



UNIVERSIDAD INDOAMERICA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

MAESTRÍA EN SEGURIDAD, SALUD E HIGIENE INDUSTRIAL

TEMA:

EFFECTOS DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES SOBRE LA SALUD DE LOS TRABAJADORES DE PRODUCCIÓN Y TENDIDO DE ASFALTO

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de Magister en Seguridad, Salud E Higiene Industrial

Autora

Ing. Pazmiño Troya Linda Fernanda

Tutor

Dr. D Pool Fernández César José

AMBATO– ECUADOR
2025

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA
CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN
ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Linda Fernanda Pazmiño Troya, declaro ser autor del Trabajo Titulación con el nombre “EFECTOS DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES SOBRE LA SALUD DE LOS TRABAJADORES DE PRODUCCIÓN Y TENDIDO DE ASFALTO”, como requisito para optar al grado de Magister en Seguridad, Salud E Higiene Industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Ambato, a los 24 días del mes de enero de 2025, firmo conforme:

Autor: Linda Fernanda Pazmiño Troya

Firma:

Número de Cédula: 1103574669

Dirección: Tungurahua, Amato; Huachi Chico, Barrio Santa Catalina.

Correo Electrónico: lpazmino18@indoamerica.edu.ec

Teléfono: 032585630

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “EFECTOS DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES SOBRE LA SALUD DE LOS TRABAJADORES DE PRODUCCIÓN Y TENDIDO DE ASFALTO” presentado por Linda Fernanda Pazmiño Troya, para optar por el Título Magister en Seguridad, Salud e Higiene Industrial,

CERTIFICO

Que dicho Trabajo de Titulación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Examinador que se designe.

Ambato, 23 de enero de 2025

.....

Dr. César José D Pool Fernández

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Magister En Seguridad, Salud E Higiene Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Ambato, 24 de enero de 2025

.....

Linda Fernanda Pazmiño Troya
1103574669

APROBACIÓN DE REVISORES

El Trabajo Titulación ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: EFECTOS DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES SOBRE LA SALUD DE LOS TRABAJADORES DE PRODUCCIÓN Y TENDIDO DE ASFALTO, previo a la obtención del Título de MAGISTER EN SEGURIDAD, SALUD E HIGIENE INDUSTRIAL, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo Titulación.

Ambato, 24 de enero de 2025

.....

Mgtr. Lorena Elizabeth Cáceres Miranda
PRESIDENTE DE TRIBUNAL

.....

Mgtr. Reinaldo Enrique Comboza Morales
VOCAL DE TRIBUNAL

.....

Mgtr. Cesar José D Pool Fernández
VOCAL DE TRIBUNAL

DEDICATORIA

A mis padres; Milady y Fernando, quienes, a pesar de haber sido un año lleno de retos y pruebas estuvieron a mi lado en los momentos difíciles. Gracias por guiarme en el manejo de dificultades. Mis principios, valores, perseverancia y dedicación, los debo a la enseñanza y ejemplo de ellos.

A mis hermanas; Paola, Verónica y Andrea, por su paciencia, comprensión, esfuerzo, fortaleza y amor incondicional. Con ellas he aprendido que los sueños se cumplen

Y no puedo marcharme sin dejar de dedicar a Michelle, Amelia y Daniela, mis sobrinas. Su llegada me ha brindado el impulso para ser mejor.

Linda Pazmiño

AGRADECIMIENTO

A René y Mesías; mis papitos, si bien ya no están aquí su amor incondicional siempre estará presente, y fue esto lo que me impulsó a perseguir mis metas y afrontar las adversidades sin abandonarlas, siempre con fe y coraje.

Quiero agradecer a mi familia; mis padres, hermanas, sobrinas y dos personas especiales; Daniel mi cuñado, y Eulalia mi tía, los considero dos hermanos más para mí, su apoyo y franqueza durante la realización de mi vida profesional y de este trabajo han sido un puente importante en el mismo.

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi tutor; Dr. César D Pool, por su dedicación y paciencia. Sin sus recomendaciones precisas, no habría podido alcanzar esta tan anhelada etapa. Agradezco su orientación y todos sus consejos.

Además, son numerosos los profesores que han formado parte de mi trayectoria universitaria, y a todos ellos les quiero agradecer por impartirme los conocimientos necesarios que me permiten estar aquí hoy.

Quiero agradecer a Paúl, quien siempre ha sido mi amigo, cómplice y compañero. Gracias por las horas compartidas, tu ayuda en las dudas a lo largo de los trabajos realizados en conjunto y las historias vividas.

Además, extendiendo mi agradecimiento al Ing. José Alvarado, Gerente y Propietario de JEAL, sin su ayuda y apoyo no podría realizar el presente trabajo de investigación.

Finalmente, quiero agradecer a la Universidad Indoamerica que me ha desafiado tanto, pero al mismo tiempo me ha permitido estar aquí presente.

Gracias.

INDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
AUTORIZACIÓN PARA EL REPOSITORIO DIGITAL.....	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	iv
APROBACIÓN TRIBUNAL	v
DEDICATORIA (OPCIONAL)	vi
AGRADECIMIENTO (OPCIONAL)	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xiv
ÍNDICE DE IMÁGENES	xv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvi
RESUMEN EJECUTIVO	xvii
ABSTRACT.....	xviii

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN	1
Problematización:	3
Antecedentes:.....	4
Justificación:	7
Objetivo general:.....	8
Objetivos Específicos:.....	8

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

METODOLOGÍA	9
Área de Estudio:.....	9
Línea de Investigación:.....	9
Aspectos:	9

Objeto de Estudio:	9
Período de Análisis:	9
Enfoque	9
Descripción de la metodología	10
Investigación Bibliográfica	10
Investigación de Campo.....	10
Diseño del trabajo:	11
Procedimiento para obtención y análisis de datos:	14
Métodos.....	15
Instrumentos.....	19
Técnicas y Análisis de Datos	20
Población y muestra:	20
Hipótesis:	21

CAPÍTULO III

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	22
Reseña de la empresa JEAL.....	22
Asfalto.....	22
Los COV	23
Química de los COV del Aglutinante Asfáltico.....	24
Gases liberados por el asfalto.....	24
Los COV presentes en el asfalto	25
Exposición a compuestos orgánicos y volátiles (COV) y riesgos de Salud	26
Medidas de control y prevención	26
Políticas de salud y seguridad laboral	27
Identificación de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)	27
Resultados	28
Análisis e interpretación de resultados.....	30
Evaluación de la exposición de los trabajadores	31
Duración y Frecuencia de la Exposición.....	32
Descripción de los Patrones de Trabajo	33
Frecuencia de la Exposición	33
Resultados de la Evaluación de Exposición.....	33

Evaluación de la salud de los trabajadores.....	35
Análisis de datos.....	38
Corroboración según normalidad de Shapiro-Wilk	50
Elección de la prueba a utilizar:	51
Análisis de los resultados de la prueba t de Student:	52

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55
Interpretación de resultados:	55
Resultados	55
Evaluación de la exposición de los trabajadores.....	57
• Duración y Frecuencia de la Exposición.....	57
• Resultados de la Evaluación de Exposición.....	57
PLANTA DE ASFALTO:	57
• Interpretación de resultados	58
OBRA – COLOCACIÓN DE ASFALTO	59
• Interpretación de Resultados	60
Límites de exposición profesional	61
• Análisis comparativo de la evaluación de exposición.....	62
Evaluación de la salud de los trabajadores.....	63
Interpretación de Resultados (Pearson).....	68
Análisis de datos de Encuesta	71
Correlación de Pearson	74
Matriz de correlación de Pearson.....	74
Análisis de correlaciones.....	75
Resultado y Conclusión entre las pruebas (Pearson, Mann-Whitney, t Student).....	76
Discusión de Resultados	78
Verificación de la hipótesis:	82
Componente Ambiental:	84

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	86
--	-----------

Conclusiones	86
Recomendaciones.....	88
BIBLIOGRAFÍA.....	90
ANEXOS	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características de instrumentos y Equipos de Medición	11
Tabla 2. Operacionalización de Variables Independientes en la Producción y Tendido de Asfalto.....	12
Tabla 3. Operacionalización de Variables Dependientes en la Producción y Tendido de Asfalto.....	13
Tabla 4. Planificación de la Observación.....	16
Tabla 5. Exposición diaria de los trabajadores.....	21
Tabla 6. Apreciación de Parámetros medidos en el laboratorio.....	28
Tabla 7. Resultados de Parámetros medidos en el laboratorio de la Planta de Asfalto....	29
Tabla 8. Resultados de Parámetros medidos en Obra – Colocación de asfalto.....	29
Tabla 9. Media y desviación estándar (Planta de Asfalto).....	34
Tabla 10. Media y desviación estándar (Obra – Colocación de Asfalto).....	34
Tabla 11. Puesto de trabajo	38
Tabla 12. Tiempo de trabajo	39
Tabla 13: Síntomas de salud	40
Tabla 14: Diagnóstico médico	41
Tabla 15: Equipo de protección.....	42
Tabla 16: Información sobre medidas de control y prevención de riesgos.....	43
Tabla 17: Implementación de medidas	44
Tabla 18: Conocimiento de los efectos de los COV	45
Tabla 19: Control ambiental	46
Tabla 20: Medidas adecuadas	47
Tabla 21: Consumo de cigarrillos.....	48
Tabla 22: Resultados de exámenes clínicos con Shapiro-Wilk	50
Tabla 23: Resultados de exámenes clínicos con prueba de Mann-Whitney U y prueba T de Student	52
Tabla 24: Media y desviación estándar (Planta de Asfalto).....	57
Tabla 25: Media y desviación estándar (Obra – Colocación de Asfalto)	59
Tabla 26: Valores Límite Ambientales.....	62
Tabla 27: Registros Médicos de Abril y Mayo	64
Tabla 28: Promedios y Desviación Estándar de los parámetros de Salud	68
Tabla 29: Puesto de trabajo.....	71

Tabla 30 Matriz de Correlación de Pearson	74
Tabla 31 Matriz de Correlación de Pearson y sus p-valores	75

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Puesto de trabajo.....	38
Gráfico 2 Tiempo de trabajo	39
Gráfico 3 Síntomas de salud.....	41
Gráfico 4 Diagnóstico médico	42
Gráfico 5 Equipo de protección	43
Gráfico 6 Información sobre medidas de control y prevención de riesgos.....	44
Gráfico 7 Implementación de medidas.....	45
Gráfico 8 Conocimientos de los efectos de los COV.....	46
Gráfico 9 Control ambiental.....	47
Gráfico 10 Medidas adecuadas	48
Gráfico 11 Consumo de cigarrillos	49
Gráfico 12 Media y desviación estándar (Planta de asfalto).....	58
Gráfico 13 Media y desviación estándar (Obra – colocación de asfalto).....	60
Gráfico 14 Variación de los parámetros de salud	69
Gráfico 16 Evaluación de trabajadores	72

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Colocación de asfalto en obra	32
Imagen 2: Producción de asfalto en planta	32

