



UNIVERSIDAD ESTATAL DE CUENCA

“MAESTRIA EN TOXICOLOGIA INDUSTRIAL Y AMBIENTAL”

TÍTULO:

**RIESGO TOXICOLÓGICO DEL MONÓXIDO DE CARBONO EN
EL AMBIENTE LABORAL DE LA EMPRESA CONSORCIO
REVISIÓN VEHICULAR DANTON- CUENCA.**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
MAGISTER EN TOXICOLOGIA INDUSTRIAL Y AMBIENTAL**

AUTORA: Dra. Ruth Rosas Castro

DIRECTORA: Dra. Nancy García Alvear MSc.

CUENCA, ECUADOR

2014



RESUMEN

En este trabajo se estableció el riesgo toxicológico para los trabajadores de la empresa CONSORCIO REVISION VEHICULAR DANTON debido al CO de origen vehicular en el ambiente laboral puesto que se comparó los niveles de carboxihemoglobina (%COHb) inicio y final de jornada con los valores referenciales para la ciudad de Cuenca; se definió los perfiles de CO en la zona de emisión de gases durante la jornada laboral y su correlación con %COHb final; se analizó las características personales y de seguridad de los trabajadores estableciendo así las medidas preventivas.

Para la determinación de % COHb se utilizó el método Microdifusión Feldestein-Klendeslop y Espectrofotometría, al inicio y final de la jornada laboral en tres monitoreos; el CEA de la Universidad de Cuenca realizó el monitoreo de CO en aire laboral durante 9 horas en los mismos días del monitoreo de %COHb; mediante encuesta se valoró las características personales y de seguridad de cada trabajador; con datos referenciales del CO de EPA/IRIS y con los valores 95% percentil CO aire laboral de los dos CRV. se calculó el riesgo toxicológico.

Los resultados fueron diferencias significativas entre %COHb inicio y final $p < 0,05$; en %COHb final existió diferencias significativas entre personal expuesto y no expuesto, los monitoreos CO aire laboral en Mayancela superaron los límites, CP=1, FE= 0,86, en Capulispamba sus valores fueron inferiores a los límites, CP= 0,73, FE=1,3; se recomendó el uso frecuente de protección e instaurar mecanismos de ventilación y renovación de aire laboral en los dos CRV.

Palabras claves:

Carboxihemoglobina, Monóxido de carbono, Microdifusión, aire laboral



ABSTRACT

In this work the toxicological risk for workers of the company CONSORCIO REVISION VEHICULAR DANTON due to CO from vehicles in the workplace was established since the levels of carboxyhemoglobin (% COHb) start and end of day with the reference values compared to Cuenca, CO profiles defined in the emission during the workday and its correlation with % COHb final, personal characteristics were analyzed and safety of workers thus establishing preventive measures.

For the determination of % COHb the microdiffusion Feldestein - Klejdenshop and spectrophotometry method was used at the beginning and end of the workday in three monitoring; CEA in the University of Cuenca conducted monitoring CO in air for 9 hours in the work in the same days of monitoring COHb % by survey and personal safety of each worker characteristics was assessed with reference data of CO EPA / IRIS and 95 % percentile values workplace air CO both CRV. Toxicological risk was calculated.

The results had significant differences between % COHb start and end $p < 0.05$, in the COHb % final, there were significant differences among personnel exposed and not exposed; the occupational air monitoring CO Mayancela exceeded the limits, CP = 1, FE = 0.86, Capulispamba values were below the limits, CP = 0.73, FE=1.3; It has been recommended frequent use of protection mechanisms, establish ventilation and air renewal of labor in the two CRV.

Keywords:

Carboxyhemoglobin, Carbon Monoxide, microdiffusion, labor air



TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	1
ABSTRACT	3
TABLA DE CONTENIDOS	4
LISTA DE TABLAS.....	6
LISTA DE FIGURAS	8
ABREVIATURAS Y SIMBOLOGIA.....	10
AGRADECIMIENTOS	13
DEDICATORIA	14
CAPITULO I.....	15
INTRODUCCIÓN.....	15
CAPITULO II	19
MONÓXIDO DE CARBONO	19
2.1 CARACTERÍSTICAS Y FUENTES DE INTOXICACIÓN	19
2.2 LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL	21
2.2.1 LÍMITES DE EXPOSICIÓN:	22
2.3 EPIDEMIOLOGÍA	24
2.4 FISIOPATOLOGÍA Y TOXICIDAD	25
2.5 MANIFESTACIONES CLÍNICAS	30
2.6 INTOXICACIÓN: CUADRO CLÍNICO	32
2.7 DIAGNÓSTICO.....	33
2.8 TRATAMIENTO	36
2.8 MEDIDAS Y CRITERIOS DE VIGILANCIA AL PERSONAL EXPUESTO AL MONÓXIDO DE CARBONO	38
2.9.1 CRITERIOS PARA LA VIGILANCIA DE LOS TRABAJADORES EXPUESTOS AL MONÓXIDO DE CARBONO	39
2.10 PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL.....	43
CAPITULO III	44
MATERIALES Y MÉTODOS.....	44
3.1 METODOLOGÍA	44
3.2 VARIABLES.....	44



3.3 POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO	45
3.4 MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS	46
CAPÍTULO IV.....	50
RESULTADOS.....	50
4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN DE ESTUDIO.....	50
4.2 MONITOREOS DE CARBOXIHEMOGLOBINA INICIO Y FINAL DE JORNADA.....	54
4.3 COMPARACIÓN DE LOS MONITOREOS AL INICIO Y FINAL DE JORNADA.....	57
4.4 RELACIÓN ENTRE MONÓXIDO DE CARBONO AIRE AMBIENTE Y %COHb.....	61
4.5 CÁLCULO DE RIESGO:	69
CAPITULO V.....	73
DISCUSIÓN.....	73
CAPITULO VI.....	87
CONCLUSIONES	87
RECOMENDACIONES.....	89
BIBLIOGRAFÍA.....	90
ANEXOS	94



LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Intoxicaciones por Monóxido de Carbono (ICO).....	25
Tabla 2: Manifestaciones clínicas de la intoxicación por monóxido de carbono	31
Tabla 3: Concentraciones de Monóxido de Carbono, Carboxihemoglobina y Síntomas	34
Tabla 4: Edad de los trabajadores de Mayancela y Capulispamba	50
Tabla 5: Porcentaje de Caracterización del personal de Mayancela y Capulispamba.....	50
Tabla 6: Comparación de grupo Control con los diferentes monitoreos al inicio y final de la jornada en el CRV. Mayancela.....	55
Tabla 7: Comparación de grupo Control con los diferentes monitoreos al inicio y final de la jornada en el CRV. Capulispamba	56
Tabla 8: Valores de COHb al inicio y final de jornada (Máximo, Mínimo y Promedio) en CRV. Mayancela	58
Tabla 9: Comparación de COHb al inicio y final de jornada en CRV. Mayancela (ANOVA)	59
Tabla 10: Comparación de COHb al inicio y final de jornada (Máximo, Mínimo y Promedio) en CRV. Capulispamba.....	61
Tabla 11: Comparación de COHb al inicio y final de jornada en CRV. Capulispamba (ANOVA).....	61
Tabla 12: Monóxido de Carbono aire ambiente máximo de los tres monitoreos. CRV. Mayancela	62
Tabla 13: CO ambiente promedio de los tres monitoreos CRV. Mayancela.....	63
Tabla 14: Comparación de %COHb final en los trabajadores expuestos y no expuestos CRV. Mayancela	64
Tabla 15: Correlación %COHb promedio final de trabajadores expuestos y CO promedio CRV. Mayancela.....	64
Tabla 16: Monóxido de Carbono aire ambiente máximo de los tres monitoreos. CRV. Capulispamba	65
Tabla 17: CO ambiente promedio de los tres monitoreos CRV. Capulispamba ...	66



Tabla 18: Comparación de %COHb final en los trabajadores expuestos y no expuestos CRV. Capulispamba.....	67
Tabla 19: Correlación %COHb promedio final de trabajadores expuestos y CO promedio CRV. Capulispamba.....	68
Tabla 20: Valores promedio y máximo de 9 horas de CO aire ambiente de los tres monitoreos CRV. Mayancela	69
Tabla 21: Valores promedio y máximo de 9 horas de CO aire ambiente de los tres monitoreos CRV. Capulispamba.....	69



LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representación esquemática de las curvas de disociación de la hemoglobina (Hb) para el oxígeno (O ₂) y el monóxido de carbono (CO).....	26
Figura 2: Acción tóxica del CO sobre cadena respiratoria mitocondrial	28
Figura 3: Representación esquemática de los efectos del monóxido de carbono en los citocromo de la cadena respiratoria mitocondrial	30
Figura 4: Distribución de los trabajadores del CRV. Mayancela, según puesto de trabajo.....	51
Figura 5: Distribución de los trabajadores del CRV. Capulispamba, según puesto de trabajo	52
Figura 6: Distribución de los trabajadores del CRV. Mayancela, según el uso de equipo de protección	52
Figura 7: Distribución de los trabajadores del CRV. Capulispamba, según el uso de equipo de protección.....	53
Figura 8: Distribución de los trabajadores del CRV. Mayancela, según la presencia de síntomas.....	53
Figura 9: Distribución de los trabajadores del CRV. Capulispamba, según la presencia de síntomas.....	54
Figura 10: Monitoreo 1 de %COHb antes y después de la jornada laboral CRV. Mayancela	57
Figura 11: Monitoreo 2 de %COHb antes y después de la jornada laboral CRV. Mayancela	57
Figura 12: Monitoreo 3 de %COHb antes y después de la jornada laboral CRV. Mayancela	58
Figura 13: Monitoreo 1 de %COHb antes y después de la jornada laboral CRV. Capulispamba	59
Figura 14: Monitoreo 2 de %COHb antes y después de la jornada laboral CRV. Capulispamba	60
Figura 15: Monitoreo 3 de %COHb antes y después de la jornada laboral CRV. Capulispamba	60



Figura 16: CO aire ambiente máximo de los tres monitoreos CRV. Mayancela... 62

Figura 17: Concentración promedio-hora de CO aire ambiente y %COHb inicio y final de jornada CRV. Mayancela 63

Figura 18: Vehículos livianos y pesados revisados CRV. Mayancela 65

Figura 19: CO aire ambiente máximo de los tres monitoreos CRV. Capulispamba 66

Figura 20: Concentración promedio-hora de CO aire ambiente y %COHb inicio y final de jornada CRV. Capulispamba..... 67

Figura 21: Vehículos livianos revisados CRV. Capulispamba 68



ABREVIATURAS Y SIMBOLOGIA

ACGIH: American Conference Governmental Industrial Hygienist

ATSDR: Agencia para sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades

CDC: Centro de Control de Enfermedades

CMP: Concentración Máxima Permisible

CO: Monóxido de carbono

CP: Coeficiente de peligro

CRV: Centro de Revisión Vehicular

DDPV: Dosis Diaria Promedio Vitalicia

DdRci: Dosis de Referencia crónica por inhalación

ED: Exposición Diaria

EMOV-EP: Empresa Municipal de Movilidad Tránsito y Transporte

EPA: Environmental Protection Agency

FE: Factor de Exposición

IARC: International Agency for Research on Cancer

ICO: Intoxicación por Monóxido de Carbono

INSHT: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

LER: Límites de exposición recomendado

NECAA: Norma Ecuatoriana de Calidad del Aire Ambiente

OIT: Organización Internacional del Trabajo

OMS: Organización Mundial de la Salud

OSHA: Administración de Salud y Seguridad Ocupacional

PM: Material Particulado

%COHb: Porcentaje de Carboxihemoglobina

TLV-TWA: Valor límite de umbral-Promedio ponderado de tiempo

VLB: Valor Límite Biológico



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, Ruth Eugenia Rosas Castro, autor de la tesis "Riesgo toxicológico del monóxido de carbono en el ambiente laboral de la empresa Consorcio Revisión Vehicular DANTON-CUENCA", 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 Magister 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 autor.

Cuenca, 29 de Enero de 2014

Ruth Eugenia Rosas Castro
010159875-3

Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316

e-mail cdjbv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103

Cuenca - Ecuador



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, Ruth Eugenia Rosas Castro, autor de la tesis "Riesgo toxicológico del monóxido de carbono en el ambiente laboral de la empresa Consorcio Revisión Vehicular DANTON-CUENCA", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 29 de Enero de 2014

Ruth Eugenia Rosas Castro.
010159875-3

Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316

e-mail cdjbv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103

Cuenca - Ecuador



AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento profundo y muy reconocido para la Dra. Nancy García A. MSc. Directora de este trabajo de tesis, por su acertada dirección.

Un agradecimiento especial para el Ing. Edgar Acevedo, Gerente de la Empresa de Control Vehicular Danton- Cuenca, por la autorización y apoyo permitido para el desarrollo de este proyecto.

A todo el personal de trabajadores de la Empresa Danton por su colaboración.

A la Dra. Silvana Donoso M. Decana de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca, por facilitarme el uso del laboratorio de Toxicología.

Al Centro de Estudios Ambientales de la Universidad de Cuenca y su directora Dra. Nancy García A. MSc. por su apoyo y colaboración.

A mis colegas y compañeros de trabajo, que de una u otra manera colaboraron para la realización de esta investigación.

Ruth Eugenia.



DEDICATORIA

A Dios, mi fortaleza espiritual.

Con amor e inmensa gratitud a mi esposo
Edgar, mis hijos Katty, Cris y Javier por su
apoyo y paciencia en el logro de mi meta.

Ruth Eugenia.



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire es actualmente uno de los problemas ambientales más severos a nivel mundial y constituye un problema que tiene particular incidencia sobre la salud pública.

El monóxido de carbono es considerado uno de los mayores contaminantes de la atmósfera. Sus principales fuentes productoras responsables de aproximadamente el 80% de las emisiones, son los vehículos automotores que utilizan como combustible gasolina o diésel y los procesos industriales que utilizan compuestos del carbono (Tréllez, 2006).

En el año 2011 se investigó el porcentaje de Carboxihemoglobina (%COHb), en el Centro histórico de Cuenca, mediante tesis de pregrado (J, Romero y col.) estableciéndose valores referenciales de %COHb en una población rural y comparados con la zonas de estudio, obteniéndose datos estadísticos de contaminación vehicular en el Centro histórico de la ciudad. La Empresa Consorcio Revisión Vehicular Danton que pertenece a la Empresa Municipal de Movilidad Tránsito y Transporte (EMOV-EP) realiza la revisión vehicular en sus dos centros de Mayancela y Capulispamba, durante este proceso el vehículo debe permanecer encendido, provocando *contaminación con monóxido de carbono (CO) en un 80% producto de la combustión vehicular* (Tréllez, 2006).

El monóxido de carbono es un gas tóxico, inodoro, incoloro, no irritante a las mucosas, la principal fuente de producción es la combustión incompleta de los combustibles a base de hidrocarburos como gas, gasolina, queroseno, carbón, petróleo o madera, incendios, calderas, estufas de gas y braseros. “*El CO es emitido directamente por los tubos de escapes de los vehículos durante el*



arranque del vehículo, cuando el suministro de aire está restringido (“ahogado”) o cuando los autos no están afinados apropiadamente”. (Oliu, 2010).

De acuerdo con la Environmental Protection Agency (EPA), en los Estados Unidos las emisiones de monóxido de carbono al ambiente son producidas en un 95 % por los vehículos automotores. La Nacional del Medio Ambiente de Chile informó que para el año 2000, el 91 % de las emisiones de monóxido de carbono en la región metropolitana de Santiago de Chile fueron producidas por el transporte. En México, los vehículos automotores también son responsables de la mayor cantidad de emisiones de monóxido de carbono a la atmósfera; allí se ha fijado como concentración media de este compuesto para 1 hora el valor de 11 partes por millón(p.p.m.). En Brasil, el monóxido de carbono es el contaminante emitido en mayor cantidad a la atmósfera. En Sao Paulo 1,5 millones de toneladas son lanzadas al aire anualmente; de estos el 78 % son producidos por los automotores a gasolina o diésel, 15 % por automotores con combustible alcohol, 3 % por motocicletas, 2% por taxis y 2 % resultan de procesos industriales. En Colombia, el monóxido de carbono representó el 58%. “En Bogotá, el Departamento Administrativo del Medio Ambiente estima que la concentración media de monóxido de carbono atmosférico en un día normal se encuentra entre 30 y 35 partes por millón” (Trelles, et al, 2006).

En el Ecuador no existe datos estadísticos de emisiones de CO producidas por automotores, en las ciudades de Quito, Guayaquil y Cuenca existe un monitoreo de la Calidad del Aire distribuidos en varias áreas de monitoreo, para contaminantes ambientales CO, NOx, SOx y material particulado, en la que se refiere que el Centro histórico presenta una contaminación por CO debida a incremento de flujo vehicular.

El humo de tabaco también contribuye a los niveles de monóxido de carbono puertas adentro. La industria utiliza monóxido de carbono para fabricar compuestos como anhídrido acético, policarbonatos, ácido acético y policetona.



Algunos disolventes de pinturas y desengrasantes que contienen cloruro de metileno son una fuente menos habitual. (EPA, 2009).

La principal acción tóxica del CO resulta de la anoxia provocada por la conversión de la oxihemoglobina en carboxihemoglobina. *“La afinidad por la hemoglobina es 250 veces mayor que la del oxígeno y origina un carbonilo de hierro; se forma así carboxihemoglobina (COHb), que impide que la hemoglobina transporte el oxígeno desde el pulmón hacia los tejidos, con producción de hipoxia tisular que ha sido denominada anemia funcional”.* (Repetto, 2009).

El Municipio de Cuenca en el año 2010, emitió una ordenanza para el control de las emisiones de los automotores, disponiendo que todos los vehículos que circulen en el territorio del cantón Cuenca y que se utilicen para la prestación del servicio de transporte terrestre público, comercial o por cuenta propia, deben contar con un contrato, permiso de operación o autorización concedida por la Municipalidad de Cuenca, a través de la EMOV-EP, la empresa CONSORCIO REVISION VEHICULAR DANTON realiza el control vehicular del cantón Cuenca; con esta investigación se procuró relacionar los valores de %COHb al inicio y final de la jornada laboral con las características personales y condiciones de trabajo de cada trabajador y con las concentraciones de monóxido de carbono en el aire ambiente durante las ocho horas de jornada laboral, para establecer el riesgo toxicológico del monóxido de carbono en el ambiente laboral.

De acuerdo a la Norma Ecuatoriana de Calidad del Aire Ambiente (NECAA) de la Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente, existen criterios de calidad del aire ambiente que establecen límites máximos permisibles de muchos contaminantes, entre ellos el CO, esta normativa cumple satisfactoriamente con lo establecido en las Normativas Internacionales EPA, Organización Internacional del Trabajo (OIT), Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).



Este estudio servirá como aporte científico e investigativo referente a la exposición a CO en el aire laboral, condiciones de trabajo y su repercusión en la salud de los trabajadores de la empresa, para que en un futuro inmediato se puedan tomar las medidas correctivas necesarias.



CAPITULO II

MONÓXIDO DE CARBONO

2.1 CARACTERÍSTICAS Y FUENTES DE INTOXICACIÓN

El monóxido de carbono (CO) es un gas tóxico, inodoro, incoloro, no irritante a las mucosas, de densidad muy poco inferior a la del aire (0,967g/cc), la principal fuente de producción es la combustión incompleta de los combustibles a base de hidrocarburos como gas, gasolina, queroseno, carbón, petróleo o madera, incendios, calderas, estufas de gas y braseros. “El CO es emitido:

- Directamente por los tubos de escapes de los vehículos durante el arranque del vehículo.
- Cuando el suministro de aire está restringido (“ahogado”)
- Cuando los autos no están afinados apropiadamente”. (Oliu, 2010).
- Combustión incompleta de materias carbonosas orgánicas.
- Estufas a gas, carbón, querosene.
- Industria metalúrgica
- Incendios y explosión

El humo de tabaco también contribuye a los niveles de monóxido de carbono puertas adentro

.

La industria usa monóxido de carbono para fabricar compuestos tales como anhídrido acético, policarbonatos, ácido acético y policetona.

Algunos disolventes de pinturas y desengrasantes que contienen cloruro de metileno son una fuente menos habitual. (EPA, 2009).

De acuerdo con la EPA, en los Estados Unidos las emisiones monóxido de carbono al ambiente son producidas en un 95 % por los vehículos automotores. La Nacional del Medio Ambiente de Chile informó que para el año 2000, el 91



% de las emisiones de monóxido de carbono en la región metropolitana de Santiago de Chile fueron producidas por el transporte. En México, los vehículos automotores también son responsables de la mayor cantidad de emisiones de monóxido de carbono a la atmósfera; allí se ha fijado como concentración media de este tóxico para 1 hora el valor de 11 partes por millón. En Brasil, el monóxido de carbono es el contaminante emitido en mayor cantidad a la atmósfera. En Sao Paulo 1,5 millones de toneladas son lanzadas al aire por año; de éstos el 78 % son producidos por los automotores a gasolina o diésel, 15 % por automotores con combustible alcohol, 3 % por motocicletas, 2 % por taxis y 2 % resultante de procesos industriales. En Colombia, el monóxido de carbono representó el 58%. “En Bogotá, el Departamento Administrativo del Medio Ambiente estima que la concentración media de monóxido de carbono atmosférico en un día normal se encuentra entre 30 y 35 partes por millón” (Trelles, Rodríguez, Fajardo, 2006). En el Ecuador no existe datos estadísticos de emisiones de CO producidas por automotores, en las ciudades de Quito, Guayaquil y Cuenca existe un monitoreo de la Calidad del Aire distribuidos en varias áreas de monitoreo, para contaminantes ambientales CO, NOx, SOx y material particulado, en la que se refiere que el Centro histórico presenta una contaminación por CO debida a incremento de flujo vehicular.

Los principales combustibles utilizados por el parque automotor de la ciudad de Cuenca son el diésel y la gasolina extra y super, los cambios introducidos en estos combustibles en los últimos años, como la eliminación del tetraetilo de plomo, han tenido como objetivo fundamental reducir los impactos ambientales y los efectos sobre la salud pública. Las emisiones de los motores de explosión constituyen mezclas complejas de gran interés medioambiental y toxicológico, generadas en los motores diésel, son las que han recibido mayor atención por sus posibles efectos cancerígenos.

Los principales productos de la oxidación de los combustibles derivados del petróleo son el dióxido de carbono y agua, que aparecen acompañados de otros productos procedentes de la combustión incompleta y la pirosíntesis a



partir del combustible original, durante los cambios de marcha y aceleración del motor pueden producirse desajustes transitorios entre aire y combustible originando una combustión incompleta. Estos desajustes ocasionan una mayor producción de las emisiones de inquemados y productos parcialmente oxidados entre los que se encuentra el monóxido de carbono.

“La International Agency for Research on Cancer (IARC) ha clasificado a las emisiones de los motores diésel en el grupo 2A, probablemente cancerígenos para el hombre, y las emisiones de los motores gasolina en el grupo 2B, posiblemente cancerígenos para el hombre”. (Moreno Graw, 2003).

Adicionalmente, casi una cuarta parte de las emisiones de efecto invernadero del mundo relacionado con la energía es producida por el sector del transporte, y las tres cuartas partes de estas son producidas por vehículos automotores. Sin embargo, estos contaminantes tienen efecto global (cambio climático) y su modelación debe realizarse con modelos de circulación general de la atmósfera.

El monóxido de carbono (CO) es un gas incoloro, inodoro y no irritante para las vías respiratorias, que atraviesa con facilidad los alvéolos pulmonares y que, en función de su concentración en el aire ambiente y del tiempo de exposición, puede inducir una rápida conjunción de efectos nocivos para la salud que podrían llegar a causar la muerte en pocos minutos o generar secuelas neurológicas irreversibles. Por sus características físico-químicas y capacidad tóxica, se ha denominado al CO como homicida invisible y silencioso (G. Oliu et al. 2010).

2.2 LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL

La calidad del aire suele considerarse como uno de los temas principales en la gestión medioambiental y en los procesos de sostenibilidad, ya que tiene una incidencia directa sobre la salud de las personas y el medio ambiente, tanto a nivel global como local.



2.2.1 LÍMITES DE EXPOSICIÓN:

La Concentración Máxima Permisible (CMP): 50 ppm (55 mg/m³)

El Valor límite de umbral-Promedio ponderado de tiempo (TLV-TWA): 25 ppm

Límites de exposición recomendado (LER) de NIOSH: 35 ppm. (40 mg/m³), máximo (C) de 200ppm (229 mg/m³).

La EPA ha establecido un límite promedio de 10 mg/m³ (9 ppm) de CO en el aire durante un período de 8 horas que no debe sobrepasarse más de una vez al año y 35 ppm como una concentración promedio de 1 hora.

La Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) ha establecido un límite legal de 55 mg/m³ (50 ppm) para monóxido de carbono en el aire durante una jornada diaria de 8 horas, 40 horas a la semana.

Norma ecuatoriana de Calidad del Aire Ambiente (NECAA, 2008), en su libro VI anexo 4 que:

“La concentración de monóxido de carbono de las muestras determinadas de forma continua, en un período de 8 (ocho) horas, no deberá exceder diez mil microgramos por metro cúbico (10 000 µg/m³) más de una vez en un año. La concentración máxima en una hora de monóxido de carbono no deberá exceder cuarenta mil microgramos por metro cúbico (30 000 µg/m³) más de una vez en un año”.

Una correlación aproximada entre la concentración de COHb, expresada como porcentaje en relación con la hemoglobina total y clínica del sujeto es la siguiente:

Valores normales de Carboxihemoglobina según (OMS 2007):

No fumadores, vecinos rurales: 0,5-2,5 %

VLB: 3,5% de carboxihemoglobina en hemoglobina total; 20 ppm de CO en la fracción final del aire exhalado (aire alveolar).

Fumadores pasivos: 2-4 %



Fumadores: 5-10 %

Intoxicación leve a moderada: 12-20 %

Intoxicación aguda: 20-30%

Coma: 50-70%

Muerte rápida: >70%

Los niveles considerados como inmediatamente dañinos son de 1.200 ppm en delante de CO en el aire ambiente laboral. Varios minutos de exposición a 1.000 ppm (0,1%) pueden resultar en 50% de saturación de la carboxihemoglobina.

