acuatizado en el reglamento o un valor medio (media) de los datos de presencia, que se utilizan para evaluar diverso escenarios de riesgo. (Dorne et al., 2009)



La evaluación puede considerar exposiciones pasadas o actuales, o anticipar exposiciones en el futuro uno de los objetivos de esta fase del proceso es determinar cuantitativamente la dosis promedio diaria que la población esta regularmente recibiendo de la sustancia bajo estudio. (FAO/OMS, 2007)

2. 10.4 CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO

Para esta etapa hay que relacionar y analizar los datos de los primeros tres componentes, con esto se determinara la posibilidad de que los humanos experimente cualquiera de las diversas formas de toxicidad asociadas con la sustancia. Para **sustancias no carcinogénicas**, la dosis calculada al evaluar la exposición se confronta con los valores de dosis de referencia (DfR) o de ingreso diario admisible (IDA) ya establecidos para una sustancia particular y se concluye si el valor de dicha dosis está por debajo de la DfR o IDA se dice que es segura, o por encima se dice que hay peligro. (FAO/OMS, 2007)

Para **sustancias carcinogénicas** se calcula primero el riesgo individual asiendo uso de los valores de “unidad de dosis” o “unidad de riesgo”, que son característicos para cada sustancia carcinogénica el valor obtenido por alguna de estas dos opciones se multiplica por la población total expuesta para obtener así la incidencia de cáncer en exceso que se espera que ocurra como consecuencia de la exposición a la sustancia en particular.



CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

3.1.1 LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El presente estudio se llevó cabo en el área urbana de la ciudad de Cuenca, localizada en la provincia del Azuay al sur de la sierra ecuatoriana a 2550 metros sobre el nivel del mar. Se eligieron tres talleres de latonería y pintura de un grupo de 10 establecimientos, por ser los que voluntariamente accedieron a participar y aportar con la investigación. (Figura 4). Los talleres fueron codificados como TLP 1, TLP 2 y TLP 3 (Taller de latonería y pintura de ambiente cerrado, semicerrado, abierto respectivamente), los cuales tienen características peculiares y condiciones de trabajo específicas, que se detallan en la tabla 6.

Tabla 6. Características generales de los talleres y condiciones del área de estudio.

| CÓDIGO DEL TALLER DE LATONERÍA Y PINTURA | ÁREA APROXIMADA DE LA ZONA DE PINTURA | CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE TRABAJO | UBICACIÓN |
|--|---------------------------------------|--|---|
| TLP 1 | 5 x 4 m | Cuenta con una cabina para el pintado de carros) ambiente cerrado | Latitud: S 2° 43' 44.652' Longitud: O 79° 30' 36.419'' |
| TLP 2 | 5 x 5 m | Ambiente semicerrado | Latitud: S 2° 53' 41.752' Longitud: O 78° 59' 37.242'' |

| | | | |
|-------|---------|--|--|
| TLP 3 | 6 x 6 m | No dispone de cuarto de pintado (ambiente abierto) | Latitud: S 2° 53' 41.752'' Longitud: O 78° 59' 37.242'' |
|-------|---------|--|--|

FUENTE: Google Earth. ELABORADO POR: Johana Guevara

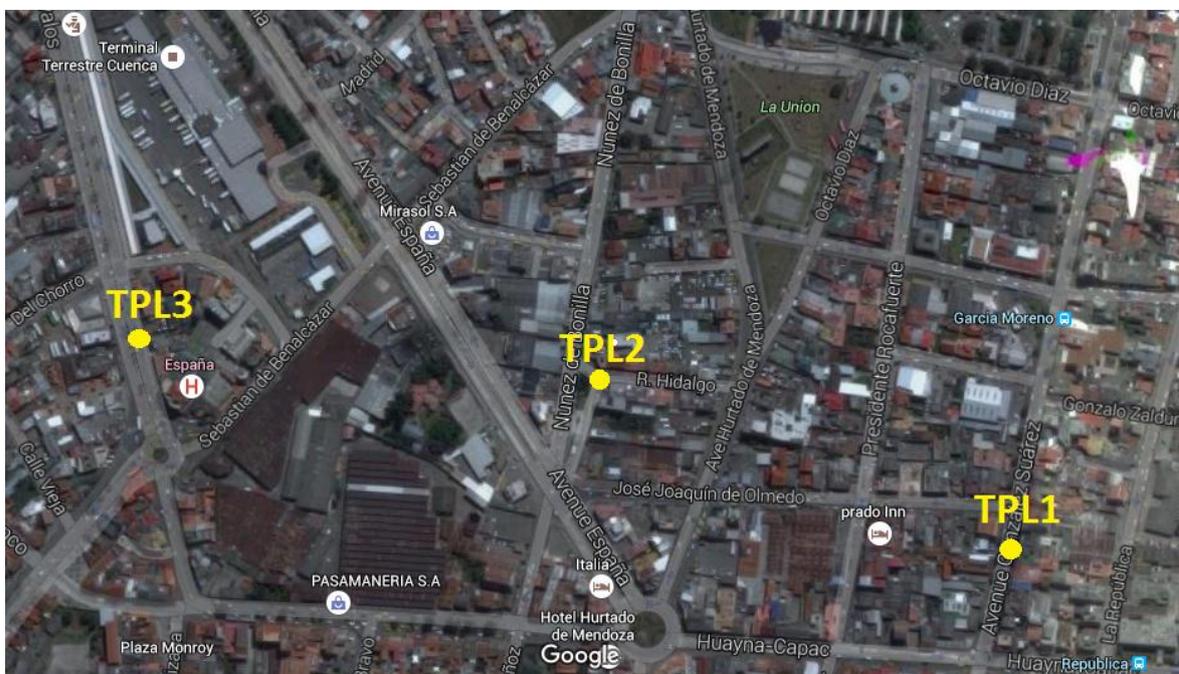


Figura 4. Ubicación de las latonerías de estudio en la ciudad de Cuenca.

FUENTE: Google Earth

3.2 METODOLOGÍA

Para la determinación de las concentraciones de COVs se emplearon dos técnicas de muestreo. La primera hace empleo de tubos pasivos para la identificación de concentraciones de Benceno, Tolueno y Xileno. La segunda técnica permitió determinar la concentración de COVs mediante un monitoreo puntual para aire ambiente mediante el empleo de un equipo manual y portátil denominado Gas Alert Micro.



3.2.1 MUESTREO AMBIENTE LABORAL

Para la determinación de los niveles de BTX, en las zonas de estudio, se consideró un modelo de muestreo a distancias concéntricas alrededor del punto de pintura (a 0,50; 1,00; 1,50 y 2,00 m de distancia), se procedió a tomar un total de 36 muestras. La recolección de muestras se efectuó de tal manera, que se abarque toda el área a la cual están expuestos directamente los trabajadores. Todos los ambientes donde se efectuaron los muestreos de los procesos estaban al interior de las edificaciones de cada taller. (Anexo 4)

El muestreo se realizó durante el periodo de jornada laboral de 8 horas desde las 9:00 am hasta la 17:00pm, 3 días a la semana (lunes, miércoles, viernes) por 3 semanas consecutivas, en el mes de febrero 2014, una vez transcurrido este tiempo se procedió a realizar las respectivas lecturas.

Para garantizar la trazabilidad en el proceso de instalación y recogida de tubos, cada tubo fue designado con un código general numérico de 6 dígitos y dos letras. Los 6 primeros números corresponden a la fecha de la toma de la muestra, la primera letra (X, Y, Z) hace referencia a la latonería (TLP 1= X, TLP 2= Y. TLP 3= Z), y la segunda letra (O o D) indica si el tubo corresponde al operador o la distancia a partir de él. (Anexo 5, 6, 7, 8)

Preparación de la muestra: Cada tubo de muestreo se abrió mediante la ruptura de la ampolla cilíndrica de vidrio ubicada en el extremo superior del tubo (ver detalles del procedimiento en figura 5). A continuación con la ayuda de un portatubos, se coloca el tubo pasivo en la zona de respiración del trabajador. Para colocar el tubo en el lugar de trabajo (generalmente a la pared) y en la parte

externa de la cabina se utiliza cinta adhesiva para que lo mantenga fijo a la misma. Finalmente después de transcurrida las 8 horas laborales, la cantidad de exposición individual puede ser medida.

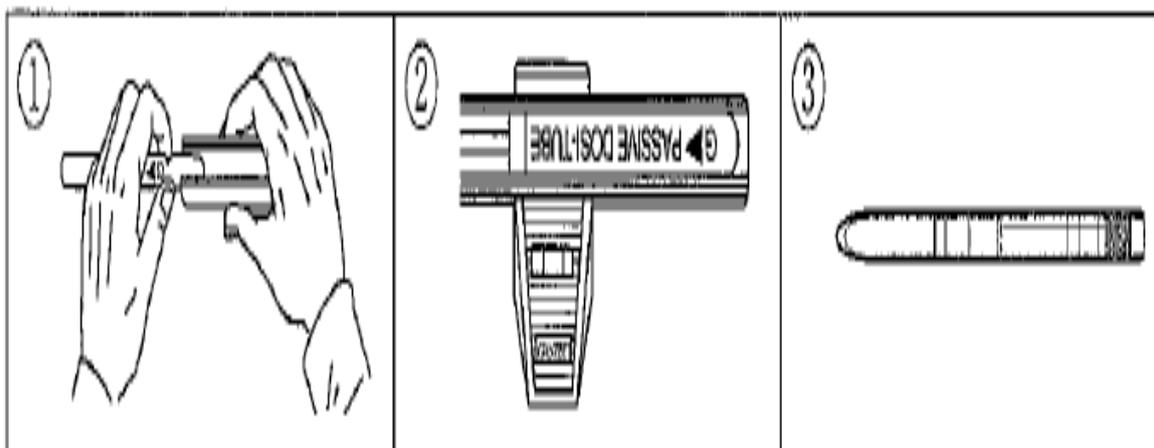


Figura 5. Procedimiento de medición. FUENTE: Gastec Corporation.

Cálculo de la concentración de benceno tolueno y xileno: Para calcular la concentración de tolueno aplicamos la siguiente fórmula:

Ecuación 1.

$$\text{Concentracion Promedio} = \frac{\text{Lectura del tubo (ppm hora)}}{\text{Tiempo de muestreo}}$$

FUENTE: Gastec Corporation

En el caso del benceno y xileno, la concentración promedio de tolueno se multiplica por el factor de corrección 1,2 y 1,7 respectivamente (indicación sugerida en el inserto del empaque de los tubos de difusión pasiva), tal como se indica en la tabla 7.

Tabla 7. Factor de corrección



| SUSTANCIA | FACTOR DE CORRECCIÓN | TIEMPO DE MUESTREO (H) | RANGO DE REFERENCIA |
|-----------|----------------------|------------------------|---------------------|
| Xileno | 1,7 | 1 – 10 | 3,4 – 850 |
| Benceno | 1,2 | 1 – 10 | 2,4 – 600 |

FUENTE: Gastec Corporation

3.2.2 MUESTREO EN AIRE AMBIENTE

Los COVs totales fueron determinados una vez realizado el muestreo en los trabajadores con una duración de 30 minutos en cada punto, para lo cual se utilizó un equipo de medición de gases en aire ambiente Marca BW Technologies (Honeywell) GasAlertMicro 5 PID (Anexo 3). El equipo GasAlertMicro 5 PID tiene instalado sensores electroquímicos para detección de gases: CO, H₂S, O₂, COVs y LEL (Anexo 15)

3.3 EVALUACIÓN DEL RIESGO

Para el cálculo de la evaluación del riesgo toxicológico por COVs se determinaron los siguientes parámetros:

- Concentración de COVs totales (benceno, tolueno y xileno) (Anexo 9)
- Identificación de la ruta de exposición, vía inhalatoria por inhalación de aire.
- Calculo de dosis de exposición (Anexo 10)
- Calculo de índice de riesgo (Anexo 10)

Para cumplir con todos los parámetros indicados se aplicaron ecuaciones, así el EMEG (Guía de Evaluación para Medios Ambientales, EMEG por sus siglas en ingles), ha sido propuesto por la ATSDR. Representa la concentración de un contaminante en el agua, suelo o aire, que es poco probable este asociada con



cualquier riesgo apreciable de efectos deletéreos no cancerosos, durante una duración de exposición determinada.

DE es la dosis de exposición al tóxico presente en el medio contaminado, se expresa en mg/kg/día. Para el cálculo de la DE se emplearon los siguientes valores: C es la concentración del tóxico determinada en las muestras de aire en las diferentes distancias tomando en cuenta los valores promedios, para cada latonería; TI es la tasa de ingesta o ingreso al organismo del medio contaminado (m^3 de aire ventilado por día); TA es la tasas de absorción del contaminante según la vía de ingreso, la cual está disponible en la literatura toxicológica y se expresa en porcentaje, en caso que no esté establecida se debe asumir que la absorción es del 100 %; para fines de aplicar el % en la fórmula se la escribe del siguiente modo: 0,20; 0,50; etc.; PT es la ponderación temporal, factor que redistribuye en todos los días del período evaluado la duración real de la exposición cuando ésta es intermitente; ajusta el cálculo al tiempo en que efectivamente hubo exposición; si la exposición es permanente, este valor no se aplica; es una proporción y se expresa como 0,45; 0,80; etc; PC es el peso corporal del operador. Para determinar la DE se aplicó la siguiente formula.

Ecuación 2

$$\text{Dosis (mg/kg/día)} = \frac{C \times TI \times TA \times PT}{PC}$$

FUENTE: CEPIS/OPS, 2005

IP es el índice de peligro, para el cálculo se empleó la DE (dosis de exposición) calculada con la formula anterior y este valor se dividió para el DfR (dosis de referencia), (ATSDR, 1999 y FDA, 1997). IP indica seguridad en las condiciones



locales de exposición cuando tienen un valor de uno o menor a uno, o por debajo de la dosis establecida el límite es seguro (DfR). Si el valor crece progresivamente sobre uno, significa que la exposición local está incrementándose a niveles peligrosos que cada vez aumentan la posibilidad de que aparezcan efectos adversos en la población expuesta. Para determinar la IP se aplicó la siguiente fórmula.

Ecuación 3

$$IP = \frac{DE \text{ (dosis de exposición medida)}}{DfR \text{ (dosis de referencia)}}$$

FUENTE: CEPIS/OPS, 2005

Para el margen de exposición al tóxico (ME), en el medio ambiente valorado se empleó el NOAEL con un valor $46\text{mg}/\text{m}^3$ para el tolueno, $39\text{mg}/\text{m}^3$ para el xileno y para el caso del benceno no existe NOAEL (EPA, 2006). ME es un valor inverso al IP, mientras más grande el valor de ME por encima de uno, más amplio es el margen de seguridad y menor la posibilidad de que aparezcan los efectos en la comunidad. Para determinar el ME se aplicó la siguiente fórmula.