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Anexo fotográfico	95
Anexo 2: Monitoreo de Gases en la Planta de Asfalto – Abril/2024.....	97
Anexo 3: Monitoreo de Gases, tendido de asfalto en obra– Abril/2024	106
Anexo 4: Monitoreo de Gases en la Planta de Asfalto – Mayo/2024.....	112
Anexo 5: Monitoreo de Gases, tendido de asfalto en obra– Mayo/2024.....	121
Anexo 6: DISEÑO DE ENCUESTA.....	127
Anexo 7: Datos recopilados en las encuestas	129

UNIVERSIDAD A INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
MAESTRÍA EN SEGURIDAD, SALUD E HIGIENE INDUSTRIAL

**TEMA: EFECTOS DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES SOBRE
LA SALUD DE LOS TRABAJADORES DE PRODUCCIÓN Y TENDIDO
DE ASFALTO**

AUTOR(A): Ing. Linda Fernanda Pazmiño Troya

TUTOR (A): Dr. D Pool Fernández César José

RESUMEN EJECUTIVO

El objetivo del presente trabajo es examinar los efectos de los Compuestos Orgánicos Volátiles en la salud de los trabajadores de la producción y tendido de asfalto, actividades realizadas por la empresa JEAL. Desde el inicio de la producción de asfalto los COV se liberan en forma de gas, estos aerosoles dañinos pueden desencadenar problemas respiratorios, irritaciones oculares y cutáneas, además daño al sistema nervioso; dependiendo de si su concentración es excedente a la permitida, también influye el tiempo acaecido de exposición y los factores inherentemente relacionados con las condiciones individuales de los trabajadores que incluyen hábitos y situaciones de salud. El propósito del estudio es investigar los efectos de los COV sobre la salud de los trabajadores de producción y tendido de asfalto de la empresa JEAL. Las metodologías empleadas y a efectos utilizadas en la revisión de estudios similares incluyen — recopilación bibliográfica, encuestas, toma de muestras de calidad de aire durante el día de producción para el enfoque de la cantidad de COV emitidos al ambiente, y evaluación médica de empleados — los resultados obtenidos relevan las evaluaciones de la correlación entre la exposición y los problemas de salud de los trabajadores. Los resultados de las encuestas a los empleados de JEAL demuestran que los trabajadores de la planta son más propensos a los problemas de salud en comparación con los que trabajan en la colocación y tendido del asfalto. Los exámenes médicos dan un monitoreo regular y la reducción de los niveles de colesterol y posibles infecciones de vías y sistema urinario, especialmente los que están mayormente expuestos durante la producción y tendido de asfalto. Se confirma la hipótesis alternativa; las altas concentraciones de COV tienen efectos adversos significativos en la salud de los trabajadores del proceso de elaboración de asfalto. A través del presente estudio podemos saber que las medidas empleadas han mejorado la percepción de salud entre los trabajadores.

DESCRIPTORES: Asfalto, COV, Enfermedades Profesionales, Riesgos, Calidad del aire.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

FACULTY OF ENGINEERING

**MASTER'S DEGREE IN SECURITY, HEALTH AND INDUSTRIAL
HYGIENE**

AUTHOR: PAZMIÑO TROYA LINDA FERNANDA

TUTOR: ESP. D POOL FERNANDEZ CESAR JOSE

ABSTRACT

Effects of Volatile Organic Compounds on the Health of Asphalt Production and Paving Workers

The objective of this study is to examine the effects of Volatile Organic Compounds (VOCs) on the health of workers involved in asphalt production and paving, activities carried out by the company JEAL. From the beginning of asphalt production, VOCs are released as gases. These harmful aerosols can cause respiratory issues, eye and skin irritation, and nervous system damage. The seriousness of these effects depends on whether the concentration of VOCs exceeds permissible limits, exposure duration, and individual factors such as workers' habits and health conditions. The purpose of the study is to investigate the health effects of VOC exposure on JEAL's asphalt production and paving workers. Methodologies applied include a review of similar studies, bibliographic compilation, surveys, air quality sampling during production to determine VOC emissions, and medical evaluations of employees. The results highlight the correlation between VOC exposure and health problems among workers. Surveys ran within JEAL employees reveal that plant workers are more prone to health issues compared to those working on asphalt paving. Medical evaluations show a need for regular monitoring and suggest measures to reduce cholesterol levels and potential infections in the respiratory and urinary systems, particularly for those with higher exposure during production and paving activities. The study proves the alternative hypothesis that high concentrations of VOCs have significant adverse effects on the health of workers in asphalt production. Furthermore, it shows that the measures implemented have improved workers' health perceptions.

KEYWORDS:

Asphalt, VOCs, Occupational Diseases, Risks, Air Quality



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Los Efectos de Compuestos Orgánicos Volátiles Sobre la Salud de Los Trabajadores de Producción y Tendido de Asfalto analizados en la Planta de Asfalto JEAL son emitidos como gases, la información sobre los mismos dentro del sector de la construcción vial es escasa, resaltando la importancia del presente estudio.

De acuerdo con (David & Niculescu, 2021) Los compuestos orgánicos volátiles (COV) son sustancias químicas orgánicas que se liberan en forma de gases a partir de diferentes líquidos o sólidos. La salud y los efectos de estos compuestos dependen de las concentraciones de COV y del tiempo de exposición. Se pueden encontrar en una amplia variedad de productos domésticos, industriales y comerciales, y su acumulación en el aire y el agua es motivo de preocupación. Algunos COV, como el tricloroetileno y el cloruro de vinilo, son altamente peligrosos y carcinogénicos.

La exposición a los COV puede tener efectos sobre la salud de los trabajadores de producción y tendido de asfalto. Los compuestos orgánicos volátiles (COV) son sustancias que se evaporan fácilmente a temperatura ambiente normal y se encuentran comúnmente en artículos como pinturas, adhesivos, solventes y combustibles. La inhalación de estas sustancias puede tener efectos negativos para la salud.

Las características físicas y químicas de los compuestos orgánicos volátiles (COV), así como la duración de su permanencia en la atmósfera (que va desde unos minutos hasta varios meses), suelen dar lugar a peligros para el medio ambiente y las personas (Mohd Hanif et al., 2021). La evaluación del impacto ambiental de la construcción de pavimentos asfálticos es motivo de creciente preocupación a nivel internacional. Dado que esta actividad suele llevarse a cabo en condiciones térmicas, existe la posibilidad de que la generación de compuestos orgánicos volátiles (COV) se incremente, lo cual se ha identificado como una fuente significativa de contaminación del aire en los últimos años (Chen et al., 2022). Los COV son mezclas complejas de compuestos orgánicos con niveles bajos de

concentración, pero con una actividad muy fuerte que representa un gran peligro. Específicamente, se sabe que los COV son responsables de la formación de Material Particulado (PM) 2,5 y contribuyen a la toxicidad del ozono en la contaminación del aire, lo que afecta negativamente tanto la salud humana como la seguridad del medio ambiente (Li et al., 2021).

Durante el mezclado, transporte y pavimentación de la mezcla asfáltica, esta debe estar en condiciones de alta temperatura para reducir la viscosidad y aumentar sus propiedades de construcción (generalmente por encima de 140 °C), lo que resulta en la Emisión desorganizada de COV (M. Wang et al., 2021a). El proceso de producción de COV del asfalto se muestra a continuación: la estabilidad térmica y la cohesión del asfalto disminuyen drásticamente a alta temperatura, seguido de la producción de una gran cantidad de COV (p. ej., alcanos, aromáticos y compuestos heterocíclicos). A medida que aumenta la temperatura, el movimiento browniano molecular se intensifica y la energía cinética molecular aumenta (M. Wang et al., 2021b).

Más de 2,5 millones de millas de carreteras en los Estados Unidos son responsables de la emisión de compuestos orgánicos volátiles (COV) durante su ciclo de vida, que incluye la producción, el transporte, la construcción y el mantenimiento del asfalto. La mezcla asfáltica en caliente (HMA), compuesta principalmente por un 95% de piedra, arena o grava unidas con cemento asfáltico, es el tipo de asfalto más utilizado para la construcción de carreteras (Cui et al., 2020). Los compuestos orgánicos volátiles (COV) pueden tener efectos adversos en la calidad del aire y en la salud humana al contribuir a la formación de smog y causar problemas respiratorios y cardiovasculares. El aumento de la concentración de ozono también puede perjudicar la salud al irritar los pulmones y empeorar los síntomas del asma y otras enfermedades respiratorias. Es crucial tomar medidas para reducir las emisiones de COV provenientes del asfalto y así mejorar la calidad del aire y proteger la salud humana. En entornos urbanos, la contribución de los COV del asfalto a las emisiones anuales estimadas de precursores de SOA es mayor que la de las emisiones de los vehículos de motor. El SOA puede causar neblina y presentar riesgos para el sistema respiratorio y los pulmones humanos (Cao et al.,

2023). La llanura norte de China experimentó un aumento significativo en la concentración de ozono de 2012 a 2017, que oscila entre 2,2 y 36,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, debido principalmente a las emisiones de COV. Este aumento en los niveles de ozono tiene el potencial de obstaculizar la fotosíntesis, impactar el crecimiento de los cultivos y representar una amenaza para la salud humana (Zhang et al., 2023).

De acuerdo con Cui Peng, (2020); para controlar las emisiones de COV derivadas de las actividades humanas, los países de todo el mundo han creado agencias reguladoras encargadas de diseñar métodos de prueba para las emisiones de COV, incluyendo la fijación de límites de emisión, el desarrollo de nuevas tecnologías y medidas de supervisión y control. En los Estados Unidos, la Agencia de Protección Ambiental (EPA) se encarga de regular las emisiones de COV tanto en interiores como en exteriores, mientras que cada estado establece sus propias regulaciones, límites y seguimiento de las fuentes de emisiones de COV. En China, el Ministerio de Protección Ambiental ha establecido varias normas, como normas integradas de emisión de contaminantes del aire, normas de emisión de contaminantes para las industrias de álcali cáustico y cloruro de polivinilo (MEEC, 2016). En Europa, la Directiva sobre emisiones de disolventes COV es el principal instrumento político para reducir las emisiones de COV (Cui et al., 2020). Cabe recalcar, que, si bien se conoce que los COV generan un problema para la salud, en Ecuador no se han creado aún medidas para minimizar su emisión.

Tomando en consideración las investigaciones y estudios realizados sobre los efectos de los COV en el ambiente y la salud humana, el presente estudio es de gran importancia pues contribuye y se asocia con la realidad actual y local, pudiendo ser un punto de partida para minimizar los riesgos a los que se encuentran expuestos los trabajadores que manipulan de manera directa los componentes y la generación de asfalto.

Problematización:

La exposición a COV puede tener impactos negativos en la salud de los trabajadores que se dedican a la producción y colocación de asfalto. Estos compuestos pueden convertirse fácilmente en gases o vapores, y su toxicidad y efectos pueden variar

según el tipo de compuesto y la duración de la exposición. Algunos COV, como el benceno, son conocidos por ser cancerígenos para los seres humanos, y otros, como el formaldehído y el percloroetileno, también pueden tener efectos perjudiciales. La exposición prolongada a los COVs puede causar daños en el hígado, los riñones y el sistema nervioso central, mientras que la exposición a corto plazo puede resultar en irritación en los ojos y las vías respiratorias, dolor de cabeza, mareos y fatiga, entre otros síntomas.