2.2.2 EXPOSICIÓN DIARIA (ED)

Es la concentración media de un agente químico en la zona de respiración del trabajador medida o calculada de forma ponderada con respecto al tiempo, para la jornada laboral real y referida a una jornada estándar de ocho horas diarias.

Referir la concentración media a dicha jornada estándar implica considerar el conjunto de las distintas exposiciones del trabajador a lo largo de la jornada real de trabajo, cada una con su correspondiente duración, como equivalente a una única exposición uniforme de ocho horas laborables.

Así pues, la **ED** puede calcularse matemáticamente

$$ED = \frac{\sum c_i t_i}{8} \quad (1)$$

Siendo:

ci la concentración i-ésima

ti el tiempo de exposición, en horas, asociado a cada valor **ci**.



2.3 EPIDEMIOLOGÍA

Actualmente en el mundo, el monóxido de carbono es una de las principales causas de intoxicación, considerándose un problema de salud pública. La intoxicación por CO genera en Estados Unidos, alrededor de 5000 a 6000 muertes por año y es el responsable de más del 50% de muertes en el mundo. Sin embargo, el principal problema con el CO es la morbilidad, ya que hasta el 50% de las víctimas cognitivas a largo plazo quedarán con secuelas. El Centro de Control de Enfermedades (CDC) informó que hasta el año 2000, las muertes asociadas a este gas fueron por causas diferentes a incendios, siendo responsable los vehículos automotores en el 71% de los casos, siendo el 30% exposiciones no intencionales (EPA, 2009).

Es considerado uno de los mayores contaminantes de la atmósfera terrestre y uno de los mayores problemas ambientales de América Latina, la exposición ambiental es de 0,001% o 10ppm, incrementándose en el área urbana (EPA, 2009).

Según datos proporcionados en el trabajo de investigación de intoxicación por Monóxido de Carbono realizado por G. Oliu et al. (2010), sostiene que la Intoxicación por Monóxido de Carbono (ICO) está infradiagnosticada dadas las manifestaciones clínicas inespecíficas que produce con ausencia de signos o síntomas patognomónicos, y se ha demostrado que una sensibilización del personal sanitario sobre este tema y una mayor disponibilidad de métodos analíticos para su identificación aumenta el diagnóstico y por tanto la información epidemiológica.

En España, la ICO es la intoxicación por gases más frecuente y su causa más habitual son los accidentes domésticos por las emanaciones procedentes de la combustión incompleta de gases en estufas, calentadores, calderas, braseros y otros, por lo que las víctimas son más frecuentes en los meses de invierno. Afecta tanto a hombres como mujeres, adultos o niños. La sustitución del denominado gas ciudad por gas natural en la década de los 80 del pasado



siglo, constituyó un punto de inflexión en la casuística de las ICO al evitar los suicidios en los hogares por este método, aunque el CO procedente de otras fuentes sigue usándose en muchos países para intentar suicidarse.

La inhalación del humo de los incendios es otra conocida fuente de ICO y, junto al cianuro, constituyen la principal causa de víctimas mortales (Tabla 1). También se producen intoxicaciones causadas por los gases de combustión de motores de explosión (coches, motos, barcos, compresores neumáticos, generadores eléctricos y otros) y, en algunas series, hasta un 20% de los casos de ICO han tenido un origen laboral.

Tabla 1

Intoxicaciones por Monóxido de Carbono (ICO).

PAIS	VISITAS HOSPITALARIAS ANUALES	MUERTES ACCIDENTALES	MUERTES SUICIDAS
Estados Unidos	25 000	500	1 700
Suiza	130	23	-
Francia	120	20	-
España	2 000	4	-

Fuente: Investigación de intoxicación por Monóxido de Carbono realizado por G. Oliu et al. (2010).

2.4 FISIOPATOLOGÍA Y TOXICIDAD

El CO produce toxicidad sistémica, no sólo por formación de COHb e hipoxia secundaria, sino también por otros mecanismos que se desarrollan tanto en fase de asfixia como en la posterior de reperfusión, lo que dificulta el pronóstico del intoxicado. La reperfusión se produce cuando tras la asfixia o la interrupción de llegada de sangre, oxígeno o nutrientes a un tejido, vuelve a existir irrigación, no se vuelve a la normalidad porque se produce una liberación de radicales libres ocasionando un estrés oxidativo, inflamación y lesiones en membranas celulares, proteínas y ADN.

2.4.1 Unión a la Hemoglobina

En primer lugar, la hemoglobina (Hb), por su afinidad selectiva por el CO superior a la que tiene el oxígeno. Es decir que con una presión parcial en sangre 250 veces inferior a la del oxígeno (es decir, 0,4 mmHg en vez de los 100 mmHg), el CO consigue los mismos porcentajes de saturación de la hemoglobina que el oxígeno (es decir, el 100%; (Figura 1). A más de esta mayor afinidad, el CO también produce un desplazamiento hacia la izquierda de la curva de disociación del oxígeno con la Hb, con lo que el poco oxígeno que la Hb transporta tiene una llegada más limitada a los tejidos. De este efecto principal sobre la Hb, deriva la hipoxia tisular anóxica producida por la disminución de la concentración de la oxihemoglobina y del contenido arterial de oxígeno.

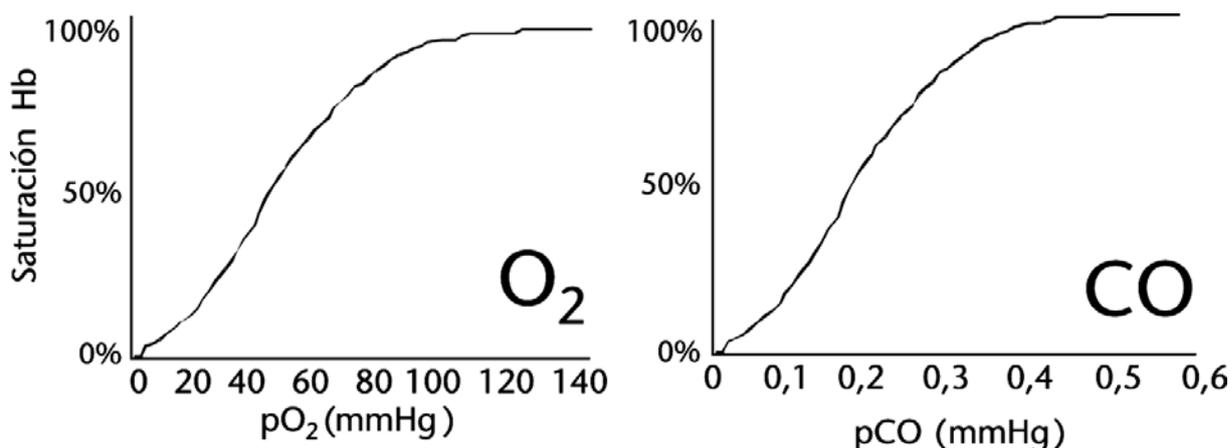


Figura 1. Representación esquemática de las curvas de disociación de la hemoglobina (Hb) para el oxígeno (O₂) y el monóxido de carbono (CO). Obsérvese que la presión parcial de CO que se necesita para saturar el 100% de la hemoglobina en forma de carboxihemoglobina es de alrededor de 0,4 mmHg, 250 veces inferior a la presión parcial de O₂ requerida para saturar el 100% de la hemoglobina en forma de oxihemoglobina. Fuente (G. Oliu et al. 2010).

La principal acción tóxica del CO resulta de la anoxia provocada por la conversión de la oxihemoglobina en carboxihemoglobina. “*La afinidad selectiva por la hemoglobina origina un carbonilo de hierro; se forma así carboxihemoglobina (COHb), que impide que la hemoglobina transporte el*



oxígeno desde el pulmón hacia los tejidos, produciendo hipoxia tisular que ha sido denominada anemia funcional". (Repetto, 2009).

En el ser humano la hipoxia tisular y el daño celular directo del CO son los principales mecanismos fisiopatológicos de la intoxicación. "La unión del CO en uno de los cuatro lugares de transporte de la hemoglobina ocasiona un aumento de la afinidad de la misma por el oxígeno en los tres restantes.

Por ello, la carboxihemoglobina es una molécula incapaz de oxigenar los tejidos". (M. de la Torre Espí, J.C. Molina Cabañero, 2011).

2.4.2 Toxicidad celular directa

Goldbaum y colaboradores (década setenta), demostraron en estudios con perros que la intoxicación con CO era más compleja y que la toxicidad era causada no solamente por la COHb sino que involucra procesos celulares directos, concluyeron que la toxicidad de este gas no es dependiente de COHb y que no se correlaciona con la gravedad de la intoxicación y manifestaciones clínicas.

La toxicidad directa del CO se explica por la unión a proteínas diferentes a la Hb, que también tienen en su estructura el grupo hem. La inhibición de las mismas se potencia en condiciones de hipotensión o hipoxia.

2.4.2.1 Citocromo a3: Forma parte del sistema de la citocromo c oxidasa (citocromo c1 y c3). Se encuentra en la membrana mitocondrial y participa en la cadena de transporte de electrones, único sistema que reacciona directamente con el O₂ transfiriéndole cuatro electrones para formar dos moléculas de agua. La unión del CO con esta hemoproteína altera el metabolismo oxidativo ocasionando la formación de radicales libres de oxígeno, con lo que existe bloqueo de la respiración celular. El metabolismo celular persiste inhibido luego de la exposición aún con niveles de COHb bajos o normales, lo que demuestra el efecto clínico prolongado y secuelas en le SNC y corazón. (Figura 2)

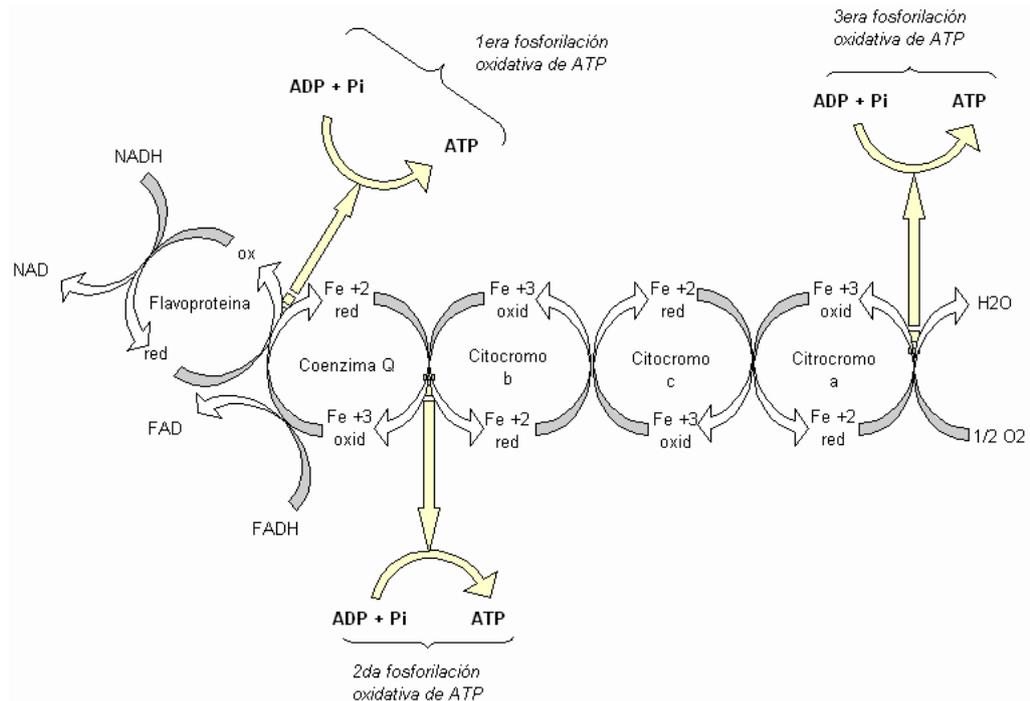


Figura 2. Acción tóxica del CO sobre cadena respiratoria mitocondrial. Fuente Repetto, 2009.

- 2.4.2.2 Mioglobina:** Entre el 10% y 15% de la reserva corporal de CO se encuentra en el espacio extravascular, principalmente por la unión a la mioglobina, puesto que su afinidad por el CO es 60 veces más que para el O₂. La mioglobina se encuentra en células del músculo estriado y cardíaco, por lo que la unión del gas altera la disponibilidad de oxígeno al corazón facilitando arritmias, disfunción miocárdica, toxicidad muscular directa y rabdomiolisis.
- 2.4.2.3 Guanilato ciclasa:** La estimulación de esta enzima aumenta las concentraciones intracelulares de GMPc, que conlleva a la vasodilatación cerebral, favoreciendo síntomas desde cefalea hasta pérdida de conciencia.
- 2.4.2.4 Óxido nítrico:** En la intoxicación por CO los radicales libres y el óxido nítrico (NO) juegan un papel fundamental. El NO cumple funciones de modulación del tono muscular, en la neurotransmisión central periférica, en la inmunidad y en la inhibición de la agregación



plaquetaria. De esta manera la hipotensión, vasodilatación cerebral, pérdida de la conciencia que se ha asociado con la exposición al CO se deben a niveles aumentados de NO en el SNC, a la vasodilatación vascular central y periférica y a la disminución del flujo sanguíneo. *El estrés oxidativo es consecuencia, también, de la liberación de óxido nítrico (NO) por las plaquetas y el endotelio*”. (Repetto, 2009). La presencia de hipotensión e inconciencia conllevan a la peroxidación lipídica celular y perivascular (peroxinitrilo, ácido peroxinitroso y peroxinitratos, que interactúan con los ácidos grasos), la desmielinización progresiva de las neuronas del SNC. resultando en un círculo vicioso que produce lesión oxidativa del cerebro, responsable de las lesiones neurológicas retardadas (apoptosis). (Figura 3).

2.4.2.5 Lesión por reperfusión: Luego de la exposición a CO, la peroxidación lipídica cerebral parece ser un fenómeno asociado con la reperfusión, mediado por alteraciones en el flujo sanguíneo, radicales libres de oxígeno y leucocitos.

La disfunción del miocardio hipóxico ocasiona mala perfusión, daño celular directo por la unión del CO a la citocromo-c-oxidasa que impide la respiración celular y la síntesis de ATP favoreciendo el metabolismo anaerobio, la acidosis láctica y la muerte celular.

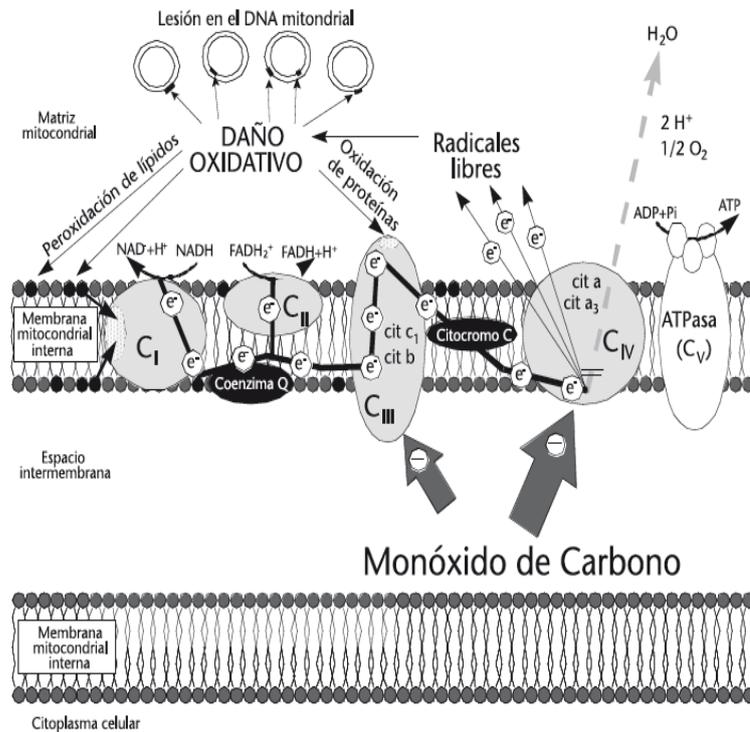


Figura 3. Representación esquemática de los efectos del monóxido de carbono en los citocromo de la cadena respiratoria mitocondrial. La interrupción del flujo de electrones (e^-) en la cadena respiratoria mitocondrial por el bloqueo del complejo IV (CIV, que es el que contiene el citocromo aa3) motiva que el elevado potencial reductor de estos electrones sea neutralizado por el oxígeno y se generen radicales libres que causan la reducción de proteínas, lípidos de membrana y DNA mitocondrial, las cuales pueden perder o alterar su función. Fuente (G. Oliu et al. 2010).

2.5 MANIFESTACIONES CLÍNICAS

Las manifestaciones clínicas pueden ser agudas, retardadas o crónicas dependiendo del tiempo de exposición y las concentraciones de CO en el aire inspirado, teniendo en cuenta que los niveles COHb no se correlacionan con la gravedad de la intoxicación.

La incidencia de la intoxicación por CO está probablemente subestimada. La presentación clínica es inespecífica y simula, en muchas ocasiones, cuadros gastrointestinales o víricos. En intoxicación crónica las manifestaciones clínicas



pueden variar dependiendo del tiempo de exposición, las concentraciones del tóxico y la susceptibilidad individual.

Los efectos de la inhalación de CO varían según la concentración en el ambiente y la duración de la misma. (Tabla 2). En general, los síntomas de las exposiciones leves son cefalea, náuseas, vómitos y sensación de mareo. La exposición moderada cursa también con taquicardia, taquipnea, debilidad y ataxia. Las formas más graves producen síncope, convulsiones, hipotensión, coma y muerte. Los principales efectos crónicos por exposición a monóxido de carbono son alteraciones cardiovasculares y neuropsicológicas. Sin embargo, no hay que olvidar que bajo unas mismas condiciones el cuadro clínico puede variar de unas personas a otras. (Peña, 2010).

Tabla 2

Manifestaciones clínicas de la intoxicación por monóxido de carbono

Leve	Moderada	Grave
Cefalea*	Confusión**	Palpitaciones
Náuseas	Síncope-debilidad	Hipotensión
Vómito	Dolor precordial	Arritmias
Mareo	Disnea	Infarto
Dolor abdominal	Taquicardia-Taquipnea	Paro cardiorrespiratorio
Letargia	Rabdomiolisis Calambres musculares	Convulsiones, coma
Visión borrosa	Debilidad***	Ataxia

*Aproximadamente el 50% de los pacientes las presentan

** El 30% están con confusión al ingreso

*** El 20% de los pacientes manifiestan algún grado de debilidad generalizada

Fuente: Peña, L, 2010.

Cuando el grado de intoxicación por CO no es de una magnitud suficiente para causar el fallecimiento del individuo, la unión del CO a la Hb revierte lentamente con el paso de las horas si éste es retirado de la fuente de CO, ya que la semivida de eliminación de la COHb se sitúa en 320 minutos. La rapidez de este proceso de competencia puede verse acelerado por la administración



de oxígeno a una concentración del 100% (la semivida de eliminación de la COHb desciende a 80 minutos) y/o a una presión superior a la atmosférica (la semivida baja a 23 minutos si el oxígeno se administra a una concentración del 100% y a 3 atmósferas de presión)” (G. Oliu et al. 2010).

2.6 INTOXICACIÓN: CUADRO CLÍNICO

Los síntomas de intoxicación se originan predominantemente en los órganos con alto consumo de oxígeno como el cerebro y el corazón, en la medida en que las concentraciones de CO y el tiempo de exposición aumentan los síntomas son más graves. El proceso de intoxicación puede simular cualquiera de las encefalopatías conocidas, aunque no son signos específicos, se observa coloración rojo-cereza de la piel, o la sangre venosa de color rojo brillante.

La mayoría de los afectados presenta cefalea con sensación de pulsación de las arterias temporales, mareo, náuseas y vómito. Pueden ocurrir fenómenos sensoriales auditivos y visuales. Los pacientes con enfermedad coronaria pueden presentar angina o infarto del miocardio, la pérdida de conciencia y el déficit neurológico son considerados como manifestaciones de intoxicación grave, con COHb del 15 al 20 %.

Sobrevivientes de serias intoxicaciones pueden sufrir numerosas secuelas neurológicas compatibles con daño hipóxico isquémico. La exposición durante el embarazo puede resultar en muerte fetal.

Luego de la exposición por períodos mayores a 12 h es común encontrar hemorragias retinianas. La coloración rojo cereza de la piel y mucosas se debe a la vasodilatación e isquemia inducida por CO. Las alteraciones metabólicas inducidas por CO se correlacionan mejor con la gravedad de la intoxicación que los niveles de COHb.

Posterior a la exposición aguda de CO puede ocurrir un período de aparente recuperación clínica entre dos y 40 días. Pueden presentarse secuelas



neurológicas retardadas: trastornos en la memoria, confusión, cefalea y desorientación, labilidad emocional, alucinaciones, alteraciones de la marcha como ataxia.

La hipoxia crónica es similar a un estado de anemia crónica, las manifestaciones clínicas son variadas e inespecíficas. El síntoma más frecuente es la cefalea, acompañada de náuseas, mareo, disfunción cerebral, cansancio, alteraciones cognitivas, cambios de estado de ánimo y policitemia, los mismos que se revierten al cese de la exposición (Peña, 2010).

2.7 DIAGNÓSTICO

Para establecer el diagnóstico de la exposición crónica al CO producto de la combustión vehicular es necesario basarse en las investigaciones realizadas al respecto valorándose la carboxihemoglobina por Microdifusión en la población expuesta, niveles ambientales producto de la combustión de gasolina y diésel de carácter vehicular acompañada de las características personales de trabajo y sintomatología de la población en estudio, con todos estos datos se puede establecer el diagnóstico y riesgo toxicológico al CO de origen vehicular.

Según el trabajo de investigación de Evaluación de la exposición al monóxido de carbono en vendedores de quioscos. Valencia, Venezuela, se analiza en los grupos control y vendedores los signos y síntomas: Dificultad de audición, disnea, dolor abdominal, flujo nasal, tos, problemas visuales, somnolencia, cefalea, irritación ocular, fatiga, encontrándose una frecuencia mayor al 15% en la población expuesta. (Rojas, 2001).

La concentración de carboxihemoglobina se puede medir en sangre venosa mediante Microdifusión técnica Feldstein-Klendshoj. Los niveles normales referenciales de carboxihemoglobina sanguínea no superan el 0.5-2.5% (OMS), (Ferrari, 2007). En Cochabamba-Bolivia, se realizó una investigación de los efectos de la exposición prolongada al CO ambiental en población urbana, se determinaron las concentraciones promedio del CO en la zona de estudio, en 1



y 8 horas. El promedio de la concentración del CO de los tres días de realización del estudio fue de 9.7 mg/m³ para 1 hora y de 6 mg/m³ para 8 horas, valores inferiores a los límites permisibles vigentes en el reglamento en materia en contaminación atmosférica de la Ley Boliviana 1333, de 30 y 10 mg/m³ para 1 y 8 horas respectivamente.

Los valores de Hemoglobina (Hb) y las concentraciones de Carboxihemoglobina fueron determinados por Microdifusión y espectrofotometría. El valor medio encontrado para la hemoglobina fueron de 14.96 mg/dl. Los valores de Carboxihemoglobina (COHb) en la sangre encontrados en los sujetos estudio superaron los valores medios sugeridos frente a una exposición promedio en las ciudades. Un valor medio de COHb de 5.68 % contra un promedio esperado de 2 a 2.5% con la técnica de Microdifusión; y una concentración media de COHb de 8.26 %, contra un promedio esperado de 4% por espectrofotometría.

Como factores de riesgo acerca de la exposición se consideraron el promedio de horas diarias durante las cuales los vendedores callejeros están expuestos a la emisión de gases vehiculares, así como el tiempo promedio de permanencia en dicha actividad, medido en años. (Ayo, 2007).

Se considera el diagnóstico de intoxicación a partir del 5%, en general, se puede decir que los primeros síntomas suelen aparecer con niveles superiores al 5-10%; niveles por encima del 50-70% pueden producir la muerte. (Tabla 3).

Tabla 3

Concentraciones de monóxido de carbono, carboxihemoglobina y síntomas

Concentración de monóxido de carbono	Carboxihemoglobina %	Síntomas
Menos de 35 ppm(cigarrillo)	5	Ninguno o cefalea leve
0,005% (50 ppm)	10	Cefalea leve, disnea, vasodilatación cutánea.
0,01 % (100 ppm)	20	Cefalea pulsátil, disneas de



		moderados esfuerzos
0,02 % (200 ppm)	30	Cefalea severa, irritabilidad, fatiga, visión borrosa.
0,03- 0,05 % (300-500 ppm)	40-50	Cefalea, taquicardia, náuseas, confusión, letargia, colapso, hipoxia tisular.
0,08-0,12 % (800-1200 ppm)	60-70	Coma, convulsiones, falla respiratoria y cardíaca
0,19% (1900 ppm)	80	Muerte

Fuente (G. Oliu et al. 2010).

Con la finalidad de evaluar la exposición al monóxido de carbono de los habitantes de la ciudad de Bogotá (Jaimes de Pino,1990) seleccionaron 356 personas adultas de las cuales 53 pertenecieron a la población control y el resto la población particularmente expuestos al CO por su trabajo, se valoraron COHb por espectrofotometría, al inicio del trabajo y luego de seis horas, los valores COHb encontrados , grupo control 1,2%, grupos expuestos: bomberos no fumadores: 4,1%, bomberos fumadores: 7,1 %, policías de tránsito, conductores de buses, vendedores y vigilantes de parqueaderos cerrados (no fumadores) después de las seis horas : 3,1%, 4,5% 5,8% respectivamente y en la población fumadora de conductores de buses, policías de tránsito y vigilantes de parqueaderos cerrados sus valores fueron superiores a la población no fumadora.