Ecuación 4

$$ME = \frac{NOAEL \text{ (estudio crítico)}}{DE \text{ (dosis de exposición medida)}}$$

FUENTE: CEPIS/OPS, 2005

3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Con los datos obtenidos, se organizó una base de datos en Excel con la finalidad de realizar el análisis de correlación entre las variables: distancia (en metros) y concentración de gases totales en partes por millón.



El análisis estadístico consta de dos partes:

- Análisis de regresión gráfica (Excel): modelo de regresión lineal y no lineal.
- Análisis del modelo de regresión de gases totales y distancia, en relación con los gases parciales: tolueno, xileno y benceno.

Análisis de Regresión

Estadísticamente el análisis de regresión permite encontrar un modelo matemática que permita relacionar dos variables, en este caso, la distancia (variable independiente) y la concentración (variable dependiente). El análisis se realiza para cada una de las latonerías en vista que sus condiciones son distintas respecto a la ventilación que están directamente relacionada con la presencia de gases en el lugar.

Los gráficos de regresión que se presentan son realizados con los datos de las muestras tomadas a lo largo de las 3 semanas y durante los tres días, en los tres tipos de latonerías: cerrada, semicerrada y abierta. Se observan las líneas de tendencia, considerando un modelo lineal y uno logarítmico con sus correspondientes coeficientes de correlación, ya que son los modelos más cercanos a los puntos (coordenadas) obtenidos en la práctica.



Análisis del modelo de regresión de gases totales y distancia, en relación con los gases parciales: tolueno, xileno y benceno.

Una vez obtenidos los modelos de regresión de la concentración de gases, respecto a la distancia, se determinaron los modelos para los gases parciales: tolueno, xileno y benceno. En vista que los valores obtenidos de estos gases, parten de los gases totales, de igual forma los modelos de regresión estarán relacionados es esa misma proporción.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE REGRESIÓN

Latonería Cerrada (TLP 1) (Anexo 12)

En el análisis comparativo, del modelo lineal y logaritmo, se observa que el coeficiente de determinación (R^2)¹ en el modelo lineal es próximo a 1, mientras que en el modelo logarítmico es menor, lo que significa que en este tipo de latonería, la variación de concentración de los gases en función de la distancia, es constante en todo el muestreo; es decir, es la misma en todos los puntos tal como se observa en las figuras 6, 7, 8 respectivamente.

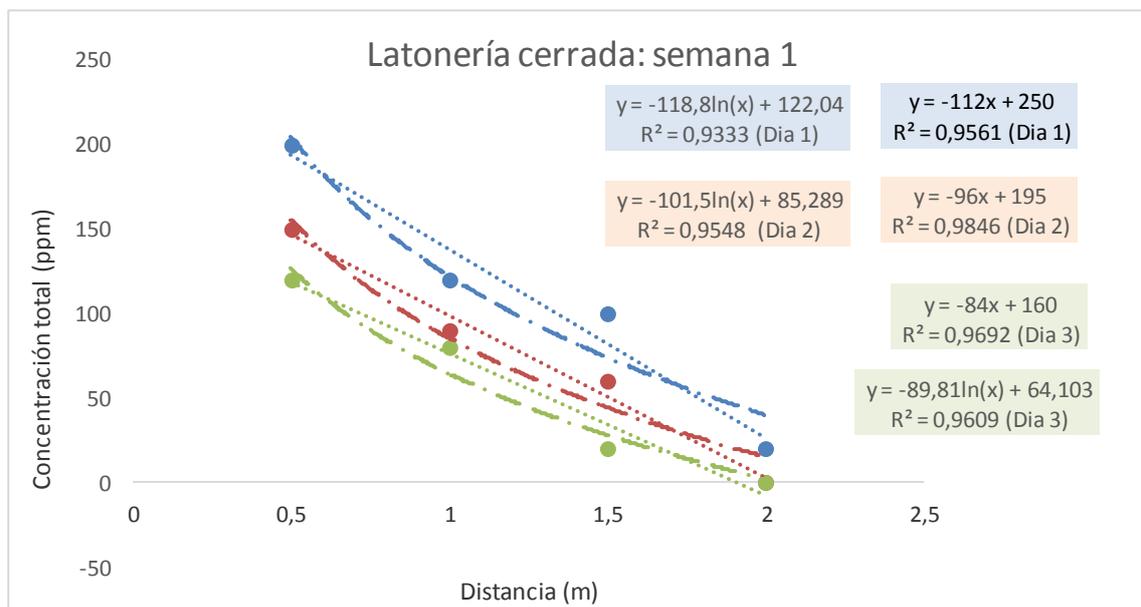


Figura 6. Análisis de regresión lineal en el TLP 1, primera semana
FUENTE: Datos Experimentales. ELABORADO POR: Johana Guevara

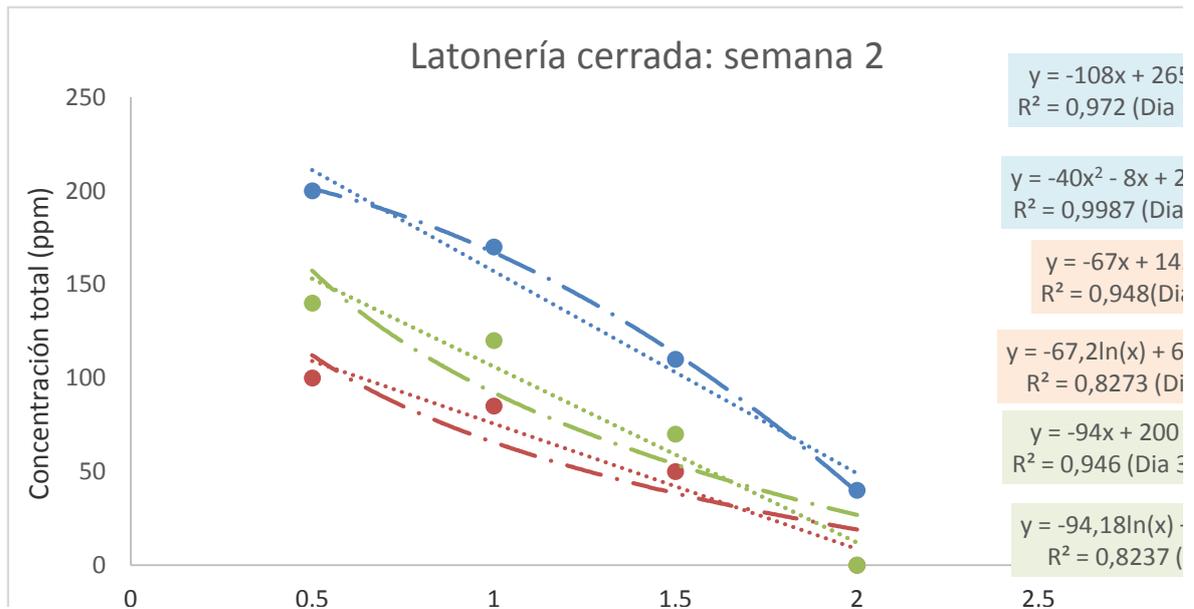


Figura 7. Análisis de regresión lineal en el TLP 1, segunda semana.
 FUENTE: Datos Experimentales. ELABORADO POR: Johana Guevara

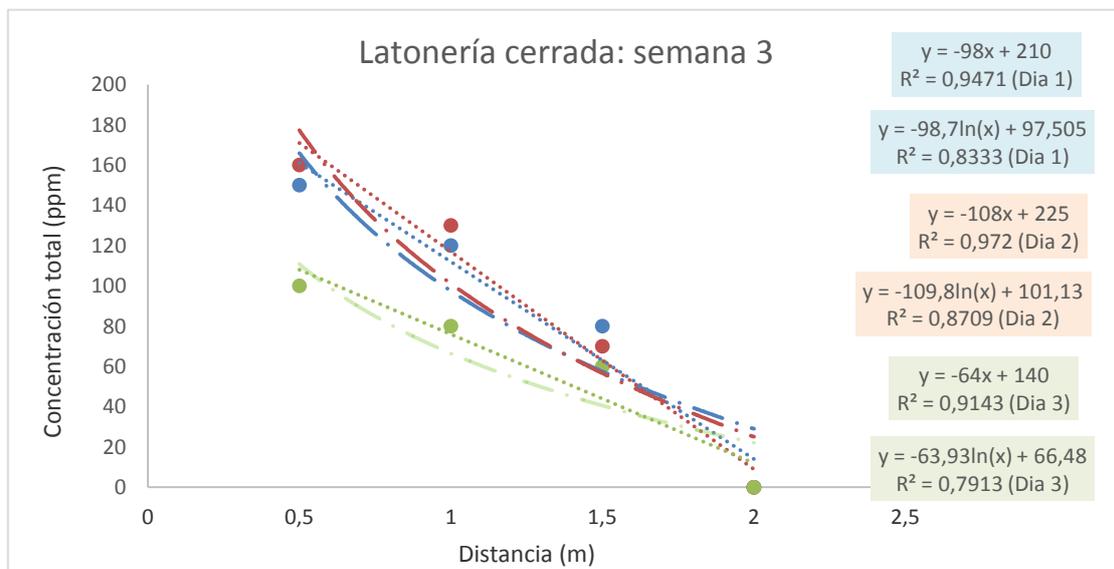


Figura 8. Análisis de regresión lineal en el TLP 1, tercera semana
 FUENTE: Datos Experimentales. ELABORADO POR: Johana Guevara

En la tabla 8, con el objetivo de obtener un modelo lineal general para el caso de la latonería cerrada (TLP 1), y considerando que no es posible tomar todos los datos, independientes de la semana y día; ya que los valores de



contaminación inicial son distintos y específicos para cada día y semana, se obtuvo el promedio de la pendiente (variación de la contaminación por metro) y de la ordenada al origen (concentración cuando la distancia es cero), con la finalidad de determinar un modelo general para la latonería cerrada.

Partimos del modelo de regresión lineal: $y = mx + b$ donde m es la pendiente y b la ordenada al origen.

Tabla 8. Promedio de la pendiente (variación de la contaminación por metro) y de la ordenada al origen (concentración cuando la distancia es cero), con la finalidad de determinar un modelo general para la latonería cerrada.

| SEMANA | DIA | b | m | R ² |
|--------|--------------|---------------|---------------|----------------|
| 1 | 1 | 250 | -120 | 0,9561 |
| | 2 | 195 | -96 | 0,9846 |
| | 3 | 160 | -84 | 0,9692 |
| 2 | 1 | 265 | -108 | 0,972 |
| | 2 | 142,5 | -67 | 0,948 |
| | 3 | 200 | -94 | 0,946 |
| 3 | 1 | 210 | -98 | 0,9471 |
| | 2 | 225 | -108 | 0,972 |
| | 3 | 140 | -64 | 0,9143 |
| | Media | 198,61 | -93,22 | 0,96 |

FUENTE: Datos Experimentales. ELABORADO POR: Johana Guevara

El modelo de regresión general para la latonería cerrada sería: $y = -93,22x + 198,61$ y un coeficiente de determinación de 0,96.

En la latonería cerrada, con concentraciones iniciales altas (198 ppm), la velocidad de la disminución de la concentración de gases totales, en función de la distancia es de 93,22 ppm por cada metro lineal y la variación de la concentración de gases originada por la distancia es de un 96% y el 4% de dicho cambio, se debe a otras variables.

Latonería Semicerrada (TLP 2) (Anexo 13)

En las mismas condiciones de semanas y días en los que se realizó el monitoreo en la latonería cerrada, los resultados para la latonería semicerrada son los siguientes:

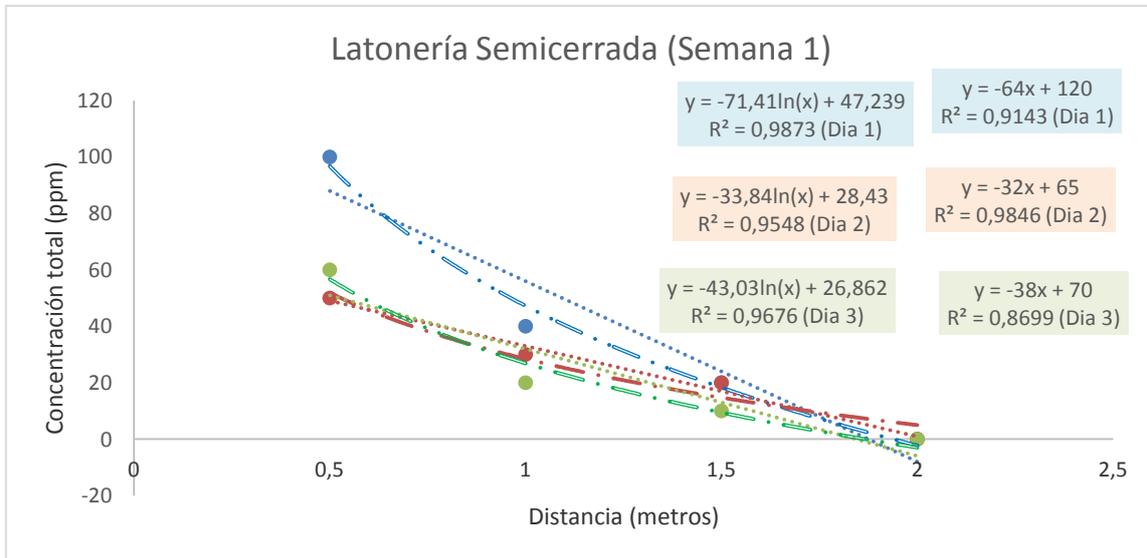


Figura 9. Análisis de regresión lineal en el TLP 2, primera semana.
FUENTE: Datos Experimentales. ELABORADO POR: Johana Guevara

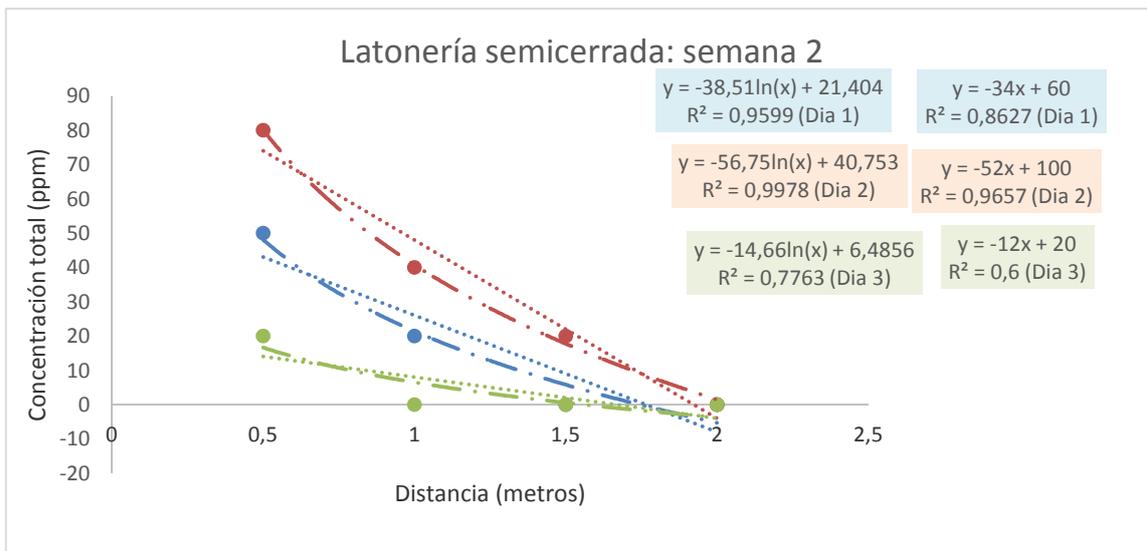


Figura 10. Análisis de regresión lineal en el TLP 2, segunda semana.
FUENTE: Datos Experimentales. ELABORADO POR: Johana Guevara