Los COV están presentes en la producción y colocación de asfalto, la empresa JEAL se dedica a estas actividades, por lo que la exposición a largo plazo de los trabajadores a estas sustancias puede desencadenar en afecciones permanentes en su salud.

La extensión y la naturaleza del efecto sobre la salud dependen de muchos factores, incluyendo el nivel de exposición y la duración del tiempo de exposición. Por lo tanto, es crucial que se tomen medidas preventivas para proteger la salud de los trabajadores de producción y tendido de asfalto.

Antecedentes:

Un desafiante estudio realizado a lo largo del río Yangtze (China), donde se investigaron las composiciones, fuentes y riesgos para la salud de los COV ambientales en un parque industrial petroquímico, ha identificado los COV de las instalaciones petroquímicas/industriales como el principal factor de riesgo para la salud humana. Por ejemplo, el riesgo no cancerígeno (expresado como índice de peligro, HI) de los COV ambientales en el área industrial (HI: 1,06) fue mayor que en el área urbana (HI: 1,06) (Zheng et al., 2020). Un estudio realizado por Shuai et al. (2018) revelaron que los riesgos para la salud (prevalencia de enfermedades respiratorias, anafilácticas y cardiovasculares) asociados con especies de COV (como el tolueno y el cloroformo) en áreas industriales eran mayores en comparación con las áreas de control. Un estudio epidemiológico también sugirió que las personas que vivían cerca de industrias petroquímicas (en un radio de 5 km) tenían un mayor riesgo de sufrir síntomas respiratorios en comparación con el grupo de referencia (Zheng et al., 2020).

Se realizó una comparación de la evaluación de emisiones de COV entre el campo de construcción real y la simulación de laboratorio, con el objetivo de verificar su brecha de investigación en condiciones aplicadas similares. Los resultados indicaron que las variedades de sustancias y el contenido de COV del asfalto dependían considerablemente de la temperatura de calentamiento. Tanto el oxígeno como la termalidad desencadenarán la creciente generación de derivados de hidrocarburos (HYD) en los COV del asfalto. Para el sitio de construcción, los escenarios investigados se comportaron con gran diferencia debido a la complejidad de los factores in situ; sin embargo, aproximadamente el 74% de los hidrocarburos alifáticos (ALH) probados en laboratorio estaban equipados con los componentes principales detectados en el sitio de construcción. Por lo tanto, la simulación experimental en laboratorio podría obtener un efecto viable al señalar la cantidad y las composiciones prácticas de COV liberadas en las obras de construcción (Li et al., 2021).

Los principales materiales utilizados en la construcción de carreteras son el asfalto y la mezcla asfáltica, que a altas temperaturas liberan grandes cantidades de humos altamente peligrosos. Debido a su potencial genotoxicidad, carcinogenicidad y teratogenicidad, los vapores de asfalto no sólo representan una amenaza para la salud humana y animal, sino que también causan una grave degradación ambiental. Para proporcionar control de la contaminación para la producción de pavimentos asfálticos y soporte técnico para la construcción de transporte amigable con el medio ambiente, el estudio existente considera principalmente los peligros de los vapores de asfalto, el análisis de composición, la supresión de humos y la purificación posterior (M. Wang et al., 2021b).

La preocupación por las exposiciones ocupacionales y los impactos ambientales se ha incrementado debido a la pavimentación de carreteras de asfalto y las complejas emisiones atmosféricas que genera. Aunque se han realizado varios estudios que describen las emisiones de humos bituminosos o hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en lugares de trabajo específicos, no se ha realizado un estudio exhaustivo que caracterice las emisiones de pavimentación de carreteras ni que

identifique los principales determinantes de la exposición (Germin-Aizac et al., 2023).

Los pavimentos asfálticos se utilizan cada vez más en la ingeniería vial; sin embargo, la liberación de compuestos orgánicos volátiles (COV) del asfalto puede dañar el medio ambiente y a los seres humanos. En este estudio, se agregan diferentes tipos de modificadores al asfalto virgen 70# para preparar asfalto modificado amigable con el medio ambiente, y se analiza su rendimiento. A continuación, se estudiaron las curvas de emisión de COVs del asfalto modificado a diferentes temperaturas, y finalmente se probaron las propiedades físicas básicas del asfalto modificado respetuoso con el medio ambiente. Los resultados de las pruebas mostraron que la combinación óptima de modificadores fue 5% de carbón activado y 3% de surfactante (Chen et al., 2022).

Con estos antecedentes, el objetivo del presente estudio es abordar la investigación académica sobre la supresión y minimización de humos asfálticos. Actualmente, existen importantes deficiencias en la investigación, que incluyen: 1) una débil detección instantánea in situ de los humos asfálticos, 2) una falta de estudios sobre la difusión de los humos asfálticos, 3) una comprensión teórica limitada sobre la producción y composición de los humos asfálticos, y 4) la falta de un mecanismo de trabajo y dirección efectiva de los supresores de humos.

La exposición a compuestos orgánicos volátiles puede tener varios efectos sobre la salud de los trabajadores de producción y tendido de asfalto. Algunos de estos efectos pueden incluir: a) Irritación de las vías respiratorias: La inhalación de COV puede causar irritación en las vías respiratorias, lo que puede manifestarse como tos, dificultad para respirar y dolor de garganta. b) Problemas en el sistema nervioso: Algunos COV pueden afectar el sistema nervioso central y causar síntomas como mareos, dolores de cabeza, confusión y pérdida de coordinación. c) Efectos en la piel y los ojos: La exposición a COV también puede causar irritación en la piel y los ojos, lo que puede manifestarse como enrojecimiento, picazón y quemaduras. d) Efectos en el sistema cardiovascular: Algunos estudios sugieren que la exposición a COV puede estar asociada con un mayor riesgo de enfermedades cardiovasculares, como hipertensión y enfermedad coronaria.

En resumen, los efectos de la exposición a COV pueden variar dependiendo de factores como la concentración de los compuestos, la duración de la exposición y la sensibilidad individual, es decir efectos negativos sobre la salud de los trabajadores de producción y tendido de asfalto, por lo que es importante realizar el estudio que nos ayude a identificarlos.

Justificación:

Los COV presentes en el asfalto pueden tener efectos adversos en la salud, como problemas respiratorios, irritación de los ojos y la piel, y posibles daños en el sistema nervioso. Es crucial comprender los posibles riesgos para la salud de los trabajadores y tomar medidas preventivas para evitar daños. Por lo tanto, este proyecto busca investigar los efectos específicos de la exposición a COV en los trabajadores de la empresa JEAL. La **importancia** del presente estudio radica en que debemos tener presente que los COV son liberados durante el proceso de producción y tendido de asfalto, lo que puede resultar en altos niveles de exposición para los trabajadores, estos compuestos pueden tener efectos adversos en la salud, por lo tanto; es fundamental comprender los niveles de exposición y los posibles riesgos para la salud de los trabajadores. El estudio de los COV también puede contribuir a la protección del medio ambiente, los COV liberados al aire durante el proceso de producción y tendido de asfalto pueden contribuir a la formación de smog y la contaminación del aire, al comprender y controlar mejor las emisiones de COV, es posible reducir el impacto ambiental de la empresa y contribuir a la sostenibilidad. La **factibilidad** del estudio de los compuestos orgánicos volátiles (COV) en la empresa JEAL es alta; en primer lugar, es importante destacar que los COV son liberados durante el proceso de producción y tendido de asfalto, lo que implica que existe una fuente de emisión clara y específica dentro de la empresa. Esto facilita la recolección de muestras y la medición de los niveles de COV en el ambiente laboral. En resumen, un estudio de los COV en la empresa JEAL tiene un **impacto** significativo en la salud de los trabajadores, el cumplimiento normativo, la eficiencia y la sostenibilidad, y la imagen corporativa, es una forma efectiva de manejar los riesgos asociados con los COV y promover prácticas responsables en el sector asfaltador. Los **beneficiarios** de la investigación son principalmente los

trabajadores de la empresa. La investigación de los COV permitirá evaluar los niveles de exposición de los trabajadores a estos compuestos y tomar medidas para proteger su salud y bienestar, además; se beneficia la comunidad local: Al reducir las emisiones de COV, la investigación beneficiará a la comunidad local al mejorar la calidad del aire y reducir los impactos negativos en la salud y el medio ambiente. Con el cumplimiento normativo; la empresa JEAL se beneficiará al cumplir con las regulaciones ambientales y laborales relacionadas con los COV, evitando posibles sanciones y mejorando su producción con responsabilidad ambiental y laboral.

Objetivo general:

- Determinar los efectos de los Compuestos Orgánicos Volátiles sobre la salud de los trabajadores de producción y tendido de asfalto de la empresa JEAL.

Objetivos Específicos:

- Identificar los compuestos orgánicos volátiles presentes en el ambiente laboral de la empresa JEAL durante las actividades de producción y tendido de asfalto, y los niveles de exposición a estos compuestos de los trabajadores.
- Asociar los posibles efectos negativos de la exposición a compuestos orgánicos volátiles en la salud de los trabajadores, incluyendo problemas respiratorios y dermatológicos que se han presentado en los últimos tres años.
- Evidenciar que la exposición de los trabajadores de JEAL a compuestos orgánicos volátiles son regularmente más altas en el proceso de elaboración de asfalto y tienen efectos adversos en la salud de los mismos.

CAPÍTULO II METODOLOGÍA

Área de Estudio:

Salud Ocupacional

Línea de Investigación:

Toxicología Ocupacional

Aspectos:

Variable Independiente: El tiempo de exposición del trabajador a los COV

Variable Dependiente: La cantidad de afecciones a la salud del trabajador

Variable Interviniente: Contaminación ambiental

Objeto de Estudio:

Análisis de los efectos que causan los COV sobre la salud de los trabajadores que laboran en la producción y tendido de asfalto de la empresa JEAL.

Período de Análisis:

Del 11 de diciembre de 2023 al 24 de mayo de 2024.

Enfoque

Para el tema EFECTOS DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES SOBRE LA SALUD DE LOS TRABAJADORES DE PRODUCCIÓN Y TENDIDO DE ASFALTO DE LA EMPRESA JEAL, se plantea el uso del enfoque mixto (*cuantitativo/cualitativo*) por las ventajas de aplicación de ambos métodos siendo complementarios entre sí.

El enfoque mixto dentro de esta investigación combina métodos cuantitativos y cualitativos para aprovechar las fortalezas de ambos, por su profundidad y amplitud, esto permite obtener una comprensión más completa del fenómeno y relación entre los COV y los trabajadores; al combinar datos numéricos con información detallada y contextual. Además, es un enfoque que brinda flexibilidad, se puede adaptar el enfoque según las necesidades del estudio proporcionando una variedad de datos que pueden enriquecer el análisis y las conclusiones.

Descripción de la metodología

Se partirá con el enfoque cualitativo así:

Investigación Bibliográfica

Se trata de una revisión exhaustiva de la literatura científica y técnica disponible sobre los efectos de la exposición a compuestos orgánicos volátiles en la salud de los trabajadores de manera específica los que se encuentran expuestos durante la producción y tendido de asfalto. Esto permite obtener información previa y establecer una base sólida para la investigación.