2.7.1 MONITOREO DE LA EXPOSICIÓN A MONÓXIDO DE CARBONO

- a) El monitoreo de la exposición a monóxido de carbono, se puede realizar a través de la determinación de biomarcadores y medición de concentraciones ambientales. El término biomarcador es usado para incluir casi cualquier medida que refleje una interacción entre un sistema biológico y un riesgo potencial. Los biomarcadores también han sido definidos como cambios inducidos por un contaminante en los componentes bioquímicos o fisiológicos que pueden ser medidos en un sistema biológico (Tréllez, 2006).



- b) *Carboxihemoglobina en sangre*. Es un biomarcador de exposición de alta especificidad, refleja la dosis interna de monóxido de carbono en sangre. También se considera un biomarcador de efecto precoz en cuanto refleja alteraciones bioquímicas y fisiológicas en la estructura de la hemoglobina y en el proceso fisiológico de oxigenación celular y tisular. La American Conference Governmental Industrial Hygienist (ACGIH), fija el valor biológico tolerable para carboxihemoglobina en sangre en 3,5 % (Tréllez, 2006).
- c) *Actividad de la enzima arilsulfatasa A*. Este es un biomarcador de susceptibilidad. La enzima arilsulfatasa A es esencial en el metabolismo de la mielina, ya que participa en su degradación normal e impide la acumulación de grupos sulfatidos. Cuando la actividad de la enzima arilsulfatasa A es inferior al 10 %, se produce acumulación de los grupos sulfatidos. Individuos que presenten una disminución previa de la actividad de esta enzima en porcentajes entre 10 % y 30 % que no se ha expresado clínicamente, al exponerse a monóxido de carbono, desarrollan un cuadro clínico de encefalopatía retardada (Téllez, 2006).
- d) *Monóxido de carbono exhalado*. Marcador de exposición de alta especificidad, que permite tener una medición de dosis interna. La ACGIH, fija su valor límite biológico en 20 partes por millón.
- e) *Monitoreo ambiental*

TLV-TWA: El TWA o concentración máxima en aire aceptada para 8 horas diarias de trabajo con máximo 40 horas semanales de exposición a monóxido de carbono, el adoptado por la ACGIH es de 25 partes por millón.

Ambiente General: El estándar de calidad de aire para CO fijado por la Organización Mundial de la Salud es de 35 partes por millón por hora.

2.8 TRATAMIENTO

El monóxido de carbono se elimina del organismo por la respiración, y la velocidad de eliminación depende de la ventilación, flujo sanguíneo pulmonar y



de la concentración de oxígeno inspirado. La vida media del monóxido de carbono en un adulto sedentario al respirar aire ambiental es de 4 a 5 h. La vida media se reduce a 80 min. si se administra oxígeno al 100% por mascarilla o a 25 min. si se utiliza oxígeno hiperbárico (3 atm) en una cámara hiperbárica.

Según Albiano, en su libro de Toxicología Ocupacional describe los criterios de vigilancia al personal expuesto a monóxido de carbono, detallados a continuación:

A. ATENCIÓN PREHOSPITALARIA

- Retirar a la víctima del área de exposición.
- Si hay disponibilidad, colocar oxígeno por máscara o cánula lo más pronto posible.
- No dar alimentos o bebidas, por el riesgo de bronco aspiración.
- Trasladar inmediatamente a un centro hospitalario.

B. MEDIDAS DE EMERGENCIA Y SOPORTE

Mantener la vía aérea y la ventilación. Si también ha ocurrido inhalación de humo, considerar la intubación rápida para proteger la vía aérea.

Líquidos endovenosos y corrección de hipotensión, que se presenta con alta frecuencia en este tipo de intoxicación.

Tratar el coma y las convulsiones.

Monitorización continúa electrocardiográfica por varias horas después de la exposición.

Debido a que el humo contiene a veces algunos otros gases tóxicos, considerar la posibilidad de intoxicación por cianuro, presencia de metahemoglobinemia y daño por gases irritantes.



C. DROGAS ESPECÍFICAS

Administrar oxígeno en la concentración más alta posible (100%). Oxígeno aspirado al 100% tiene una velocidad de eliminación de CO a partir de la hemoglobina de aproximadamente una hora, comparado con seis horas en habitación aireada. Usar la máscara o el flujo de oxígeno alto con reservorio o administrar el oxígeno por tubo endotraqueal. El tratamiento se lleva hasta alcanzar niveles de carboxihemoglobina menores de 5%.

D. INTERDISCIPLINARIO CÁMARA HIPERBÁRICA PARA AUMENTAR LA ELIMINACIÓN, CON EL EQUIPO HUMANO Y TECNOLÓGICO ADECUADOS

El oxígeno hiperbárico al 100% a 2 atmósferas de presión puede aumentar la eliminación de CO (la vida media se reduce a 20-30 minutos). Es conveniente utilizarlo en pacientes con intoxicación severa que no respondan fácilmente al oxígeno a presión atmosférica, o en mujeres embarazadas o en recién nacidos, dondequiera que esté listo y disponible el acceso a la cámara. Sin embargo, el transporte a larga distancia de un paciente inestable para tratamiento con cámara hiperbárica puede ser riesgoso.

2.8 MEDIDAS Y CRITERIOS DE VIGILANCIA AL PERSONAL EXPUESTO AL MONÓXIDO DE CARBONO

Según Albiano, J (2011) en su libro Toxicología Laboral propone los criterios y medidas de vigilancia que se detallan a continuación, que son parámetros muy importantes a considerar en la valoración al personal expuesto a CO.

VIGILANCIA MÉDICA: Detección de los efectos tóxicos

Anualmente: *“Se recomienda un examen clínico con orientación cardiológica, neurológica tales como: alteración de pruebas de vigilancia y atención, coordinación oculomotriz, discriminación de intensidades luminosas y sonoras. Todo esto aumenta el riesgo de accidente laboral, es necesario valorar las funciones oftalmológica y psicológica”.*(Albiano,2011).



EXAMEN PERIÓDICO: Vigilancia biológica

Anualmente: Carboxihemoglobina

Valores normales según OMS: 0,5- 2, 5 % COHb

Índice biológico de Exposición se establece en 3,5 % de la hemoglobina total

2.9.1 CRITERIOS PARA LA VIGILANCIA DE LOS TRABAJADORES EXPUESTOS AL MONÓXIDO DE CARBONO

La vigilancia de la población expuesta se hará:

Anualmente:

- **Concentración de carboxihemoglobina**
 - a. Medir en 5 ml. de sangre heparinizada
 - b. Para control periódico la muestra debe ser recolectada al finalizar la jornada laboral.
 - c. La técnica para medir carboxihemoglobina es la espectrofotometría
 - d. El índice Biológico de Exposición se establece en 3.5 % de la hemoglobina total.
 - e. Si bien el anterior parámetro se debe medir anualmente, puede ser valorado todas las veces que el médico lo crea necesario.
- **Examen clínico con orientación:**
 1. Cardiológica: en los expuestos, manifestaciones de isquemia
 2. Neurológica: cefalea, astenia, vértigo.
 3. Alteración en pruebas de: vigilancia, atención, coordinación óculomotriz, discriminación de intensidades luminosas y sonoras, todo esto aumenta el riesgo laboral.
 4. Oftalmológica: Neuritis óptica
 5. Psicológica: Cambio de conducta, dificultad en el aprendizaje, irritabilidad, excitación, alucinaciones.

IMPORTANTE:

Se considerará la realización de ECG y riesgo cardiovascular cuando existen antecedentes de compromiso cardiovascular.



Otros estudios recomendados son la realización de fondo de ojo y glicemia.

Conducta a adoptar de acuerdo a los resultados de los exámenes periódicos:

A. Con una concentración de carboxihemoglobina > al 3.5%, sin manifestaciones de enfermedad y sin alteraciones en el fondo de ojo, ECG, glicemia o en el estudio de riesgo cardíaco.

- a) Evaluación del medio ambiente laboral y corrección de falencias que condicionan la exposición al contaminante.
- b) Educación del trabajador en normas de higiene y protección personal.
- c) Repetir análisis a los 15 días de mantener valor alto volver a medir en 15 días.
- d) De persistir la modificación evaluar la conducta a adoptar.
- e) Luego de la normalización, control anual.

B. Cuando ocurre un cuadro de intoxicación aguda, manifestado por :

- Una concentración de carboxihemoglobina > al 30 %.
 - Compromiso del sensorio (pérdida de conciencia), y/o
 - Convulsiones.
 - Compromiso miocárdico
- a) El Área médica procederá de acuerdo a la normativa vigente en materia de enfermedades profesionales.
 - b) Evaluación del medio ambiente laboral y corrección de falencias que condicionan la exposición al contaminante. Se sugiere evaluar, y eventualmente replantear, el conocimiento y práctica de normas de higiene y seguridad en los trabajadores expuestos.
 - c) Internación y tratamiento con controles clínicos y de laboratorio hasta corrección de la alteración presente. Luego decidir la oportunidad del regreso a la exposición.
 - d) A partir del regreso a la exposición realizar control semestral durante un año.
 - e) Luego un control anual.



C. Si después de 15 a 20 días de una exposición aguda se instala un cuadro neurológico y/o psiquiátrico :

- a) El Área médica procederá de acuerdo a la normativa vigente en materia de enfermedades profesionales.
- b) Evaluación del medio ambiente laboral y corrección de falencias que condicionan la exposición al contaminante. Se sugiere evaluar, y eventualmente replantear, el conocimiento y práctica de normas de higiene y seguridad en los trabajadores expuestos.
- c) Internación y tratamiento con controles clínicos y de laboratorio hasta corrección de la alteración presente. Luego decidir la oportunidad del regreso a la exposición.
- d) A partir del regreso a la exposición realizar control semestral durante un año.
- e) Luego un control anual.

D. Con una concentración de carboxihemoglobina > 3,5 % o normal, acompañado por manifestaciones de un síndrome neuroconductual caracterizado por :

- o Cefaleas.
 - o Insomnio.
 - o Anorexia.
 - o Astenia.
 - o Vértigo.
 - o Náuseas
 - o Disminución de la atención y de la concentración.
- a) El Área médica procederá de acuerdo a la normativa vigente en materia de enfermedades profesionales.
 - b) Tratamiento según criterio médico.
 - c) Evaluación del medio ambiente laboral y corrección de falencias que condicionan la exposición al contaminante. Se sugiere evaluar, y eventualmente replantear, el conocimiento y práctica de normas de higiene y seguridad en los trabajadores expuestos.



- d) Realizar controles clínicos y de laboratorio hasta corrección de la alteración presente. Luego decidir la oportunidad del regreso a la exposición.
- e) A partir del regreso a la exposición realizar control semestral durante un año.
- f) Luego un control anual.

E. Con una concentración de carboxihemoglobina > 5% o normal, acompañado de alteraciones en algunos de los siguientes parámetros:

- Fondo de ojo.
 - E.C.G.
 - Glicemia
 - Estudio de riesgo cardíaco
- a) El Área médica procederá de acuerdo a la normativa vigente en materia de enfermedades profesionales.
 - b) Tratamiento según criterio médico.
 - c) Evaluación del medio ambiente laboral y corrección de falencias que condicionan la exposición al contaminante. Se sugiere evaluar, y eventualmente replantear, el conocimiento y práctica de normas de higiene y seguridad en los trabajadores expuestos.
 - d) Realizar controles clínicos y de laboratorio hasta corrección de la alteración presente. Luego decidir la oportunidad del regreso a la exposición.
 - e) A partir del regreso a la exposición realizar control semestral durante un año.
 - f) Luego un control anual.

F. Concentración de carboxihemoglobina > al 3,5 % o normal, acompañado de las siguientes patologías :

- Síndrome de Parkinson.
- Cardiopatía.
- Aterosclerosis.



- a) El Área médica procederá de acuerdo a la normativa vigente en materia de enfermedades profesionales.
- b) Tratamiento según criterio médico.
- c) Evaluación del medio ambiente laboral y corrección de falencias que condicionan la exposición al contaminante. Se sugiere evaluar, y eventualmente replantear, el conocimiento y práctica de normas de higiene y seguridad en los trabajadores expuestos.
- d) La reinserción laboral con RECALIFICACIÓN dependerá de la evolución de la patología motivo del alejamiento, previa evaluación de la presencia de agentes de riesgos en el nuevo puesto de trabajo, que pudieran influir sobre las alteraciones que fueron ocasionadas por el Monóxido de Carbono. Se sugiere control trimestral durante un año.

2.10 PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL

Las medidas preventivas son el mejor tratamiento pues permiten controlar y evitar la exposición a este gas. El control de los sistemas de gas, calefacción, chimeneas y tubos de escape, así como el uso de alarmas y detectores de CO permiten disminuir la incidencia de intoxicación.

El equipo de protección personal adecuado son los respiradores completos o semi-completos con filtros de aire para agentes orgánicos, ropa de material de Dupont para evitar contacto dérmico. En el ambiente que se tiene directa emisión de estos gases se debe colocar campanas extractoras en cantidad que permita un adecuado recambio de aire así como ventilación positiva para el ingreso de aire fresco dando un manejo de las actividades incluso sin el uso de equipo de protector (EPA,2009).

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 METODOLOGÍA

El estudio realizado corresponde a una investigación de campo, de tipo descriptivo, prospectivo con corte longitudinal, cuasiexperimental.

3.2 VARIABLES

3.2.1 IDENTIFICACION DE VARIABLES

VARIABLES	TIPO	RELACION
Hemoglobina	Continua	Independiente
Carboxihemoglobina	Continua	Dependiente
CO en aire ambiente laboral	Continua	Independiente
Características personales y de trabajo: Sexo, edad, procedencia, hábito de fumar y actividad física.	Discreta	Intervinientes
Años de trabajo, uso de protección personal, puesto de trabajo, efectos crónicos.	Discreta	Intervinientes

Como indicadores para %COHb fueron tomados en consideración los datos referenciales para la ciudad de Cuenca (J, Romero, 2011).y porcentuados los valores de COHb al inicio y final de la jornada laboral en cada monitoreo realizado en los dos CRV. Con relación a CO aire ambiente laboral se tomó los valores referenciados en las Normativas Internacionales EPA y NECAA Cap.VI



Aire Ambiente para 8 horas: *No exceder 10.000 ug/m³.*, 1 hora: *No exceder 30.000ug/ m³.*

Como indicadores de las características personales y condiciones de trabajo, se utilizó el registro de datos obtenido de las encuestas realizadas al personal de los dos centros de la Empresa.

Para establecer el riesgo toxicológico se tomó los datos proporcionados por la Base de datos EPA-IRIS, y los obtenidos del registro de datos aire ambiente de los monitoreos respectivos.

3.3 POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

3.3.1 Población: La población en estudio constituyó todo el personal de la Empresa CONSORCIO REVISION VEHICULAR DANTON (DANTON) distribuída en dos Centros de Revisión Vehicular (CRV) de Capulispamba y Mayancela. El grupo control estuvo constituido por personas que habitan en la zona rural del Cantón Cuenca, según los datos publicados en la tesis de pregrado de (J, Romero y col. ,2011).

El número de trabajadores estuvieron distribuídos de la siguiente manera: 30 trabajadores del CRV de Mayancela y 25 trabajadores del CRV de Capulispamba, según el listado proporcionado por la Empresa.

Se realizó el monitoreo del aire ambiente para CO en la zona de emisión de gases identificado en las líneas de revisión del proceso de control vehicular durante las 9 horas laborables (7h00-17h00) en los dos Centros de Mayancela (Anexo 1) y Capulispamba (Anexo 2).

3.3.2 Muestreo: El muestreo fue sistemático. Se realizó dos determinaciones de %COHb: al inicio (7h00) y al final de la jornada laboral (17h00), en muestras de sangre a todo el personal de cada CRV, según cronograma



establecido. Este monitoreo se efectuó en tres meses diferentes: Febrero, Abril y Julio del año 2013.

El monitoreo de Julio se efectuó en esa fecha debido a que el mes de Junio fue el último mes de control de vehículos pesados en Mayancela, para evitar un sesgo se realizó en el mes de Julio.

Adicionalmente se realizó el monitoreo del CO en aire ambiente laboral durante la jornada laboral, en los dos CRV. en los mismos días del muestreo de sangre al personal.

3.4 MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

3.4.1 Métodos: Consentimiento informado del personal de la Empresa DANTON, elaborado según consideraciones bioéticas en la investigación (A, Bonilla, 2003). (Anexo 3).

Para la obtención de la Base de datos del personal Empresa DANTON, se realizó una encuesta según modelo establecido en la investigación de (Olui, 2010). (Anexo 4).

Instrumental/ Laboratorio: Para los análisis sanguíneos al personal de la empresa se extrajeron las muestras de sangre según procedimientos establecidos en la investigación de Ayó,2007, al inicio y final de la jornada laboral; se utilizó tubos vacuette con anticoagulante de Heparina de marca Nipro, proveedor Nipro Medical Corporation Ecuador según el cronograma establecido conjuntamente con la gerencia de la empresa, para los dos CRV : Mayancela y Capulispamba, las muestras de sangre fueron trasladadas inmediatamente al laboratorio de Toxicología de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca para el análisis respectivo.



Los análisis de laboratorio: Hemoglobina y porcentaje de Carboxihemoglobina se realizaron por el Método de Drabkin para hemoglobina según la investigación de Oliu ,2007 y para el %COHb por el Método de Microdifusión Feldstein Klendshoj y Espectrofotometría según (Ferrari, 2007; Ayó ,2007 y Romero 2011).

Para el grupo control de %COHb fueron utilizados los valores proporcionados en el trabajo de tesis de pregrado (J, Romero y col., 2011).

El Centro de Estudios Ambientales (CEA) realizó el Monitoreo de monóxido de carbono en los ambientes laborales de los dos Centros de Revisión Vehicular de la Empresa en la zona de emisión de gases previamente establecida durante el proceso de control vehicular en cada CRV de la empresa, desde 8h00 a 17h00 durante la jornada laboral en los mismos días establecidos para la toma de muestra de sangre en los trabajadores. Se utilizó el equipo Gas Alert Micro y Gas Alert Micro 5PID con certificado de calibración en fábrica, que posee micro sensores según la investigación de (J, Romero y col., 2011).

3.4.2 Técnicas: Se aplicó para la obtención de las características personales y condiciones de trabajo la información obtenida en la encuesta al trabajador (Anexo 5) , los resultados de los análisis de sangre de la población en estudio y CO en el aire ambiente se obtuvieron mediante datos impresos.

Las técnicas de laboratorio que se aplicaron a la población en estudio fueron según el procedimiento analítico establecido.

DETERMINACIÓN DE HEMOGLOBINA: Método de Drabkin-Cianmetahemoglobina (Oliú, 2007; J, Romero 2011) en datos impresos.

DETERMINACIÓN DE CARBOXIHEMOGLOBINA: Método químico por Microdifusión-Conway: Técnica de Feldstein- Klendshoj.y Espectrofotometría. (Ferrari, 2007; Ayó ,2007 y Romero, 2011) con registro de datos impresos. (Anexo 6).



ANÁLISIS DE CO EN AIRE AMBIENTE: El análisis de CO en Aire ambiente realizó el Centro de Estudios Ambientales (CEA) de la Universidad de Cuenca utilizando el Método con equipo Gases al Aire Ambiente Gas AlertMicro y Gas Alert Micro 5PID con certificado de calibración en fábrica, que posee micro sensores según la investigación de (J, Romero y col. 2011). (Anexo 7).

DATOS REFERENCIALES DE MONOXIDO DE CARBONO: Se obtendrán de la base de datos EPA/IRIS (Anexo 8).

CÁLCULO DE RIESGO: Para el cálculo del riesgo debido al monóxido de carbono en el aire ambiente en la zona de emisión de gases del control vehicular de cada CRV, se usó las fórmulas para el cálculo de Dosis de Referencia crónica por inhalación (DdRci) y Dosis Diaria Promedio Vitalicia(DDPV) para lo cual se utilizó los datos referenciales de EPA y los obtenidos en las mediciones de aire ambiente laboral promedio de las 9 horas de la jornada de trabajo, para la concentración de CO mg/m³ se tomó el dato de mayor concentración-promedio de los tres monitoreos de cada CRV y su valor 95 percentil, además se calculó la dosis suministrada de referencia y dosis suministrada para el cálculo de Factor de Exposición crónica y Coeficiente de Peligro para sustancias no cancerígenas.

TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS:

Los análisis estadísticos se procedieron a realizar con los datos de los tres monitoreos de COHb inicio y final de jornada y CO en aire ambiente (9 horas laborables) en la zona de emisión de gases del control vehicular en cada CRV.

Para el análisis estadístico, se utilizaron tablas, gráficos, ANOVA para un factor (comparar con el grupo control % COHb inicio y final los diferentes monitoreos de cada CRV.), prueba t para muestras relacionadas (para comparar %COHb inicial y final en cada monitoreo), prueba t para muestras independientes (compara %COHb en grupos expuestos y no expuestos), chi cuadrado (para determinación asociación entre características personales y %COHb).



3.4.3 Instrumentos:

1. Equipo de Laboratorio necesario para el análisis, insumos, materiales de vidrio.
2. Registro de imágenes, registro de códigos para trabajadores , datos de la población control para la ciudad de Cuenca, registro de lecturas y cálculos, guías analíticas para Hemoglobina y Carboxihemoglobina en sangre total, registro de informes impresos de los análisis de sangre de la población de la empresa DANTON., registro de los valores de la población de control) ; registro de informes impresos del análisis del aire ambiente de las estaciones de Mayancela y Capulispamba, registro de la información de las encuestas de las características personales y de trabajo del personal de la Empresa en estudio. Toda la información se archivará en digital para la tabulación de datos y análisis estadísticos respectivos.
3. Check list,
4. Cuestionarios para las encuestas.
5. Para el almacenamiento de la información científica y experimental, tabulación de datos, análisis estadísticos y para el desarrollo de la tesis se requiere de una computadora portátil con software Microsoft 2010, Excel 2010 y el paquete estadístico SPSS versión 19.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN DE ESTUDIO

C.R.V. MAYANCELA Y CAPULISPAMBA

En el CRV de Mayancela se trabajó con 30 trabajadores y en el CRV de Capulispamba con 25 trabajadores.

Tabla. 4

EDAD DE LOS TRABAJADORES DE MAYANCELA Y CAPULISPAMBA

INTERVALO DE EDAD	% MAYANCELA	% CAPULISPAMBA
21-26	20	40
27-32	43,33	40
33-38	13,33	8
39-44	16,67	8
45-50	6,67	4
TOTAL	100	100

En Mayancela la edad estuvo comprendida 20% de 21 a 26 años, 43,33% de 27 a 32 años, 13,33% de 33 a 38 años, 16,67% de 39 a 44 años y un 6,67% de 45 a 50 años.

La edad estuvo comprendida en Capulispamba 40% de 21 a 26 años y de 27 a 32 años, 8% de 33 a 38 años y de 39 a 44 años y un 4% de 45 a 50 años.

Tabla. 5

PORCENTAJES DE CARACTERIZACIÓN DEL PERSONAL DE MAYANCELA Y CAPULISPAMBA

C.R.V.	Género		Procedencia		Actividad física		Hábito de fumar		Años de servicio	
	H	M	Urbano	Rural	Si	No	Si	No	< 2	> 2



Mayancela	80	20	50	50	83,3	16,7	27	73	53	47
Capulispamba	92	8	40	60	88	12	20	80	56	44

En Mayancela: El género constituyó el 80% Hombres y 20% Mujeres, con relación a la procedencia 50% Urbano y 50% Rural, la Actividad física 83,3% tuvo recreación y el 16,7 no tuvo recreación, el Hábito de fumar el 73% no fumadores y el 27% fumadores, los Años de servicio el 53% menor de 2 años y el 47% mayor de 2 años.

En Capulispamba: El género constituyó el 92% Hombres y 8% Mujeres, con relación a la procedencia 40% Urbano y 60% Rural, la Actividad física 88 % tuvo recreación y el 12% no tuvo recreación, el Hábito de fumar el 80% no fumadores y el 20% fumadores, los Años de servicio el 56% menor de 2 años y el 44% mayor de 2 años.

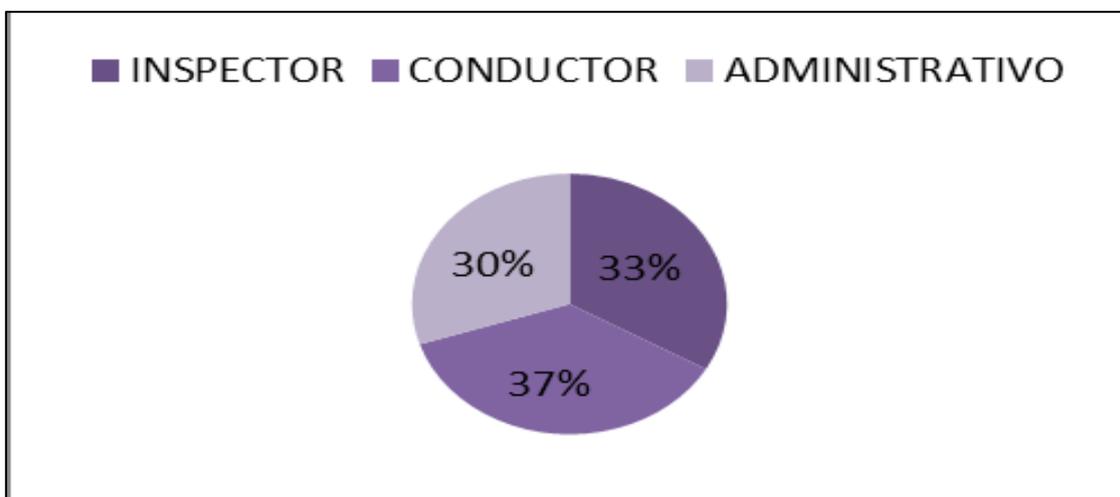


Figura 4. Distribución de los trabajadores del CRV. Mayancela, según puesto de trabajo.

Los puestos de trabajo en Mayancela fueron 37% Conductores, 33 % Inspectores y 30% personal administrativo.