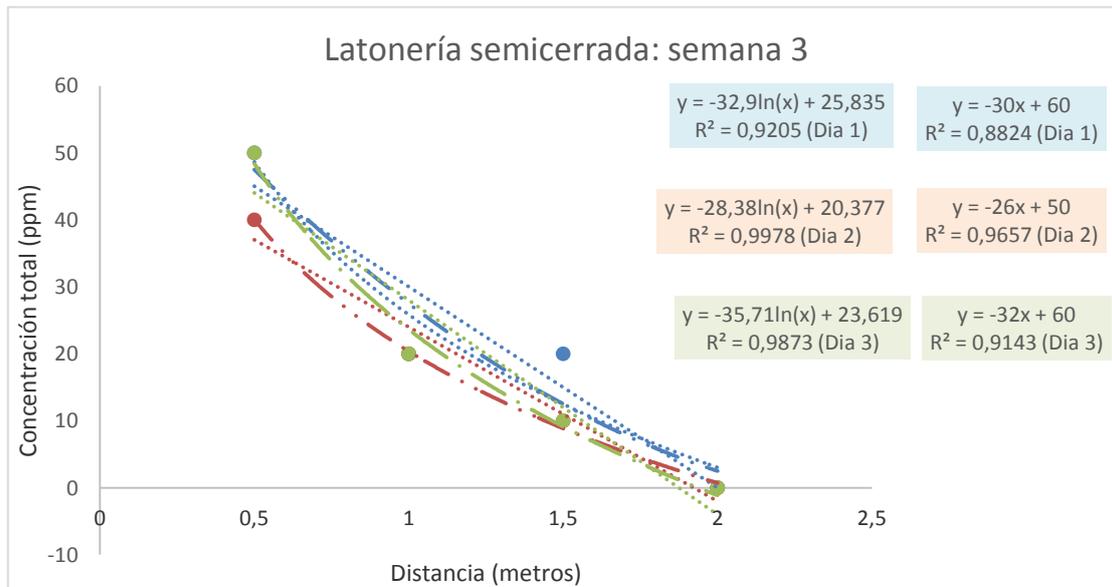


Figura 11. Análisis de regresión lineal en el TLP 2, tercera semana.
FUENTE: Datos Experimentales. ELABORADO POR: Johana Guevara

Si analizamos el coeficiente de determinación del modelo lineal y del modelo logarítmico, se observa que este último tiene valores superiores en todos los casos. Por lo que en este tipo de latonería, la disminución de la concentración de gases no es constante en el tiempo. Un modelo logarítmico muestra una pendiente no constante, es decir que la velocidad en la disminución de la concentración de los gases no es constante en todos los puntos; en tanto que en el modelo lineal, sí es constante. En este tipo de latonería, el modelo que más se apega a los valores reales es el modelo logarítmico.

Para determinar el modelo logarítmico se procedió en forma similar al caso de la latonería cerrada $y = m \ln(x) + b$, donde m es la pendiente y b la ordenada al origen según se muestra en la tabla 9.



Tabla 9. Promedio de la pendiente (variación de la contaminación por metro) y de la ordenada al origen (concentración cuando la distancia es cero), con la finalidad de determinar un modelo general para la latonería semicerrada.

| SEMANA | DIA | b | m | R2 |
|--------|--------------|--------------|---------------|-------------|
| 1 | 1 | 47,24 | -71,41 | 0,987 |
| | 2 | 28,43 | -33,84 | 0,954 |
| | 3 | 26,86 | -43,03 | 0,967 |
| 2 | 1 | 21,4 | -38,51 | 0,96 |
| | 2 | 40,75 | -56,75 | 0,998 |
| | 3 | 6,48 | -14,66 | 0,776 |
| 3 | 1 | 25,83 | -32,9 | 0,92 |
| | 2 | 20,3 | -28,38 | 0,997 |
| | 3 | 29,3 | -42,57 | 0,97 |
| | Media | 26,77 | -39,46 | 0,95 |

FUENTE: Datos Experimentales. ELABORADO POR: Johana Guevara

El modelo de regresión general para la latonería semicerrada sería: $y = -39,46 \ln(x) + 26,77$ con un coeficiente de determinación igual a 0,95.

La variación en la disminución de la concentración de los gases en la atmósfera en una latonería semicerrada es de 39,47 ppm por metro para valores iniciales de alrededor de 26,77 ppm. El 95% de la variación de la concentración se debe a la distancia.

Latonería abierta (TLP 3) (Anexo 14)

Los resultados registrados en la latonería abierta son los siguientes:

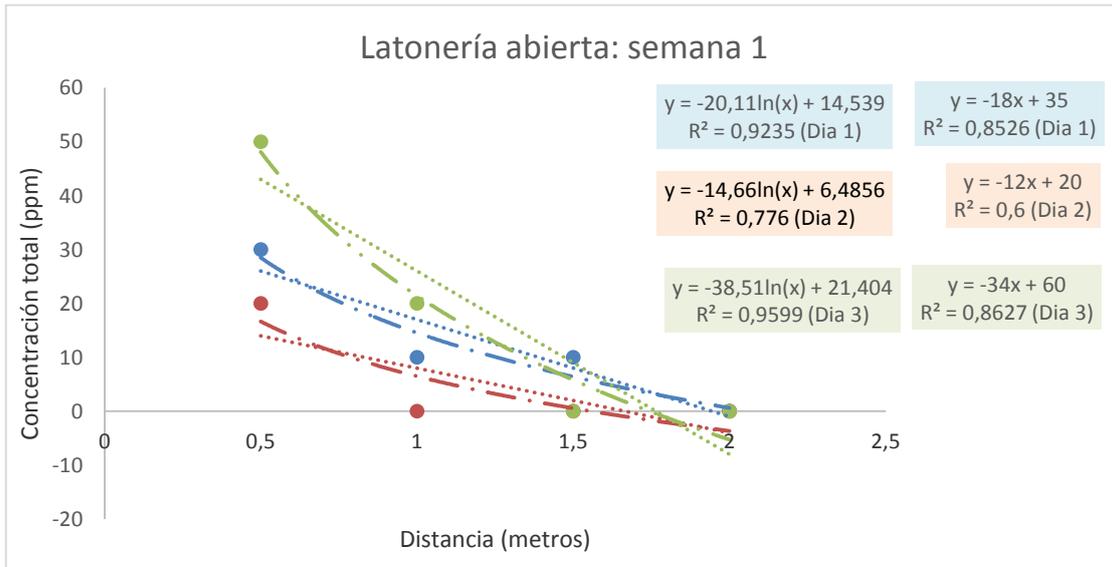


Figura 12. Análisis de regresión lineal en el TLP 3, primera semana.
 FUENTE: Datos Experimentales. ELABORADO POR: Johana Guevara

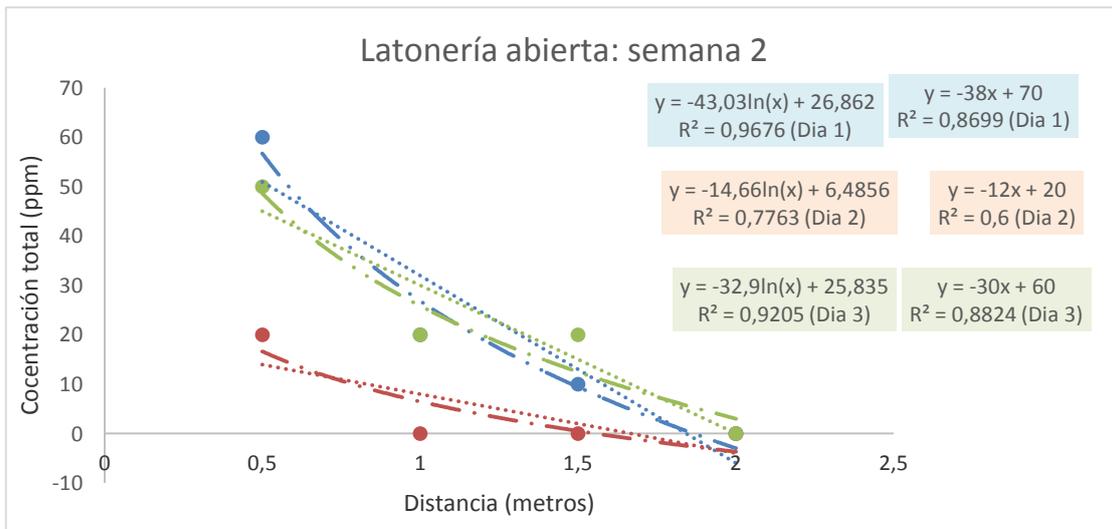


Figura 13. Análisis de regresión lineal en el TLP 3, segunda semana.
 FUENTE: Datos Experimentales. ELABORADO POR: Johana Guevara

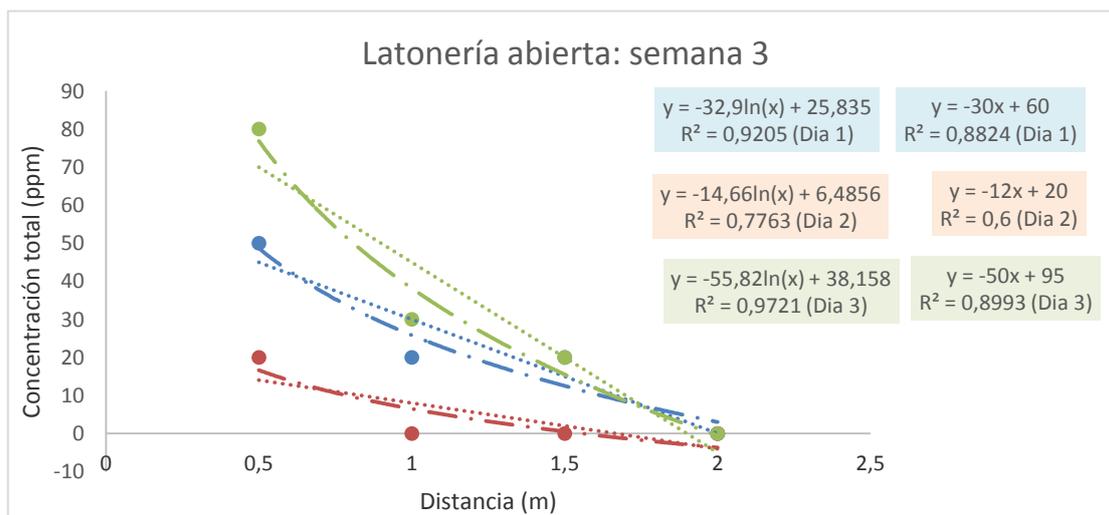


Figura 14. Análisis de regresión lineal en el TLP 3, tercera semana.
FUENTE: Datos Experimentales. ELABORADO POR: Johana Guevara

En la latonería abierta, los valores obtenidos tienen un comportamiento similar a la latonería semicerrada, aunque más dispersos y hay dos valores que se repiten y son extremos respecto a la generalidad de los datos; por ello no se les ha descartado. En todos los casos, el coeficiente de determinación es mayor en el modelo logarítmico, por lo que se considera éste para determinar el modelo. El coeficiente de determinación es inferior en comparación con la latonería cerrada y semicerrada.

Si bien se podría considerar el modelo de regresión lineal, por su simplicidad, el optar por el modelo logarítmico, permitiría obtener una mejor aproximación ya que sus coeficientes de determinación son más altos y por tanto, las estimaciones que se puedan hacer con este modelo serían más cercanas a la realidad.



Para determinar el modelo logarítmico se procedió en forma similar al caso de la latonería cerrada $y = m \ln(x) + b$, donde m es la pendiente y b la ordenada al origen según se muestra en la tabla 10.

Tabla 10. Promedio de la pendiente (variación de la contaminación por metro) y de la ordenada al origen (concentración cuando la distancia es cero), con la finalidad de determinar un modelo general para la latonería abierta.

| SEMANA | DIA | b | m | R ² |
|--------|--------------|--------------|---------------|----------------|
| 1 | 1 | 14,5 | -20,11 | 0,93 |
| | 2 | 6,48 | -14,66 | 0,77 |
| | 3 | 21,4 | -38,51 | 0,96 |
| 2 | 1 | 26,86 | -43,03 | 0,87 |
| | 2 | 6,48 | -14,66 | 0,6 |
| | 3 | 25,83 | -32,9 | 0,88 |
| 3 | 1 | 25,83 | -32,9 | 0,92 |
| | 2 | 6,46 | -14,66 | 0,6 |
| | 3 | 38,15 | -55,82 | 0,97 |
| | Media | 19,11 | -29,69 | 0,83 |

FUENTE: Datos Experimentales. ELABORADO POR: Johana Guevara

El modelo de regresión general para la latonería abierta: $y = - 29,69 \ln (x) + 19,11$ con un coeficiente de determinación igual a 0,83.

Según los resultados encontrados, el comportamiento de la concentración de los gases en todos los casos disminuye con la distancia pero depende de la concentración inicial, ya que; en la latonería cerrada, la concentración inicial es alta y aunque a los 2 metros ya no se detectan, ésta disminuye en forma rápida y constante, en tanto que en la semicerrada, el descenso de la concentración es más veloz en los primeros instantes y en la abierta su comportamiento difiere ya que los valores de la concentración de los gases, en todos los casos,



son bajos desde el inicio. Es posible que una causa sea la rapidez con la que se volatilizan los gases en un ambiente completamente abierto.

4.2 ANÁLISIS DEL MODELO DE REGRESIÓN DE GASES TOTALES Y DISTANCIA, EN RELACIÓN CON LOS GASES PARCIALES: TOLUENO, XILENO Y BENCENO.

Se determinaron los modelos de regresión para los gases parciales: tolueno, xileno y benceno. En vista que los valores obtenidos parten de los gases totales, de igual forma el modelo de regresión estará relacionado en esa misma proporción. A base de esta consideración, los modelos se presentan en la tabla 11.