Para hacer una contribución al desarrollo de la base de conocimientos, se debe investigar y evaluar el conocimiento existente, también los esfuerzos para identificar lagunas en el conocimiento sobre puntos particulares de los efectos que tienen los COV sobre los trabajadores. Este proceso implica revisar la literatura existente, los estudios previos del tema en el que se centra y reforzar los hallazgos y conclusiones. A través de este proceso se puede comprenderse cuáles son las áreas donde existe un fuerte conocimiento y las áreas en las que hay lagunas o falta de información.

Investigación de Campo

La investigación de campo se aplica para la recolección de los datos directamente de la Planta de Asfaltos y de los proyectos de tendido de Asfalto de la Empresa JEAL; donde, ocurre la emanación de los COV al ambiente y se encuentra la exposición directa de los trabajadores.

Para esta investigación se emplea diversas técnicas y herramientas para recolectar datos directamente de la producción y tendido de asfalto de la empresa JEAL, entre ellas tenemos:

Observación: Es importante mantener la observación y atención constante en el comportamiento de los trabajadores cuando están expuestos a los COV, en esta fase el autor del estudio observa sin intervenir.

Entrevistas: Permiten obtener información detallada y profunda directamente de los trabajadores que producen y tienen asfalto de la empresa JEAL.

Encuestas y cuestionarios: estas herramientas son empleadas para recolectar datos de todos los trabajadores de manera sistemática. Son administrados en persona.

Notas de campo: durante o después de la observación para documentar detalles importantes y reflexiones sobre el tema, se mantiene registros escritos por parte del investigador.

Fotografía: captura visual de elementos y acciones importantes durante el proceso de producción y colocación de asfalto de la empresa JEAL.

Toma de muestras del Laboratorio: se trabaja con el Laboratorio calificado Cifuentes&Camacho, quien se encarga de la toma de datos (emisión de gases) directo en campo, durante la producción y colocación de asfalto de la empresa JEAL. Esto se realiza con el uso de equipo especializado y calibrado para el fin de este estudio (descripción en tabla 1). Es importante mencionar que los datos no son controlados; es decir, pueden variar de acuerdo al entorno y las características propios de la producción y tendido de asfalto mas no por manipulación dentro del laboratorio.

Tabla 1: Características de instrumentos y Equipos de Medición

EQUIPO E INSTRUMENTOS	PARÁMETRO MEDIDO	RANGO
ANALIZADOR DE GASES Monitor Ambiental	Monóxido de Carbono (CO)	0 – 1000 ppm
	Dióxido de Carbono	0 – 20000 ppm
	Partículas PM10 – PM 2.5	0.1 – 10 mm
	Compuestos Orgánicos Volátiles	0.0 – 2000 ppm
	Temperatura (T °C)	0 – 60 °C
	Humedad Relativa (%)	5 %
CAPTADORES DIFUSIVOS	Dióxido de azufre (SO ₂)	0 – 400 µg/m ³
	Óxidos de nitrógeno (NO ₂)	0 – 400 µg/m ³
	Ozono (O ₃)	0 – 400 µg/m ³

Elaborado por: Pazmiño, Linda (2024)

Diseño del trabajo:

Se trata de un estudio correlacional, que tiene poco control sobre el entorno de investigación, es decir no se puede experimentar, controlar y/o manipular los resultados, en su lugar se observar la correlación de la influencia entre los COV y los trabajadores.

Para el presente Trabajo de Investigación; se llevará a cabo un estudio exhaustivo que incluirá la evaluación de los niveles de exposición a los COV en el lugar de trabajo y el seguimiento de la salud de los trabajadores que producen asfalto. En las *tablas 2 y 3* se describe la operacionalización de variables independientes y dependientes respectivamente, esto nos permite la conceptualización de abstractos a términos concretos, observables, medibles, o sea, dimensiones e indicadores. Este proceso implica la definición concreta y específica de las variables para ser medidas y analizadas.

Tabla 2. Operacionalización de Variables Independientes en la Producción y Tendido de Asfalto

Conceptualización	Dimensiones	Indicador	Ítem Básico	Técnicas e Instrumentos
La producción de asfalto es el proceso mediante el cual JEAL transforma el petróleo crudo en un material viscoso y negro utilizado principalmente en la construcción de carreteras.	Planificación semanal de ventas de asfalto	Cantidad de encendido registrados de la Planta Asfaltadora	¿Cuántas veces se ha encendido la planta en la semana para producir asfalto?	Cómputo de registros de encendido de Planta para producción de asfalto planificado semanalmente
	Falta de planificación entre departamentos para la compra de materiales	Detención de la producción de asfalto por falta de materiales	¿Qué cantidad de asfalto planificado no se ha producido en la semana?	Análisis de registro de producción planificado vs cantidad producida en la semana
	Control de calidad por parte del laboratorio para la producción de asfalto	Recursos del laboratorio empleados para constatar la calidad del asfalto	¿La fórmula del laboratorio para producción de asfalto permite mejorar la calidad del mismo?	Análisis de mejora a la producción de asfalto gracias al manejo de la fórmula del laboratorio

Conceptualización	Dimensiones	Indicador	Ítem Básico	Técnicas e Instrumentos
El tendido de asfalto es el proceso de aplicar y compactar una mezcla asfáltica sobre una superficie para crear una capa uniforme y duradera.	Planificación semanal de tendido de asfalto por obra	Cantidad de obras que se encuentra realizando JEAL	¿Cuántas obras mantiene la empresa JEAL para el tendido de asfalto?	Cálculo de registros de tendido de asfalto planificado semanalmente por obra
	Falta de planificación del departamento técnico para colocación de asfalto en obra	Paros en la línea de colocación de asfalto en obra por grupo asfaltador	¿Cuál es la afectación para la obra si no se coloca el asfalto planificado en la semana?	Análisis de la cantidad de asfalto colocado vs cantidad planificada semanalmente para la obra
	Control de calidad y porosidad del asfalto tendido en la obra	Recursos del laboratorio empleados para constatar la calidad del asfalto tendido	¿El asfalto tendido en la obra pasa las pruebas y aprobación de fiscalización en obra?	Cálculo de porcentaje de satisfacción del tendido de asfalto por parte de entidad contratante/fiscalizador de obra

Elaborado por: Pazmiño, Linda (2024)

Tabla 3. Operacionalización de Variables Dependientes en la Producción y Tendido de Asfalto

Conceptualización	Dimensiones	Indicador	Ítem Básico	Técnicas e Instrumentos
La producción de asfalto es el proceso mediante el cual JEAL transforma el petróleo crudo en un material viscoso y negro utilizado principalmente en la construcción de carreteras.	Personal expuesto a COV durante la producción de asfalto	Cantidad de elementos presentes en los COV	¿Existe una afectación para los trabajadores por exposición a COV?	Análisis anual de salud de los trabajadores, en su entrada a la empresa vs. presente
	Falta de uso de Equipo de Protección Personal (EPP) adecuado durante la producción de asfalto	Cantidad de casos de alergia y sintomatología de los trabajadores	¿Qué cantidad de alergias o sintomatología se han presentado por exposición a COV?	Análisis de sintomatología de los trabajadores de producción de asfalto

Conceptualización	Dimensiones	Indicador	Ítem Básico	Técnicas e Instrumentos
	Control de la exposición de los trabajadores durante la colocación y tendido de asfalto	Tiempo necesario de exposición del trabajador para tender el Asfalto y pausas pasivas	¿Qué tiempo el trabajador emplea en pausas pasivas durante el tendido de asfalto?	Análisis del tiempo invertido por parte de la empresa JEAL para que el trabajador pueda tener descansos (pausas pasivas) durante el tendido de asfalto
El tendido de asfalto es el proceso de aplicar y compactar una mezcla asfáltica sobre una superficie para crear una capa uniforme y duradera.	Personal expuesto a COV durante el tendido de asfalto	Cantidad de elementos presentes en los COV	¿Existe una afectación para los trabajadores de tendido de asfalto por exposición a COV?	Análisis anual de salud de los trabajadores, en su entrada a la empresa vs. presente
	Falta de uso de Equipo de Protección Personal (EPP) adecuado durante la colocación y tendido de asfalto	Cantidad de casos de alergia y sintomatología de los trabajadores (grupo asfaltador)	¿Qué cantidad de alergias o sintomatología se han presentado por exposición a COV?	Análisis de sintomatología de los trabajadores de tendido de asfalto
	Control de la exposición de los trabajadores durante la colocación y tendido de asfalto	Tiempo necesario de exposición del trabajador para tender el Asfalto y pausas pasivas	¿Qué tiempo el trabajador emplea en pausas pasivas durante el tendido de asfalto?	Análisis del tiempo invertido por parte de la empresa JEAL para que el trabajador pueda tener descansos (pausas pasivas) durante el tendido de asfalto

Elaborado por: Pazmiño, Linda (2024)

Procedimiento para obtención y análisis de datos:

Se lleva a cabo un exhaustivo análisis y descripción de los fundamentos teóricos y prácticos, en línea con el objetivo planteado. Se utilizan fuentes primarias, como libros, artículos y demás instrumentos que tratan temas de los COV, abarcando un período de los últimos 5 años. Estos recursos contienen teoría directamente relacionada con el campo de estudio del Proyecto de Investigación. A partir de este

análisis, se genera una síntesis informativa que destaca los textos más relevantes para el tema en cuestión.

La adquisición de datos implica emplear una variedad de métodos y herramientas. Por un lado, están las técnicas de recolección, que abarcan desde la observación hasta la encuesta, el análisis documental y más. Por otro lado, los instrumentos son los dispositivos y materiales concretos utilizados para capturar y almacenar información, como cuestionarios, guías de entrevista, grabadoras y otros. Juntos, estos elementos constituyen el conjunto de recursos que permiten recopilar datos de manera efectiva y precisa.

Métodos

Los métodos de investigación se los utilizará como diferentes modelos de procedimientos para el presente Proyecto de Investigación, y se ha seleccionado de acuerdo a la influencia de los COV sobre la salud de los trabajadores que se está estudiando, así como también los objetivos y/o de las tareas del proyecto. Los métodos buscan:

- Recopilar y analizar datos de investigación.
- Dar eficacia a la tarea de investigación.
- Asegurar la validez del estudio, ahorrar tiempo y esfuerzo.
- Proporcionar mayores garantías de alcanzar certeza.

Para sustentar la **Investigación Bibliográfica**:

- Método Teórico

Dentro de la aplicación del Método Teórico se incluye el *Método Histórico Lógico*, que consiste en la recopilación de estudios anteriores al proyecto de Investigación que aporten datos significativos para la evaluación y valoración del mismo, estos pueden ser artículos científicos, revistas, libros y otros que proporcionen información concisa en relación a los efectos que provocan los COV sobre los trabajadores que se encuentran mayormente expuestos.

Por otro lado, también se considera el *Método Hipotético Deductivo*, básicamente porque parte del problema y la recolección de datos para comprobar o refutar la hipótesis planteada, resultando una investigación comprobable.

- Método Empírico

Si bien mantiene relación con los métodos teóricos, este método se basa en la recopilación de experiencias experimentadas, replicadas y documentadas, en este caso de la Exposición de los COV.