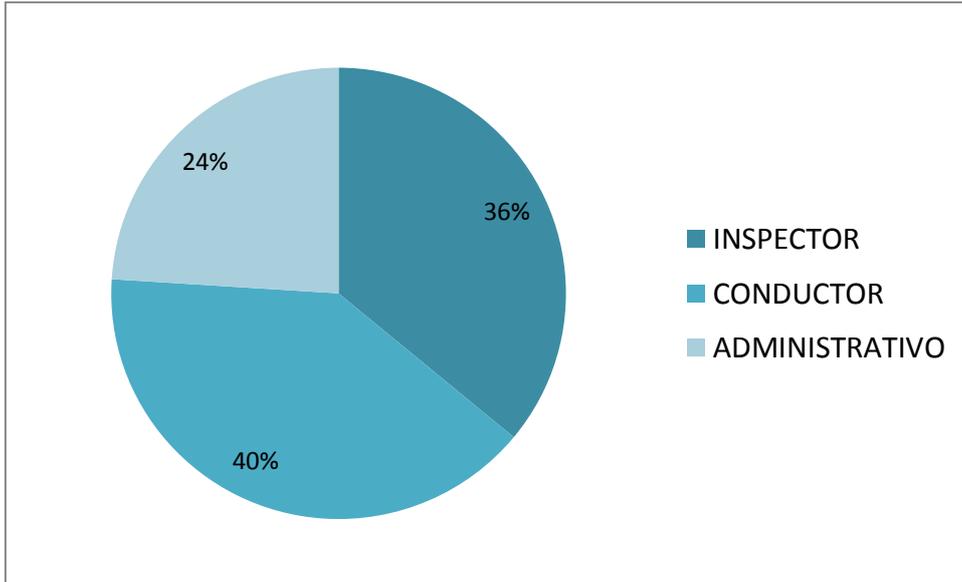


Figura 5. Distribución de los trabajadores del CRV Capulispamba según puesto de trabajo.

En Capulispamba los puestos de trabajo fueron 40% Conductores, 36% Inspectores de línea, 24 % personal administrativo.



Figura 6. Distribución de los trabajadores CRV. Mayancela según el uso de equipo de protección.

En Mayancela el 40 % a veces, el 30 % siempre y el 30 % nunca utilizó el equipo de protección.

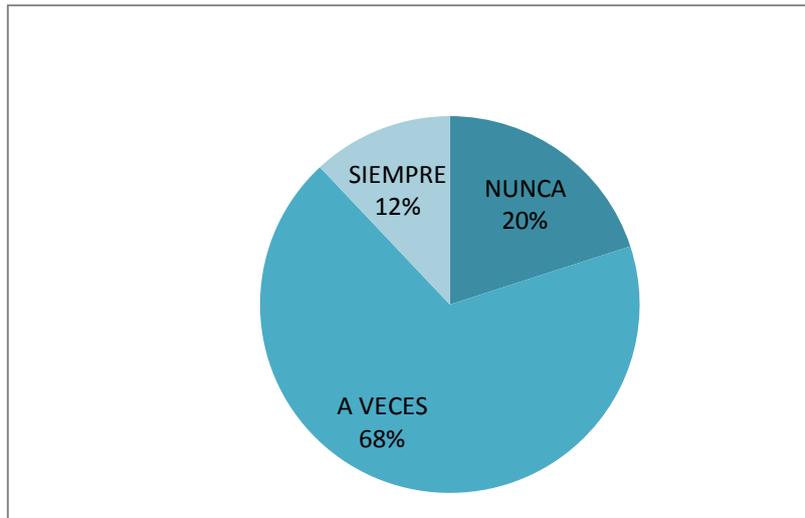


Figura 7. Distribución de los trabajadores CRV. Capulispamba según el uso de equipo de protección.

En Capulispamba el 68% a veces, el 20% nunca y 12% siempre utilizó el equipo de protección.

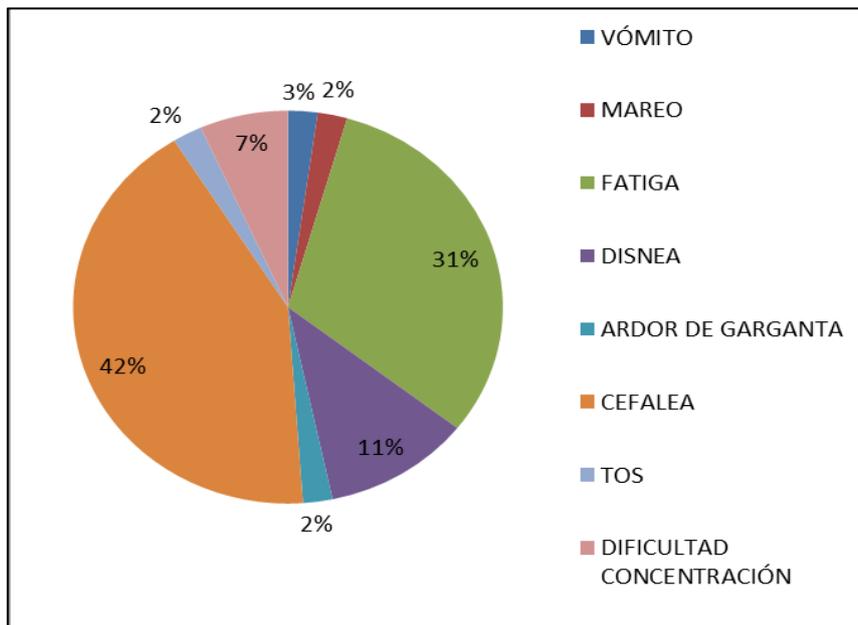


Figura 8. Distribución de los trabajadores del CRV. Mayancela según la presencia de síntomas. Mayancela: Los síntomas 42% Cefalea, 31% Fatiga, 11% Disnea, 7% Dificultad de concentración, 3%, Vómito, 2% Tos, 2% Ardor de garganta y 2% Mareo.

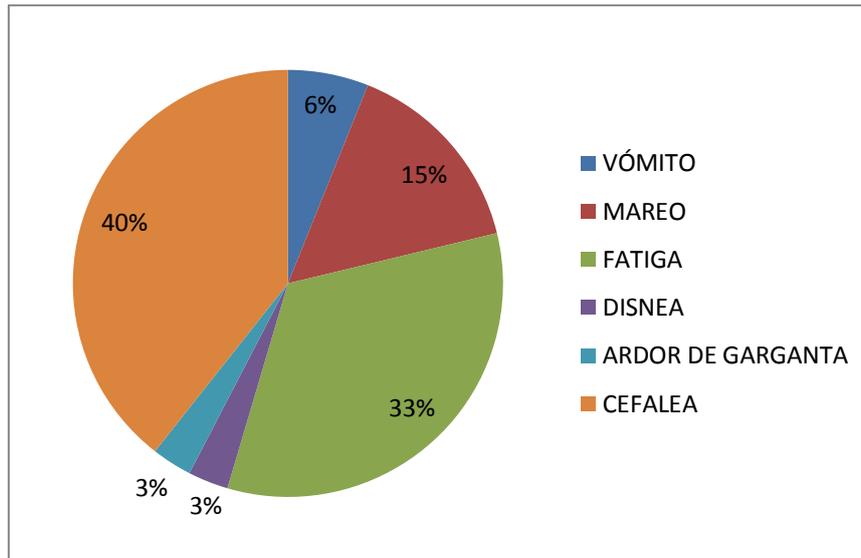


Figura 9. Distribución de los trabajadores del CRV. Capulispamba según los síntomas

Capulispamba: Los síntomas 40% Cefalea, 33% Fatiga, 15% Mareo. , 6%, Vómito 3% Disnea, 3% Ardor de garganta.

4.2 MONITOREOS DE CARBOXIHEMOGLOBINA INICIO Y FINAL DE JORNADA

Se realizaron mediciones de %COHb en cada CRV de la Empresa Danton por tres ocasiones al inicio y final de jornada, a su vez tanto monitoreo inicial como final fueron comparados con el grupo control de la Ciudad de Cuenca(Romero,2011). (Ver Anexo 6)

Se realizó Chi cuadrado para relacionar características personales y COHb final, se encontró una diferencia estadística no significativa ($p > 0,05$).

Tabla. 6
COMPARACIÓN DE GRUPO CONTROL CON LOS DIFERENTES
MONITOREOS AL INICIO Y FINAL DE LA JORNADA EN EL CRV
MAYANCELA.

COMPARACIÓN GRUPO CONTROL Y MONITOREOS AL INICIO DE JORNADA CRV MAYANCELA				COMPARACIÓN GRUPO CONTROL Y MONITOREOS AL FINAL DE JORNADA CRV MAYANCELA			
CONTROL	MONITOREO 1	MONITOREO 2	MONITOREO 3	CONTROL	MONITOREO 1	MONITOREO 2	MONITOREO 3
2,48	0,93	1,94	1,76	2,48	4,64	3,9	3,38
1	2,89	3,67	2,92	1	4,41	6,92	4,68
3,23	0,92	2,24	2,01	3,23	3,85	5,4	4,31
0,4	3,68	3,59	2,79	0,4	5,95	8,4	5,31
0,51	4,28	4,02	3,68	0,51	7,25	7,75	6,12
2	1,44	1,78	1,65	2	3,76	2,84	2,87
2	2,79	2,87	2,4	2	4,53	5,2	3,96
0,78	1,47	2,88	2,15	0,78	3,2	5,23	4,72
2,02	2,3	3,23	1,7	2,02	4,77	7,07	2,4
2,06	2,85	4,19	3,21	2,06	5,88	6,25	5,89
3,29	1,45	2,12	1,81	3,29	3,62	4,74	2,94
3,01	1,6	3,4	2,07	3,01	4,43	5,8	3,34
2,1	1,32	2,62	2,47	2,1	3,45	6,83	4,18
1,88	1,86	1,6	1,84	1,88	3,38	4,8	3,31
2,39	1,47	1,52	1,58	2,39	2,1	2,15	1,92
2,3	3,19	4,37	2,94	2,3	6,5	7,01	5,47
3,29	4,38	3,52	3,02	3,29	7,13	5,98	5,1
2,1	3,99	4,24	3,82	2,1	5,74	5,02	4,87
1,88	4,48	4,62	3,64	1,88	7,15	6,83	5,92
2,48	0,93	2,7	2,14	2,48	4,16	6,14	4,8
2,48	1,88	2,7	2,15	2,48	3,98	3,84	3,72
2,4	1,39	1,91	1,72	2,4	2,95	3,19	2,93
2,39	1,79	1,82	1,57	2,39	2,89	4,32	3,1
2,1	1,32	1,92	1,41	2,1	2,92	2,41	2,87
2,39	2,38	3,1	2,58	2,39	4,8	5,82	4,71
3,29	3,7	4,08	3,92	3,29	6,19	8,15	7,14
3,23	1,45	1,88	1,54	3,23	4,38	3,97	3,74
2,48	0,91	1,87	1,78	2,48	2,78	4,82	3,1
2,48	2,09	2,07	1,97	2,48	2,61	2,87	2,4
2,48	1,38	1,58	1,54	2,48	2,03	1,97	1,92
p= 0,05				p= 0,000			

Se compararon los diferentes monitoreos al inicio y final de la jornada con el grupo control de la ciudad de Cuenca, al comparar el grupo control con los monitoreos iniciales no existe diferencia estadística significativa ($p=0,05$), al comparar el grupo control con los monitoreos de COHb final de la jornada si existió diferencia estadística significativa ($p=0,000$).

Tabla. 7

COMPARACIÓN DE GRUPO CONTROL CON LOS DIFERENTES MONITOREOS AL INICIO Y FINAL DE LA JORNADA EN EL CRV CAPULISPAMBA.

COMPARACIÓN GRUPO CONTROL Y MONITOREOS AL INICIO DE JORNADA CRV CAPULISPAMBA				COMPARACIÓN GRUPO CONTROL Y MONITOREOS AL FINAL DE JORNADA CRV CAPULISPAMBA			
CONTROL	MONITOREO 1	MONITOREO 2	MONITOREO 3	CONTROL	MONITOREO 1	MONITOREO 2	MONITOREO 3
2,48	2,24	2,12	2,08	2,48	3,72	4,01	3,97
1	1,9	1,82	1,84	1	4,65	3,98	3,76
3,23	1,33	2,02	1,8	3,23	3,29	4,24	3,41
0,4	0,89	1,75	1,36	0,4	2,62	2,2	2,31
0,51	2,48	1,64	1,53	0,51	4,85	4,72	3,74
2	1,89	1,72	1,79	2	4,32	3,98	3,2
2	1,42	2,01	1,84	2	2,78	2,31	2,56
0,78	1,03	2,1	1,84	0,78	2,07	2,42	2,39
2,02	2,44	1,94	2,01	2,02	3,24	2,92	3,16
2,06	1,34	1,76	1,67	2,06	4,34	3,94	3,76
3,29	1,44	0,98	1,56	3,29	4,12	3,32	3,08
3,01	1,5	0,99	1,45	3,01	3,9	3,36	2,97
2,1	0,92	1,52	1,6	2,1	4,29	3,49	3,18
1,88	0,92	2,16	1,97	1,88	4,92	4,12	3,45
2,39	0,9	1,26	1,37	2,39	2,73	2,7	2,89
2,48	2,06	2,32	1,97	2,48	3,12	2,8	2,9
1	1,47	1,5	1,77	1	4,11	3,34	2,98
3,23	3,38	2,59	2,2	3,23	5,38	4,02	3,93
0,4	1,83	0,98	1,51	0,4	4,32	3,9	3,98
0,51	1,83	0,97	1,41	0,51	4,32	2,79	3,09
2	3,85	2,3	2,76	2	5,94	4,62	4,89
2,48	3,57	2,1	2,15	2,48	6,04	4,89	4,28
1	3,24	2,1	1,89	1	7,14	4,89	4,14
0,4	2,18	1,98	1,74	0,4	4,74	3,01	3,18
0,51	2,78	2,01	1,84	0,51	7,37	6,4	5,28
P=0,22				p= 0,000			

Se compararon los diferentes monitoreos al inicio y final de la jornada con el grupo control de la ciudad de Cuenca, al comparar el grupo control con los monitoreos iniciales los grupos no presentan diferencia estadísticamente significativa ($p > 0,05$), al comparar el grupo control con los monitoreos de COHb final de la jornada se encontró que existió diferencia estadística significativa ($p = 0,000$).

4.3 COMPARACIÓN DE LOS MONITOREOS AL INICIO Y FINAL DE JORNADA

Se compararon cada monitoreo inicio y final de cada jornada de los CRV, obteniéndose lo siguiente:

Para el CRV MAYANCELA: (prueba t para muestras relacionadas)

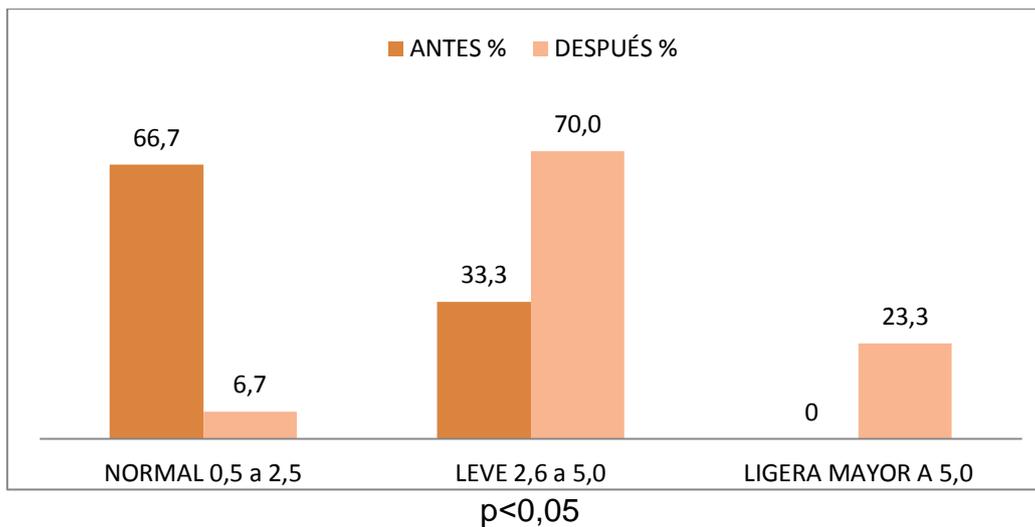


Figura 10. Monitoreo 1 de %COHb antes y después de la jornada laboral. CRV. Mayancela

En el Monitoreo 1 existe diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) entre la COHb inicio y final de jornada laboral.

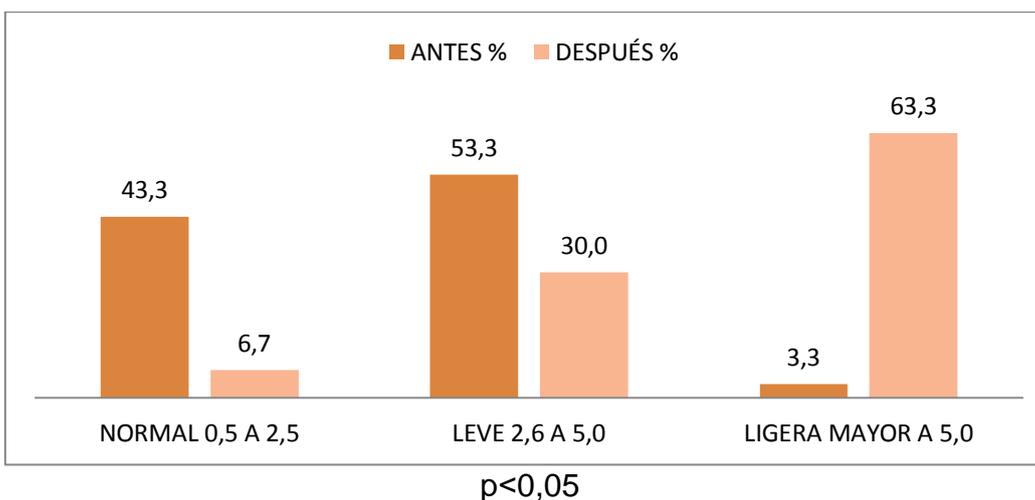


Figura 11. Monitoreo 2 de %COHb antes y después de la jornada laboral. CRV. Mayancela.

En el Monitoreo 2 existe diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) entre la COHb inicio y final de jornada laboral.

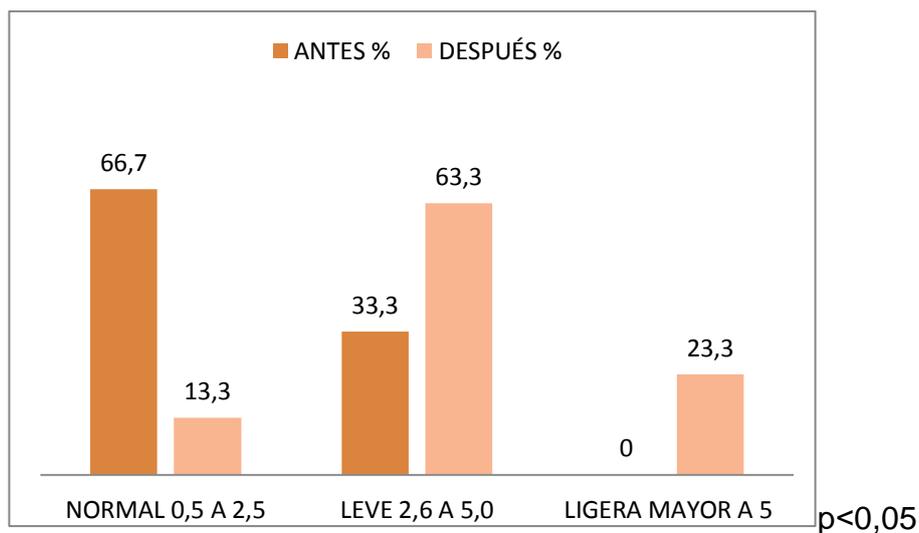


Figura 12. Monitoreo 3 de %COHb antes y después de la jornada laboral. CRV. Mayancela.

En el Monitoreo 3 existe diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) entre la COHb inicio y final de jornada laboral.

Tabla. 8

VALORES DE COHB AL INICIO Y FINAL DE JORNADA (MÁXIMO, MÍNIMO Y PROMEDIO) EN CRV MAYANCELA

	MONITOREO 1		MONITOREO 2		MONITOREO 3	
	ANTES	DESPUÉS	ANTES	DESPUÉS	ANTES	DESPUÉS
Mínimo	0,91	2,03	1,52	1,97	1,41	1,92
Máximo	4,48	7,25	5,7	8,4	3,92	7,14
Promedio	2,22	4,38	2,90	5,19	2,33	4,04

Se realizó el análisis de prueba t para muestras relacionadas y se encontró diferencia estadísticamente significativa al comparar los monitoreos al inicio y final de jornada ($p < 0,05$).

Tabla.9
COMPARACIÓN DE COHB AL INICIO Y FINAL DE JORNADA EN CRV MAYANCELA (ANOVA).

	MONITOREO INICIAL			MONITOREO FINAL		
	MONITOREO 1 (%)	MONITOREO 2 (%)	MONITOREO 3 (%)	MONITOREO 1 (%)	MONITOREO 2 (%)	MONITOREO 3 (%)
NORMAL 0,5 a 2,5	66,7	43,3	66,7	6,7	6,7	13,3
LEVE 2,6 a 5,0	33,3	53,3	33,3	70,0	30,0	63,3
LIGERA MAYOR A 5,0	0	3,3	0	23,3	63,3	23,3
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	p=0,05			P<0,05		

Se comparó los monitoreos iniciales entre sí, no se encontró diferencia estadística significativa ($p= 0,05$), al comparar los monitoreos finales, se estableció diferencia estadísticamente significativa ($p< 0,05$).

Para el CRV CAPULISPAMBA: (prueba t para muestras relacionadas)

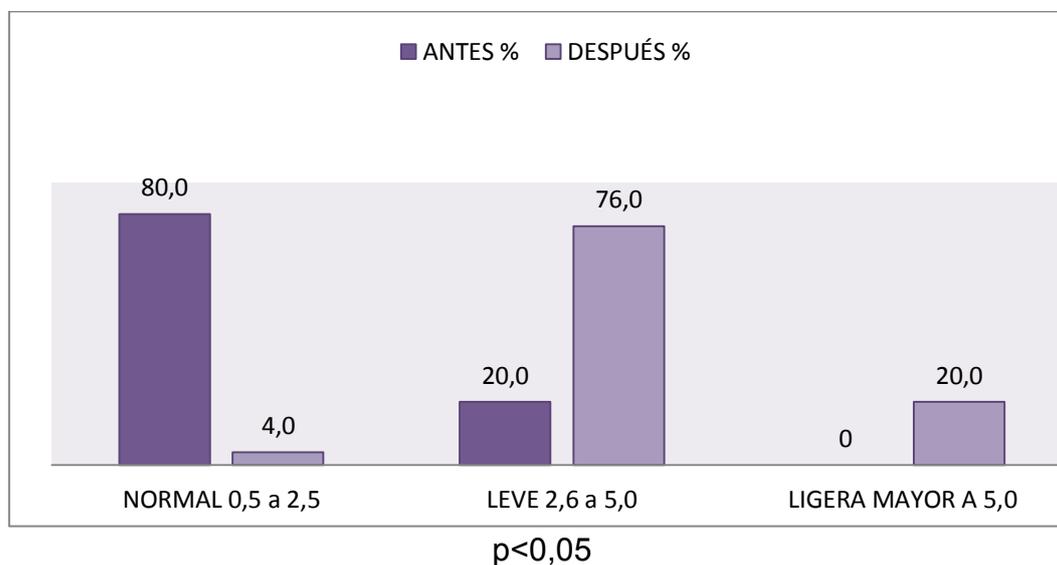


Figura 13. Monitoreo 1 de %COHb antes y después de la jornada laboral. CRV. Capulispamba.

En el Monitoreo 1 existe diferencia estadística significativa ($p<0,05$) entre la COHb inicio y final de jornada laboral.

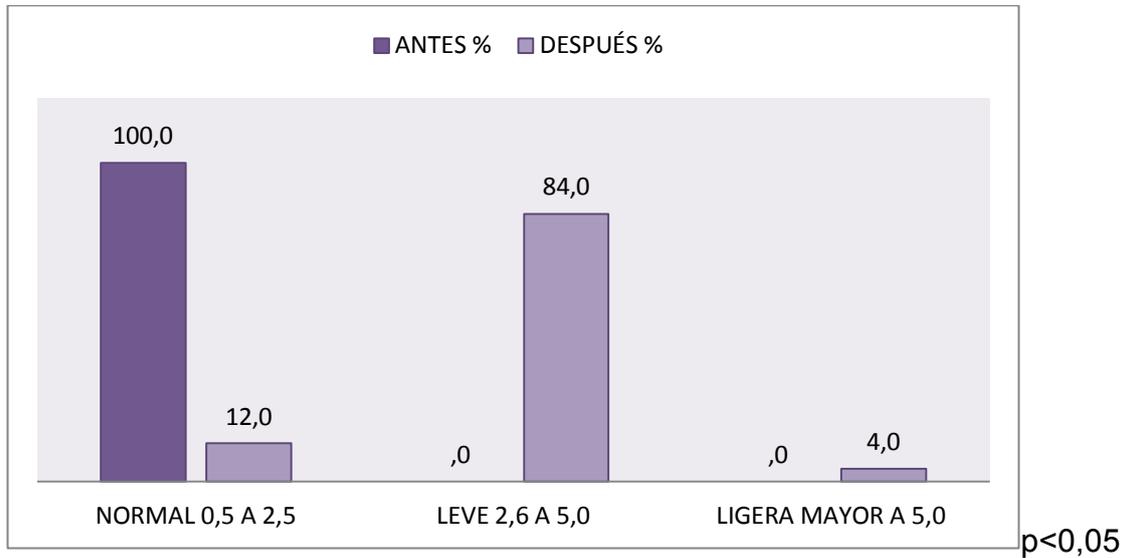


Figura 14. Monitoreo 2 de %COHb antes y después de la jornada laboral. CRV. Capulispamba.