Tabla 11. Modelos de regresión para los BTX.

| TIPO DE LATONERÍA | TOLUENO | XILENO | BENCENO |
|-------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Cerrada | $y = -11,65x + 24,8$ | $y = -19,8x + 42,3$ | $y = -13,98x + 29,79$ |
| Semicerrada | $y = -5,32 \ln (x) + 3,66$ | $y = -9,05 \ln (x) + 6,22$ | $y = -6,38 \ln (x) + 4,34$ |
| Abierta | $y = -3,71 \ln (x) + 2,38$ | $y = -6,31 \ln (x) + 4,06$ | $y = -4,45 \ln (x) + 2,87$ |

FUENTE: Datos Experimentales. ELABORADO POR: Johana Guevara

4.3 CONCENTRACIÓN DE COVs EN EL TLP 1

En la Tabla 12, a la distancia de 0,5cm se observó una concentración máxima de 200ppm y concentración mínima de 100ppm, a la distancia de 1m se observó una concentración máxima de 170ppm y concentración mínima de 80ppm, a la distancia de 1,50m se observó una concentración máxima de 110ppm y concentración mínima de 20ppm, a la distancia de 2m se observó una concentración máxima de 40ppm y concentración mínima de 0ppm.



Las concentraciones de los COVs en las diferentes semanas disminuyen significativamente con respecto a la distancia en un periodo de 8 h.

Tabla 12. Concentración de COVs (ppm) en el TLP 1

| CONCENTRACIÓN DE COVS (ppm) EN EL TLP 1 | | | | | | |
|--|--------------|----------------------------|------------|---------------|------------|--------------------------------|
| | | Concentración (ppm) | | | | Horas de Exposición (h) |
| | | OBRERO/DISTANCIA | | | | |
| | | 0,5 cm | 1 m | 1,50 m | 2 m | |
| Semana 1 | Día 1 | 200 | 120 | 100 | 20 | 8 |
| | Día 2 | 150 | 90 | 60 | 0 | 8 |
| | Día 3 | 120 | 80 | 20 | 0 | 8 |
| Semana 2 | Día 1 | 200 | 170 | 110 | 40 | 8 |
| | Día 2 | 100 | 85 | 50 | 0 | 8 |
| | Día 3 | 140 | 120 | 70 | 0 | 8 |
| Semana 3 | Día 1 | 150 | 120 | 80 | 0 | 8 |
| | Día 2 | 160 | 130 | 70 | 0 | 8 |
| | Día 3 | 100 | 80 | 60 | 0 | 8 |

FUENTE: Datos Experimentales. ELABORADO POR: Johana Guevara

4.4 CONCENTRACIÓN DE COVs EN EL TLP 2

En la Tabla 13, a la distancia de 0,5cm se observó una concentración máxima de 100ppm y concentración mínima de 20ppm, a la distancia de 1m se observó una concentración máxima de 60ppm y concentración mínima de 0ppm, a la distancia de 1,50m se observó una concentración máxima de 30ppm y concentración mínima de 0ppm, a la distancia de 2m no se registran concentraciones.

Las concentraciones de los COVs en las diferentes semanas disminuyen significativamente con respecto a la distancia en un periodo de 8 h.



Tabla 13. Concentración de COVs (ppm) en el TLP 2

| CONCENTRACION DE COVS (ppm) EN EL TLP 2 | | | | | | |
|---|-------|---------------------|-----|--------|-----|-------------------------|
| | | Concentración (ppm) | | | | Horas de Exposición (h) |
| | | OBRERO/DISTANCIA | | | | |
| | | 0,5 cm | 1 m | 1,50 m | 2 m | |
| Semana 1 | Día 1 | 100 | 60 | 30 | 0 | 8 |
| | Día 2 | 50 | 30 | 20 | 0 | 8 |
| | Día 3 | 60 | 20 | 10 | 0 | 8 |
| Semana 2 | Día 1 | 50 | 20 | 0 | 0 | 8 |
| | Día 2 | 80 | 40 | 20 | 0 | 8 |
| | Día 3 | 20 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| Semana 3 | Día 1 | 50 | 20 | 20 | 0 | 8 |
| | Día 2 | 40 | 20 | 10 | 0 | 8 |
| | Día 3 | 50 | 20 | 10 | 0 | 8 |

FUENTE: Datos Experimentales. ELABORADO POR: Johana Guevara

4.5 CONCENTRACIÓN DE COVs EN EL TLP 3

En la Tabla 14, a la distancia de 0,5cm se observó una concentración máxima de 60ppm y concentración mínima de 20ppm, a la distancia de 1m se observó una concentración máxima de 30ppm y concentración mínima de 0ppm, a la distancia de 1,50m se observó una concentración máxima de 20ppm y concentración mínima de 0ppm, a la distancia de 2m no se registran concentraciones.

Las concentraciones de los COVs en las diferentes semanas disminuyen significativamente con respecto a la distancia en un periodo de 8 h.

**Tabla 14.** Concentración de COVs (ppm) en el TLP 3

| CONCENTRACION DE COVS (ppm) EN EL TLP 3 | | | | | | |
|---|-------|---------------------|-----|--------|-----|-------------------------|
| | | Concentración (ppm) | | | | Horas de Exposición (h) |
| | | OBRERO/DISTANCIA | | | | |
| | | 0,5 cm | 1 m | 1,50 m | 2 m | |
| Semana 1 | Día 1 | 30 | 10 | 10 | 0 | 8 |
| | Día 2 | 20 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| | Día 3 | 50 | 20 | 0 | 0 | 8 |
| Semana 2 | Día 1 | 60 | 20 | 10 | 0 | 8 |
| | Día 2 | 20 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| | Día 3 | 50 | 20 | 20 | 0 | 8 |
| Semana 3 | Día 1 | 50 | 20 | 20 | 0 | 8 |
| | Día 2 | 20 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| | Día 3 | 80 | 30 | 20 | 0 | 8 |

FUENTE: Datos Experimentales. ELABORADO POR: Johana Guevara

4.6 CONCENTRACIÓN DE BTX EN EL TLP 1, 2, 3

En la Tabla 15, se observa que el xileno registra la mayor concentración, con un valor máximo de 31,17ppm y un mínimo de 1,42ppm, en el TLP 1. Las mínimas concentraciones se presentan para el tolueno con valores que oscilan entre 0,83 ppm y 18,33ppm.)

Las concentraciones de los BTX disminuyen significativamente con respecto a la distancia en un periodo de 8 h.

Tabla 15. Concentración Promedio de BTX (ppm) en el TLP 1

| CONCENTRACION PROMEDIO DE BTX EN EL AIRE PARA UN MUESTREO DE 8 HORAS TLP1 | | | |
|--|---------|--------|---------|
| OBRERO / DISTANCIA | TOLUENO | XILENO | BENCENO |
| 0,5cm | 18,33 | 31,17 | 22,00 |
| 1m | 13,81 | 23,49 | 16,58 |
| 1,5m | 8,61 | 14,64 | 10,33 |
| 2 m | 0,83 | 1,42 | 1,00 |

FUENTE: Datos Experimentales. ELABORADO POR: Johana Guevara



En la Tabla 16, correspondiente a TLP 2, el xileno registra concentraciones máximas con valores que varían entre 11,81 y 0 ppm.

Tabla 16. Concentración Promedio de BTX (ppm) en el TLP 2

| CONCENTRACION PROMEDIO DE BTX EN EL AIRE PARA UN MUESTREO DE 8 HORAS TLP2 | | | |
|--|----------------|---------------|----------------|
| OBRERO / DISTANCIA | TOLUENO | XILENO | BENCENO |
| 0,5cm | 6,94 | 11,81 | 8,33 |
| 1m | 3,19 | 5,43 | 3,83 |
| 1,5m | 1,66 | 2,83 | 2,00 |
| 2 m | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

FUENTE: Datos Experimentales. ELABORADO POR: Johana Guevara

En la Tabla 17, se presentan las concentraciones de los contaminantes Benceno, Tolueno y Xileno a diferentes distancias, siendo el xileno el que registra las mayores concentraciones con valores que varían entre 8,97ppm y 0ppm, en el TLP3.

Tabla 17. Concentración Promedio de BTX (ppm) en el TLP 3

| CONCENTRACION PROMEDIO DE BTX EN EL AIRE PARA UN MUESTREO DE 8 HORAS TLP3 | | | |
|--|----------------|---------------|----------------|
| OBRERO / DISTANCIA | TOLUENO | XILENO | BENCENO |
| 0,5cm | 5,27 | 8,97 | 6,33 |
| 1m | 1,66 | 2,83 | 2,00 |
| 1,5m | 1,11 | 1,88 | 1,33 |
| 2 m | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

FUENTE: Datos Experimentales. ELABORADO POR: Johana Guevara

En las tres latonerías (TLP 1, TLP 2, TLP 3) se observa que el contaminante presente en mayores concentraciones es el xileno, a continuación el benceno y finalmente el tolueno registra las mínimas concentraciones.



Las concentraciones de los BTX disminuyen significativamente con respecto a la distancia en un periodo de 8 h.

4. 7 EVALUACIÓN DEL RIEGO

4.7.1 CÁLCULO DOSIS DE EXPOSICIÓN

Para determinar la dosis de exposición se empleó la ecuación 1. En las tablas 18, 19 y 20 se puede observar las dosis de exposición en los talleres evaluados.

Tabla 18. Dosis de Exposición (mg/m^3) de BTX en el TLP 1

| CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE BTX EN EL AMBIENTE LABORAL Y DOSIS DE EXPOSICIÓN PARA UN MUESTREO DE 8 HORAS TLP 1 | | | | | | |
|--|---------|------|--------|------|---------|------|
| OBRERO / DISTANCIA | TOLUENO | DE | XILENO | DE | BENCENO | DE |
| 0,5cm | 18,33 | 1,39 | 31,17 | 2,37 | 22 | 1,68 |
| 1m | 13,82 | 1,05 | 23,49 | 1,78 | 16,58 | 1,26 |
| 1,5m | 8,61 | 0,65 | 14,64 | 1,11 | 10,33 | 0,78 |
| 2m | 0,83 | 0,06 | 1,42 | 0,10 | 1 | 0,08 |

FUENTE: Datos Experimentales. ELABORADO POR: Johana Guevara

Tabla 19. Dosis de Exposición (mg/m^3) de BTX en el TLP 2

| CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE BTX EN EL AMBIENTE LABORAL Y DOSIS DE EXPOSICIÓN PARA UN MUESTREO DE 8 HORAS TLP 2 | | | | | | |
|--|---------|------|--------|------|---------|------|
| OBRERO / DISTANCIA | TOLUENO | DE | XILENO | DE | BENCENO | DE |
| 0,5cm | 6,94 | 0,53 | 11,81 | 0,90 | 8,33 | 0,63 |
| 1m | 3,19 | 0,24 | 5,43 | 0,41 | 3,83 | 0,29 |
| 1,5m | 1,66 | 0,13 | 2,83 | 0,22 | 2,00 | 0,15 |
| 2m | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

FUENTE: Datos Experimentales. ELABORADO POR: Johana Guevara

**Tabla 20.** Dosis de Exposición (mg/m^3) de BTX en el TLP 3

| CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE BTX EN EL AMBIENTE LABORAL Y DOSIS DE EXPOSICIÓN PARA UN MUESTREO DE 8 HORAS TLP 3 | | | | | | |
|--|---------|------|--------|------|---------|------|
| OBRERO / DISTANCIA | TOLUENO | DE | XILENO | DE | BENCENO | DE |
| 0,5cm | 5,27 | 0,40 | 8,97 | 0,68 | 6,33 | 0,48 |
| 1m | 1,66 | 0,12 | 2,83 | 0,22 | 2,00 | 0,15 |
| 1,5m | 1,11 | 0,08 | 1,88 | 0,14 | 1,33 | 0,10 |
| 2m | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

FUENTE: Datos Experimentales. ELABORADO POR: Johana Guevara

4.7.2 CÁLCULO INDICE DE PELIGRO (IP)

Para obtener el índice de peligro se tomó en cuenta la ecuación 2, en las tablas 21, 22 y 23 se puede observar el índice de peligro en los diferentes talleres de latonería en estudio.

Si el IP:

- $\text{IP} > 1$, se considera que existe un riesgo para la salud inaceptable y habrá que tomar medidas paliativas.
- $\text{IP} < 1$, el riesgo es aceptable.

Tabla 21. Índice de Peligro de BTX en el TLP 1

| INDICE DE PELIGRO DE LOS BTX PARA UN MUESTREO DE 8 HORAS TLP 1 | | | | | | | | | |
|--|---------|------|------|--------|------|------|---------|------|-------|
| OBRERO / DISTANCIA | TOLUENO | | | XILENO | | | BENCENO | | |
| | DE | DfR | IP | DE | DfR | IP | DE | DfR | IP |
| 0,5cm | 1,39 | 5,00 | 0,28 | 2,37 | 1,00 | 2,37 | 1,68 | 0,11 | 15,27 |
| 1m | 1,05 | | 0,21 | 1,78 | | 1,78 | 1,26 | | 11,46 |
| 1,5m | 0,65 | | 0,13 | 1,11 | | 1,11 | 0,78 | | 7,09 |
| 2m | 0,06 | | 0,01 | 0,10 | | 0,10 | 0,08 | | 0,72 |

FUENTE: Datos Experimentales. ELABORADO POR: Johana Guevara

**Tabla 22.** Índice de Peligro de BTX en el TLP 2

| INDICE DE PELIGRO DE LOS BTX PARA UN MUESTREO DE 8 HORAS TLP 2 | | | | | | | | | |
|--|---------|------|------|--------|------|------|---------|------|------|
| OBRERO / DISTANCIA | TOLUENO | | | XILENO | | | BENCENO | | |
| | DE | DfR | IP | DE | DfR | IP | DE | DfR | IP |
| 0,5cm | 0,53 | 5,00 | 0,11 | 0,90 | 1,00 | 0,9 | 0,63 | 0,11 | 5,72 |
| 1m | 0,24 | | 0,05 | 0,41 | | 0,41 | 0,29 | | 2,64 |
| 1,5m | 0,13 | | 0,03 | 0,22 | | 0,22 | 0,15 | | 1,36 |
| 2m | 0,00 | | 0,00 | 0,00 | | 0,00 | 0,00 | | 0,00 |

FUENTE: Datos Experimentales. ELABORADO POR: Johana Guevara

Tabla 23. Índice de Peligro de BTX en el TLP 3

| INDICE DE PELIGRO DE LOS BTX PARA UN MUESTREO DE 8 HORAS TLP 3 | | | | | | | | | |
|--|---------|------|------|--------|------|------|---------|------|------|
| OBRERO / DISTANCIA | TOLUENO | | | XILENO | | | BENCENO | | |
| | DE | DfR | IP | DE | DfR | IP | DE | DfR | IP |
| 0,5cm | 0,40 | 5,00 | 0,08 | 0,68 | 1,00 | 0,68 | 0,48 | 0,11 | 4,36 |
| 1m | 0,12 | | 0,02 | 0,22 | | 0,22 | 0,15 | | 1,36 |
| 1,5m | 0,08 | | 0,01 | 0,14 | | 0,14 | 0,10 | | 0,9 |
| 2m | 0,00 | | 0,00 | 0,00 | | 0,00 | 0,00 | | 0,00 |

FUENTE: Datos Experimentales. ELABORADO POR: Johana Guevara

Para el tolueno se observa un IP menor a 1 en todos los talleres y en las diferentes distancias, por lo que el riesgo es aceptable.