La **Investigación de campo** por otra parte estará sustentada a través de los siguientes métodos:

- Observación:

Para el análisis de campo se observará directamente la relación que tiene el trabajador de la planta y tendido de asfalto con los COV, difícilmente visibles en el ambiente, pero posibles de ser percibidos debido al olor que emana.

Para la observación se empleará los siguientes pasos:

Seleccionar la unidad de observación: En este caso se opta por observar el grupo de personas (trabajadores de planta y obra), y su comportamiento específico en el momento de producir y tender el asfalto.

Planificar la observación: La observación es sistemática y planificada como se resume en la Tabla 4. En este paso se determina observar en cada sitio donde operan los trabajadores de producción y tendido de asfalto, se planifica el tiempo de observación y el detalle específico de lo que se observa.

Tabla 4. Planificación de la Observación

Lugar	Abril – Mayo/2024	Tiempo de observación	Detalle de la que se pretende observar en el trabajador
Planta de Asfalto	Lunes	1H00	Cambios de humor, tos, agotamiento, dificultad para respirar
	Miércoles	1H00	
	Viernes	1H00	
Obra Varias Vías Cantón Ambato	Martes	1H00	Cambios de humor, tos, agotamiento, dificultad para respirar
	Jueves	1H00	
	Sábado	1H00	

Registrar los datos: Se utiliza un cuaderno de campo, y el video del celular, para registrar los posibles hallazgos de manera precisa y detallada.

Analizar los datos: Una vez recopilados los datos observados, son analizados para identificar patrones, tendencias y relaciones que ayuden a responder la pregunta de la investigación ¿afecta los COV a la salud de los trabajadores de la planta y tendido de asfalto? Esto ayuda, o sirve como herramienta para elaborar la encuesta más adelante.

- Encuestas y cuestionarios:

El cuestionario es una herramienta muy útil en la investigación de campo, ayudará a recopilar datos de manera sistemáticos y cuantificable

Diseñar las preguntas: Las preguntas elaboradas son claras y precisas. Se utiliza para este paso preguntas cerradas, es decir con opciones de respuesta predefinidas). Como se explicó en el ítem anterior, las preparaciones de las preguntas parten de las ideas y respuestas que nos dio la observación.

Estructurar el cuestionario: Se organiza las preguntas de manera lógica y coherente. Comenzamos con preguntas generales y avanza hacia preguntas más específicas sobre el tema de afección a la salud por exposición a los COV.

Realizar un pretest: Antes de aplicar el cuestionario al grupo de la planta y tendido de asfalto, se realiza una prueba piloto con un pequeño grupo; para este caso se toma el grupo de la planta de producción de asfalto (4 de los 6 trabajadores). Esto con el fin de identificar y corregir posibles problemas en las preguntas o que no sean de fácil comprensión.

Aplicar el cuestionario: Se distribuye el cuestionario a toda la población del estudio (trabajadores de planta y tendido de asfalto). El cuestionario es presencial, impreso y llenado a mano por parte de los trabajadores.

Analizar los datos: Una vez recopiladas las respuestas, se analiza los datos para identificar patrones, tendencias y relaciones. Se cuantifica por pregunta el número de aciertos y negativas y se tabula para de esta manera responder la pregunta central

de esta parte de la investigación ¿existen otros factores que influye en la salud de los trabajadores de asfalto aparte de los COV? Se utiliza el software Microsoft Excel para el cálculo y el método estadístico Coeficiente de Pearson, y para corroborar los resultados se utiliza la prueba de normalidad Shapiro-Wilk para el análisis estadístico con el software SPSS.

- Notas de campo:

Van relacionada de manera directa con la observación realizada tanto en la planta de asfalto como en la obra donde se tiende el mismo, esta herramienta permite llevar un documento con detalles sobresalientes de lo observado.

- Fotografía:

Como herramienta central para este método, se utiliza la cámara del celular Samsung A51, se procede a fotografiar los eventos de producción y colocación de asfalto de la empresa JEAL.

- Toma de muestras del Laboratorio:

Cifuentes&Camacho es un laboratorio ambiental certificado por el SAE (Servicio de Acreditación Ecuatoriana). Para su certificación el SAE toma en consideración los equipos, mantenimientos, calibraciones y demás códigos que permitan garantizar la toma de muestras de gases en campo (documentos de certificación adjuntos en los informes de laboratorio Anexos 2, 3, 4 y 5).

Se realizan dos muestreos tanto para la planta de producción de asfalto como dentro de la obra durante la colocación de asfalto, en los meses de abril y mayo de 2024. La cantidad de muestreo se debe a que no existe variación (siempre que la toma de muestra sea en el mismo sitio)

En el caso de la planta de asfalto, ubicada en Las Viñas del cantón Ambato, es inmóvil y está en continua producción, se conoce por ensayos anteriores que no se presenta mayor variación entre una y otra toma de muestras, por lo que el MAATE (Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica) exige los análisis de

laboratorio semestralmente. Debido al tiempo del presente estudio se considera realizar los ensayos en dos meses; abril y mayo (Anexos 2 y 4).

Para la obra analizada, Asfaltado de Varias Vías del cantón Ambato, los trabajos de tendido de asfalto no son diarios ni continuos, por lo que la toma de muestras de campo se los realiza en los dos meses de trabajo realizado (abril – mayo/2024). Es importante mencionar que los ensayos realizados (Anexos 3 y 5) son para el presente proyecto de investigación, y no forman parte de las exigencias por parte de entidades contratantes.

- Método Estadístico

Para el presente Proyecto de Investigación se utiliza el Coeficiente de Pearson y la normalidad Shapiro-Wilk para procesar la información recogida de los métodos descritos con anticipación. Este método estadístico fue seleccionado debido a su altamente flexibilidad, ya que puede adaptarse a diferentes tipos de bases de datos, en este caso tenemos datos de campo, encuestas y de laboratorio.

Instrumentos

Para llegar al análisis de datos, se procederá a la utilización de varios instrumentos entre manuales y digitales que permitan la obtención de resultados.

Para el análisis de variables planteadas se utilizará la *Operacionalización de variables* (Tabla 2 y 3), la misma que consiste en medir las variables con dimensiones, indicadores y hasta sub indicadores

Las mediciones serán tomadas por el Laboratorio Certificado *Camacho & Cifuentes*, quienes para el monitoreo de la calidad del aire en la planta de asfaltos utilizarán equipo basado en metodologías aprobadas y validadas por la EPA (siglas en inglés de *Environmental Protection Agency* – Agencia de Protección Ambiental), y aprobadas por el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) para la detección de CO, SO₂, NO₂ y Material Particulado (PM 10, PM 2.5).

Finalmente se empleará el Software SPSS para la Estadística Shapiro-Wilk. Se trata de un lenguaje de programación utilizado para gestionar y manipular bases de datos

relacionales. En el análisis estadístico se emplea para extraer, filtrar y resumir datos relevantes de grandes conjuntos de información almacenados en bases de datos. Permitiendo en este caso realizar los cálculos agregados y el análisis de tendencias o los resultados de los datos recolectados.

Técnicas y Análisis de Datos

En esta sección se detallan las diferentes etapas por las que pasarán los datos obtenidos: 1) clasificación, 2) registro, 3) tabulación y, en caso necesario: 4) codificación.

Respecto al análisis de datos; se establecen las técnicas lógicas como: inducción, deducción, análisis y síntesis. Para el presente Proyecto de Investigación se ha seleccionado las **técnicas estadísticas**: descriptivas o inferenciales, que se utilizarán para interpretar la información recopilada y descifrar sus implicaciones.

El método de estudio de los resultados analizados en este caso es el coeficiente de correlación de Pearson, cada vez que al menos dos variables deban ser estudiadas al mismo tiempo para verificar la hipótesis. Aunque Pearson ha demostrado ser una buena herramienta estadística, para corroborar datos se utiliza la normalidad de Shapiro-Wilk especialmente cuando se emplean en campos de la medicina y la salud como es el presente caso.

Población y muestra:

Para el presente Proyecto de Investigación, se toma en cuenta el número de integrantes del grupo de trabajadores de la operación de la Planta de Asfaltos JEAL y el grupo de Asfaltadores o tendido de asfalto de la Empresa JEAL, esto representa el 100% de la población existente, y corresponde además al 100% de la muestra.

La elección de la misma cantidad entre población y muestra es debido al número reducido de trabajadores que se encuentran directamente expuestos a los COV producto de la operación de la Planta y tendido de asfaltos. Cabe recalcar que, sin embargo, que si bien la población (individuos en estudio) es reducido, el tiempo de exposición diario de los trabajadores es mayor entre uno y otro grupo como lo demuestra la Tabla 5.

Tabla 5. Exposición diaria de los trabajadores

DEPARTAMENTO	PUESTO DE TRABAJO	HOMBRES	MUJERES	TOTAL	HORAS DE EXPOSICIÓN DIARIA
GRUPO ASFALTADOR	Operador Distribuidor de Asfalto	1		1	3
	Operador Imprimación	1		1	2
	Asfaltador (peón)	8		8	5
PLANTA DE ASFALTO	Operador de la Planta	1		1	8
	Ayudante de Operados	1		1	8
	Despachador	1		1	8
TOTAL		13	0	13	

Elaborado por: Pazmiño, Linda (2024)

Por tanto, la población objetivo de la presente investigación corresponde a 13 trabajadores, 3 de los mismos pertenecen a la Planta de producción de asfaltos, y 10 son el Grupo Asfaltador, encargado de la colocación y tendido de asfalto. Debido a la corta población objetivo de la investigación y para mejorar los datos del presente estudio, se considera tomar toda la población como muestra.

Hipótesis:

Los Compuestos Orgánicos Volátiles tienen efectos adversos en la salud de los trabajadores del proceso de elaboración y tendido de asfalto, las concentraciones son regularmente más altas en el proceso de elaboración de asfalto. Las altas concentraciones de Compuestos Orgánicos Volátiles tienen efectos adversos en la salud de los trabajadores del proceso de elaboración de asfalto como irritación de ojos y vías respiratorias, disminución de la función pulmonar.

Hipótesis Nula: Las concentraciones de COV no tienen efectos adversos significativos en la salud de los trabajadores del proceso de elaboración y tendido de asfalto.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

La revisión de literatura en este capítulo se enfoca en los estudios y publicaciones relevantes que abordan la salud y seguridad en la industria del asfalto, particularmente en relación con la exposición a compuestos orgánicos volátiles (COV) y otros riesgos ocupacionales. La revisión incluye investigaciones sobre la empresa JEAL, los efectos de la exposición al asfalto caliente, las medidas de control y prevención implementadas en diferentes contextos, y las políticas de salud y seguridad laboral. Esta base teórica proporciona un marco para interpretar los resultados de la encuesta realizada y orientar las recomendaciones para mejorar las prácticas en la industria del asfalto.

Reseña de la empresa JEAL

JEAL Constructores es una empresa dedicada a la producción, tendido de asfalto y construcción en general, principalmente de vías y caminos. Se dedica además a la producción de triturados pétreos destinados a la venta y elaboración de asfaltos.