En el Monitoreo 2 existe diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) entre la COHb inicio y final de jornada laboral.

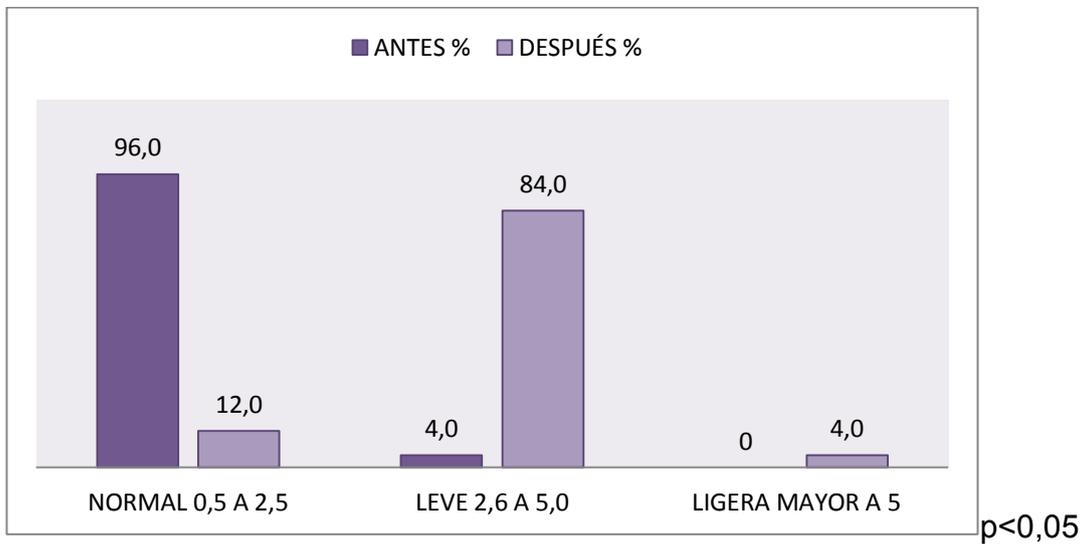


Figura 15. Monitoreo 3 de %COHb antes y después de la jornada laboral. CRV. Capulispamba.

En el Monitoreo 3 existe diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) entre la COHb inicio y final de jornada laboral.

Tabla. 10

COMPARACIÓN DE COHB AL INICIO Y FINAL DE JORNADA (MÁXIMO, MÍNIMO Y PROMEDIO) EN CRV CAPULISPAMBA

	MONITOREO 1		MONITOREO 2		MONITOREO 3	
	ANTES	DESPUÉS	ANTES	DESPUÉS	ANTES	DESPUÉS
Mínimo	0,89	2,07	0,97	2,2	1,36	2,31
Máximo	3,85	7,37	2,59	6,4	2,76	5,28
Promedio	1,92	4,33	1,79	3,69	1,80	3,46

Se realizó el análisis de prueba t para muestras relacionadas y se encontró diferencia estadísticamente significativa al comparar los monitoreos al inicio y final de jornada ($p < 0,05$).

Tabla. 11

COMPARACIÓN DE COHB AL INICIO Y FINAL DE JORNADA EN CRV CAPULISPAMBA (ANOVA)

	MONITOREO INICIAL			MONITOREO FINAL		
	MONITOREO 1 (%)	MONITOREO 2 (%)	MONITOREO 3 (%)	MONITOREO 1 (%)	MONITOREO 2 (%)	MONITOREO 3 (%)
NORMAL 0,5 a 2,5	80,0	100,0	96,0	4,0	12,0	12,0
LEVE 2,6 a 5,0	20,0	0	4,0	76,0	84,0	84,0
LIGERA MAYOR A 5,0	0	0	0	20,0	4,0	4,0
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	$p > 0,05$			$p < 0,05$		

Se comparó los monitoreos iniciales entre sí, no se encontró diferencia significativa ($p > 0,05$), al comparar los monitoreos finales, se determinó diferencia estadística significativa ($p < 0,05$).

4.4 RELACIÓN ENTRE MONÓXIDO DE CARBONO AIRE AMBIENTE Y %COHb

Se realizaron determinaciones de CO en aire ambiente, en la zona de emisión de gases, obteniéndose promedio y máximos en las nueve horas de jornada laboral. (Ver Anexo 7).

C.R.V. MAYANCELA

Tabla. 12

MONÓXIDO DE CARBONO AIRE AMBIENTE MÁXIMO DE LOS TRES MONITOREOS CRV MAYANCELA			
Hora(hh:mm)	MONITOREO1 CO (ug/m ³) 04/02/2013	MONITOREO2 CO (ug/m ³) 01/04/2013	MONITOREO3 CO (ug/m ³) 01/07/2013
08:00- 09:00	195726,52	104621,13	82518,22
09:00- 10:00	238878,82	121545,13	7640,58
10:00- 11:00	35446,53	89235,67	119192,98
11:00- 12:00	80139,99	40002,2	91686,91
12:00- 13:00	43152,3	24616,74	84046,33
13:00- 14:00	433064,19	40002,2	48899,69
14:00- 15:00	52399,22	16924,01	357578,95
15:00- 16:00	33905,38	118468,04	90158,8
16:00- 17:00	132539,21	149238,96	71821,41
Límite Máximo Permissible de CO (ug/m ³) para 1 hora: 30 000ug/m ³			

Las concentraciones máximas de CO en el aire ambiente fueron muy variadas durante las 9 horas de monitoreo. Monitoreo 1 todas sobrepasan el límite, en el monitoreo 2 en la hora 5 y 7 no sobrepasa el límite y en el monitoreo 3 en la hora 2.

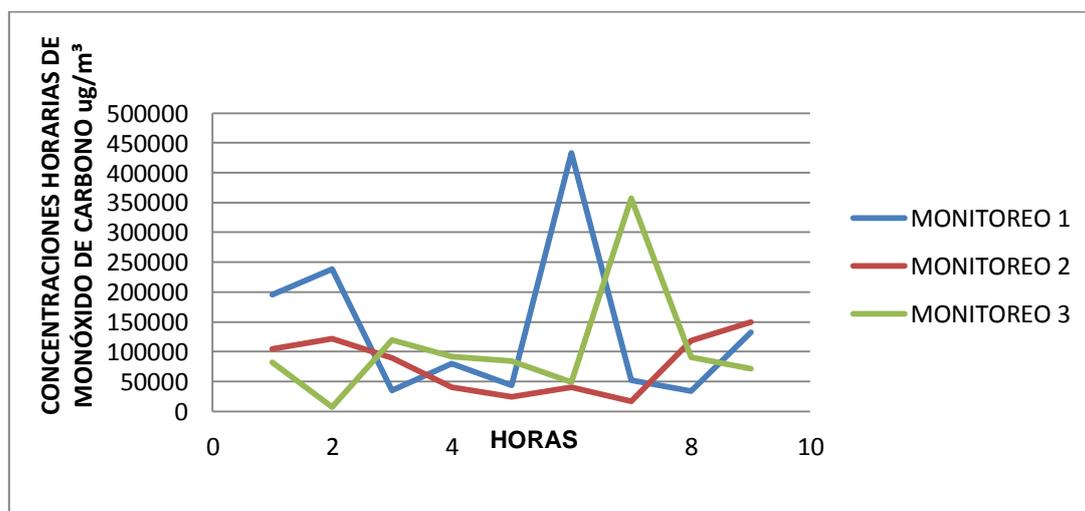


Figura 16. CO aire ambiente máximos de los tres monitoreos. CRV. Mayancela



Las concentraciones máximas de CO en el aire ambiente fueron muy variadas durante las 9 horas de monitoreo. Monitoreo 1 todas sobrepasan el límite, en el monitoreo 2 en la hora 5 y 7 no sobrepasa el límite y en el monitoreo 3 en la hora 2.

Tabla.13

CO AMBIENTE PROMEDIO DE LOS TRES MONITOREOS CRV MAYANCELA			
Hora(hh:mm)	MONITOREO1 CO (ug/m ³) 04/02/2013	MONITOREO2 CO (ug/m ³) 01/04/2013	MONITOREO3 CO (ug/m ³) 01/07/2013
08:00- 09:00	21562,75	24553,16	3807,55
09:00- 10:00	8185,8	14923,9	63,67
10:00- 11:00	4257,12	13680,24	11078,84
11:00- 12:00	17331,66	6615,75	19483,47
12:00- 13:00	2274,32	987,23	9092,29
13:00- 14:00	16358,96	2230,89	6290,74
14:00- 15:00	3966,57	487,21	16401,77
15:00- 16:00	3953,94	16154,73	14478,89
16:00- 17:00	24474,65	12568,46	6591,62
Límite Máximo Permissible de CO (ug/m ³) para 1 hora: 30 000ug/m ³			

Las concentraciones de CO ambiente promedio son variables durante las 9 h. de cada monitoreo, no sobrepasa el límite de CO para 1h.

Concentraciones promedio-hora CO aire ambiente y %COHb inicio y final de jornada. CRV. Mayancela.

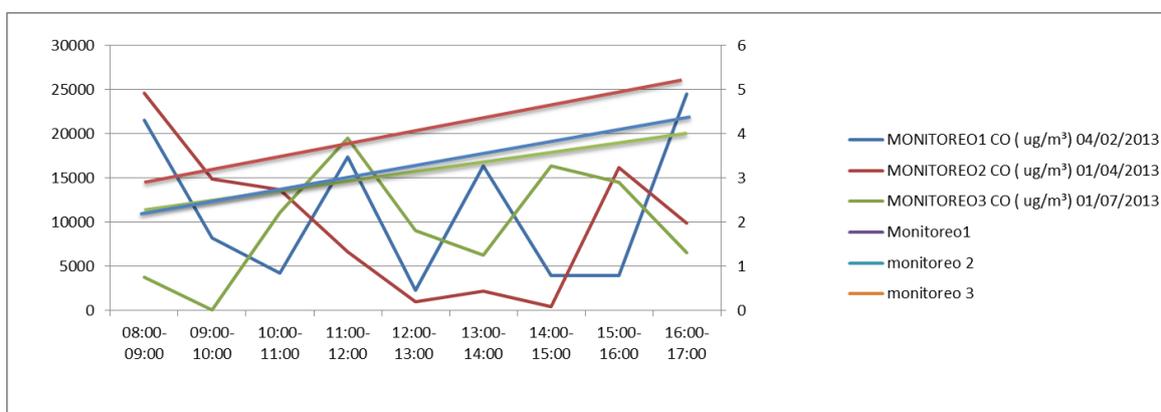


Figura 17. Concentraciones promedio-hora de CO aire ambiente y %COHb inicio y final de jornada. CRV Mayancela.



Las concentraciones promedio de CO en aire ambiente durante la jornada laboral fueron intermitentes sus valores, no sobrepasó el límite permitido para 1 hora; las concentraciones COHb inicio fueron valores inferiores a las COHb final de jornada en los tres monitoreos.

Tabla. 14

COMPARACIÓN DE %COHb FINAL EN LOS TRABAJADORES EXPUESTOS Y NO EXPUESTOS. CRV. MAYANCELA

Descripción	MONITOREO 1		MONITOREO 2		MONITOREO 3	
	NO EXPUESTOS CO	EXPUESTOS CO	NO EXPUESTOS CO	EXPUESTOS CO	NO EXPUESTOS CO	EXPUESTOS CO
%COHb	3,23	4,64	3,83	5,52	3,16	4,35
p	0,016		0,018		0,028	
EXPUESTOS: CONDUCTORES, INSPECTORES DE LÍNEA						
NO EXPUESTOS: PERSONAL ADMINISTRATIVO						

Al comparar la %COHb de los expuestos y no expuestos se encontró que la %COHb de los expuestos es mayor a la de los no expuestos y esta diferencia fue significativa ($p < 0,05$).

Tabla: 15

CORRELACIÓN %COHb PROMEDIO FINAL DE TRABAJADORES EXPUESTOS Y CO PROMEDIO DEL CRV, MAYANCELA

	PROMEDIO CO (ug/m ³)	PROMEDIO %COHb FINAL
MONITOREO 1	11309,07	4,64
MONITOREO 2	12163,28	5,52
MONITOREO 3	9704,52	4,35

$$R^2 = 0,89$$

Existió correlación entre los promedios de CO aire ambiente para 9 horas y los promedios de % COHb de trabajadores expuestos ($R^2 = 0,89$).



Figura 18. Número de vehículos livianos y pesados revisados. CRV Mayancela.

En número de vehículos controlados en los días del monitoreo no existió diferencia estadística significativa ($p > 0,05$).

C.R.V. CAPULISPAMBA

Tabla. 16

MONÓXIDO DE CARBONO AIRE AMBIENTE MÁXIMO DE LOS TRES MONITOREOS CRV CAPULISPAMBA			
Hora(hh:mm)	MONITOREO1 CO (ug/m³) 04/02/2013	MONITOREO2 CO (ug/m³) 01/04/2013	MONITOREO3 CO (ug/m³) 01/07/2013
08:00- 09:00	66 269,60	87 697,12	100 167,17
09:00- 10:00	206 514,59	30 770,92	69 813,48
10:00- 11:00	52 399,22	46 156,38	88 025,69
11:00- 12:00	101 716,14	92 312,76	51 601,27
12:00- 13:00	26 199,61	107 698,22	12 141,47
13:00- 14:00	286 654,58	50 772,02	75 884,22
14:00- 15:00	50 858,07	53 849,11	256 488,66
15:00- 16:00	33 905,38	90 774,21	88 025,69
16:00- 17:00	81 681,14	38 463,65	106 237,91
Límite Máximo Permissible de CO (ug/m ³) para 1 hora: 30 000ug/m ³			

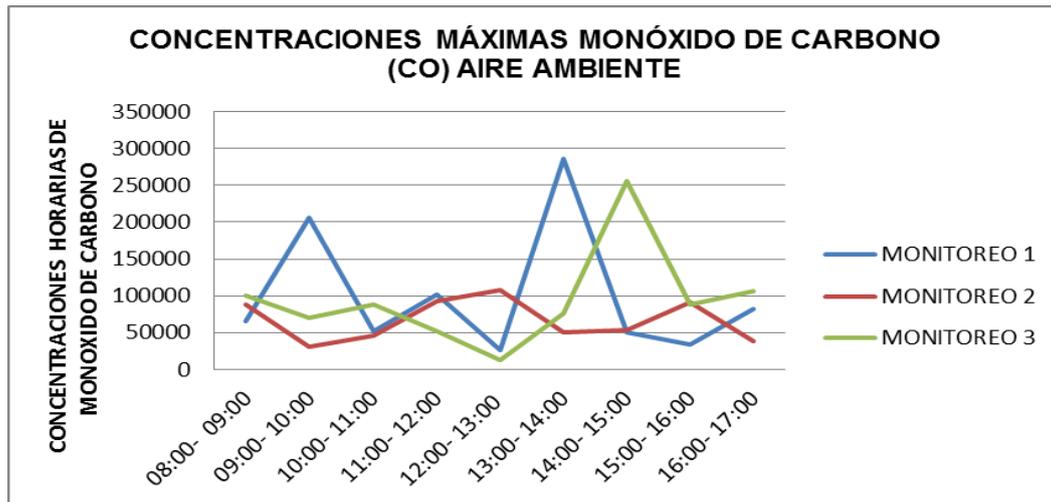


Figura 19. CO aire ambiente máximos de los tres monitores. CRV. Capulispamba.

Las concentraciones máximas de CO en aire ambiente son intermitentes y muy variables en los tres monitoreos, sobrepasaron los límites permitidos ($30000\text{ug}/\text{m}^3$) excepto en los monitoreos 1 y 3 a la hora de 12h00 a 13h00.

Tabla. 17

CO AMBIENTE PROMEDIO-HORA DE LOS TRES MONITOREOS CRV CAPULISPAMBA			
Hora(hh: mm)	MONITOREO 1 CO (ug/m ³) 04/02/2013	MONITOREO 2 CO (ug/m ³) 01/04/2013	MONITOREO 3 CO (ug/m ³) 01/07/2013
08:00- 09:00	3999,35	936,39	18313,39
09:00- 10:00	9941,7	4154,07	3085,96
10:00- 11:00	9954,33	3910,47	6918,11
11:00- 12:00	10661,75	2936,06	5691,32
12:00- 13:00	2968,61	3115,56	202,36
13:00- 14:00	10788,07	1820,61	3364,2
14:00- 15:00	2488,58	1910,36	11369,99
15:00- 16:00	2273,83	3923,29	10067,31
16:00- 17:00	5752,75	2206,93	10813,5
Límite Máximo Permissible de CO (ug/m ³) para 1 hora:30 000ug/m ³			



Concentraciones promedio-hora CO aire ambiente y %COHb inicio y final de jornada. CRV. Capulispamba

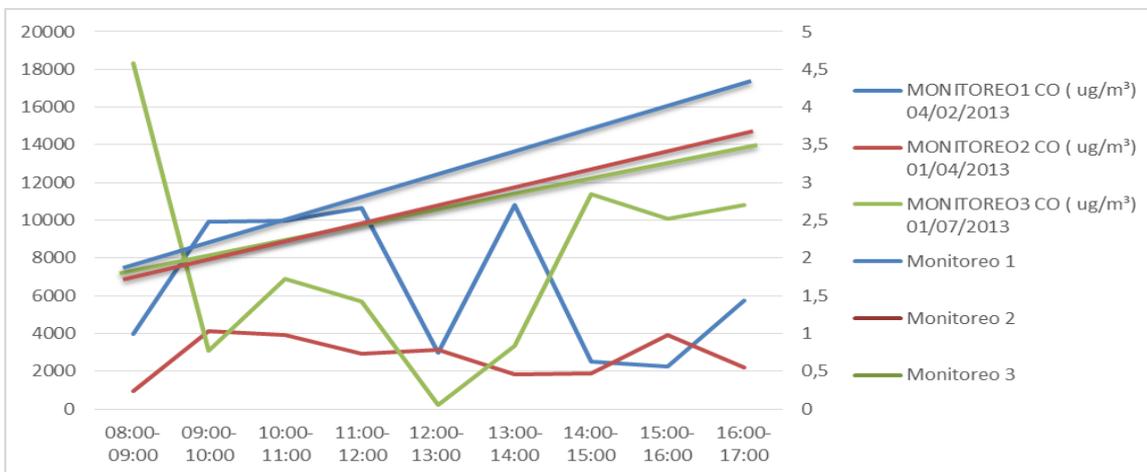


Figura 20. Concentraciones promedio-hora de CO aire ambiente y %COHb inicio y final de jornada. CRV Capulispamba.

Las concentraciones promedio de CO en aire ambiente fueron variables en los tres monitoreos durante las 9 horas, se registró valores que no sobrepasaron la norma límite establecida.

Tabla. 18

COMPARACION DE %COHb FINAL EN LOS TRABAJADORES EXPUESTOS Y NO EXPUESTOS CRV CAPULISPAMBA

Descripción	MONITOREO 1		MONITOREO 2		MONITOREO 3	
	NO EXPUESTOS CO	EXPUESTOS CO	NO EXPUESTOS CO	EXPUESTOS CO	NO EXPUESTOS CO	EXPUESTOS CO
%COHb	3,69	4,41	3,29	3,7	3,27	3,41
p	0,35		0,24		0,36	
EXPUESTOS: CONDUCTORES, INSPECTORES DE LÍNEA						
NO EXPUESTOS: PERSONAL ADMINISTRATIVO						

No existió diferencia estadística significativa entre el grupo de trabajadores expuestos y no expuestos ($p > 0,05$).

Tabla. 19

CORRELACIÓN %COHb PROMEDIO FINAL DE TRABAJADORES EXPUESTOS Y CO PROMEDIO DEL CRV, CAPULISPAMBA

	PROMEDIO CO (ug/m ³)	PROMEDIO %COHb FINAL
MONITOREO 1	6543,19	4,41
MONITOREO 2	3654,4	3,70
MONITOREO 3	7758,46	3,41

$R^2 = 0,05$

No existió correlación entre los promedios de CO aire ambiente para 9 horas y los promedios de % COHb de expuestos ($R^2= 0,05$).

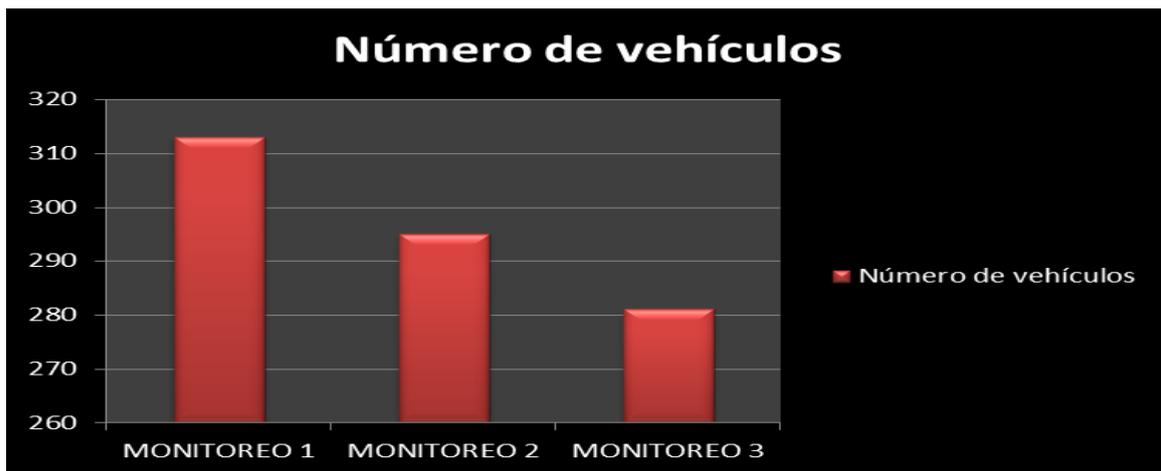


Gráfico. 21. Número de vehículos livianos revisados CRV Capulispamba

En número de vehículos controlados en los días del monitoreo existió diferencia estadística significativa ($p < 0,05$).

4.5 CÁLCULO DE RIESGO:

CRV: MAYANCELA

Tabla. 20

VALORES PROMEDIO Y MÁXIMO DE 9 HORAS DE CO AIRE AMBIENTE DE LOS TRES MONITOREOS. CRV. MAYANCELA.

Hora(hh:mm)	Concentración de Gases	MONITOREO1 CO (ug/m ³) 04/02/2013	MONITOREO2 CO (ug/m ³) 01/04/2013	MONITOREO3 CO (ug/m ³) 01/07/2013
**	Promedio	11 309,07	12 163,28	9 704,52
08:00 - 17:00	Máximo	433 064,29	107 698,22	357 578,95
** Límite Máximo Permissible de CO(ug/m ³) para 8 horas: 10 000ug/m ³				

Los monitoreos 1 y 2 sobrepasaron el límite máximo permissible de CO en aire ambiente y el monitoreo 3 se encontró dentro del límite.

CRV: CAPULISPAMBA

Tabla. 21

VALORES PROMEDIO 9 HORAS DE CO AIRE AMBIENTE DE LOS TRES MONITOREOS. CRV. CAPULISPAMBA

Hora(hh:mm)	Concentración de Gases	MONITOREO1 CO (ug/m ³) 06/02/13	MONITOREO2 CO (ug/m ³) 03/04/2013	MONITOREO3 CO (ug/m ³) 03/07/2013
**	Promedio	6 543,19	3 654,40	7 758,46
08:00 - 17:00	Máximo	286 654,58	107 698,22	256 488,66
* *Límite Máximo Permissible de CO (ug/m ³) para 8 horas: 10 000ug/m ³				

Los monitoreos 1 ,2 y 3 no sobrepasaron el límite máximo permissible de CO en aire ambiente.

4.5.1 DATOS PARA EL CALCULO DE RIESGO

CRV: MAYANCELA

Exposición de CO en aire ambiente (8h) 95% percentil: 11,56 mg/m³ aire.



CRV: CAPULISPAMBA

Exposición de CO en aire ambiente (8h) 95% percentil: 7,37 mg/m³ aire.

VALORES REFERENCIALES

Valor límite CO (TULASMA): 10mg/m³ aire para 8 horas= NOAEL

Tasa de contacto: 20 m³ aire/día.

Biodisponibilidad: 80% para gases en aire ambiente

Frecuencia de exposición referencial: (5días/7días) x (8h/24h)

Duración de exposición: 25 años

Masa Corporal: 70kg.

Años de vida: 70 años

Semanas laborables/año CRV: 50/52= 0,9615

Días a la semana laborables CRV: 5/7= 0,7143

Horas laborables por día CRV: 8/24= 0,333

Días/año: 365

FÓRMULA DE DDPV.

DDPV= (Concentración x Tasa de Contacto x Biodisponibilidad x Frecuencia exposición x Duración exposición) / Masa Corporal x Período de vida

4.5.2 CRV MAYANCELA:

DDPV= (11, 56 x 20 x 0, 8 x 25 x 0, 9615 x 0,7143 x 0,333) / 70 x 70 x 365

DDPV= 0, 00059129 mg CO /kg /día

Dosis suministrada por día (Ds):

Ds= Concentración x Tasa Contacto / Masa Corporal

Ds= 11, 56 x 20 / 70

Ds= 3, 3028mg CO /Kg/día

DdRi = 2,8571 mg CO/Kg/día

Dosis de referencia crónica por inhalación:

DdRci = 10 x 20 x 0, 7 x 25 x 0, 9615 x 0, 7143 x 0,333) / 70 x 70 x 365

DdRci = 0,0005115 mg/kg x día



CÁLCULO DEL FACTOR DE EXPOSICIÓN (FE)

Factor de exposición= $DdRi / Ds$

Factor de exposición= $2,8571 \text{ mg CO/Kg/día} / 3,3028 \text{ mg CO/Kg/día}$

Factor de exposición: 0,865

El Factor de exposición (FE) es seguro, su valor está muy cercano a la unidad.

CÁLCULO DE COEFICIENTE DE PELIGRO (CP)

Coeficiente de Peligro = $DDPV/DdRci$

Coeficiente de Peligro = $0,00059129 \text{ mg/kg x día} / 0,0005115 \text{ mg/kg x día}$

Coeficiente de Peligro = 1,15

La exposición es segura debido a que el coeficiente de peligro es igual a 1.