En el TLP1, se observó un IP para el xileno mayor a 1 hasta la distancia de 1,5m, por lo que se considera que existe un riesgo para la salud inaceptable y habrá que tomar medidas paliativas. El IP en los otros talleres TLP 2, TLP 3, es menor a 1 en las diferentes distancias, por lo que se considera un riesgo aceptable.

El IP para el benceno en los tres talleres TLP 1, TLP 2, TLP 3 es mayor a 1 hasta la distancia de 1,5m en los dos primeros talleres, por lo que se considera que existe un riesgo para la salud inaceptable y habrá que tomar medidas paliativas.



El TLP 1 muestra un IP mayor a 1 con respecto a los otros talleres.

4.7.3 CÁLCULO MARGEN DE EXPOSICIÓN

Para evaluar el margen de exposición se consideró la ecuación 3, en las tablas 24, 25, 26, se puede observar el margen de exposición en los diferentes talleres de latonería en estudio.

Si el ME:

- ME > 1, más amplio es el margen de seguridad y menor la posibilidad de que aparezcan los efectos en la comunidad.

Tabla 24. Margen de Exposición de BTX en el TLP 1

| MARGEN DE EXPOSICIÓN DE LOS BTX PARA UN MUESTREO DE 8 HORAS TLP 1 | | | | | | |
|--|---------|-------|--------|--------|-------|--------|
| OBRERO / DISTANCIA | TOLUENO | | | XILENO | | |
| | DE | NOAEL | ME | DE | NOAEL | ME |
| 0,5cm | 1,39 | 46,00 | 33,09 | 2,37 | 39,00 | 16,46 |
| 1m | 1,05 | | 43,80 | 1,78 | | 21,91 |
| 1,5m | 0,65 | | 70,76 | 1,11 | | 35,14 |
| 2m | 0,06 | | 766,00 | 0,10 | | 390,00 |

FUENTE: Datos Experimentales. ELABORADO POR: Johana Guevara

Tabla 25. Margen de Exposición de BTX en el TLP 2

| MARGEN DE EXPOSICIÓN DE LOS BTX PARA UN MUESTREO DE 8 HORAS TLP 2 | | | | | | |
|--|---------|-------|--------|--------|-------|--------|
| OBRERO / DISTANCIA | TOLUENO | | | XILENO | | |
| | DE | NOAEL | ME | DE | NOAEL | ME |
| 0,5cm | 0,53 | 46,00 | 86,79 | 0,90 | 39,00 | 43,33 |
| 1m | 0,24 | | 191,60 | 0,41 | | 95,12 |
| 1,5m | 0,13 | | 353,84 | 0,22 | | 177,27 |
| 2m | 0,00 | | 46,00 | 0,00 | | 39,00 |

FUENTE: Datos Experimentales. ELABORADO POR: Johana Guevara

**Tabla 26.** Margen de Exposición de BTX en el TLP 3

| MARGEN DE EXPOSICIÓN DE LOS BTX PARA UN MUESTREO DE 8 HORAS TLP 3 | | | | | | |
|--|---------|-------|--------|--------|-------|--------|
| OBRERO / DISTANCIA | TOLUENO | | | XILENO | | |
| | DE | NOAEL | ME | DE | NOAEL | ME |
| 0,5cm | 0,40 | 46,00 | 115,00 | 0,68 | 39,00 | 57,35 |
| 1m | 0,12 | | 383,33 | 0,22 | | 177,27 |
| 1,5m | 0,08 | | 575,00 | 0,14 | | 278,57 |
| 2m | 0,00 | | 46,00 | 0,00 | | 39,00 |

FUENTE: Datos Experimentales. ELABORADO POR: Johana Guevara

El margen de exposición se determinó para tolueno y xileno, para el benceno no es posible calcular al no existen datos del valor del NOAEL.

4.8 DETERMINACIÓN DE COVs EN AIRE AMBIENTE

En la tabla 27, se observa las concentraciones de de COVs en el aire ambiente.

Tabla 27. Concentración de COVs en aire ambiente

| CONCENTRACIÓN DE COVs EN AIRE AMBIENTE | | | |
|--|----------------|---------------|------------|
| TPL | HORA | CONCENTRACIÓN | COVs (ppm) |
| 1 | 15: 25 - 15:45 | Promedio | 0,05 |
| | | Máximo | 2 |
| 2 | 16:00 - 16:20 | Promedio | 0,0 |
| | | Máximo | 0,0 |
| 3 | 16:30 - 16:50 | Promedio | 0,1 |
| | | Máximo | 3 |

FUENTE: Datos Experimentales. ELABORADO POR: Johana Guevara

En el punto 2 correspondiente al TLP2 no se registran concentraciones de COVs.



CAPITULO V

DISCUSIÓN

En Colombia, como en muchos países del mundo, la exposición a solventes orgánicos entre los trabajadores informales de talleres de lámina y pintura de vehículos automotores, es bastante alta y frecuente, a lo largo del tiempo los pintores de automóviles se exponen a diversas mezclas de solventes sin saber sobre los riesgos inherentes a la manipulación de estas sustancias químicas. Entre estos trabajadores informales, el tiempo de trabajo no está estandarizado, pues varía de acuerdo con la carga de trabajo diaria; tampoco reciben capacitación relacionada con sus labores, y con cumplimiento de las normas de higiene, seguridad industrial y protección individual, lo cual contribuye a aumentar la probabilidad de producir efectos adversos sobre su salud. (Nash & Leith, 2010)

La disminución de la calidad del aire debido a la contaminación atmosférica en zonas urbanas es producto de un conjunto de factores como la cantidad y calidad de los combustibles utilizados por los distintos procesos industriales, las actividades productivas y de población y por las condiciones meteorológicas (locales y globales) y fisiográficas que modifican la química atmosférica.

La importancia del control de la contaminación atmosférica tiene que ver no sólo con los daños directos que causa a la salud del ser humano (enfermedades, hipersensibilidad), a la flora y la fauna (alteraciones foliares, reducción del crecimiento, pérdida de especies) o las alteraciones al medio ambiente (atenuación de la radiación solar, aumento de emisiones calóricas, cambios en la precipitación).



La calidad del aire se determina en función del tipo y concentración de diferentes contaminantes gaseosos, aerosoles y materiales particulados presentes en la atmósfera.

El taller de ambiente cerrado (TLP1) presenta mayor concentración de COVs comparado con los otros talleres, lo cual podría atribuirse al área de trabajo donde existe obstrucción a la circulación natural del aire a través de él vertical u horizontal.

Del monitoreo realizado con tubos pasivos a los operadores que laboran en el TLP1 (ambiente cerrado) se obtuvieron valores de COVs que oscilan entre 200 ppm y 100 ppm, estas concentraciones se atribuyen a la presencia de contaminantes como el Benceno, Tolueno y Xileno cuyos valores oscilan entre 31,17 ppm para el xileno y 0,83 ppm de Tolueno para distancias que varían entre 0,5cm y 2 m respectivamente. Las concentraciones registradas para el Xileno no superan el límite estipulado en la Normativa Española (50 ppm) y en la OSHA (100ppm)

Las concentraciones COVs, registradas durante el muestreo con tubos pasivos en los operadores que laboran en el TLP 2 (ambiente semicerrado) presentan un valor máximo 100 ppm y un mínimo de 20 ppm, de los cuales 11,81 ppm se atribuyen al xileno. Las concentraciones de xileno están dentro del rango estipulado en la normativa Española (50 ppm).

Las concentraciones de COVs en el TLP 3 (ambiente abierto) mediante el muestreo con tubos pasivos, presenta un valor máximo de 80 ppm y un mínimo



de 20 ppm, de los cuales 8,33 ppm se atribuyen al xileno, se evidencia que el valor está dentro del rango estipulado en la normativa Española (50 ppm).

La concentración de COVs monitoreado en los operadores aumenta a medida que la distancia se acorta, mientras más cerca este el operadora a la fuente de vapores de pintura mas concentración de COVs se encontrara en el.

En el taller de latonería de ambiente cerrado (TLP 1), el BTX que se encuentra en mayor concentración es el xileno con una valor máximo de 31,17ppm y una concentración mínima de 1,42ppm, en segundo lugar se encuentra el benceno con una concentración máxima de 22ppm y concentración mínima de 1ppm y en tercer lugar se encuentra el tolueno con una concentración máxima de 18,33ppm y una concentración mínima de 0,83ppm. En este tipo de taller se observó claramente que la concentración de BTX disminuye considerablemente con respecto a la distancia.

En el taller de latonería de ambiente semicerrado (TLP 2), el BTX que se encuentra en mayor concentración es el xileno con una concentración máxima de 11,81ppm y una concentración mínima de 0ppm, en segundo lugar se encuentra el benceno con una concentración máxima de 8,33ppm y concentración mínima de 0ppm y en tercer lugar se encuentra el tolueno con una concentración máxima de 6,94ppm y una concentración mínima de 0ppm. En este tipo de taller se observó claramente que la concentración de BTX disminuye considerablemente con respecto a la distancia.

En el taller de latonería de ambiente abierto (TLP 3), el BTX que se encuentra en mayor concentración es el xileno con una concentración máxima de



8,97ppm y una concentración mínima de 0ppm, en segundo lugar se encuentra el benceno con una concentración máxima de 6,33ppm y concentración mínima de 0ppm y en tercer lugar se encuentra el tolueno con una concentración máxima de 5,27ppm y una concentración mínima de 0ppm. En este tipo de taller se observó claramente que la concentración de BTX disminuye considerablemente con respecto a la distancia.

La concentración de BTX en los diferentes talleres (TLP 1, TLP 2, TLP 3) disminuye con respecto a la distancia, encontrándose el xileno en mayor concentración que el benceno y el tolueno respectivamente, siendo así el taller de ambiente abierto (TLP 3) el más seguro para trabajar, por tal razón se rechaza la hipótesis planteada en este estudio en la que se indica que la concentración de COVs es directamente proporcional a la distancia del punto de generación de vapores de pintura al interior de los talleres.

Los valores más altos de COVs en los operadores se observan en el TLP 1 (ambiente cerrado), específicamente se debe a las condiciones de su infraestructura que permite que se concentren en mayor cantidad los COVs en el aire ambiente donde laboran los empleados, por el contrario se observa que en los talleres TLP 2 y TLP 3 (ambiente semicerrado y abierto) existe notablemente una disminución de la concentración de COVs en el aire ambiente de sus instalaciones debido a que en la infraestructura hay mayor ventilación que favorece a dispersar los contaminantes.

El IP determinado para el tolueno es menor a uno en los tres talleres evaluados (TLP 1, TLP 2, TLP 3) a las diferentes distancias, por lo que se considera un riesgo aceptable.



En el TLP 1 el xileno y benceno registran valores de IP mayores a uno hasta la distancia de 1,5m, existiendo un riesgo para la salud inaceptable de acuerdo lo manifestado en ATSDR 1999 y FDA, 1997, siendo necesario tomar medidas paliativas. En este tipo de taller se observó claramente IP de los BTX disminuye considerablemente con respecto a la distancia.

En el TLP 2 para el Benceno, se registran valores de IP mayores a uno a distancias que oscilan entre 0,5cm y 1,5m, no así para el xileno donde los valores de IP varían entre 0,00 y 0,9.

El IP, para el taller TPL 3 se registra únicamente para el benceno, donde los valores oscilan entre 1,36 y 4,36 a distancias de 1m y 0,5cm respectivamente.

El Margen de Exposición (ME) se determinó para el tolueno y xileno, ya que para el benceno no existen datos del valor del NOAEL, siendo el TLP 3 el que presenta un ME más seguro para trabajar.

Según los resultados encontrados, el comportamiento de la concentración de los gases en todos los casos disminuye con la distancia pero depende de la concentración inicial, ya que; en la latonería cerrada, la concentración inicial es alta y aunque a los 2 metros ya no se detectan, ésta disminuye en forma rápida y constante, en tanto que en la semicerrada, el descenso de la concentración es más veloz en los primeros instantes y en la abierta su comportamiento difiere ya que los valores de la concentración de los gases, en todos los casos, son bajos desde el inicio. Es posible que una causa sea la rapidez con la que se volatilizan los gases en un ambiente completamente abierto.



Dentro de los síntomas que manifestaban los operadores de los talleres de latonería (TLP 1) fueron cefalea, irritación de los ojos, resequedad de mucosas y problemas respiratorios, síntomas que se presume se asocian a las intoxicaciones provocadas por los BTX. La cefalea constante podría estar asociada a posibles problemas en el Sistema Nervioso Central por contacto a largo plazo con los COVs.

Los efectos a largo plazo del Benceno pueden afectar a la medula ósea y al sistema inmune dando lugar a una disminución de células sanguíneas. Esta sustancia como el benceno es carcinógena para los seres humanos. (Fichas Internacionales de Seguridad Química Octubre 2014).

De igual manera los efectos a largo plazo del Xileno y Tolueno pueden afectar al Sistema Nervioso Central la exposición a esta sustancia puede potenciar el daño auditivo causado por la exposición a ruido. La experimentación animal muestra que esta sustancia posiblemente cause efectos tóxicos en la reproducción humana. (Fichas Internacionales de Seguridad Química Octubre 2014).

De manera comparativa y en forma de discusión un estudio en Polonia el mismo que a utilizados tubos colorimétricos de difusión pasiva a concentraciones bajas de cinco especímenes gaseosos durante exposiciones de una semana. La mayoría de los tubos de difusión respondió linealmente a un rango de concentraciones. Las concentraciones bajas medidas con los tubos de difusión pasiva para CO, H₂S, SO₂ y benceno durante un período de muestreo de una semana, coincidían con las concentraciones verdaderas razonablemente bien.



Estos hallazgos sugieren que los tubos colorimétricos de difusión pasiva pueden ser razonablemente usados para medir bajas concentraciones de contaminantes aéreos durante períodos de exposición de una semana. Aunque los resultados no son tan precisos como se podría obtener usando instrumentos de tiempo real, los resultados de los tubos de difusión pueden sin embargo ser de considerable valor bajo circunstancias donde el costo, tamaño y necesidad de silencio, calibración in situ y energía eléctrica de dichos instrumentos constituyen un problema. Los tubos colorimétricos de difusión pasiva podrían ser particularmente útiles para encuestas de calidad de aire de exteriores e interiores en las cuales la intención es identificar ubicaciones o circunstancias donde las concentraciones promedio son particularmente bajas o altas, y donde la exigencia de precisión no es severa. (Mariusz Marć, Bożena Zabiegała & Jacek Namieśnik (2014) Aplicación de Tubos Pasivos para monitorear la calidad del Aire en las áreas de Tczew, Polonia, Revista Internacional de Química de Medio Ambiente).