Lleva trabajando 7 años en el mercado de la construcción, y ha sido la columna económica de varias familias ambateñas. Actualmente cuenta con la maquinaria pesada y la tecnología necesaria la elaboración de distintos tipos de asfalto y materiales pétreos.

La misión de JEAL es servir a la sociedad y a través de la colocación de asfalto abriendo y creando carreteras, puentes, estacionamientos y otros lugares similares, proporcionando así un laso que une ciudades y ayuda a la economía local y nacional.

Asfalto

El asfalto es una sustancia natural cuyas propiedades permiten su utilización como compuesto impermeable, adherente y de alto tránsito. Su composición se basa en hidrocarburos y minerales, lo que lo convierte en un compuesto derivado de un combustible fósil (Rubio et al., 2012). Es muy ventajoso debido a su

impermeabilidad, lo que implica que ni la humedad ni el agua libre penetran en él. Además, el asfalto se recicla, lo que lo convierte en un recurso reutilizable que fomenta la sustentabilidad del planeta (Rubio et al., 2012).

Una de las principales fuentes de contaminación derivadas de las industrias relacionadas con las infraestructuras de transporte (es decir, la construcción de carreteras), reside en la fabricación, extensión y conservación de mezclas asfálticas. Una producción más limpia de mezclas bituminosas requiere bajar la temperatura de fabricación de estas mezclas sin empobrecer ni reducir su nivel de prestaciones mecánicas (Rubio et al., 2012).

Los COV

Los COV son mezclas orgánicas complejas, que provienen principalmente de la industria y el transporte, como los gases residuales industriales, los gases de escape de los automóviles y las emisiones de petróleo y sus subproductos, etc. Las refinadoras pueden producir distintos productos derivados del petróleo, y la mayor parte del crudo se utiliza como materia prima para obtener energía, como la gasolina. Además, las refinadoras producen sustancias químicas que se utilizan en procesos químicos para producir plástico y otros materiales útiles. El ligante asfáltico es un subproducto del petróleo y la demanda mundial anual de ligantes asfálticos es de 122,5 millones de toneladas métricas. Es la principal materia prima para la construcción de carreteras y existen diferentes grados de emisión de COV durante todo el ciclo de vida de producción, construcción y uso. Los objetivos de este estudio fueron investigar las características de emisión de COV de diferentes aglutinantes asfálticos y evaluar la contribución de diferentes componentes al medio ambiente y los riesgos para la salud, con miras a guiar la investigación futura sobre la reducción de emisiones de COV del asfalto (Zhou et al., 2023).

Los COV constituyen una amplia gama de compuestos con puntos de ebullición que oscilan alrededor de los 50 a 260 °C. La Organización Mundial de la Salud (OMS) los ha clasificado en cuatro categorías, basadas en su volatilidad compuesta. Estos compuestos incluyen una variedad de sustancias químicas, algunas de las cuales pueden tener efectos adversos en la salud a corto y largo plazo. Las

concentraciones de muchos COV son regularmente más altas en el interior que en el exterior, y son emitidos por una amplia gama de productos, como disolventes, formaldehídos, hidrocarburos, hidrocarburos aromáticos, entre otros (Peder Wolkoff & Arbejdsmiljøinstituttet, n.d.).

Química de los COV del Aglutinante Asfáltico

El material asfáltico es esencial en la construcción de carreteras, pero su impacto ambiental debido a la liberación de COV durante su ciclo de vida es un desafío importante que requiere urgentemente mecanismos de reducción de emisiones que causan contaminación al medio ambiente circundante, durante todo su ciclo de vida, especialmente en la etapa de pavimentación a alta temperatura y en el tiempo de servicio de verano (Chang et al., 2023).

La volatilización de COV a la atmósfera proveniente del asfalto puede provocar problemas ambientales y de salud significativos, lo que hace urgente explorar el mecanismo de volatilización para lograr una mayor reducción de COV del asfalto (Chang et al., 2023). Además de la contaminación ambiental causada por los COV del asfalto, el olor en el aire es grave debido a los sulfuros. El aglomerante asfáltico contiene componentes complejos, incluidos hidrocarburos de alto peso molecular y sus derivados de elementos no metálicos (como O, N, S), lo que significa que las altas temperaturas hacen que los COV sean más complejos. Los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) son un tipo de COV del asfalto más tóxicos y se consideran carcinógenos humanos. Su toxicidad aumenta con el número de anillos de benceno (Chang et al., 2023).

Gases liberados por el asfalto

Los aglutinantes asfálticos liberan humos peligrosos durante el calentamiento a alta temperatura que ponen en grave peligro la salud humana y contaminan el medio ambiente (G. Wang et al., 2023). El material de construcción más utilizado en el mundo para construir las capas superficiales de estructuras de pavimentos de carreteras es la mezcla asfáltica en caliente (HMA). Sin embargo, la construcción y rehabilitación de caminos pavimentados y asfaltados producen un impacto ambiental negativo. La fabricación y colocación de pavimentos asfálticos requieren

altas temperaturas (entre 150 y 180 °C) y, por tanto, un elevado consumo energético. En el proceso, el medio ambiente y los trabajadores están expuestos a *gases de efecto invernadero antropogénicos y a los enormes vapores tóxicos emitidos* cuando las mezclas asfálticas se fabrican, transportan, colocan y compactan a altas temperatura (Espinoza et al., 2020). Por lo tanto, la reducción de las emisiones de asfalto relacionadas con la producción, mezcla, transporte y pavimentación es un problema continuo y un desafío para la industria del asfalto. La creciente presión internacional para reducir el consumo de combustibles fósiles y las emisiones de gases de efecto invernadero ha llevado a las comunidades científicas y técnicas a desarrollar una serie de nuevas tecnologías más limpias y sostenibles para materiales asfálticos (Espinoza et al., 2020).

De acuerdo con M. Whang (2021); el aerosol y otros componentes nocivos se producen durante el proceso de mezcla, transporte y pavimentación de la mezcla asfáltica a altas temperaturas. Los componentes dañinos de HAM se pueden dividir en dos partes: una son los COV producidos a partir del asfalto a alta temperatura. El otro son los componentes dañinos generados en el proceso de mezcla y pavimentación de la mezcla asfáltica, incluidas las partículas (p. ej., PM2.5 y PM10) y óxidos (p. ej., CO₂, NO₂ y SO). Considerando que los VOC del asfalto son las sustancias más nocivas con alto contenido de componentes nocivos en HAM, la mayoría de los trabajos de investigación relacionados con la reducción de emisiones de HMA se realizaron y se centraron en reducir la Contenido y toxicidad de los COV del asfalto (M. Wang et al., 2021b).

Los COV presentes en el asfalto

Como pudimos observar, los COV son liberados por la quema de combustibles, como gasolina, madera, carbón o gas natural, así como por disolventes, pinturas y otros productos empleados y almacenados en la casa y el lugar de trabajo. Estos llegan a ser liberados por la quema de mencionados combustibles. También son liberados por disolventes, pinturas, lacas, repelentes de polillas, aromatizantes del aire, materiales empleados en maderas, sustancias en aerosol, disolventes de grasa, productos de uso automotor y disolventes para la industria de lavado en seco. Los cuales son empleados en nuestra vida diaria y almacenados en la casa o en el lugar

de trabajo. Por tal motivo la producción y colocación de asfalto es una de las actividades que ocasionan mayor contaminación atmosférica debido a su liberación de dióxido de carbono (CO₂) uno de los COV del asfalto; en muchas de las ciudades donde ha sido indispensable su implementación.

La exposición a los COV puede tener efectos inmediatos, como irritación de los ojos y las vías respiratorias, así como efectos a largo plazo, como lesiones en órganos vitales y efectos cancerígenos. Es importante considerar tanto el nivel como la duración de las exposiciones.

Con el fin de reducir las emisiones de humos de asfalto durante el proceso de calentamiento del asfalto de *estireno-butadieno-estireno* (SBS), se mezclaron tres modificadores de aldehído [vainillina (X), citral (N) y amil cinamaldehído (J)] en asfalto modificado con SBS para preparar asfalto modificado con aldehído en este documento. Al recolectar partículas sólidas y compuestos orgánicos volátiles (COV) en humos de asfalto para realizar experimentos relevantes, hemos analizado el efecto de supresión de humos y el mecanismo de supresión del asfalto modificado con aldehído (Meng et al., 2024).

Exposición a compuestos orgánicos y volátiles (COV) y riesgos de Salud

Los COV son una preocupación importante en la industria del asfalto debido a su potencial para causar problemas de salud a largo plazo. Estudios como los de McClean et al. (2004) han identificado que los trabajadores en la industria del asfalto están expuestos a una variedad de COV, incluyendo benceno, tolueno y xileno, que pueden tener efectos adversos en la salud respiratoria y cardiovascular. La exposición crónica a estos compuestos se ha asociado con un mayor riesgo de cáncer, enfermedades respiratorias y efectos neurotóxicos.

Medidas de control y prevención

Las medidas de control y prevención son fundamentales para mitigar los riesgos asociados con la exposición a COV y otras sustancias peligrosas en la industria del asfalto. Según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) (2012), las estrategias efectivas incluyen la ventilación adecuada, el uso de equipos de protección personal (EPP) como mascarillas y guantes, y la implementación de

buenas prácticas de trabajo, como minimizar el tiempo de exposición y mantener una higiene adecuada.

Un estudio realizado por Brandt y de Groot (2001) destacó la importancia de la ventilación local y general en los lugares de trabajo para reducir la concentración de COV en el aire. Además, la formación y capacitación regular sobre los riesgos y las medidas de prevención son esenciales para asegurar que los trabajadores comprendan y sigan los procedimientos de seguridad.

Políticas de salud y seguridad laboral

Las políticas de salud y seguridad laboral en la industria del asfalto están diseñadas para proteger a los trabajadores de los riesgos asociados con su ocupación. En muchos países, estas políticas son reguladas por organismos gubernamentales que establecen normas y directrices específicas. Por ejemplo, la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) establece límites de exposición permisibles para varios contaminantes del aire, incluidos los COV, y requiere que los empleadores proporcionen EPP y formación adecuada a sus empleados.

Un informe de la Organización Internacional del Trabajo (2016) enfatiza la necesidad de un enfoque integral de la gestión de la salud y seguridad, que incluya la evaluación de riesgos, la implementación de medidas preventivas, y la supervisión y revisión continua de las prácticas de seguridad. Este enfoque holístico es crucial para abordar no solo los riesgos inmediatos, sino también los efectos a largo plazo de la exposición a sustancias peligrosas.

Identificación de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)

La identificación y monitoreo de compuestos orgánicos volátiles (COV) en la industria del asfalto es esencial para evaluar y mitigar los riesgos de salud ocupacional. Los COV son sustancias químicas que se volatilizan fácilmente a temperatura ambiente y pueden tener efectos adversos en la salud de los trabajadores expuestos.

Para la identificación de los COV se realizaron ensayos de laboratorio, los resultados obtenidos provienen del laboratorio certificado Camacho & Cifuentes, quienes para el monitoreo de la calidad del aire en la planta de asfaltos utilizaron

equipo basado en metodologías aprobadas y validadas por la EPA (como se explica en el Capítulo II). Los parámetros medidos incluyen Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Carbono (CO₂), Partículas PM10 y PM2.5, COV, Temperatura (T °C), Humedad Relativa (%), Dióxido de Azufre (SO₂), Óxidos de Nitrógeno (NO₂) y Ozono (O₃).