La exposición a CO en el aire ambiente laboral está por encima del valor referencial 10 mg/m^3 aire. La dosis suministrada por día fue superior a la dosis referencial.

4.5.3 CRV CAPULISPAMBA:

$DDPV = 7,37 \times 20 \times 0,8 \times 25 \times 0,9615 \times 0,7143 \times 0,333 / 70 \times 70 \times 365$

$DDPV = 0,00037697 \text{ mg CO/kg/día}$

Dosis suministrada por día:

$Ds = 7,37 \text{ mg/m}^3 \times 20 \text{ m}^3 / \text{ día} / 70 \text{ Kg}$.

$Ds = 2,1057 \text{ mg/Kg/día}$

Dosis absorbida: $1,68456 \text{ mg/Kg/día}$.

$DdRi = 10 \text{ mg/m}^3 \times 20 \text{ m}^3 / \text{ día} / 70 \text{ Kg}$

$DdRi = 2,8571 \text{ mg CO/ Kg/día}$

$DdRci = 0,0005115 \text{ mg/kg x día}$

CÁLCULO DEL FACTOR DE EXPOSICIÓN (FE)

Factor de exposición= $DdRi / Ds$

Factor de exposición= $2,8571 \text{ mg CO/Kg/día} / 2,1057 \text{ mg CO/Kg/día}$

Factor de exposición: 1,357

El Factor de exposición (FE) es seguro, su valor está por encima de la unidad.



CÁLCULO DE COEFICIENTE DE PELIGRO (CP)

Coeficiente de Peligro = $0,00037697 \text{ mg/kg x día} / 0,0005115 \text{ mg/kg x día}$

Coeficiente de Peligro = 0,737

La exposición es aceptable debido a que el coeficiente de peligro es inferior a 1. La exposición a CO en el aire ambiente laboral estuvo por debajo del valor referencial 10 mg/m^3 aire. La dosis suministrada por día es inferior a la dosis referencial.



CAPITULO V

DISCUSIÓN

La contaminación del aire es actualmente uno de los problemas ambientales más severos a nivel mundial y constituye un problema que tiene particular incidencia sobre la salud pública.

El monóxido de carbono es considerado uno de los mayores contaminantes de la atmósfera. Sus principales fuentes productoras responsables de aproximadamente 80% de las emisiones, son los vehículos automotores que utilizan como combustible gasolina o diésel y los procesos industriales que utilizan compuestos del carbono (Tréllez, 2006).

El CO es absorbido por la Hemoglobina a una velocidad tan alta que la presión parcial de CO en los capilares se mantiene muy baja. Por lo tanto, la transferencia de CO es de difusión limitada. El CO tiene una afinidad selectiva por la Hemoglobina que desplaza al O₂ de la Oxihemoglobina. Por otro lado la COHb libera muy lentamente el CO. La cantidad de COHb formado depende de la duración de la exposición a CO, de la concentración de CO en el aire inspirado y de la ventilación alveolar (Prockop & Chinkova, 2007).

De acuerdo con la EPA (2009) en los Estados Unidos las emisiones de monóxido de carbono al ambiente son producidas en un 95 % por los vehículos automotores, al igual que en México también son responsables de la mayor cantidad de emisiones de monóxido de carbono a la atmósfera; allí se ha fijado como concentración media de este compuesto para 1 hora el valor de 11 partes por millón (p.p.m.). La Nacional del Medio Ambiente de Chile informó que para el año 2000, el 91 % de las emisiones de monóxido de carbono en la región metropolitana de Santiago de Chile fueron producidas por el transporte. En Sao Paulo 1,5 millones de toneladas son lanzadas al aire anualmente; de estos el 78 % son producidos por los automotores a gasolina o diésel, 15 % por automotores con combustible alcohol, 3 % por motocicletas, 2% por taxis y 2 %



resultan de procesos industriales. En Colombia, el monóxido de carbono representó el 58%. “En Bogotá, el Departamento Administrativo del Medio Ambiente estima que la concentración media de monóxido de carbono atmosférico en un día normal se encuentra entre 30 y 35 partes por millón” (Trelles, et al, 2006).

En el Ecuador no existe datos estadísticos de emisiones de CO producidas por automotores, en las ciudades de Quito, Guayaquil y Cuenca existe un monitoreo de la Calidad del Aire distribuidos en varias áreas de monitoreo, para contaminantes ambientales CO, NOx, SOx y material particulado, en la que se refiere que el Centro histórico presenta una contaminación por CO debida a incremento de flujo vehicular.

El Municipio de Cuenca en el año 2010, emitió una ordenanza para el control de las emisiones de los automotores, disponiendo que todos los vehículos que circulen en el territorio del cantón Cuenca y que se utilicen para la prestación del servicio de transporte terrestre público, comercial o por cuenta propia, deben contar con un contrato, permiso de operación o autorización concedida por la Municipalidad de Cuenca, a través de la EMOV-EP, la empresa CONSORCIO REVISION VEHICULAR DANTON realiza el control vehicular del cantón Cuenca; con esta investigación se procuró relacionar los valores de %COHb al inicio y final de la jornada laboral con las características personales y condiciones de trabajo de cada trabajador y con las concentraciones de monóxido de carbono en el aire ambiente durante las ocho horas de jornada laboral, para establecer el riesgo toxicológico del monóxido de carbono en el ambiente laboral.

La Empresa Consorcio Revisión Vehicular Danton que pertenece a la Empresa de Movilidad Municipal (EMOV-EP) realiza la revisión vehicular en sus dos centros de Mayancela y Capulispamba, durante este proceso el vehículo debe permanecer encendido, provocando *contaminación con monóxido de carbono (CO) producto de la combustión vehicular* (Tréllez,2006).



De acuerdo a la Norma Ecuatoriana de Calidad del Aire Ambiente (NECAA) de la Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente, existen criterios de calidad del aire ambiente que establecen límites máximos permisibles de muchos contaminantes, entre ellos el CO, esta normativa cumple satisfactoriamente con lo establecido en las Normativas Internacionales EPA, OIT, e INSHT.

En esta investigación se valoró la exposición a CO en aire laboral de trabajadores de los dos CRV Mayancela y Capulispamba a través del biomarcador de exposición COHb, de acuerdo a lo establecido por diversos autores en cuanto a la idoneidad de este ensayo (Ferrari, 2007; Ayo, 2007 y Romero, 2011.). Se estudiaron la COHb inicio y final de jornada en 30 trabajadores de CRV. Mayancela y 25 trabajadores del CRV. Capulispamba de la Empresa Danton en tres monitoreos establecidos según cronograma Febrero, Abril y Julio del año 2013 simultáneamente se realizó el monitoreo CO aire ambiente en la zona de emisión de gases, durante 9 horas laborales (8h00-17h00) por considerar al CO factor de riesgo de exposición, la finalidad de realizar tres monitoreos fue para evidenciar el comportamiento de CO en aire ambiente laboral y su relación con el marcador de exposición la COHb inicio y final de jornada en los trabajadores de los dos CRV, este tipo de investigación tiene similitud con los estudios realizados por (Ayo, 2007) que realiza también tres mediciones, en cambio en los trabajos de (Rojas, M. 2001, Cedeño, J. 2010 y Jaimes de Pino, 1990), fueron monitoreados el CO aire y COHb por una sola ocasión.

La caracterización de la población en estudio se observó que en los dos CRV la edad estuvo comprendida entre 21 a 50 años, en Mayancela se obtuvo un mayor porcentaje en las edades de 27 a 32 años y en Capulispamba los porcentajes altos fueron en las edades 21 a 32 años, como se pudo notar que el personal de la empresa es adulto joven según (Tabla 4) y poseen un función respiratoria normal, este factor pudo influir en las COHb valoradas al final de jornada puesto que *la cantidad de COHb formado depende de la duración de la*



exposición a CO, de la concentración de CO en el aire inspirado y de la ventilación alveolar (Prockop &Chinkova, 2007) puesto que los valores de COHb final de jornada obtenidos fueron valores ligeramente superiores a los referenciales, mientras que los valores de CO aire laboral sobrepasaron los límites referenciales para 8 horas, en las investigaciones de (Cedeño, J. 2010) y (Ayo, 2007) , también la edad de mayor frecuencia osciló de 20-29 años y se trabajó con edades de 20 a 69 años.

Según los datos (Tabla 5) la población de Mayancela se caracterizó por un personal mayoritario de hombres, con procedencia tanto urbana como rural, con actividad recreacional alta, en su mayoría sin hábito de fumar, con un porcentaje mayoritario menor de 2 años de antigüedad. En Capulispamba, en cambio, el género hombre fue casi en su totalidad, su procedencia fue mayoritaria rural, con una excelente recreación y un porcentaje alto de no fumadores, la antigüedad también superó menor a 2 años. La población en los dos CRV. tuvieron características óptimas de hábitos idóneos que no inciden en los valores de COHb inicio y final de jornada, se tuvo un porcentaje minoritario de fumadores y sin recreación habitual.

La población así caracterizada tuvo similitudes con el género, hábito de fumar años de antigüedad semejante con la de las investigaciones de (Cedeño, J., 2010 (Rojas, M., 2001),) y (Jaimes, M. et.al., 1990).

Los puestos de trabajo (Figuras 4,5) para la revisión vehicular en los dos CRV. fueron identificados como Conductores, Inspectores y Personal Administrativo. esta distribución laboral presentó un organigrama similar, con los puestos de trabajo o actividades de la población en estudio de las investigaciones (Cedeño, J., 2010), (Rojas, M., 2001) y (Jaimes, M. et.al., 1990) presentaron una distribución muy parecida.

El uso del equipo de protección fue importante considerar debido a que en Mayancela (Figura 6) los conductores e inspectores de línea tuvieron un



porcentaje mayoritario del uso a veces, es decir que no existe un hábito y un control sobre el uso frecuente del equipo de protección durante la revisión vehicular, por lo que se apreció que el personal utilizó la mascarilla de protección de una manera inconstante, en Capulispamba (Figura 7) el porcentaje del uso a veces fue mayor, pero la ubicación geográfica de este CRV. favoreció una mejor dispersión del CO del aire laboral durante la revisión vehicular lo que no sucede con Mayancela que su ubicación fue en una zona urbana, con tráfico vehicular considerable situado en un terreno con pendiente o inclinación, entonces el CO producido durante el control vehicular no se dispersó con facilidad. En los dos CRV. los trabajadores que siempre usaron la mascarilla de protección estuvo representado por un porcentaje minoritario, en cambio, la opción nunca del uso de protección fue el segundo porcentaje de frecuencia, es decir que en la empresa los jefes de Centro, Supervisores no controlaron que los conductores e inspectores de línea durante la revisión vehicular deben obligatoriamente utilizar su protección, no existió esta variable en los trabajos de investigación (Cedeño, J., 2010), (Rojas, M., 2001), y (Jaimes, M. et.al., 1990).

Además el tipo de vehículo que fueron controlados en los CRV., fue diferente, en Mayancela se controló vehículos pesados y livianos mientras que en Capulispamba se revisaron solo vehículos livianos, factor que fue importante para la producción de CO en aire laboral y su dispersión al aire atmosférico.

La falta del uso frecuente y constante del equipo de protección de conductores e inspectores de línea favoreció la inhalación del CO-aire laboral en la zona de emisión de gases y el incremento de la COHb durante la revisión vehicular, por lo que se obtuvo diferencias estadísticas significativas de COHb inicio y COHb final de jornada ($p < 0,05$).

Se realizó Chi cuadrado para relacionar características personales y COHb final, se encontró una diferencia estadística no significativa ($p > 0,05$), es decir que fueron variables independientes.



La asociación de manifestaciones clínicas características de la intoxicación crónica al CO y la Carboxihemoglobina final de jornada, percibidos por la población durante la jornada laboral (Figuras 8 y 9) estuvo distribuída en Mayancela con mayor incidencia en su orden Cefalea, Fatiga y Disnea y con porcentajes bajos Dificultad de concentración, Vómito , Tos, Ardor de garganta y Mareo ; en Capulispamba Cefalea , Fatiga y Mareo, porcentajes menores Vómito,Disnea, Ardor de garganta, el síntoma con mayor frecuencia en los dos CRV. constituyó la Cefalea, seguido de Fatiga, Disnea y Alteraciones generales, los mismos que fueron ratificados en las investigaciones realizadas por (Cedeño, J., 2010), (Rojas, M., 2001), (Oliu, G. et.al, 2010), en donde se observó que la Cefalea tuvo un mayor porcentaje 40-50% y que por lo tanto presentó una diferencia significativa con COHb final de jornada (Ares et al., 2001), en estas investigaciones se demostró que la Cefalea es el principal síntoma por intoxicación crónica a CO, síntomas Cefalea y Fatiga que fueron también percibidos en los trabajadores de los dos CRV. Mayancela y Capulispamba. Estos síntomas fueron evidenciados en los trabajadores que tenían valores elevados sobre los referenciales de COHb, es decir, superiores a 2,5%., relación evidenciada en (Cedeño, 2010), (Rojas, 2001) y (Ayo, 2007).

Se realizaron valoraciones de %COHb por el Método de Microdifusión (Ferrari, 2007), (Romero, 2011), a todo el personal de cada CRV de la Empresa Danton los 3 monitoreos inicio y final de jornada fueron realizados en un día laborable en los meses de Febrero, Abril y Julio respectivamente según cronograma establecido con Gerencia de la Empresa y CEA para el monitoreo simultáneo de CO-aire ambiente durante la jornada laboral. Las determinaciones de COHb por el método de Microdifusión desarrolladas en esta investigación fueron comparables con los valores obtenidos en la investigación de (Ayo, 2007), que difieren del método espectrofotométrico con ditionito que posee valores más altos como referenciales, según se evidencia en este trabajo (Ayo, 2007), las determinaciones de CO-aire ambiente también fueron realizados por métodos con sensores electroquímicos según las investigaciones de (Cedeño, 2010) y (Ayo, 2007). La COHb depende de la concentración de Hemoglobina en la



sangre circulante, según fue evidenciado en los estudios de (Tréllez, et al., 2006), quienes señalaron que en intoxicaciones por CO se producen cambios significativos en los valores de la Hemoglobina por la disminución del transporte de oxígeno a los tejidos y la subsecuente hipoxia que activa los mecanismos eritropoyéticos mediados por el eje riñón-eritropoyetina-médula ósea y por lo tanto existe COHb elevados, se pudo evidenciar que los valores de COHb final de jornada fueron valores superiores a los obtenidos COHb inicio que estuvieron dentro de los valores referenciales para la ciudad de Cuenca (Romero,2011).

Se compararon los tres monitoreos de COHb inicio y final de la jornada con el grupo control de la ciudad de Cuenca, en CRV Mayancela (Tabla 6) se comparó el grupo control con los monitoreos iniciales de COHb, no existió diferencia estadística significativa ($p=0,05$), pues se obtuvieron valores ligeramente elevados alrededor de 2,6 a 4,3 % COHb en los trabajadores fumadores y de procedencia urbana, al comparar el grupo control con los monitoreos de COHb final de la jornada se evidenció que si existió diferencia estadística significativa ($p=0,000$), pues los valores de COHb final de los tres monitoreos se obtuvieron valores más altos que COHb iniciales de jornada, por lo que se pudo observar que existió exposición a CO aire ambiente durante la jornada laboral, estas variaciones fueron más notorias en los trabajadores Conductores e Inspectores de línea, obteniéndose valores más altos en los trabajadores fumadores y sin uso frecuente del equipo de protección y con más de 2 años de antigüedad. En los monitoreos 1,2,3 (Figuras10,11,12) la COHb inicio de jornada los valores se encontraron un mayor porcentaje dentro de los parámetros Normales(0,5-2,5%) seguido de Leve (2,6-5,0%) respectivamente , en cambio las COHb final de jornada cambió los porcentajes mayor Leve , seguido de Ligera ($> 5,0\%$) , lo que se evidencia que existe variación de COHb debido a la exposición de CO en aire laboral y hábito de fumar, aunque existió un porcentaje bajo de fumadores. Los valores mínimo, máximo y promedio de COHb inicio y final (antes y después) (Tabla 8) fueron diferentes los valores mínimo estuvieron dentro del rango referencial, los valores máximos y



promedios al final de la jornada sobrepasaron los valores referenciales pero fueron superiores a los obtenidos en Capulispamba, debido a que las condiciones de trabajo y ambientales de exposición a CO aire ambiente fueron diferentes, en este CRV. se controlaron vehículos livianos y pesados. Los resultados obtenidos pueden compararse con las investigaciones de (Ayo, 2007), (Cedeño, 2010), (Rojas, 2001) y (Jaimes de Pino, 1990) que se verificaron en sus estudios que la COHb varía con la exposición a CO-aire ambiente y hábito de fumar.

Se realizó la prueba t para muestras relacionadas (Tabla 8) para cada monitoreo cuyos resultados fueron que se encontraron diferencias estadísticamente significativas al comparar los monitoreos de COHb al inicio y final de jornada ($p < 0,05$), resultados que también fueron obtenidos en los trabajos investigativos de (Cedeño, 2010) y (Ayo, 2007).

Con el análisis ANOVA (Tabla 9) se comparó los monitoreos COHb iniciales entre sí, no se encontró diferencia estadística significativa ($p = 0,05$), al comparar los monitoreos COHb finales, se estableció diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$), que al comparar con las investigaciones de (Ayo, 2007) y (Cedeño, 2010) se obtuvieron resultados estadísticos similares, de tal manera que se pudo evidenciar que *la COHb depende de la duración de la exposición a CO, de la concentración de CO en el aire inspirado y de la ventilación alveolar* (Prockop & Chinkova, 2007) y condiciones de trabajo con el uso frecuente del equipo de protección.

En Capulispamba (Tabla 7) se comparó el grupo control con los monitoreos iniciales de COHb, no existió diferencia estadística significativa ($p > 0,05$), pues se obtuvieron valores referenciales (0,5-2,5%), al comparar el grupo control con los monitoreos de COHb final de la jornada se evidenció que si existió diferencia estadística significativa ($p = 0,000$), pues los valores de COHb final de los tres monitoreos se obtuvieron valores más altos que COHb iniciales de jornada, por lo que se pudo observar que existió exposición a CO aire ambiente



durante la jornada laboral, estas variaciones fueron más notorias en los trabajadores Conductores e Inspectores de línea, obteniéndose valores más altos en los trabajadores fumadores y sin uso frecuente del equipo de protección y con más de 2 años de antigüedad. En los monitoreos 1, 2, 3 (Figuras 13,14 y 15) la COHb inicio de jornada los valores se encontraron un porcentaje muy alto en el rango de Normales (0,5-2,5%), en cambio las COHb final de jornada cambió los porcentajes mayor Leve, seguido de Ligera (> 5,0 %) , lo que se evidenció que existe variación de COHb debido a la exposición de CO en aire laboral y hábito de fumar, aunque existió un porcentaje bajo de fumadores. Los valores mínimo, máximo y promedio de COHb inicio y final (antes y después) (Tabla 10) fueron diferentes los valores mínimo dentro del rango referencial, los valores máximos y promedios al final de la jornada sobrepasaron los valores referenciales pero fueron inferiores a los obtenidos en Mayancela, debido a que las condiciones de trabajo y ambientales de exposición a CO aire ambiente fueron diferentes, en este CRV. se controlaron vehículos livianos. Los resultados obtenidos pueden compararse con las investigaciones de (Ayo, 2007), (Cedeño, 2010), (Rojas, 2001) y (Jaimes de Pino, 1990) que se verifican en sus estudios que la COHb varía con la exposición a CO-aire ambiente y hábito de fumar.

Se realizó la prueba t para muestras relacionadas (Tabla 10) para cada monitoreo cuyos resultados fueron que se encontraron diferencias estadísticamente significativas al comparar los monitoreos de COHb al inicio y final de jornada ($p < 0,05$), resultados que también fueron obtenidos en los trabajos investigativos de (Cedeño, 2010) y (Ayo, 2007).

Con el análisis ANOVA (Tabla 11) se comparó los monitoreos COHb iniciales entre sí, no se encontró diferencia estadística significativa ($p > 0,05$), al comparar los monitoreos COHb finales, se estableció diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$), que al comparar con las investigaciones de (Ayo, 2007) y (Cedeño,2010) se obtuvieron resultados estadísticos similares, de tal manera que se pudo evidenciar que *la COHb*



depende de la duración de la exposición a CO, de la concentración de CO en el aire inspirado y de la ventilación alveolar (Prockop & Chinkova, 2007) y condiciones de trabajo con el uso frecuente del equipo de protección.

Estos resultados de los Monitoreos de los dos CRV también fueron evidenciados en las investigaciones realizadas por (Jaimes de Pino, 1990); (Ayo, 2007) en donde también se analizaron la COHb antes y después con tiempos de exposición variables 1-6 y 1-8 horas día respectivamente obteniendo valores muy similares de COHb inicio y final, difiriendo con la investigaciones de (Rojas, 2001) y (Cedeño, 2010) que realizan COHb al inicio es decir sólo una determinación analítica de COHb, se excluyeron a los fumadores y embarazadas.

Para evidenciar la variación de %COHb final entre los trabajadores se comparó % COHb final en los trabajadores expuestos y no expuestos se consideró que los trabajadores expuestos son los Conductores e Inspectores de línea con exclusión los fumadores y los no expuestos el personal de oficina o administrativo no fumadores, en Mayancela se obtuvieron %COHb promedios de expuestos y no expuestos (Tabla 14) se encontró que la %COHb de los expuestos es mayor a la de los no expuestos y esta diferencia fue estadísticamente significativa ($p < 0,05$), el número de vehículos controlados en los días del monitoreo fue diferente pero no existió diferencia estadística significativa ($p > 0,05$), en Capulispamba los valores de %COHb promedios de expuestos y no expuestos (Tabla 18) se encontró que la %COHb de los expuestos es mayor a la de los no expuestos sin embargo esta diferencia estadística no fue significativa ($p > 0,05$), la variación es muy pequeña.

Las determinaciones de CO en aire ambiente se realizó durante la jornada laboral de 8h00 a 17h00, obteniéndose valores promedio y máximos, en las investigaciones de (Ayo, 2007), (Cedeño, 2010), (Rojas, 2001) las mediciones de CO-aire ambiente fueron realizadas también por métodos electroquímicos con micro sensores, similares al utilizado en esta investigación.



En Mayancela (Tabla 12, 13 y Figuras 16, 17) las concentraciones máximas de CO en el aire ambiente fueron muy variadas durante las 9 horas de monitoreo, sus valores sobrepasan los límites referenciales, excepto en el Monitoreo 3 en la hora 2 que su valor estuvo por debajo del límite establecido para 1 hora de 30000 ug/m³.

Las concentraciones de CO ambiente promedio fueron también variables durante las 9 h. de cada monitoreo, no sobrepasa el límite de CO para 1h, esto se debe a que las concentraciones de CO fueron momentáneas y van a depender de los vehículos controlados, del estado de combustión interna, de las condiciones estructurales de la zona de revisión y de los mecanismos de renovación de aire laboral, hubo momentos que la concentración mínima no detectada por el equipo, sin embargo las concentraciones promedio para 8 horas en los monitoreos se obtuvieron valores de CO – aire ambiente superiores al valor límite referencial como se puede observar que los valores promedio de los Monitoreos 1 y 2 sobrepasaron la norma establecida para 8 horas de 10000 ug/m³ y en el Monitoreo 3 su valor estuvo muy cercano al límite referencial. Además en este CRV se controló vehículos livianos que utilizaron gasolina como combustible y vehículos pesados que utilizaron diesel, lo que ocasiona un ambiente laboral más pesado emitido por la combustión interna del diesel, lo que impide una dispersión más ligera, provocando un mayor tiempo de contacto en la zona respiratoria del trabajador Conductor e Inspector de línea. El número de vehículos controlados en los días del monitoreo no existió diferencia estadística significativa ($p > 0,05$) (Figura 18)

En Capulispamba (Tabla 16,17, Figura 19,20) las concentraciones máximas de CO en el aire ambiente fueron muy variadas durante las 9 horas de monitoreo, sus valores sobrepasaron los límites referenciales, excepto en el Monitoreo 1 y 3 en la hora 5 que sus valores estuvieron por debajo del límite establecido para 1 hora de 30000 ug/m³, esta variación pudo deberse a que la hora 5 es de 12h00 a 13h00 y el número de vehículos controlados fue menor con relación al resto de horas laborables.



Las concentraciones de CO ambiente promedio fueron también variables durante las 9 h. de cada monitoreo, no sobrepasa el límite de CO para 1h, sin embargo las concentraciones promedio para 8 horas en los monitoreos se obtuvieron valores de CO – aire ambiente inferiores al límite referencial de la norma establecida para 8 horas de 10000 ug/m³ y el número de vehículos controlados en los días de los monitoreos se evidenció que existió diferencia estadística significativa ($p < 0,05$). (Figura 21).

Estos monitoreos de CO-aire ambiente pueden compararse con los obtenidos en las investigaciones de (Ayo, 2007), (Cedeño,2010) y (Rojas, 2001) que obtuvieron valores superiores a la norma establecida como referencial en los tiempos monitoreados en cada uno de los estudios.

Se calculó el coeficiente de Pearson de correlación entre los promedios de CO aire ambiente para 9 horas y los promedios de % COHb final de los monitoreos de los trabajadores expuestos para Mayancela su valor es ($R^2 = 0,89$) (Tabla 18) por lo que existió correlación entre CO-aire ambiente promedio y % COHb final, en cambio en Capulispamba no existió correlación entre los promedios de CO aire ambiente para 9 horas y los promedios de % COHb final de los monitoreos de los trabajadores expuestos ($R^2 = 0,05$) (Tabla 19). Esta variación de los valores del coeficiente de Pearson en los dos CRV. se debe a que en Mayancela el CRV está ubicado en una zona poblada con tráfico vehicular considerable y construida en un terreno con pendiente, el tipo de vehículos controlados fueron livianos y pesados éstos últimos utilizan diesel como combustible por lo que el aire ambiente fue más denso por contener PM y la dispersión es más lenta permaneciendo mayor tiempo en la zona de trabajo. En cambio en Capulispamba la ubicación fue en un terreno plano, despoblado, se encontró junto a un río, además estuvo cerca una fábrica de cerámica que emite humos blancos de vapor de agua, en este CRV. hubo una mayor fluidez y dispersión del CO- aire ambiente de los vehículos livianos controlados.