Las concentraciones de COVs en el aire ambiente se encuentran dentro de los límites de referencia que indica el monitoreo realizado por el Centro de Estudios Ambientales, (no existe normativa ecuatoriana).



CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. El taller que presentó mayor concentración de COVs fue el taller de ambiente cerrado (TLP 1) seguido por el semicerrado (TLP 2) y abierto (TLP 3) respectivamente.
2. La concentración de BTX en los diferentes talleres (TLP 1, TLP 2, TLP 3) disminuye con respecto a la distancia, encontrándose el xileno en mayor concentración que el benceno y el tolueno respectivamente, siendo así el taller de ambiente abierto (TLP 3) el más seguro para trabajar.
3. Las concentraciones de xileno y tolueno se encuentran dentro del rango establecido en la normativa Española (50ppm), en el caso del benceno la concentración es mayor a la establecida en la normativa (1ppm).
4. A la distancia de 2 m no se registra concentración alguna de COVs totales.
5. A la distancia de 1,5 m se observa una concentración de COVs totales directa hacia el operador.
6. Al determinar los COVs totales en aire ambiente en las diferentes ubicaciones de las calles aledañas a los talleres de carrocería y pintura no se aprecia contaminación alguna atribuida a los COVs, a pesar de que existen una gran cantidad de talleres de carrocería y pintura en el perímetro de estudio.
7. En este estudio se comprueba que la cantidad de COVs presente en los trabajadores disminuye con respecto a la distancia del punto de generación de los vapores de pintura.



8. Los resultados de este estudio señalan que los talleres deben minimizar la exposición a estas sustancias con medidas como la vigilancia biológica y ambiental para determinar la concentración de estos contaminantes en cada puesto de trabajo y en los individuos; las actividades educativas y de capacitación para concientizar a los trabajadores sobre los riesgos a los cuales están expuestos por el contacto con solventes, y el apego a las normas que garanticen el control de conductas inadecuadas, como el consumo de tabaco y alimentos en el puesto de trabajo.
9. A pesar de que el aire ambiente no se encontraron valores significativos de COVs esto no implica que el operador este exento de presentar riesgo a largo plazo.
10. El muestro en aire ambiente nos permitió diferenciar si existían interferencia con las concentraciones de los COVs presente en los trabajadores de los diferentes talleres.

RECOMENDACIONES

- Que se mejore la infraestructura de las cabinas de pintado en los talleres.
- Implementar un correcto sistema de ventilación en los talleres.
- Realizar evaluaciones médicas a los diferentes empleados de los talleres.
- Aplicar otras técnicas para la determinación BTX en el operador.
- Determinar las concentración de Benceno en orina.



- Uso de mascarillas con filtros de carbón activado y equipo de protección para las personas que manipulan los solventes y pinturas.
- Implementar sistema de señalización y seguridad laboral



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Acevedo, J. (2009). Evaluación del riesgo para la salud humana asociado a la exposición a BTX en las gasolineras de Quito.
2. Atkinson, R. Atmospheric chemistry of VOCs and NO_x. Atmospheric Environment, 2000, 34(12), 2063-2101.
3. ATSDR. (1992). *Evaluación de riesgos en salud por la exposición a residuos peligrosos*. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (Manual). Atlanta.
4. Castellar, M. (2007). Efectos crónicos neurocomportamentales en trabajadores del sector petrolero expuestos a solventes orgánicos aromáticos (benceno, tolueno y xileno- btx). Pontificia Universidad Javeriana Facultad De Enfermería, 2007.
5. CEPIS/OPS. (2005). Curso de Autoinstrucción. Obtenido de Evaluación de Riesgo asociado a Contaminantes de Aire: http://www.bvsde.paho.org/cursoa_riesgoaire/lecciones/leccion2d.html.
6. CORPORATION, G. Instructions for Toluene Passive Dosi-Tube. In. Japan 2015
7. De Blas, M (2014). Desarrollo y aplicación de técnicas avanzadas de medida de compuestos orgánicos volátiles en la atmósfera. Edtion ed. Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatearen Argitalpen Zerbitzua, 2014. ISBN 8498606551.
8. Díaz, F. (1999). *Metodología de identificación y evaluación de riesgo para la salud en sitios contaminados*. OPS/CEPIS/PUB/99.34. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Organización Mundial de la Salud.



9. Dorne, L. Bordajandi, B., Amzal, P., & Ferrari, P. (2009). Combining analytical techniques, exposure assessment and biological effects for risk assessment of chemicals in food. *Eissevier Ireland. Ltd.*
10. Eller, P. & Cassinelli, N. (2003). Manual of analytical methods. Edited by FOURTH. Edtion ed.: DIANE Publishing, 2003. ISBN 0788115006.
11. Engström, K., & Riihimäki. Percutaneous absorption of m-xylene in man. *International archives of occupational and environmental health*, 1997, 39(3), 181-189.
12. FAO/OMS. (2007). *Análisis de riesgos relativos a la inocuidad de los alimentos*. Guía para las autoridades nacionales de inocuidad de los alimentos. Obtenido en el estudio FAO: Alimentación y nutrición N° 87: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a0822s/a0822s.pdf>
13. FDA. (1997). Código de alimentos. Recomendaciones del Servicio de Salud Publica de EEUU. Publicación de Servicio Nacional de Información Técnica PB97-133656. *Administración de Medicamentos y Alimentos*.
14. García, M., Molina, E., Terry, C., Borroto, R & Fernandez, N. (1995). Aspectos metodológicos de la evaluación de riesgos para la salud por exposición a desechos peligrosos. *Rev. Cubana Hig Epidemiol*, 34.
15. Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en los lugares de trabajo Real Decreto 274-200 6 de Abril BOE n. 104, 1 de Mayo del 2001.
16. Haro-Garcia, L. C., González-Bonilla, C. R., Chacón-Sanilas, R., Pérez-Lucio, C., Juarez-Perez, C. A., & Borja-Aburto, V. H. (2008). Exposición ocupacional a mezcla de benceno-tolueno-xileno. *Manifestaciones*



- hematoinmunológicas. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 46(6), 643-650.
17. Hattemer, H., Travis, C, Land, M. (1990) Benzene: environmental partitioning and human exposure. *Environmental research*, 1990, 53(2), 221-232.
18. Hernández F, (2012). *Tratado de Medicina del trabajo, Aspectos médicos de interés en salud laboral*, 2da Edición, Volumen II, pag 765.
19. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo de España, 2014. Límites de exposición profesional para agentes químicos en España 2014. Recuperado de http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/LEP%20_VALOR_ES%20LIMITE/Valores%20limite/Limites2014/FINAL%20-%20Web%20v5%20-%20LEP%202014%20-%2029-01-2014.pdf Pág103,112,159.
20. JiménezZ, M., Kuhn, R. (2009) *Toxicología fundamental*. Edtion ed.: Ediciones Díaz de Santos, 2009. ISBN 8479788984.
21. Journal of the Air & Waste Management Association Publication details, including instructions for authors and subscription information: <http://www.tandfonline.com/loi/uawm20>
22. Marć, M., Zabiegała, B., Namieśnik, J. (2014). Application of passive sampling technique in monitoring research on quality of atmospheric air in the area of Tczew, Poland. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 2014, 94(2), 151-167.
23. Martínez, C., Solá, X., Farrás, G. QUÍMICO NTP 486: Evaluación de la exposición a benceno: control ambiental y biológico.



24. Morales, R. & Barahona, A. (2013) Las sustancias químicas y el efecto neurotóxico en los trabajadores. *Enfoque UTE*, 2013, 4(2), pp. 45-58.
25. Nash, D. & Leith, D (2010) Use of passive diffusion tubes to monitor air pollutants. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 2010, 60(2), 204-209.
26. Palma, Marien, Briceño, Leonardo, Idrovo, Álvaro J., & Varona, Marcela. (2015). Evaluación de la exposición a solventes orgánicos en pintores de carros de la ciudad de Bogotá. *Biomédica*, 35(spe), 66-76. <https://dx.doi.org/10.7705/biomedica.v35i0.2268>
27. Periférico 5000, Col. Insurgente Cuicuilco, C.P. 04530, Delegación Coyoacán, México D.F. Última actualización: 15/11/2007. Recuperado de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/396/introd.html>
28. Sánchez, J. & León, A. (2009) IX. Compuestos orgánicos volátiles en el medio ambiente. *Monografías de la Real Academia Nacional de Farmacia*.
29. Tello, Ma. Ángeles (2015). *Evaluación del Riesgo Toxicológico de Plomo y Cadmio en Suelos del entorno del parque industrial de la Ciudad de Cuenca* (tesis de maestría). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
30. Welz, B. G. SCHLEMMER Determination of arsenic, selenium and cadmium in marine biological tissue samples using a stabilised temperature platform furnace and comparing deuterium arc with Zeeman-effect background correction atomic absorption spectrometry. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 1986, 1(2), 119-124.

ANEXOS

ANEXO 1. HOJA DE INSTRUCCIÓN DE LOS TUBOS PASIVOS GASTEC.

GASTEC Instructions for No.122DL Toluene Passive Dosi-Tube

FOR SAFE OPERATION :

Carefully read this manual before use.

⚠ CAUTION : If you do not observe the following precautions, you may suffer injuries or damage the product.

1. When breaking the Passive Dosi-Tube, keep away from eyes.
2. Do not touch the broken glass tubes, pieces and reagent with bare hands.
3. Keep tubes out of Direct Sunlight. The sunlight fades the discoloration of the tube.

⚠ NOTES : For maintaining performance and reliability of the test results.

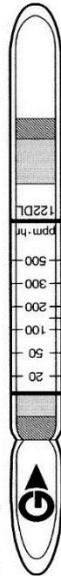
1. Use this tube within the temperature range of 0 - 40°C (32 - 104°F).
2. Use this tube within the relative humidity range of 0 - 90%.
3. This tube may be interfered with by the coexisting gases. Please refer to the 'INTERFERENCES' below.
4. Shelf life and storage conditions of the Passive dosi-tube are marked on the label of the tube box.

APPLICATION OF THE TUBE :

Use of this tube for the detection of Toluene in air or the industrial areas and determining the environmental atmospheric condition.

SPECIFICATION :

(Because of Gastec's commitment to continued improvement, specifications are subject to change without notice)



| | |
|--------------------|---|
| Measuring Range | 2 - 500 ppm |
| Sampling Hours | 1 - 10 hours |
| Detecting Limit | 1 ppm (10 hours) |
| Colour Change | White → Brown |
| Reaction Principle | 2C ₆ H ₅ CH ₃ + HCHO → C ₆ H ₅ CH ₂ -CH ₂ -C ₆ H ₅ + H ₂ O → Reaction Product C ₆ H ₅ CH ₃ - CH ₃ - C ₆ H ₅ CH ₃ + H ₂ SO ₄ → |

Coefficient of Variance : 10% (for 2 to 500 ppm-hr)

**** Shelf Life : Please refer to the Validity Date printed on the tube box.**

**** Store the tubes in dark and cool place.**

CORRECTION FOR TEMPERATURE, HUMIDITY AND PRESSURE :

Temperature : No correction is required.

Humidity : No correction is required.

Pressure : No correction is required.

MEASUREMENT PROCEDURE :



1. Break tips off a fresh tube with Gastec Passive Dosi-Tube Holder No.710.
2. Set the Dosi-tube in the Tube Holder firmly inside the holder so the broken part is not appeared from the edge of the holder. Record the measurement starting time on the peel off numbered label in each box of the tube and put the label on the tube.
3. For personal sampling, put the dosi-tube holder to the shirt collar of the personnel or workplace where the measurement is required. When the sampling is finished, record the time on the label of the tube.
4. Calculate gas concentration by the following formula :

$$\text{Average Concentration} = \frac{\text{Dosi-Tube Reading (ppm hour)}}{\text{Sampling Time (hours)}}$$

5. To protect the tube holder of shirt collar from dropping during operation, support the tube holder with string through a small hole of the tube holder.

INTERFERENCES :

| Substance | Concentration | Interference | Interference gas only |
|---------------------------|---------------|--------------|-----------------------|
| Alcohols, Esters, Ketones | ≦ 30 ppm | No | No discoloration |
| Aromatic Hydrocarbons | | + | Brown |

The table of this interference gases primarily expresses the interference of each coexisting gas in the gas concentration range, equivalent to the gas concentration. Therefore, the test result may be given positive result by the other substances not listed in the table. For more information is needed, please contact us or our distributors in your territory.

APPLICATION FOR OTHER SUBSTANCES :

| Substance | Correction Factor | Sampling Time | Measuring Range (ppm) |
|---------------|-------------------|---------------|-----------------------|
| Ethyl Benzene | 1.4 | 1 - 10 hours | 2.8 - 700 |
| Xylene | 1.7 | 1 - 10 hours | 3.4 - 850 |
| Cumene | 1.7 | 1 - 10 hours | 3.4 - 850 |
| Benzene | 1.2 | 1 - 10 hours | 2.4 - 600 |
| Styrene | 1.3 | 1 - 10 hours | 2.6 - 6500 |

CORRECTION FACTOR :

Detector tubes are primarily designed to measure specific gases. But it is also possible to measure other substances of similar chemical properties with the aid of a correction factor or chart. Therefore, please make use of the correction factor/chart measuring ranges as a reference. For more precise factor please contact your Gastec distributor.

DANGEROUS AND HAZARDOUS PROPERTIES :

Threshold Limit Value-Time Weighted Average by ACGIH (2009): 20 ppm

INSTRUCTIONS ON DISPOSAL :

The reagent of the tube does not use toxic substance. When disposing the tube regardless of whether it has been used or not, follow the rules and regulations of your local government.

WARRANTY :

If you have any questions regarding gas detection and quality of the tubes, please feel free to contact your Gastec representatives.