Los datos en campo son tomados en los meses de abril y mayo de 2024. Estos meses son considerados debido a la mayor actividad en cuanto a la producción y tendido de asfalto.

Con aparatos sofisticados, calibrados y certificados (Anexos 2, 3, 4 y 5) Camacho & Cifuentes, toman los datos directamente en campo, mencionados aparatos clasifican y miden los gases que son volatizados al ambiente durante la producción y tendido de asfalto.

Resultados

El monitoreo se llevó a cabo en dos ubicaciones: la planta de asfaltos y en obra durante la colocación de asfalto. Se tomaron dos muestras en cada sitio en los meses de abril y mayo de 2024. El monitoreo en la planta de asfaltos se realizó durante un período de 24 horas continuas, mientras que en obra se llevó a cabo durante un período de 8 horas continuas. En la Tabla 6 podemos observar la apreciación de los parámetros medidos en el laboratorio durante los ensayos de campo.

Tabla 6. Apreciación de Parámetros medidos en el laboratorio

EQUIPO E INSTRUMENTOS	PARÁMETRO MEDIDO	RANGO	APRECIACIÓN
ANALIZADOR DE GASES EVM	Monóxido de Carbono (CO)	0 – 1000 ppm	1ppm
	Dióxido de Carbono	0 – 20000 ppm	1ppm
	Partículas PM10 – PM 2.5	0.1 – 10 mm	0.001 mg/m ³
	Compuestos Orgánicos Volátiles	0.0 – 2000 ppm	0.1 ppm
	Temperatura (T °C)	0 – 60 °C	0.1 °C
	Humedad Relativa (%)	5 %	100%
CAPTADORES DIFUSIVOS	Dióxido de azufre (SO ₂)	0 – 400 μg/m ³	1ppb
	Óxidos de nitrógeno (NO ₂)	0 – 400 μg/m ³	1ppb
	Ozono (O ₃)	0 – 400 μg/m ³	1ppb

Para el análisis comparativo se ha tomado 2 muestras en cada sitio en los meses de abril y mayo de 2024, los resultados para su análisis son descritos en las Tablas 7 y 8 respectivamente:

Tabla 7. Resultados de Parámetros medidos en el laboratorio de la Planta de Asfalto

EQUIPO E INSTRUMENTOS	PARÁMETRO MEDIDO	RANGO	RESULTADOS	
			ABRIL	MAYO
ANALIZADOR DE GASES EVM	Monóxido de Carbono (CO)	0 – 1000 ppm	381,69	381,67
	Dióxido de Carbono	0 – 20000 ppm	1	1
	Partículas PM10 – PM 2.5	0.1 – 10 mm	4,3	4,7
	Compuestos Orgánicos Volátiles	0.0 – 2000 ppm	0,1	0,1
	Temperatura (T °C)	0 – 60 °C	18.1	18.2
	Humedad Relativa (%)	5 %	61,2	60,9
CAPTADORES DIFUSIVOS	Dióxido de azufre (SO ₂)	0 – 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	<0,28	<0,1
	Óxidos de nitrógeno (NO ₂)	0 – 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	15,5	15,3
	Ozono (O ₃)	0 – 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	<0,18	<0,1

Elaborado por: Pazmiño, Linda (2024)

Tabla 8. Resultados de Parámetros medidos en Obra – Colocación de asfalto

EQUIPO E INSTRUMENTOS	PARÁMETRO MEDIDO	RANGO	RESULTADOS	
			ABRIL	MAYO
ANALIZADOR DE GASES EVM Environmental Monitor	Monóxido de Carbono (CO)	0 – 1000 ppm	201,07	182,06
	Dióxido de Carbono	0 – 20000 ppm	<1	<0,21
	Partículas PM10 – PM 2.5	0.1 – 10 mm	3,1	6,3
	Compuestos Orgánicos Volátiles	0.0 – 2000 ppm	0,1	0,1
	Temperatura (T °C)	0 – 60 °C	15.6	16.1
	Humedad Relativa (%)	5 %	53,01	51,7
CAPTADORES DIFUSIVOS	Dióxido de azufre (SO ₂)	0 – 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,2	0,12
	Óxidos de nitrógeno (NO ₂)	0 – 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	11,3	11,1
	Ozono (O ₃)	0 – 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	<0,16	<0,08

Elaborado por: Pazmiño, Linda (2024)

Análisis e interpretación de resultados

Monóxido de Carbono (CO): Los niveles de CO medidos en la planta de asfalto fueron significativamente más altos que en la obra de colocación de asfalto. Sin embargo, ambos valores están por debajo del límite permisible establecido por la EPA, indicando que, aunque la exposición es notable, no alcanza niveles peligrosos.

Dióxido de Carbono (CO₂): Los niveles de CO₂ son mínimos en ambos sitios, sugiriendo una adecuada ventilación y un bajo riesgo de exposición a este gas en los entornos monitoreados.

Partículas PM₁₀ – PM_{2.5}: Las concentraciones de partículas son más altas en obra comparado con la planta de asfalto, lo cual podría ser debido a las actividades de colocación de asfalto que generan más polvo y partículas en suspensión.

Compuestos Orgánicos Volátiles (COV): Los niveles de COV fueron constantes y bajos en ambos sitios durante los dos meses, lo cual es positivo en términos de salud ocupacional, indicando una exposición mínima a estos compuestos peligrosos.

Temperatura y Humedad Relativa: Las condiciones ambientales fueron relativamente estables en ambos meses y sitios, con ligeras variaciones, lo que indica que las condiciones de operación eran consistentes.

Dióxido de Azufre (SO₂): Los niveles de SO₂ fueron bajos en ambos sitios y meses, indicando una baja presencia de este contaminante en las operaciones monitoreadas.

Óxidos de Nitrógeno (NO₂): La concentración de NO₂ fue mayor en la planta de asfalto que en obra, aunque los valores son relativamente bajos y dentro de los límites de seguridad.

Ozono (O₃): Los niveles de ozono fueron muy bajos en ambos sitios, sugiriendo una baja generación de este contaminante en las actividades de asfalto.

Análisis general

El monitoreo realizado en la planta de asfaltos y en la obra de colocación de asfalto muestra que los niveles de COV y otros contaminantes están generalmente dentro de los límites de seguridad establecidos por la EPA. Aunque hay variaciones en los niveles de ciertos contaminantes como el CO y las partículas PM10 – PM2.5 entre los diferentes sitios y meses, en general, la exposición a estos contaminantes no parece representar un riesgo significativo para la salud de los trabajadores.

Estos resultados son consistentes con las mejores prácticas de salud y seguridad ocupacional que se derivan de la literatura revisada, sugiriendo que las medidas de control implementadas en estos sitios son efectivas. No obstante, es recomendable continuar con el monitoreo regular y la implementación de medidas preventivas para asegurar que los niveles de exposición se mantengan bajos y dentro de los límites de seguridad, protegiendo así la salud de los trabajadores en la industria del asfalto.

Evaluación de la exposición de los trabajadores

La exposición de los trabajadores de asfalto a los COV puede tener un impacto. La exposición a los COV en la preparación y colocación o asfaltado de carreteras se investigó y cuantificó, pues se puede observar la posible presencia de hidrocarburos aromáticos policíclicos, vapores orgánicos y partículas totales. Los puestos de trabajo evaluados fueron como se mencionó previamente: Operador de Planta de Asfalto y el Personal de colocación de asfalto, por ser los más directamente expuestos a estos contaminantes, como el operador de riego asfáltico, incluye además a los operarios auxiliares de asfaltado.

Es importante destacar que la exposición a los COV en el asfalto puede tener efectos en la salud de los trabajadores, y se están realizando esfuerzos para identificar nuevos controles técnicos que reduzcan de manera significativa las exposiciones a las emanaciones del asfalto.



Imagen 1. Colocación de asfalto en obra
Fuente: Pazmiño, Linda (2024)



Imagen 2: Producción de asfalto en planta
Fuente: Pazmiño, Linda (2024)

Duración y Frecuencia de la Exposición

La evaluación de la exposición de los trabajadores a los compuestos orgánicos volátiles (COV) en la industria del asfalto implica una detallada descripción de los patrones de trabajo y la frecuencia con que los trabajadores están expuestos a estos contaminantes. Los datos obtenidos a partir de las encuestas y los ensayos de laboratorio permiten realizar un análisis exhaustivo de la duración y frecuencia de la exposición de los empleados en diferentes puestos de trabajo.

Descripción de los Patrones de Trabajo

En la industria del asfalto, los trabajadores están expuestos a COV durante varias actividades, que incluyen la operación de la planta de asfalto y la colocación de asfalto en obra. La encuesta realizada muestra los siguientes patrones de trabajo:

- **Operación de Planta de Asfalto:** Los trabajadores en esta área pasan un promedio de 8 horas diarias en contacto con el asfalto caliente y los vapores emitidos durante su procesamiento. Estas actividades se realizan de manera continua durante los días laborales.
- **Colocación de Asfalto en Obra:** Los trabajadores en esta área trabajan en promedio desde 5 hasta 8 horas diarias, pero su exposición puede variar dependiendo de las condiciones ambientales y la intensidad de las actividades del asfaltado. En los meses entre abril y mayo hubo un promedio de trabajo de 20 horas semanales.

Frecuencia de la Exposición

La frecuencia de la exposición se puede resumir en dos categorías principales basadas en la información recopilada:

- **Diaria:** La mayoría de los trabajadores, en la planta, están expuestos a los COV de manera diaria debido a la naturaleza continua de las operaciones mientras que los trabajadores de obra únicamente cuando existe tendido de asfalto.
- **Periódica:** En casos de mantenimiento y paradas técnicas, la exposición puede ser intermitente y depender de las tareas específicas a realizar.

Resultados de la Evaluación de Exposición

Los datos de exposición personal fueron recopilados mediante dispositivos de monitoreo portátiles que registraron la concentración de COV a lo largo del turno laboral (Tablas 9 y 10). Las mediciones personales reflejan la exposición real de los trabajadores durante su jornada de trabajo.

Para analizar los datos de exposición personal, se calcularon los promedios y las desviaciones estándar de las concentraciones de COV. A continuación, se presenta las tablas que resumen estos datos:

Planta de Asfalto:

Tabla 9. Media y desviación estándar (Planta de Asfalto)

Parámetro Medido	Abril (ppm)	Mayo (ppm)	Promedio (ppm)	Desviación Estándar
Monóxido de Carbono (CO)	381,69	381,67	381,68	0,014
Dióxido de Carbono (CO ₂)	1	1	1	0
Partículas PM10 – PM2.5	4,3	9,6	6,95	3,73
COV	0,1	0,15	0,12	0

Elaborado por: Pazmiño, Linda (2024)

Obra – Colocación de Asfalto

Tabla 10. Media y desviación estándar (Obra – Colocación de Asfalto)

Parámetro Medido	Abril (ppm)	Mayo (ppm)	Promedio (ppm)	Desviación Estándar
Monóxido de Carbono (CO)	201,07	182,06	191,57	13,45
Dióxido de Carbono (CO ₂)	>1	>0,21	0,61	0,56
Partículas PM10 – PM2.5	5,1	6,3	5,7	0,85
COV	0,2	0,1	0,15	0

Elaborado por: Pazmiño, Linda (2024)

Interpretación de Resultados

Los resultados indican que la exposición promedio a COV para los trabajadores en ambos puestos de trabajo (operación de planta de asfalto y colocación de asfalto en obra) es constante y baja (0,1 ppm). La desviación estándar de 0,01 ppm muestra que las concentraciones medidas son consistentes y no varían significativamente de un día a otro.