Para el cálculo del riesgo debido al monóxido de carbono en el aire ambiente en la zona de emisión de gases del control vehicular de cada CRV, se usó las fórmulas para el cálculo de Dosis de Referencia crónica por inhalación (DdRci) y Dosis Diaria Promedio Vitalicia(DDPV) para lo cual se utilizó los datos referenciales de EPA y los obtenidos en las mediciones de aire ambiente laboral promedio de las 9 horas de la jornada de trabajo (Tabla 20,21), para la concentración de CO mg/m³ se tomó el dato de mayor concentración-promedio de los tres monitoreos de cada CRV y su valor 95 percentil, además se calculó la dosis de referencia por inhalación y la dosis suministrada para el cálculo de Factor de Exposición crónica y Coeficiente de Peligro (CP) para sustancias no cancerígenas.

Para Mayancela el Factor de Exposición Crónica fue de 0,87 según las normas internacionales INSHT, ATSDR (Hoja de Seguridad del CO) la exposición es segura con valores superiores a la unidad, este valor fue muy cercano a 1 por lo que la exposición no fue peligrosa, debido a que si el factor se acerca a cero es peligrosa la exposición (EPA, 2009). El CP tuvo un valor de 1,15, estuvo muy cerca a la unidad, que por razones de muestreo, monitoreo, condiciones climáticas y de infraestructura el valor de 0,15 fue insignificante, por lo que se consideró el valor de Coeficiente de Peligro de 1. La exposición a CO en el aire ambiente laboral estuvo por encima del valor referencial 10 mg/m³ aire. La dosis suministrada por día fue superior a la dosis referencial. Sin embargo la COHb final de los monitoreos tuvieron valores por debajo de 8%, siendo los valores más altos de trabajadores fumadores, los trabajadores expuestos no fumadores a pesar de uso poco frecuente (a veces) no tienen concentraciones de COHb final mayores a 10%, el equipo que dota la gerencia al personal fue óptima y la recomendada para estos ambientes laborales.

Para Capulispamba el Factor de Exposición Crónica fue de 1,36 según las normas internacionales INSHT, ATSDR (Hoja de Seguridad del CO) la exposición es segura con valores superiores a la unidad, este valor fue superior a 1 por lo que la exposición fue segura (EPA, 2009). El CP tuvo un



valor de 0,737 por lo que se consideró una exposición segura. La exposición a CO en el aire ambiente laboral estuvo por debajo del valor referencial 10 mg/m³ aire. La dosis suministrada por día fue inferior a la dosis referencial (EPA, 2009) y (ATSDR).



CAPITULO VI

CONCLUSIONES

En general, todos los vehículos de combustión interna producen emisiones contaminantes, producto de la combustión, las emisiones dependen de las características del vehículo y su operación, según (Tréllez, 2006) asegura que el 80% de las emisiones corresponde a monóxido de carbono.

El riesgo toxicológico al CO en ambiente laboral en Mayancela fue de 1 con un FE 0,87, para Capulispamba un riesgo de 0,737 con un FE 1,36, por lo que se verificó valores superiores de carboxihemoglobina (COHb) en los trabajadores estudiados al final jornada laboral, esto permite confirmar una importante exposición ambiental a monóxido de carbono. En los dos CRV se encontró diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) respecto al %COHb antes y después. Los niveles de CO en aire ambiente en la zona de emisión de gases en Mayancela fueron valores altos por encima de lo máximo admitido por (EPA, 2009), NECAA, llegando a valores picos muy altos sobre todo con los establecidos valores máximos. Los valores promedio para 8h. en dos monitoreos sobrepasaron y un tercero cuyo valor estuvo muy cerca al límite referencial, en cambio en Capulispamba los valores CO-aire ambiente estuvieron por debajo del límite, este fenómeno se debe a que en Mayancela el aire ambiente fue más denso debido al PM de los vehículos pesados y la dispersión fue más lenta, en cambio, en Capulispamba el aire ambiente fue liviano por el tipo de vehículos controlados en este CRV. y su renovación se realizó con facilidad.

Los trabajadores más afectados por la exposición a CO fueron los Conductores e Inspectores de Línea, debido a que la frecuencia de uso de la mascarilla de protección en los dos CRV. fue representado por un porcentaje mayor del uso poco frecuente (a veces), se confirmó una diferencia estadística significativa entre expuestos y no expuestos ($p < 0,05$).



La sintomatología por la exposición ambiental laboral fue variada en los dos CRV, sin embargo se encontró significativamente relacionada la Cefalea y Fatiga, debido a que dependen de la concentración de CO en aire ambiente, del tiempo de exposición y eventualmente de la cronicidad de la exposición.



RECOMENDACIONES

Se recomienda implementar mecanismos de ventilación en Mayancela y Capulispamba en la zona de revisión vehicular, sobretodo en la de emisión de gases, que permita una mayor dispersión del humo de los escapes de los vehículos livianos y pesados debido a que estos últimos producen una mayor contaminación por el PM lo que hace el aire ambiente pesado.

Es necesario además que las autoridades gerenciales y médico de la Empresa realicen un control más estricto con el uso de la mascarilla de protección a fin de evitar la inhalación del gas contaminante durante la jornada laboral, se debe prohibir fumar durante la jornada laboral debido al incremento de %COHb considerado como marcador biológico por exposición.

Los monitoreos de %COHb, deben ser realizados cada seis meses al final de la jornada laboral, debido a que el CO en el organismo tiene una vida corta de 4 horas, manteniendo un control periódico del CO en aire ambiente laboral.

La actividad física favorece a mantener un buen estado de salud, por lo que es necesario que todos los trabajadores realicen recreación, pues se incrementa y mejora la función respiratoria.

El estudio podría ampliarse en un futuro en otros análisis tales como tasa de renovación de aire al interior de las instalaciones de los CRV.

El estudio revela la importancia del monitoreo de CO aire ambiente y del %COHb en trabajadores de actividades industriales semejantes (metalmecánicas, parqueaderos públicos, dispensadores de combustibles).



BIBLIOGRAFÍA

1. Córdoba D, Ramos JI. *Toxicología*, (4° edición). Bogotá: Editorial el Manual Moderno; 2001. p. 313-315.
2. De la Torre Espí M, Cabañero J.(2011), *Manual de Intoxicaciones*, (2ª ed.). Madrid: Ergon, p 461.
3. Dobbs M. (2009). *Neurotoxicología*, (1ª ed.). España: Mosby, p 697.
4. Fernández L. (2008). *Higiene Industrial*. España: Gráficas Varona, p 1600.
5. Ferrari L. (2009). *Manual de Técnicas de Laboratorio en Toxicología*. Argentina: Praia, p 270.
6. Henao F. (2007). *Riesgos Químicos*. Bogotá. Ecoe Ediciones Ltda. p 145.
7. Harris. (2008). *Manual de Toxicología para médicos*,(1ª ed.). España: Masson, p 368.
8. LaDou J. (2006). *Diagnóstico y tratamiento en medicina laboral y ambiental*, (1ª ed). México: Editorial el Manual Moderno, SA, de C.V., p 753-760.
9. Ministerio del Ambiente Ecuador. TULSMA. Gestión Ambiental: Norma de calidad del aire ambiente. Libro VI. Anexo 4 vigente 2013.
10. Montoya M. (2010). *Toxicología Clínica*, (3ª ed.). España: Méndez, p 280.
11. Moreno Ma.D.(2003).*Toxicología Ambiental*,(1ª ed).España: McGraw-Hill,p 370.
12. Peña L, Arroyave C, Aristizábal J, Gómez U. (2010). *Toxicología Clínica*, (1ª ed.).Colombia: Corporación para Investigaciones Biológicas, p 579-592.
13. Repetto M, Repetto G.(2009); *Toxicología Fundamental* (4ª ed.). Sevilla: Díaz de Santos, p 587.
14. Seizi O. (2003). *Fundamentos de Toxicología*,(2ª ed.).Sao Paulo: Atheneu Editora Sao Paulo, p 474.
15. Torres L, et al. (2008). *Tratado de cuidados críticos y emergencias*.Madrid: ARAN. p 1509.



16. Vallejo MC, Baena C .(2007). *Toxicología Ambiental*. Bogotá. Grupo Empresarial Willis Ltda.p 710.
17. Wilkins. (2007). *Toxicología práctica para el internista* (1ª ed.). España: Alfil, p 380.
18. Albiano,J.Toxicología Laboral: *Criterios para la vigilancia de los trabajadores expuestos a sustancias químicas peligrosas*. Descargado de <http://www.msal.gov.ar/redartox/documentos/TOXICOLOGIALABORAL.pdf> 16 Julio 2012.
19. Ares B, Casais JL, Dapena D, Lema M, Prieto JM. “Cefalea como consecuencia de Intoxicación por monóxido de carbono”. *Revista Neurociencias Medline Plus* .Vol. 32. (2001). Descargado de <http://www.revneurolog.com/sec/resumen.php?id=2000470#> .17 Octubre 2012.
20. Ayo X, Armaza A, Galarza M, Vargas I. “Efectos de la exposición prolongada al monóxido de carbono ambiental en población urbana de riesgo. Cochabamba. Bolivia”. *Swisscontact ICAS. Impacto de la Contaminación atmosférica en la salud*. (2007). Descargado de http://www.cebem.org/cmsfiles/publicaciones/E_carboxihem.pdf. 23 . 16 Junio 2012.
21. Bonilla A. “Consentimiento informado en los experimentos en seres humanos”. *Revista Medicina Legal Costa Rica*. Vol. 20 #1. (2003). Descargado de http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1409-00152003000100004&script=sci_arttext. 16 Octubre 2012.
22. Br. Cedeño Malvar, Jeyra del Valle. “Exposición Ambiental a Monóxido de Carbono en trabajadores del terminal de pasajeros del terminal de pasajeros de ciudad de Bolívar, estado Bolívar”. Tesis de pregrado. Universidad de Oriente.(2010). Descargado en <http://ri.biblioteca.udo.edu.ve/bitstream/123456789/2857/1/01TESIS.%20EXPOSICION%20AMBIENTAL%20A%20MONOXIDO%20DE%20CARBONO.pdf>. 24 Octubre 2012.



23. EPA/IRIS. *An Introduction to Indoor Air Quality (IAQ). Carbon Monoxide (CO)*. (2009). Descargado de <http://www.epa.gov/iaq/co.html>. 15 Julio 2012.
24. Estructucplan on line. Descargado <http://www.estrucplan.com.ar/producciones/entrega.asp?identrega=1143>. 13 10 Octubre 2012.
25. HOJA DE SEGURIDAD ATSDR. Descargado http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts201.pdf. 13 Junio 2012
26. Instituto Nacional de Higiene y Riesgo del Trabajo. *Riesgo Químico* (2011).España. Descargado http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/CATALOGO%20DE%20PUBLICACIONES%20ONLINE/TEXTOS/Riesgo%20quimico/riesgo_quimico%20papel.pdf. 14 Octubre 2012.
27. Jaimes de Pino M, Hernández L. “Determinación de niveles sanguíneos de carboxihemoglobina como función de la exposición al monóxido de carbono en la ciudad de Bogotá”. *Revista colombiana de Ciencias Químico- Farmacéuticas. Bogotá. No.18* (1990). Descargado de <http://www.farmacia.unal.edu.co/?itpad=1044&niv=2&itact=1080&ti=false&itroot=1044&dep=4> 13 Julio 2012.
28. Oliu G, Nogué S, Miró Ó. “Intoxicación por monóxido de carbono: claves fisiopatológicas para un buen tratamiento”. *Emergencias . Vol. 22*. (2010). Descargado de [http://www.dep4.san.gva.es/contenidos/urg/archivos/guias/2010/Intoxicacion%20por%20monoxido%20de%20carbono%20\(Revision\).pdf](http://www.dep4.san.gva.es/contenidos/urg/archivos/guias/2010/Intoxicacion%20por%20monoxido%20de%20carbono%20(Revision).pdf). 20 Julio 2012.
29. Ordenanza para el Control y Sanción de la promoción y prestación de servicios de transporte público, comercial y por cuenta propia, con o sin título habilitante otorgado por la I. Municipalidad de Cuenca. Descargado http://www.cuenca.gov.ec/?q=vista_ordenanzas 13 Junio 2012.
30. Prockop L, Chichkova R. Carbon Monoxide Intoxication: An updated review. *Journal of the Neurological Sciences. Journal of the Neurological*



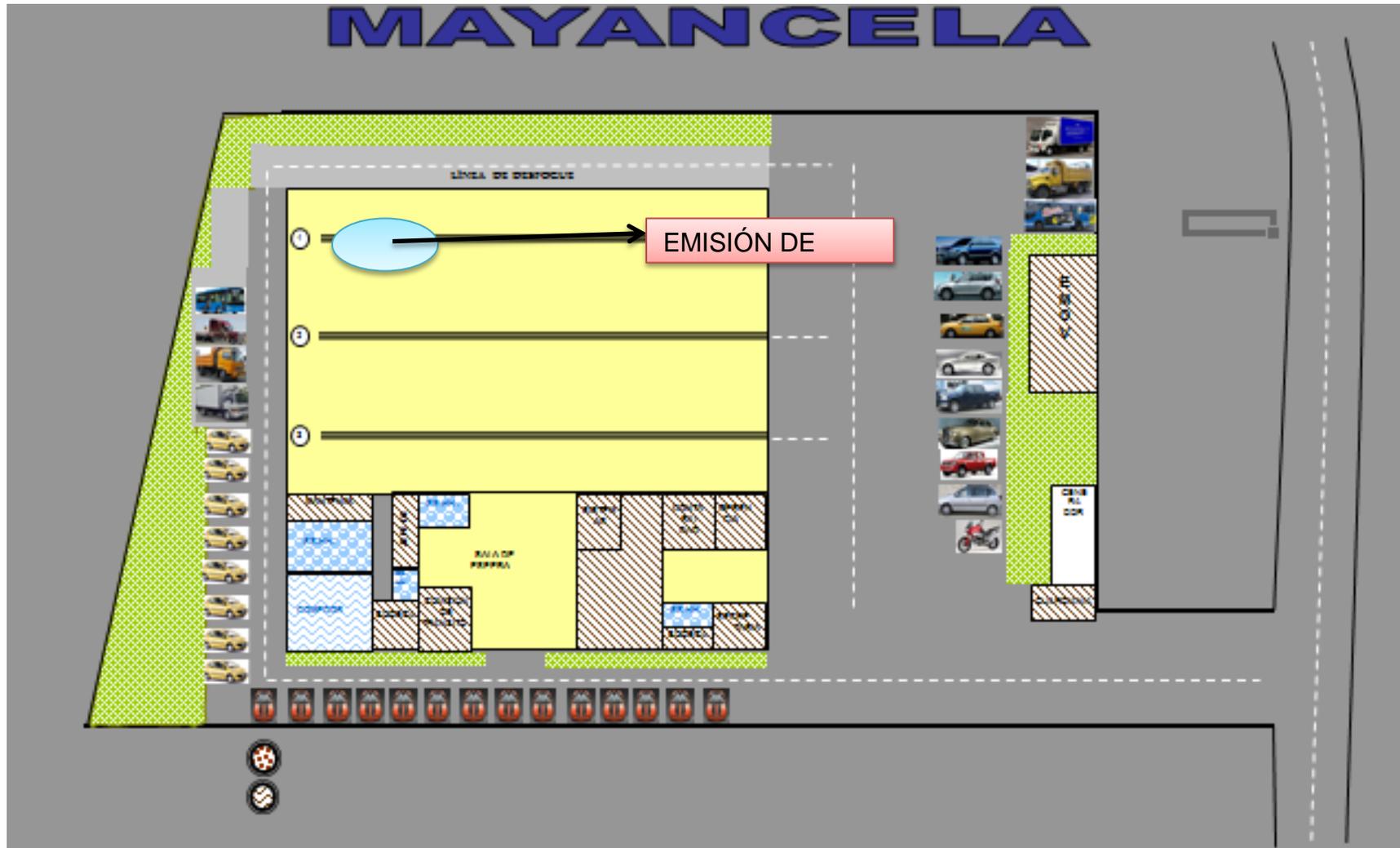
- Sciences. Vol. 262. Ejemplar 1-2. (2007) Descargado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022510X0700456X>.
31. Rojas M, Dueñas A, Sidorovas L. “ Evaluación de la exposición al monóxido de carbono en vendedores de quioskos.Valencia.Venezuela”. *Revista Panamericana de Salud Pública*.Vol.9 #4.(2001). Descargado de http://www.scielosp.org/scielo.php?pid=S102049892001000400006&script=sci_arttext. 15 Julio 2012.
32. Romero J, Espinoza J. “Determinación sanguínea de monóxido de carbono en residentes del centro histórico de la ciudad de cuenca y comparación con la concentración de CO en el aire ambiente” .Tesis de pregrado. Universidad de Cuenca (2011). Descargado: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2447/1/tq1088.pdf> 18 Abril 2013.
33. Seguridad, Higiene y Medio Ambiente.(2008). Monóxido de Carbono. Descargado www.siafa.com.ar/notisiafa/13/monoxidodecarbono.pdf. 13 Julio 2012.
34. Tréllez J,Rodríguez A,Fajardo,A. “Contaminación por Monóxido de Carbono: un problema de salud ambiental”. *Revista Salud Pública*. Vol. 8 (1).(2006). Descargado de http://www.scielosp.org/scielo.php?pid=s012400642006000100010&script=sci_arttext 15 Junio 2012.
35. Wilbur S, Williams M, Williams R, Scinicari F, Klotzbach J, Diamond G, Citra M. *Toxicological Profile for Carbon Monoxide*. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (US). (2012). Descargado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK153693/>. 25 Octubre 2012.



ANEXOS

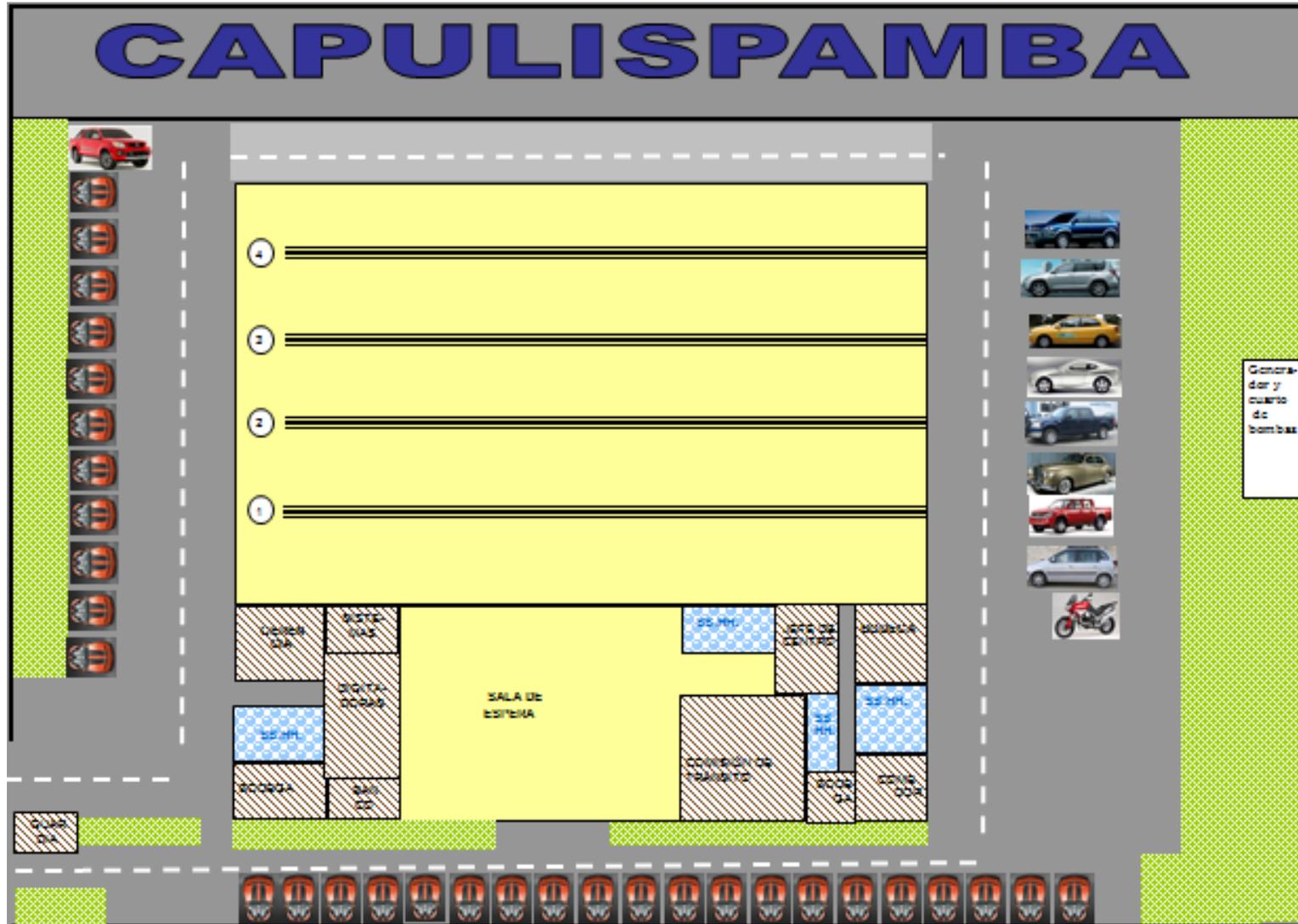


ANEXO 1





ANEXO 2





ANEXO 3: CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo, Ruth Rosas, doctora en Bioquímica y Farmacia, estudiante de la MAESTRIA TOXICOLOGIA INDUSTRIAL Y LABORAL, se encuentra realizando una Tesis de RIESGO TOXICOLÓGICO DEL MONOXIDO DE CARBONO EN EL AMBIENTE LABORAL DE LA EMPRESA CONSORCIO REVISION VEHICULAR DANTON-CUENCA, que determina la carboxihemoglobina del personal al inicio y final de la jornada laboral y la concentración de monóxido de carbono durante 8 horas en el aire ambiente laboral durante el proceso de revisión vehicular.

Para la realización del estudio requiero de su consentimiento para poder aplicar en usted una encuesta 11 preguntas, la misma que tomará aproximadamente 10 minutos y proporcionará información acerca de las características personales y de condiciones de trabajo.

Además solicito su autorización para realizar la toma de muestra de sangre durante tres monitoreos al inicio y final de la jornada laboral por un personal calificado y capacitado. La participación en este estudio de usted es voluntaria. La información que se obtenga es absolutamente confidencial y sólo la maestrante de la investigación podrá acceder a ella.

Si tiene alguna duda sobre este proyecto, puede hacer preguntas en cualquier momento durante su participación en él. Igualmente, puede retirarse del proyecto en cualquier momento sin que eso lo perjudique en ninguna forma.

La maestrante Ruth Rosas, me ha explicado todas las preguntas de la encuesta y las actividades que se llevará a cabo con mi participación y ha dado respuesta a todas las preguntas que he realizado, habiendo entendido el objetivo de la tesis y sus actividades, libremente y sin ninguna presión acepto mi inclusión en este estudio, sabiendo que los datos obtenidos se mantendrán



en confidencialidad y los resultados serán utilizados para la realización de esta tesis.