Manufacturer : Gastec Corporation
8-8-6 Fukayanaka, Ayase-City, 252-1195, Japan

<http://www.gastec.co.jp/>

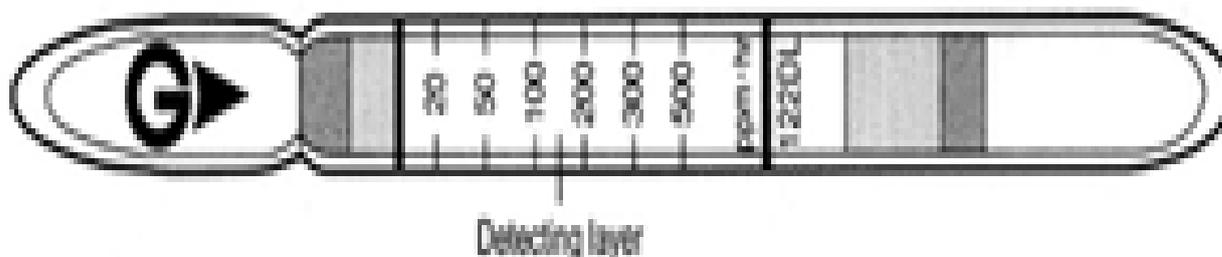
Telephone +81-467-79-3910 Facsimile +81-467-79-3979

IM01122DL E2

Printed in Japan

10E1Z

**ANEXO 2. TUBO PASIVO GASTEC PARA EL OPERADOR. FUENTE:
GASTEC CORPORATION**

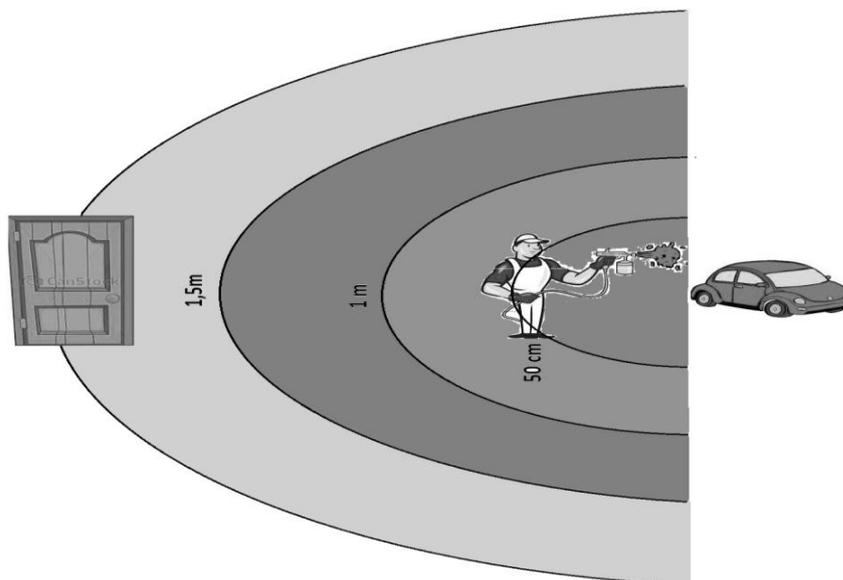


**ANEXO 3. EQUIPO DE MEDICIÓN DE GASES EN AIRE AMBIENTE MARCA
BW TECHNOLOGIES (HONEYWELL) GASALERRTMICRO 5 PID.**





ANEXO 3. DISTANCIAS ESTABLECIDAS PARA LA UBICACIÓN DE LOS TUBOS PASIVOS GASTEC.



ANEXO 4. CODIFICACIÓN DE TUBOS PASIVOS: TUBO #1 CORRESPONDIENTE AL OPERADOR Y TUBO #2 CORRESPONDIENTE A 1,50M DE DISTANCIA. FUENTE. ELABORADO POR: Johana Guevara.



ANEXO 5. TUBO PASIVO UBICADO EN EL OPERADOR . FUENTE.

ELABORADO POR: Johana Guevara.



ANEXO 6. TUBO PASIVO UBICADO A UN 1.5METROS DEL LUGAR DE TRABAJO DEL OPERADOR FUENTE. ELABORADO POR: Johana Guevara.



ANEXO 7. TUBO PASIVO UBICADO EN LA PARTE EXTERNA DE LA CABINA FUENTE. ELABORADO POR: Johana Guevara.





ANEXO 8. CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE COVS EN LOS PUNTOS DE MUESTREO.

| CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE COVS (ppm) | | | | | | | |
|---|-----------------|--------------|----------------------------|------------|---------------|------------|--------------------------------|
| | | | Concentración (ppm) | | | | Horas de Exposición (h) |
| | | | OBRERO/DISTANCIA | | | | |
| | | | 0,5 cm | 1 m | 1,50 m | 2 m | |
| TLP 1 | Semana 1 | Día 1 | 200 | 120 | 100 | 20 | 8 |
| | | Día 2 | 150 | 90 | 60 | 0 | 8 |
| | | Día 3 | 120 | 80 | 20 | 0 | 8 |
| | Semana 2 | Día 1 | 200 | 170 | 110 | 40 | 8 |
| | | Día 2 | 100 | 85 | 50 | 0 | 8 |
| | | Día 3 | 140 | 120 | 70 | 0 | 8 |
| | Semana 3 | Día 1 | 150 | 120 | 80 | 0 | 8 |
| | | Día 2 | 160 | 130 | 70 | 0 | 8 |
| | | Día 3 | 100 | 80 | 60 | 0 | 8 |
| TLP 2 | Semana 1 | Día 1 | 100 | 60 | 30 | 0 | 8 |
| | | Día 2 | 50 | 30 | 20 | 0 | 8 |
| | | Día 3 | 60 | 20 | 10 | 0 | 8 |
| | Semana 2 | Día 1 | 50 | 20 | 0 | 0 | 8 |
| | | Día 2 | 80 | 40 | 20 | 0 | 8 |
| | | Día 3 | 20 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| | Semana 3 | Día 1 | 50 | 20 | 20 | 0 | 8 |
| | | Día 2 | 40 | 20 | 10 | 0 | 8 |
| | | Día 3 | 50 | 20 | 10 | 0 | 8 |
| TLP 3 | Semana 1 | Día 1 | 30 | 10 | 10 | 0 | 8 |
| | | Día 2 | 20 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| | | Día 3 | 50 | 20 | 0 | 0 | 8 |
| | Semana 2 | Día 1 | 60 | 20 | 10 | 0 | 8 |
| | | Día 2 | 20 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| | | Día 3 | 50 | 20 | 20 | 0 | 8 |
| | Semana 3 | Día 1 | 50 | 20 | 20 | 0 | 8 |
| | | Día 2 | 20 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| | | Día 3 | 80 | 30 | 20 | 0 | 8 |



ANEXO 9. INDICE PE PELIGRO DE LOS COVS PARA UN MUESTREO DE 8 HORAS EN LOS TLP

| INDICE DE PELIGRO DE LOS COVS PARA UN MUESTREO DE 8 HORAS TLP 1 | | | | | | | | | |
|---|---------|------|------|--------|------|------|---------|------|-------|
| OBRERO / DISTANCIA | TOLUENO | | | XILENO | | | BENCENO | | |
| | DE | DfR | IP | DE | DfR | IP | DE | DfR | IP |
| 0,5cm | 1,39 | 5,00 | 0,28 | 2,37 | 1,00 | 2,37 | 1,68 | 0,11 | 15,27 |
| 1m | 1,05 | | 0,21 | 1,78 | | 1,78 | 1,26 | | 11,46 |
| 1,5m | 0,65 | | 0,13 | 1,11 | | 1,11 | 0,78 | | 7,09 |
| 2m | 0,06 | | 0,01 | 0,10 | | 0,10 | 0,08 | | 0,72 |

| INDICE DE PELIGRO DE LOS COVS PARA UN MUESTREO DE 8 HORAS TLP 2 | | | | | | | | | |
|---|---------|------|------|--------|------|------|---------|------|------|
| OBRERO / DISTANCIA | TOLUENO | | | XILENO | | | BENCENO | | |
| | DE | DfR | IP | DE | DfR | IP | DE | DfR | IP |
| 0,5cm | 0,53 | 5,00 | 0,11 | 0,90 | 1,00 | 0,90 | 0,63 | 0,11 | 5,72 |
| 1m | 0,24 | | 0,05 | 0,41 | | 0,41 | 0,29 | | 2,64 |
| 1,5m | 0,13 | | 0,03 | 0,22 | | 0,22 | 0,15 | | 1,36 |
| 2m | 0,00 | | 0,00 | 0,00 | | 0,00 | 0 | | 0,00 |

| INDICE DE PELIGRO DE LOS COVS PARA UN MUESTREO DE 8 HORAS TLP 3 | | | | | | | | | |
|---|---------|------|------|--------|------|------|---------|------|------|
| OBRERO / DISTANCIA | TOLUENO | | | XILENO | | | BENCENO | | |
| | DE | DfR | IP | DE | DfR | IP | DE | DfR | IP |
| 0,5cm | 0,40 | 5,00 | 0,08 | 0,68 | 1,00 | 0,68 | 0,48 | 0,11 | 4,36 |
| 1m | 0,12 | | 0,02 | 0,22 | | 0,22 | 0,15 | | 1,36 |
| 1,5m | 0,08 | | 0,01 | 0,14 | | 0,14 | 0,10 | | 0,90 |
| 2m | 0,00 | | 0,00 | 0,00 | | 0,00 | 0 | | 0,00 |



**ANEXO 10. MARGEN DE EXPOSICIÓN DE LOS COVS PARA UN
MUESTREO DE 8 HORAS EN LOS TLP**

| MARGEN DE EXPOSICIÓN DE LOS COVS PARA UN MUESTREO DE 8 HORAS TLP 1 | | | | | | |
|---|----------------|--------------|-----------|---------------|--------------|-----------|
| OBRERO / DISTANCIA | TOLUENO | | | XILENO | | |
| | DE | NOAEL | ME | DE | NOAEL | ME |
| 0,5cm | 1,39 | 46,00 | 33,09 | 2,37 | 39,00 | 16,46 |
| 1m | 1,05 | | 43,80 | 1,78 | | 21,91 |
| 1,5m | 0,65 | | 70,76 | 1,11 | | 35,14 |
| 2m | 0,06 | | 766,00 | 0,10 | | 390,00 |

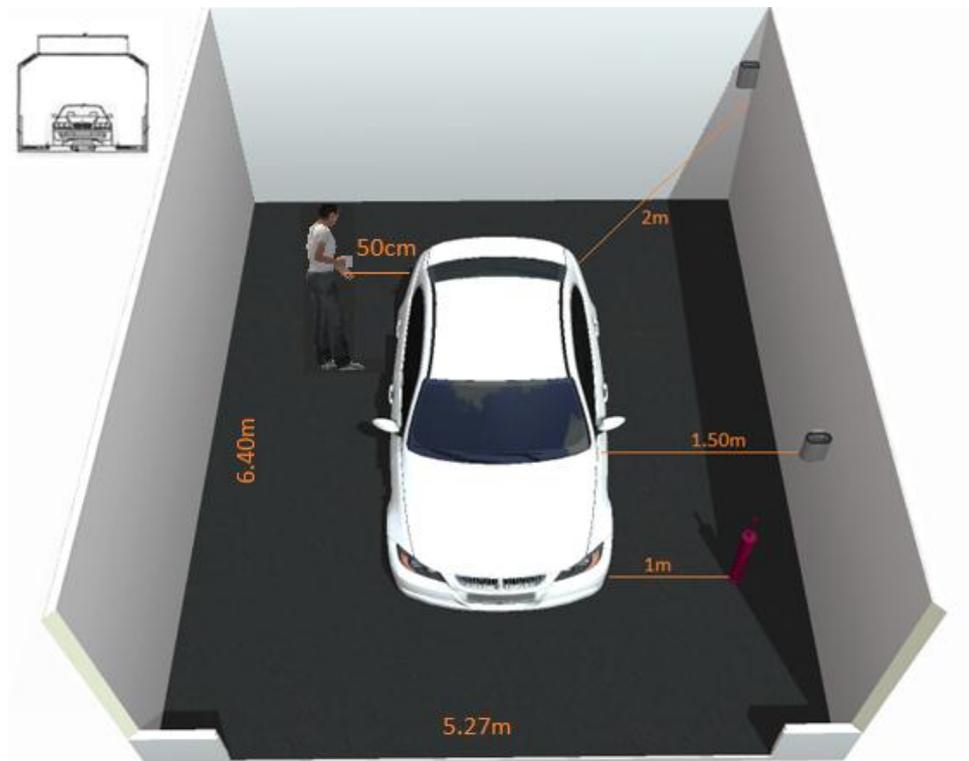
| MARGEN DE EXPOSICIÓN DE LOS COVS PARA UN MUESTREO DE 8 HORAS TLP 2 | | | | | | |
|---|----------------|--------------|-----------|---------------|--------------|-----------|
| OBRERO / DISTANCIA | TOLUENO | | | XILENO | | |
| | DE | NOAEL | ME | DE | NOAEL | ME |
| 0,5cm | 0,53 | 46,00 | 86,79 | 0,90 | 39,00 | 43,33 |
| 1m | 0,24 | | 191,60 | 0,41 | | 95,12 |
| 1,5m | 0,13 | | 353,84 | 0,22 | | 177,27 |
| 2m | 0,00 | | 46,00 | 0,00 | | 39,00 |

| MARGEN DE EXPOSICIÓN DE LOS COVS PARA UN MUESTREO DE 8 HORAS TLP 3 | | | | | | |
|---|----------------|--------------|-----------|---------------|--------------|-----------|
| OBRERO / DISTANCIA | TOLUENO | | | XILENO | | |
| | DE | NOAEL | ME | DE | NOAEL | ME |
| 0,5cm | 0,40 | 46,00 | 115,00 | 0,68 | 39,00 | 57,35 |
| 1m | 0,12 | | 383,33 | 0,22 | | 177,27 |
| 1,5m | 0,08 | | 575,00 | 0,14 | | 278,57 |
| 2m | 0,00 | | 46,00 | 0,00 | | 39,00 |

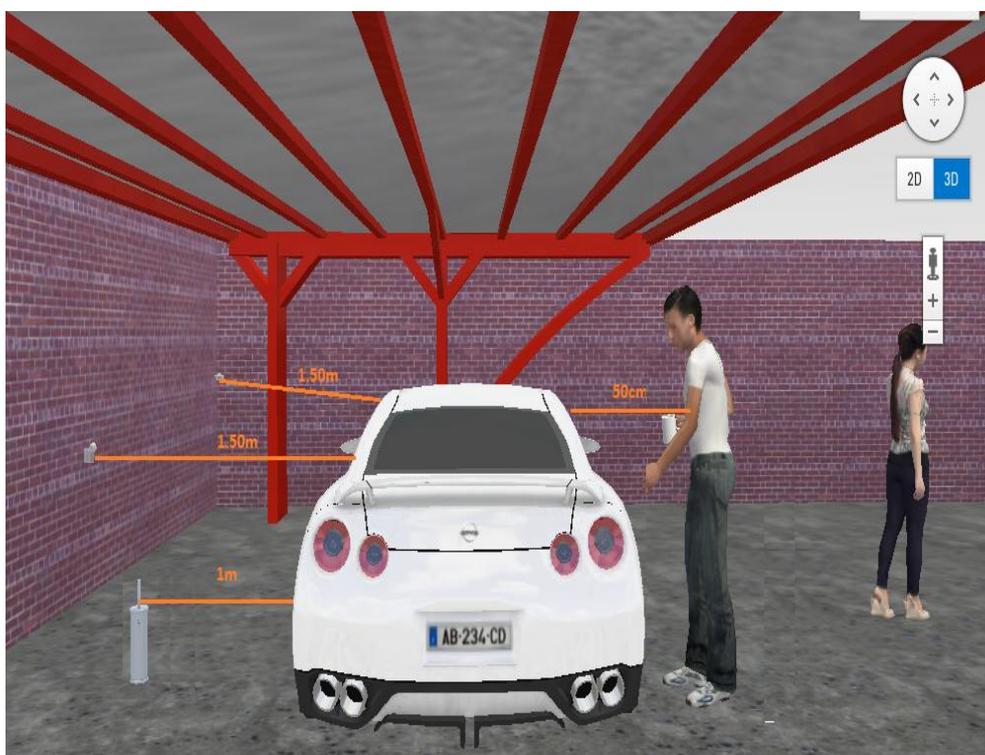
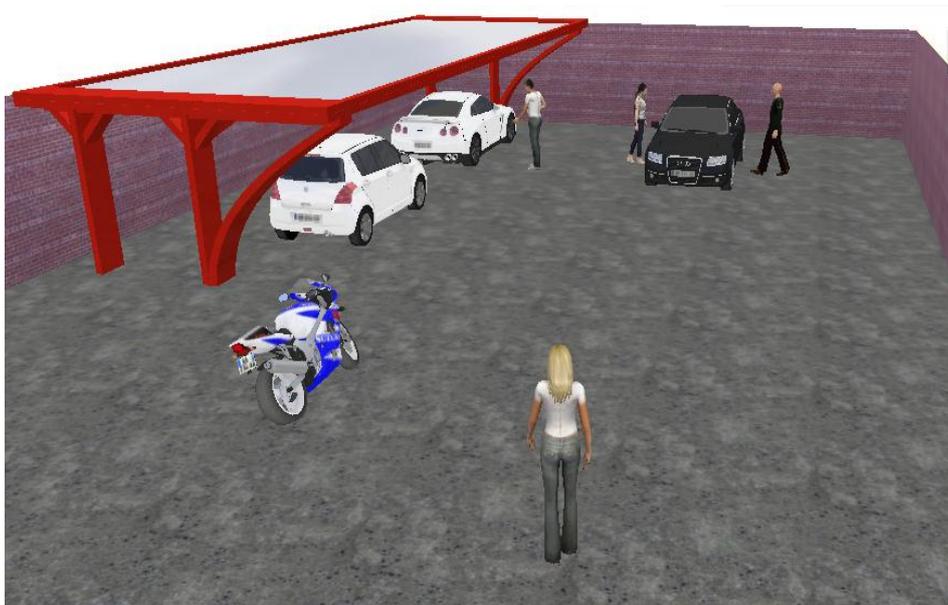
ANEXO 11. BASE DE DATOS DE LA CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE BTX EN LOS PUNTOS DE MUESTREO.

| CONCENTRACION PROMEDIO DE BTX (ppm) | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|----------|-------|-------------------------|------------------|-------|--------|-----|------------------|-------|--------|------|------------------|-------|--------|-----|
| | | | Horas de Exposicion (h) | Tolueno | | | | Xileno | | | | Benceno | | | |
| | | | | OBRERO/DISTANCIA | | | | OBRERO/DISTANCIA | | | | OBRERO/DISTANCIA | | | |
| | | | | 0.5cm | 1 m | 1,50 m | 2 m | 0.5cm | 1 m | 1,50 m | 2 m | 0.5cm | 1 m | 1,50 m | 2 m |
| Latoneria Cerrada (X) | Semana 1 | Día 1 | 8 | 25,00 | 15,00 | 12,50 | 2,5 | 42,50 | 25,50 | 21,25 | 4,25 | 30 | 18 | 15 | 3 |
| | | Día 2 | 8 | 18,75 | 11,25 | 7,50 | 0 | 31,88 | 19,13 | 12,75 | 0 | 22,5 | 13,5 | 9 | 0 |
| | | Día 3 | 8 | 15,00 | 10,00 | 2,50 | 0 | 25,5 | 17,00 | 4,25 | 0 | 18 | 12 | 3 | 0 |
| | Semana 2 | Día 1 | 8 | 25,00 | 21,25 | 13,75 | 5 | 42,5 | 36,13 | 23,38 | 8,50 | 30 | 25,5 | 16,5 | 6 |
| | | Día 2 | 8 | 12,50 | 10,63 | 6,25 | 0 | 21,25 | 18,06 | 10,63 | 0 | 15 | 12,75 | 7,5 | 0 |
| | | Día 3 | 8 | 17,50 | 15,00 | 8,75 | 0 | 29,75 | 25,50 | 14,88 | 0 | 21 | 18 | 10,5 | 0 |
| | Semana 3 | Día 1 | 8 | 18,75 | 15,00 | 10,00 | 0 | 31,88 | 25,50 | 17,00 | 0 | 22,5 | 18 | 12 | 0 |
| | | Día 2 | 8 | 20,00 | 16,25 | 8,75 | 0 | 34 | 27,63 | 14,88 | 0 | 24 | 19,5 | 10,5 | 0 |
| | | Día 3 | 8 | 12,50 | 10,00 | 7,50 | 0 | 21,25 | 17,00 | 12,75 | 0 | 15 | 12 | 9 | 0 |
| Latoneria Semicerrada (Y) | Semana 1 | Día 1 | 8 | 12,50 | 7,50 | 3,75 | 0 | 21,25 | 12,75 | 6,38 | 0 | 15 | 9 | 4,5 | 0 |
| | | Día 2 | 8 | 6,25 | 3,75 | 2,50 | 0 | 10,63 | 6,38 | 4,25 | 0 | 7,5 | 4,5 | 3 | 0 |
| | | Día 3 | 8 | 7,50 | 2,50 | 1,25 | 0 | 12,75 | 4,25 | 2,13 | 0 | 9 | 3 | 1,5 | 0 |
| | Semana 2 | Día 1 | 8 | 6,25 | 2,50 | 0 | 0 | 10,63 | 4,25 | 0 | 0 | 7,5 | 3 | 0 | 0 |
| | | Día 2 | 8 | 10,0 | 5,00 | 2,50 | 0 | 17 | 8,5 | 4,25 | 0 | 12 | 6 | 3 | 0 |
| | | Día 3 | 8 | 2,50 | 0 | 0 | 0 | 4,25 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| | Semana 3 | Día 1 | 8 | 6,25 | 2,50 | 2,5 | 0 | 10,63 | 4,25 | 4,25 | 0 | 7,5 | 3 | 3 | 0 |
| | | Día 2 | 8 | 5,00 | 2,50 | 1,25 | 0 | 8,5 | 4,25 | 2,13 | 0 | 6 | 3 | 1,5 | 0 |
| | | Día 3 | 8 | 6,25 | 2,50 | 1,25 | 0 | 10,63 | 4,25 | 2,13 | 0 | 7,5 | 3 | 1,5 | 0 |
| Latoneria Abierta (Z) | Semana 1 | Día 1 | 8 | 3,75 | 1,25 | 1,25 | 0 | 6,375 | 2,13 | 2,13 | 0 | 4,5 | 1,5 | 1,5 | 0 |
| | | Día 2 | 8 | 2,50 | 0 | 0 | 0 | 4,25 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| | | Día 3 | 8 | 6,25 | 2,50 | 0 | 0 | 10,63 | 4,25 | 0 | 0 | 7,5 | 3 | 0 | 0 |
| | Semana 2 | Día 1 | 8 | 7,50 | 2,50 | 1,25 | 0 | 12,75 | 4,25 | 2,125 | 0 | 9 | 3 | 1,5 | 0 |
| | | Día 2 | 8 | 2,50 | 0 | 0 | 0 | 4,25 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| | | Día 3 | 8 | 6,25 | 2,50 | 2,50 | 0 | 10,63 | 4,25 | 4,25 | 0 | 7,5 | 3 | 3 | 0 |
| | Semana 3 | Día 1 | 8 | 6,25 | 2,50 | 2,50 | 0 | 10,63 | 4,25 | 4,25 | 0 | 7,5 | 3 | 3 | 0 |
| | | Día 2 | 8 | 2,50 | 0 | 0 | 0 | 4,25 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| | | Día 3 | 8 | 10,00 | 3,75 | 2,50 | 0 | 17 | 6,38 | 4,25 | 0 | 12 | 4,5 | 3 | 0 |

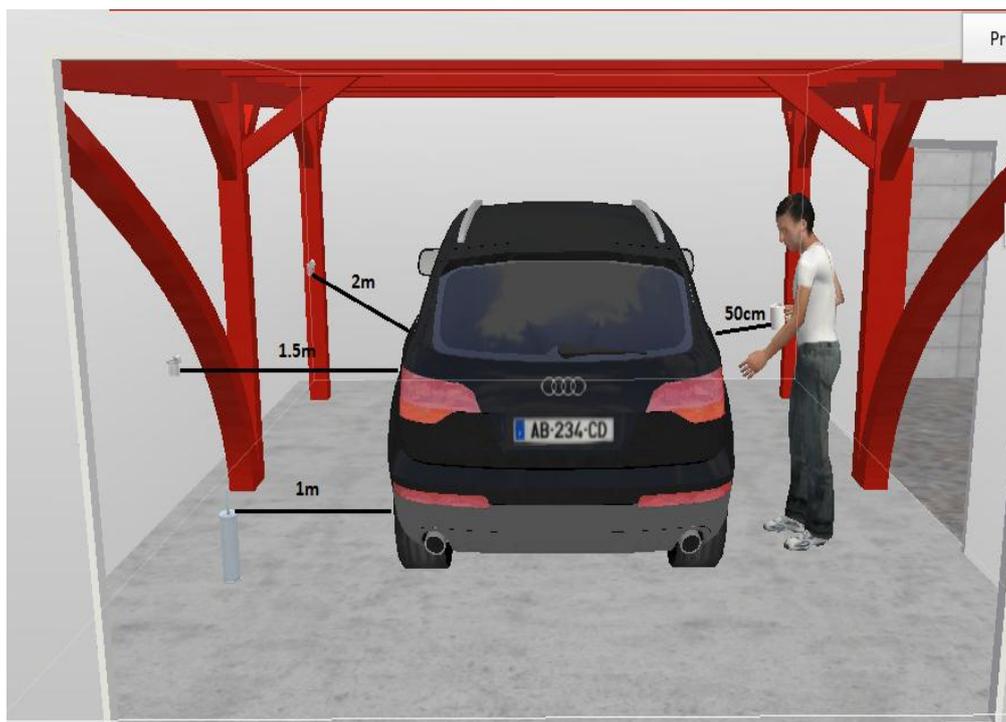
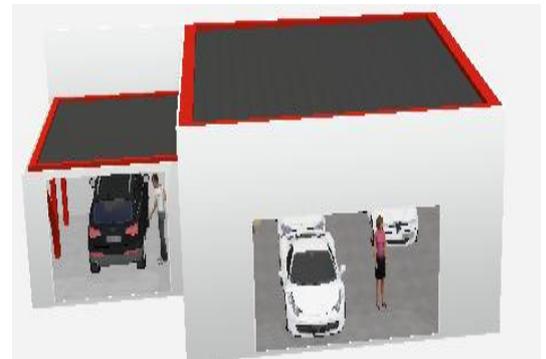
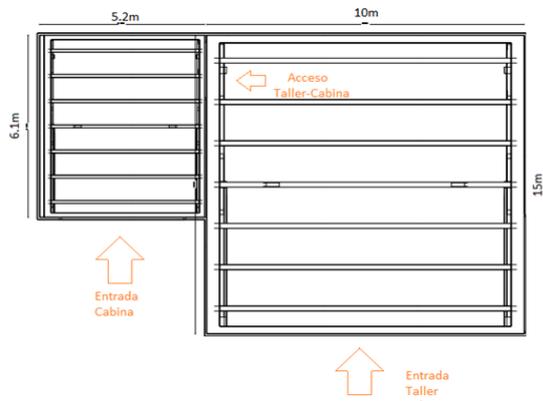
ANEXO 12. TALLER DE LATONERIA CERRADO TLP 1



ANEXO 13. TALLER DE LATONERIA SEMICERRADO TLP 2



ANEXO 14. TALLER DE LATONERIA ABIERTO TLP 3





ANEXO 15.RESULTADOS DE LAS MEDICIONES AMBIENTALES



INFORME DE MEDICIONES AMBIENTALES

1. ANTECEDENTES

Razón Social: TALLERES DE LATONERÍA Y PINTURA.
Actividad: Reparación y pintado de vehículos
Solicitante: Dra. Johana Guevara.
Mediciones: Compuestos Orgánicos Volátiles.

2. MEDICIONES REALIZADAS

- Determinación de la concentración de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's) en tres puntos, con una duración de veinte minutos en cada punto, para un total de dos horas.

3. GASES EN AIRE AMBIENTE

La medición fue realizada con un equipo de medición de gases en aire ambiente Marca BW Technologies (Honeywell) GasAlertMicro 5 PID. El equipo GasAlertMicro 5 PID tiene instalado sensores electroquímicos para detección de gases: CO, O₂, **COV's** y LEL. El rango de medición para el sensor de COV's es de 0 – 1000ppm.

Los resultados del informe son de uso exclusivo del consultor, las recomendaciones y conclusiones citadas, afectan únicamente a las condiciones al momento de la medición y deben ser reproducidas o incorporadas en el informe final previo análisis del responsable del estudio de consultoría.

1

Se tomaron muestreos de gas una hora y con un Data Rate (toma de muestra) cada 30 segundos.

3.1 MEDICIONES Y RESULTADOS

En la Tabla 1 se muestran los valores de la concentración de Compuestos Orgánicos Volátiles registrados en los puntos de monitoreo.

Tabla 1. Concentración de COV's en los puntos monitoreados (30/06/2014).

| No. | Ubicación | Hora (hh:mm) | Concentración de Gases | COV's (ppm) |
|-----|--|---------------|------------------------|-------------|
| 1 | Taller de latonería "Sr. Uguña" | 15:25 – 15:45 | Promedio | 0,05 |
| | | | Máximo | 2,0 |
| 2 | Taller de latonería y pintura "Lucho Barros" | 16:00 – 16:20 | Promedio | 0,0 |
| | | | Máximo | 0,0 |
| 3 | Taller de pintura y latonería "La Pluma Durán" | 16:30 – 16:50 | Promedio | 0,1 |
| | | | Máximo | 3,0 |

Información proporcionada por: Dra. Johana Guevara.

Técnicos Responsables: Ing. Ana Astudillo A.
Ing. Carlos Espinoza P.




Dra. Nancy García Alvear
DIRECTORA DEL CEA

Cuenca, a 01 de julio de 2014.

Los resultados del informe son de uso exclusivo del consultor, las recomendaciones y conclusiones citadas, afectan únicamente a las condiciones al momento de la medición y deben ser reproducidas o incorporadas en el informe final previo análisis del responsable del estudio de consultoría.

2