Firma del participante

Fecha



ANEXO 4: ENCUESTA

			
RESPONSABLE:	DRA. RUTH ROSAS CASTRO		
ESTACION:		CODIGO:	_____
	MAYANCELA	_____	
	CAPULISPAMBA	_____	
NOMBRE Y APELLIDO:	_____		
EDAD (años):	_____	PROCEDENCIA:	URBANO _____
GENERO:	MASCULINO	_____	RURAL _____
	FEMENINO	_____	
RECREACION:	HABITUAL	_____	
	NUNCA	_____	
HABITO DE FUMAR:	SI	_____	
	NO	_____	
EQUIPO DE PROTECCION:	SIEMPRE	_____	
	A VECES	_____	
	NUNCA	_____	
CARGO DE TRABAJO:	_____		
AÑOS DE SERVICIO:	_____		
DURANTE SU JORNADA DE TRABAJO, USTED HA SENTIDO:			
DOLOR DE CABEZA	_____		
CANSACIO	_____		
DIFICULTAD PARA CONCENTRARSE	_____		
NAÚSEA/VÓMITO	_____		
DIFICULTAD PARA RESPIRAR	_____		



MAREO		_____
OTRAS		_____
FUERA DE SU JORNADA DE TRABAJO, USTED HA SENTIDO:		
DOLOR DE CABEZA		_____
CANSACIO		_____
DIFICULTAD PARA CONCENTRARSE		_____
NAÚSEA/VÓMITO		_____
DIFICULTAD PARA RESPIRAR		_____
MAREO		_____
OTRAS		_____
HEMOGLOBINA	_____	g/dl
CARBOXIHEMOGLOBINA:	INICIO	_____ %
	FINAL	_____ %


ANEXO 5. BASE DE DATOS DE CARACTERISTICAS PERSONALES Y CONDICIONES DE TRABAJO CRV. MAYANCELA

GÉNERO	EDAD-AÑOS	PROCEDENCIA	ACTIVIDAD DEPORTIVA	HÁBITO DE FUMAR	USO EQUIPO PROTECCIÓN	PUESTO DE TRABAJO	AÑOS DE SERVICIO	SÍNTOMAS DURANTE EL TRABAJO
M	45	Urbano	Habitual	No	Siempre	Conductor	3	Cefalea
M	30	Urbano	Habitual	Sí	A veces	Conductor	1	cefalea, disnea, tos
M	38	Urbano	Habitual	No	A veces	Conductor	1	ninguno
M	29	Rural	Habitual	Sí	A veces	Conductor	1	disnea
M	28	Urbano	Nunca	No	A veces	Inspector de línea	2	Cefalea,dificultad de concentración
M	30	Rural	Habitual	No	Siempre	Conductor	2	Fatiga,dificultad de concentración, disnea
M	27	Urbano	Habitual	Sí	Siempre	Inspector de línea	1	Cefalea
M	32	Urbano	Habitual	No	Siempre	Inspector de línea	2	Fatiga, cefalea
M	20	Rural	Habitual	Sí	A veces	Conductor	1	cefalea
M	28	Urbano	Habitual	Sí	Siempre	Inspector de línea	4	Dificultad de concentración
M	29	Rural	Habitual	No	A veces	Conductor	4	fatiga, cefalea
M	28	Urbano	Habitual	No	Siempre	Inspector de línea	2	Cefalea, disnea,Naúsea, vómito.
M	34	Urbano	Habitual	No	Nunca	Administrativo	1	Fatiga
F	39	Rural	Nunca	No	Nunca	Administrativo	4	Cefalea
F	32	Urbano	Nunca	No	Nunca	Administrativo	3	Cefalea
M	49	Rural	Habitual	Sí	A veces	Conductor	3	Cefalea
F	39	Rural	Habitual	No	Siempre	Conductor	4	Cefalea,fatiga,mareo
M	39	Rural	Habitual	Sí	Siempre	Conductor	3	Cefalea, fatiga
M	29	Urbano	Nunca	Sí	Nunca	Administrativo	5	Fatiga
M	23	Rural	Habitual	No	A veces	Inspector de línea	2	Fatiga
M	24	Rural	Habitual	No	A veces	Conductor	2	Fatiga
F	23	Rural	Habitual	No	Nunca	Administrativo	1	Cefalea
M	24	Urbano	Habitual	No	A veces	Inspector de línea	1	Disnea,fatiga, cefalea
F	24	Rural	Habitual	No	Nunca	Administrativo	1	fatiga
M	29	Rural	Habitual	No	A veces	Inspector de línea	5	cefalea,fatiga
M	27	Rural	Habitual	No	A veces	Inspector de línea	3	Cefalea, fatiga
M	37	Rural	Nunca	No	Nunca	Administrativo	1	ardor en garganta
M	29	Urbano	Habitual	No	Siempre	Inspector de línea	3	Fatiga
F	26	Urbano	Habitual	No	Nunca	Administrativo	4	Cefalea
M	41	Urbano	Habitual	No	Nunca	Administrativo	10	Cefalea



ANEXO 5. BASE DE DATOS DE CARACTERISTICAS PERSONALES Y CONDICIONES DE TRABAJO CRV. CAPULISPAMBA

CÓDIGO	EDAD-AÑOS	GÉNERO	PROCEDENCIA	ACTIVIDAD DEPORTIVA	HÁBITO DE FUMAR	USO EQUIPO PROTECCIÓN	PUESTO DE TRABAJO	AÑOS DE SERVICIO	SINTOMAS DURANTE EL TRABAJO
1	29	M	Urbano	Nunca	No	Nunca	Jefe de Centro	5	mareo, Cefalea
2	25	M	Urbano	Habitual	No	A veces	Inspector de línea	1	mareo
3	29	M	Urbano	Habitual	No	Siempre	Conductor	1	ninguno
4	25	M	Rural	Habitual	No	A veces	Conductor	2	fatiga, cefalea
5	40	M	Rural	Habitual	No	Siempre	Conductor	2	mareo, cefalea
6	28	M	Urbano	Habitual	Si	A veces	Inspector	1	fatiga
7	22	F	Rural	Habitual	No	Nunca	Administrativo	2	mareo, cefalea
8	21	F	Rural	Habitual	No	Nunca	Administrativo	4	disnea
9	24	M	Rural	Habitual	No	Nunca	Administrativo	3	fatiga, cefalea
10	29	M	Rural	Habitual	No	A veces	Inspector de línea	2	vómito, fatiga, cefalea
11	25	M	Urbano	Habitual	No	A veces	Inspector de línea	1	fatiga
12	40	M	Urbano	Habitual	Si	A veces	Conductor	9	cefalea
13	33	M	Rural	Habitual	No	A veces	Conductor	2	ninguno
14	27	M	Rural	Nunca	Si	A veces	Inspector de línea	2	fatiga, ardor de garganta
15	23	M	Rural	Habitual	No	A veces	Conductor	1	fatiga,
16	28	M	Urbano	Habitual	No	A veces	Inspector de línea	3	fatiga, cefalea
17	27	M	Rural	Habitual	No	A veces	Conductor	3	cefalea
18	26	M	Urbano	Habitual	Si	A veces	Conductor	4	fatiga,
19	50	M	Rural	Habitual	No	A veces	Administrativo	2	ninguno
20	27	M	Urbano	Habitual	No	A veces	Inspector de línea	4	cefalea
21	29	M	Rural	Habitual	Si	A veces	Inspector de línea	3	vómito, cefalea, fatiga
22	29	M	Rural	Nunca	No	Nunca	Administrativo	5	mareo, cefalea
23	25	M	Urbano	Habitual	No	A veces	Inspector de línea	1	ninguno
24	24	M	Rural	Habitual	No	Siempre	Conductor	1	ninguno
25	34	M	Rural	Habitual	No	A veces	Conductor	3	fatiga, cefalea



ANEXO 6. MONITOREO DE CARBOXIHEMOGLOBINA (% COHb) INICIO Y FINAL DE JORNADA LABORAL. CENTRO DE REVISIÓN VEHICULAR MAYANCELA

	MONITOREO 1		MONITOREO 2		MONITOREO 3	
CÓDIGO	INICIO %COHb	FINAL %COHb	INICIO %COHb	FINAL %COHb	INICIO %COHb	FINAL %COHb
1	0,93	4,64	1,94	3,9	1,76	3,38
2	2,89	4,41	3,67	6,92	2,92	4,68
3	0,92	3,85	2,24	5,4	2,01	4,31
4	3,68	5,95	3,59	8,4	2,79	5,31
5	4,28	7,25	4,02	7,75	3,68	6,12
6	1,44	3,76	1,78	2,84	1,65	2,87
7	2,79	4,53	2,87	5,2	2,4	3,96
8	1,47	3,2	2,88	5,23	2,15	4,72
9	2,3	4,77	3,23	7,07	1,7	2,4
10	2,85	5,88	4,19	6,25	3,21	5,89
11	1,45	3,62	2,12	4,74	1,81	2,94
12	1,6	4,43	3,4	5,8	2,07	3,34
13	1,32	3,45	2,62	6,83	2,47	4,18
14	1,86	3,38	1,6	4,8	1,84	3,31
15	1,47	2,1	1,52	2,15	1,58	1,92
16	3,19	6,5	4,37	7,01	2,94	5,47
17	4,38	7,13	3,52	5,98	3,02	5,1
18	3,99	5,74	4,24	5,02	3,82	4,87
19	4,48	7,15	4,62	6,83	3,64	5,92
20	0,93	4,16	5,7	6,14	2,14	4,8
21	1,88	3,98	2,7	3,84	2,15	3,72
22	1,39	2,95	1,91	3,19	1,72	2,93
23	1,79	2,89	1,82	4,32	1,57	3,1
24	1,32	2,92	1,92	2,41	1,41	2,87
25	2,38	4,8	3,1	5,82	2,58	4,71
26	3,7	6,19	4,08	8,15	3,92	7,14
27	1,45	4,38	1,88	3,97	1,54	3,74
28	0,91	2,78	1,87	4,82	1,78	3,1
29	2,09	2,61	2,07	2,87	1,97	2,4
30	1,38	2,03	1,58	1,97	1,54	1,92

Fuente: Base de datos

Autora: Dra. Ruth Rosas C.



ANEXO 6. MONITOREO DE CARBOXIHEMOGLOBINA (%COHb) INICIO Y FINAL DE JORNADA LABORAL. CENTRO DE REVISIÓN VEHICULAR CAPULISPAMBA						
	MONITOREO 1		MONITOREO 2		MONITOREO 3	
CÓDIGO	INICIO %COHb	FINAL %COHb	INICIO %COHb	FINAL %COHb	INICIO %COHb	FINAL %COHb
1	2,24	3,72	2,12	4,01	2,08	3,97
2	1,9	4,65	1,82	3,98	1,84	3,76
3	1,33	3,29	2,02	4,24	1,8	3,41
4	0,89	2,62	1,75	2,2	1,36	2,31
5	2,48	4,85	1,64	4,72	1,53	3,74
6	1,89	4,32	1,72	3,98	1,79	3,2
7	1,42	2,78	2,01	2,31	1,84	2,56
8	1,03	2,07	2,1	2,42	1,84	2,39
9	2,44	3,24	1,94	2,92	2,01	3,16
10	1,34	4,34	1,76	3,94	1,67	3,76
11	1,44	4,12	0,98	3,32	1,56	3,08
12	1,5	3,9	0,99	3,36	1,45	2,97
13	0,92	4,29	1,52	3,49	1,6	3,18
14	0,92	4,92	2,16	4,12	1,97	3,45
15	0,9	2,73	1,26	2,7	1,37	2,89
16	2,06	3,12	2,32	2,8	1,97	2,9
17	1,47	4,11	1,5	3,34	1,77	2,98
18	3,38	5,38	2,59	4,02	2,2	3,93
19	1,83	4,32	0,98	3,9	1,51	3,98
20	1,83	4,32	0,97	2,79	1,41	3,09
21	3,85	5,94	2,3	4,62	2,76	4,89
22	3,57	6,04	2,1	4,89	2,15	4,28
23	3,24	7,14	2,1	4,89	1,89	4,14
24	2,18	4,74	1,98	3,01	1,74	3,18
25	2,78	7,37	2,01	6,4	1,84	5,28
Fuente: Base de datos						
Autora: Dra. Ruth Rosas C.						



ANEXO 7. CONCENTRACIONES HORARIAS DE MONOXIDO DE CARBONO (CO) AIRE AMBIENTE CRV. MAYANCELA					
Ubicación	Hora(hh:mm)	Concentración de Gases	MONITOREO1 CO (ug/m³) 04/02/2013	MONITOREO2 CO (ug/m³) 01/04/2013	MONITOREO3 CO (ug/m³) 01/07/2013
	*	Promedio	21562,75	24553,16	3807,55
	08:00- 09:00	Máximo	195726,52	104621,13	82518,22
	*	Promedio	8185,8	14923,9	63,67
	09:00- 10:00	Máximo	238878,82	121545,13	7640,58
	*	Promedio	4257,12	13680,24	11078,84
	10:00- 11:00	Máximo	35446,53	89235,67	119192,98
	*	Promedio	17331,66	6615,75	19483,47
	11:00- 12:00	Máximo	80139,99	40002,2	91686,91
Revisión Técnica	*	Promedio	2274,32	987,23	9092,29
Vehicular	12:00- 13:00	Máximo	43152,3	24616,74	84046,33
"MAYANCELA"	*	Promedio	16358,96	2230,89	6290,74
	13:00- 14:00	Máximo	433064,19	40002,2	48899,69
	*	Promedio	3966,57	487,21	16401,77
	14:00- 15:00	Máximo	52399,22	16924,01	357578,95
	*	Promedio	3953,94	16154,73	14478,89
	15:00- 16:00	Máximo	33905,38	118468,04	90158,8
	*	Promedio	24474,65	12568,46	6591,62
	16:00- 17:00	Máximo	132539,21	149238,96	71821,41
* Límite Máximo Permissible de CO (ug/m ³) para 1 hora: 30 000ug/m ³					
Fuente: Base de datos					
Autora: Dra. Ruth Rosas C.					

ANEXO 7. CONCENTRACION PROMEDIO DE MONOXIDO DE CARBONO (CO) AIRE AMBIENTE CRV. MAYANCELA					
Ubicación	Hora(hh:mm)	Concentración de Gases	MONITOREO1 CO (ug/m³) 04/02/2013	MONITOREO2 CO (ug/m³) 01/04/2013	MONITOREO3 CO (ug/m³) 01/07/2013
" MAYANCELA"	**	Promedio	11 309,07	12 163,28	9 704,52
	08:00 - 17:00	Máximo	433 064,29	107 698,22	357 578,95
** Límite Máximo Permissible de CO(ug/m ³) para 8 horas: 10 000ug/m ³					
Fuente: Base de datos					
Autora: Dra. Ruth Rosas C.					



ANEXO 7. CONCENTRACIONES HORARIAS DE MONOXIDO DE CARBONO (CO) AIRE AMBIENTE CRV. CAPULISPAMBA					
Ubicación	Hora(hh:mm)	Concentración de Gases	MONITOREO1 CO (ug/m³) 06/02/2013	MONITOREO2 CO (ug/m³) 03/04/2013	MONITOREO3 CO (ug/m³) 03/07/2013
	*	Promedio	3 999,35	8 936,39	18 313,39
	08:00- 09:00	Máximo	66 269,60	87 697,12	100 167,17
	*	Promedio	9 941,70	4 154,07	3 085,96
	09:00- 10:00	Máximo	206 514,59	30 770,92	69 813,48
	*	Promedio	9 954,33	3 910,47	6 918,11
	10:00- 11:00	Máximo	52 399,22	46 156,38	88 025,69
	*	Promedio	10 661,75	2 936,06	5 691,32
	11:00- 12:00	Máximo	101 716,14	92 312,76	51 601,27
Revisión Técnica	*	Promedio	2 968,61	3 115,56	202,36
Vehicular	12:00- 13:00	Máximo	26 199,61	107 698,22	12 141,47
"CAPULISPAMBA"	*	Promedio	10 788,07	1 820,61	3 364,20
	13:00- 14:00	Máximo	286 654,58	50 772,02	75 884,22
	*	Promedio	2 488,58	1 910,36	11 369,99
	14:00- 15:00	Máximo	50 858,07	53 849,11	256 488,66
	*	Promedio	2 273,83	3 923,29	10 067,31
	15:00- 16:00	Máximo	33 905,38	90 774,21	88 025,69
	*	Promedio	5 752,75	2 206,93	10 813,50
	16:00- 17:00	Máximo	81 681,14	38 463,65	106 237,91

* Límite Máximo Permissible de CO (ug/m³) para 1 hora: 30 000ug/m³

Fuente: Base de datos

Autora: Dra. Ruth Rosas C.

ANEXO 7: CONCENTRACION PROMEDIO DE MONOXIDO DE CARBONO (CO) AIRE AMBIENTE CRV. CAPULISPAMBA					
Ubicación	Hora(hh:mm)	Concentración de Gases	MONITOREO1 CO (ug/m³) 06/02/13	MONITOREO2 CO (ug/m³) 03/04/2013	MONITOREO3 CO (ug/m³) 03/07/2013
"CAPULISPAMBA"	**	Promedio	6 543,19	3 654,40	7 758,46
	08:00 - 17:00	Máximo	286 654,58	107 698,22	256 488,66

**Límite Máximo Permissible de CO (ug/m³) para 8 horas: 10 000ug/m³

Fuente: Base de datos

Autora: Dra. Ruth Rosas C.

ANEXO 8:

Fichas Internacionales de Seguridad Química

MONÓXIDO DE CARBONO		ICSC: 0023 Abril 2007		
Óxido de carbono		Óxido carbónico		
CAS:	630-08-0	CO		
RTECS:	FG3500000	Masa molecular: 28		
NU:	1016			
CE Índice Anexo I:	006-001-00-2			
CE / EINECS:	211-128-3			
		     		
TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS	
INCENDIO	Extremadamente inflamable. El calentamiento intenso puede producir aumento de la presión con riesgo de estallido.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar.	Cortar el suministro; si no es posible y no existe riesgo para el entorno próximo, dejar que el incendio se extinga por sí mismo; en otros casos apagar con dióxido de carbono, agua pulverizada, polvo.	
EXPLOSIÓN	Las mezclas gas/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. Utilícense herramientas manuales no generadoras de chispas.	En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua. Combatir el incendio desde un lugar protegido.	
EXPOSICIÓN		¡EVITAR LA EXPOSICIÓN DE MUJERES (EMBARAZADAS)!	¡CONSULTAR AL MÉDICO EN TODOS LOS CASOS!	
Inhalación	Dolor de cabeza. Confusión mental. Vértigo. Náuseas. Debilidad. Pérdida del conocimiento.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Respiración artificial si estuviera indicada. Proporcionar asistencia médica. Ver Notas.	
Piel				
Ojos				
Ingestión				
DERRAMES Y FUGAS	ENVASADO Y ETIQUETADO			
¡Evacuar la zona de peligro! Eliminar toda fuente de ignición. Consultar a un experto. Protección personal: equipo autónomo de respiración. Ventilar.	Clasificación UE Símbolo: F+, T; R: 12-23-48/23-61; S: 53-45 Nota: E Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 2.3; Riesgos Subsidiarios de las NU: 2.1 Clasificación GHS Peligro Gas extremadamente inflamable. Contiene gas a presión; puede explotar si se calienta. Mortal si se inhala. Puede perjudicar la fertilidad o dañar el feto si se inhala. Puede provocar daños en la sangre si se inhala. Provoca daños en la sangre y en el sistema nervioso central tras exposiciones prolongadas o repetidas.			
RESPUESTA DE EMERGENCIA	ALMACENAMIENTO			
Ficha de Emergencia de Transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-20S 1016 o 20G1TF. Código NFPA: H3; F4; R0;	A prueba de incendio. Mantener en lugar fresco. Mantener en lugar bien ventilado.			
IPCS International Programme on Chemical Safety	   	 	Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © IPCS, CE 2007	



Fichas Internacionales de Seguridad Química

MONÓXIDO DE CARBONO

ICSC: 0023

DATOS IMPORTANTES

<p>ESTADO FÍSICO; ASPECTO: Gas comprimido, incoloro, inodoro e insípido.</p> <p>PELIGROS FÍSICOS: El gas se mezcla bien con el aire, formándose fácilmente mezclas explosivas. El gas penetra fácilmente a través de paredes y techos.</p> <p>PELIGROS QUÍMICOS: Puede reaccionar violentamente con oxígeno, acetileno, cloro, flúor, óxido nitroso.</p> <p>LÍMITES DE EXPOSICIÓN: TLV: 25 ppm como TWA; BEI establecido; (ACGIH 2006). MAK: 30 ppm, 35 mg/m³; Categoría de limitación de pico: II(1); Riesgo para el embarazo: grupo B; BAT establecido (DFG 2008).</p>	<p>VÍAS DE EXPOSICIÓN: La sustancia se puede absorber por inhalación.</p> <p>RIESGO DE INHALACIÓN: Al producirse una pérdida de gas, se alcanza muy rápidamente una concentración nociva de éste en el aire.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN: La sustancia puede afectar a la sangre, dando lugar a carboxihemoglobinemia y a alteraciones cardíacas. La exposición a elevados niveles puede producir la muerte. Se recomienda vigilancia médica.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA: La sustancia puede afectar al sistema cardiovascular y al sistema nervioso central. Puede producir alteraciones en la reproducción humana.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

PROPIEDADES FÍSICAS

<p>Punto de ebullición: -191 °C Punto de fusión: -205 °C Solubilidad en agua, ml/100 ml a 20 °C: 2,3 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 0,97</p>	<p>Punto de inflamación: gas inflamable Temperatura de autoignición: 605 °C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 12,5-74,2</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

DATOS AMBIENTALES

NOTAS

El monóxido de carbono es un producto de la combustión incompleta del carbón, petróleo, madera. Está presente en los humos de escape de vehículos y en el humo de tabaco. Está indicado un examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. A concentraciones tóxicas no hay alerta por el olor. En caso de envenenamiento con esta sustancia es necesario realizar un tratamiento específico; así como disponer de los medios adecuados junto a las instrucciones correspondientes. Esta ficha ha sido parcialmente actualizada en noviembre de 2008: ver Límites de exposición.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Límites de exposición profesional (INSHT 2011):

VLA-ED: 25 ppm; 29 mg/m³

Notas: sustancia tóxica para la reproducción humana de categoría 1A.

VLB: 3,5% de carboxihemoglobina en hemoglobina total; 20 ppm de CO en la fracción final del aire exhalado (aire alveolar). Notas F, I.

Nota legal

Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.

© IPCS, CE 2007



MONÓXIDO DE CARBONO

(CARBON MONOXIDE)

CAS # 630-08-0

División de Toxicología y Medicina Ambiental ToxFAQs™

Septiembre 2009

Esta hoja informativa contesta las preguntas más frecuentes acerca de los efectos del monóxido de carbono sobre la salud. Para más información, llame al Centro de Información de ATSDR al 1-800-232-4636. Esta hoja informativa forma parte de una serie de resúmenes acerca de sustancias peligrosas y sus efectos sobre la salud. Es importante que usted entienda esta información ya que esta sustancia puede ser dañina. Los efectos de la exposición a cualquier sustancia tóxica dependen de la dosis, la duración, la manera como usted está expuesto, sus hábitos y características personales y de la presencia de otras sustancias químicas.

IMPORTANTE: Todo el mundo está expuesto a diferentes niveles de monóxido de carbono en el aire. Respirar cantidades elevadas de monóxido de carbono puede ser fatal. Las personas que sufren de enfermedades cardiovasculares y/o respiratorias pueden ser especialmente susceptibles al monóxido de carbono. Este compuesto se ha encontrado en por lo menos 12 de los 1,699 sitios de la Lista de Prioridades Nacionales identificados por la Agencia de Protección Ambiental (EPA).

¿Qué es el monóxido de carbono?

El monóxido de carbono es un gas incoloro, sin olor ni sabor, no irritante, que se encuentra tanto en el aire puertitas adentro como al aire libre. Se produce de la combustión incompleta del carbón. Es producido tanto por actividades humanas como por fuentes naturales. La fuente humana más importante de monóxido de carbono es el tubo de escape de automóviles.

Los niveles de monóxido de carbono puertitas adentro varían dependiendo de la presencia de artefactos tales como estufas de querosén o gas, hornos, cocinas que usan madera, generadores y otros artefactos a gasolina. El humo de tabaco también contribuye a los niveles de monóxido de carbono puertitas adentro.

La industria también usa monóxido de carbono para fabricar compuestos tales como anhídrido acético, policarbonatos, ácido acético y policetona.

¿Qué le sucede al monóxido de carbono cuando entra al medio ambiente?

- El monóxido de carbono entra al ambiente principalmente desde fuentes naturales y por la combustión de petróleo.
- Permanece en el aire aproximadamente 2 meses.
- Se degrada en el aire al reaccionar con otras sustancias químicas y se transforma en anhídrido carbónico.
- En el suelo es degradado a anhídrido carbónico por microorganismos.
- No se acumula en plantas o en los tejidos de animales.

¿Cómo puede ocurrir la exposición al monóxido de carbono?

- Respirando gas emitido por hornos, cocinas, estufas o generadores mal instalados.
- Respirando aire que contiene gases emitidos por el tubo de escape de automóviles.
- Respirando aire que contiene humo de cigarrillo.



Trabajando en industrias que queman gas y carbón, trabajando en lugares llenos de humo, o trabajando en lugares donde hay niveles altos de gases provenientes del tubo de escape de automóviles.

¿Cómo puede afectar mi salud el monóxido de carbono?

La exposición a niveles altos de monóxido de carbono puede ser fatal. La intoxicación con monóxido de carbono es la causa principal de muertes debidas a envenenamiento en los Estados Unidos.

En personas que inhalan monóxido de carbono se han descrito dolor de cabeza, náusea, vómitos, mareo, visión borrosa, confusión, dolor en el pecho, debilidad, falla cardíaca, dificultad para respirar, convulsiones y coma. Las personas que sufren de enfermedades al corazón o al pulmón son más susceptibles a los efectos del monóxido de carbono.

¿Qué posibilidades hay de que el monóxido de carbono produzca cáncer?

El Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS), la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) y la EPA no han clasificado al monóxido de carbono en cuanto a carcinogenicidad en seres humanos.

¿Cómo puede el monóxido de carbono afectar a los niños?

Respirar niveles altos de monóxido de carbono durante el embarazo puede producir aborto. Respirar niveles más bajos durante el embarazo puede retardar el desarrollo mental de un niño.

En estudios en animales, la exposición al monóxido de carbono durante la preñez afectó el peso de nacimiento, el corazón, el sistema nervioso central y el desarrollo de las crías.

Hay evidencia que indica que los niños que sufren de asma pueden ser más susceptibles a los efectos respiratorios asociados a la exposición al monóxido de carbono.

¿Cómo pueden las familias reducir el riesgo de exposición al monóxido de carbono?

Asegúrese de que los artefactos con gasolina, querosén u otro combustible estén instalados y ventilados adecuadamente.

Asegúrese de que estos artefactos reciben un mantenimiento rutinario adecuado.

Siempre siga las instrucciones del fabricante para instalar y usar estos artefactos.

No use estufas de propano portátiles en espacios cerrados tales como vehículos para acampar o tiendas de campaña.

No deje el motor de su automóvil andando por mucho rato en el garaje.

El monóxido de carbono es un componente del humo de tabaco. Evite fumar en espacios cerrados como por ejemplo en el interior de su casa o en su automóvil para limitar la exposición de los niños y otros miembros de la familia.

Haga instalar detectores de humo y de monóxido de carbono en su casa.

¿Hay algún examen médico que demuestre que he estado expuesto al monóxido de carbono?

Tanto los laboratorios clínicos como hospitales tienen aparatos médicos conocidos como oxímetros para monóxido de carbono que pueden estimar los niveles de esta sustancia en la sangre mediante una prueba sencilla.

¿Qué recomendaciones ha hecho el gobierno federal para proteger la salud pública?

La EPA ha establecido un límite promedio de 10 mg/m³ (9 ppm) de monóxido de carbono en el aire durante un periodo de 8 horas que no debe sobrepasarse más de una vez al año.

La Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) ha establecido un límite legal de 55 mg/m³ (50 ppm) para monóxido de carbono en el aire durante una jornada diaria de 8 horas, 40 horas a la semana.

Referencias

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR). 2009. Reseña Toxicológica del Monóxido de Carbono (versión para comentario público) (en inglés). Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU., Servicio de Salud Pública.