Estos resultados son indicativos de un control efectivo de los COV en ambos entornos de trabajo. La exposición constante y baja sugiere que las medidas de control y prevención de riesgos implementadas en la planta y en obra están funcionando adecuadamente para mantener la exposición a niveles seguros.

Consecuencia

La evaluación de la exposición de los trabajadores ha demostrado que los niveles de COV a los que están expuestos son bajos y constantes, tanto en la planta de asfaltos como en las obras de colocación de asfalto. Los patrones de trabajo y la frecuencia de exposición diaria no presentan un riesgo significativo para la salud de los trabajadores, siempre y cuando se mantengan y sigan las medidas de control y prevención actualmente en uso. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de continuar con el monitoreo regular y la implementación de prácticas de trabajo seguras para asegurar un ambiente laboral saludable y seguro en la industria del asfalto.

La exposición de los trabajadores a los COV durante la preparación y colocación de asfalto puede tener varios efectos adversos en la salud, incluyendo la presencia de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), vapores orgánicos y partículas totales. La evaluación mostró que los operadores de planta y el personal de colocación son los más expuestos a estos contaminantes. Los esfuerzos actuales se centran en identificar e implementar nuevos controles técnicos para reducir significativamente las emanaciones del asfalto.

Evaluación de la salud de los trabajadores

La exposición al asfalto caliente puede tener efectos negativos en la salud de los trabajadores. Al manipular este material, es importante considerar los riesgos y tomar medidas de seguridad adecuadas para minimizar el impacto del calor y los productos químicos presentes en el asfalto.

De acuerdo con los registros médicos de los trabajadores estos muestran una tendencia similar respecto a las condiciones de salud dando como resultado las siguientes observaciones:

Para llevar a cabo una evaluación completa, se procederá con la misma metodología aplicada a cada trabajador y debido a los rangos registrados se puede inferir una evaluación grupal.

Evaluación

Los datos médicos incluyen parámetros hematológicos, bioquímica sanguínea, y resultados de análisis de orina. Aquí se resumen las condiciones de salud más relevantes en relación con la exposición a COV:

Infección del Tracto Urinario (ITU)

- **Indicadores:** Nitritos positivos, bacterias (+++), leucocitos elevados.
- **Resultados:** El 75% trabajadores muestran nitritos positivos y bacterias en orina, esto indica una prevalencia de infecciones urinarias entre los trabajadores. Se recomienda mejorar las condiciones de higiene y proporcionar acceso a instalaciones sanitarias adecuadas.
- **Posible Relación con COV:** La exposición prolongada a ciertos COV (nitratos) puede irritar las vías urinarias y contribuir a infecciones. Además, condiciones de trabajo desfavorables y falta de acceso a instalaciones sanitarias adecuadas pueden agravar estas infecciones.

Colesterol Total Elevado

- **Indicadores:** Colesterol total en el límite alto (201.3 mg/dL).
- **Resultados:** El 85% de los trabajadores presentan colesterol total en el límite alto sugiere la necesidad de intervenciones dietéticas y de estilo de vida. Programas de bienestar y educación sobre nutrición pueden ser beneficiosos.
- **Posible Relación con COV:** El estrés crónico y la exposición a contaminantes en el aire, como los COV, pueden contribuir a alteraciones en el metabolismo lipídico, aumentando el riesgo de niveles elevados de colesterol.

Leucocitos Elevados

- **Indicadores:** Leucocitos elevados ($8.29 \times 10^3/uL$).
- **Resultados:** Hay una tendencia general a niveles elevados de leucocitos, podría ser indicativo de una exposición recurrente a agentes infecciosos o químicos en el lugar de trabajo. Esto requeriría una revisión de las prácticas

de manejo de contaminantes y la implementación de medidas de protección personal.

- **Posible Relación con COV:** La exposición a COV puede provocar respuestas inflamatorias en el organismo, reflejadas en un aumento de leucocitos. La inhalación de vapores orgánicos puede estimular una respuesta inmunitaria para combatir posibles toxinas.

Análisis y relación de la evaluación de salud con la evaluación de exposición a COV

Los niveles de COV medidos en la planta de asfaltos y durante la colocación de asfalto en obra muestran valores dentro de ciertos rangos. Aunque estos niveles parecen bajos, es importante considerar la exposición acumulativa y los picos de concentración que pueden ocurrir durante ciertas actividades laborales.

Infecciones del Tracto Urinario (ITU): La exposición prolongada a COV puede comprometer el sistema inmunológico, aumentando la susceptibilidad a infecciones como las ITU. La falta de higiene adecuada en el lugar de trabajo también puede ser un factor contribuyente.

Colesterol Total Elevado: El estrés y la exposición a COV pueden tener efectos indirectos sobre los niveles de colesterol, promoviendo un estado inflamatorio crónico que afecta el metabolismo lipídico.

Leucocitos Elevados: La exposición continua a COV puede estimular una respuesta inmunitaria, reflejada en un aumento de leucocitos. Este incremento puede ser una respuesta a la inflamación causada por la inhalación de contaminantes.

Existe una posible relación entre la exposición a COV y las condiciones de salud observadas. La exposición a bajos niveles de COV, aunque dentro de los límites permisibles, puede tener efectos acumulativos y crónicos en la salud de los trabajadores.

Esta evaluación es un paso crucial para asegurar la salud y el bienestar de los trabajadores expuestos a compuestos orgánicos volátiles en la planta de asfaltos.

Análisis de datos

La encuesta empleada sobre las afecciones a la salud de los trabajadores expuestos a los COV dentro de la empresa JEAL se la realizó a todos los empleados que tienen relación directa con la preparación y colocación del asfalto.

La Empresa JEAL cuenta con 13 empleados, de los cuales; 3 tienen el cargo de operación de la planta de asfalto y se encuentran directamente expuestos a la preparación de la mezcla y 10 trabajadores son los encargados de colocar la mezcla asfáltica en obra, teniendo una exposición ocasional.

Por otro lado, si bien dentro de la encuesta se agregó la pregunta sobre el consumo de tabacos o cigarrillos a los trabajadores; esta ayudará más adelante al análisis de las posibles afectaciones que inciden o posiblemente aumentan en el estado de salud individual.

Al aplicar la encuesta a los 13 trabajadores se obtuvieron resultados importantes que fundamentan la incidencia de las variables. A continuación, a partir de la Tabla 11 se presentan y analizan los resultados obtenidos durante la recolección de información:

Pregunta 1: Puesto de Trabajo

Tabla 11. Puesto de trabajo

Puesto de Trabajo	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Válido	Porcentaje Acumulado
Operador Distribuidor de Asfalto	1	11	10,5	100,0
Operador Imprimación	1	5	5,3	100,0
Asfaltador (peón)	8	52	52,6	100,0
Operador de la Planta	1	11	10,5	100,0
Ayudante de Operados	1	5	5,3	100,0
Despachador	1	11	10,5	100,0
Total	13	100	100	100,0

Elaborado por: Pazmiño, Linda (2024)



Gráfica 1: Puesto de trabajo
Elaborado por: Pazmiño, Linda (2024)

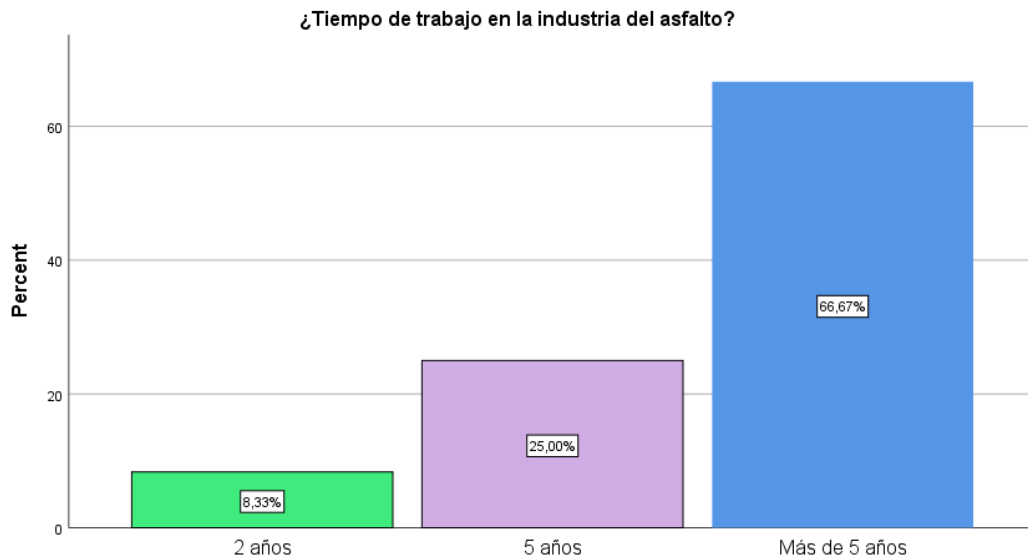
Interpretación: Como se indica en el Gráfico 1, la mayoría de los encuestados (75%) trabajan en la colocación de asfalto en obra, mientras que el 25% restante trabaja en la operación de la planta de asfalto. Esto sugiere que la mayoría de los trabajadores están directamente expuestos al asfalto caliente en el sitio de construcción. La alta proporción de trabajadores en el sitio de obra subraya la necesidad de estudios sobre las medidas de control y prevención de riesgos específicos para estos ambientes, en línea con el objetivo de la tesis de mejorar la seguridad y salud en la industria del asfalto.

Pregunta 2: ¿Tiempo de Trabajo en la Industria del Asfalto?

Tabla 12. Tiempo de trabajo

Tiempo de trabajo	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
2 años	1	8.3	8.3	8.3
5 años	3	25.0	25.0	33.3
Más de 5 años	9	66.7	66.7	100.0
Total	13	100.0	100.0	100.0

Elaborado por: Pazmiño, Linda (2024)



Gráfica 2 Tiempo de trabajo
Elaborado por: Pazmiño, Linda (2024)

Interpretación: La mayoría de los trabajadores (66.7%) tienen más de 5 años de experiencia en la industria del asfalto (Gráfico 2), indicando una fuerza laboral experimentada. Solo el 8.3% tiene menos de 2 años, lo cual podría implicar un nivel bajo de rotación de personal. La experiencia prolongada de los trabajadores sugiere que están bien informados sobre los riesgos laborales, lo cual es crucial para evaluar la efectividad y la percepción de las medidas de seguridad existentes, un aspecto clave en la tesis.

Pregunta 3: ¿Has experimentado síntomas de salud relacionados con la exposición al asfalto caliente mientras realiza su trabajo? (tos, dificultad para respirar)

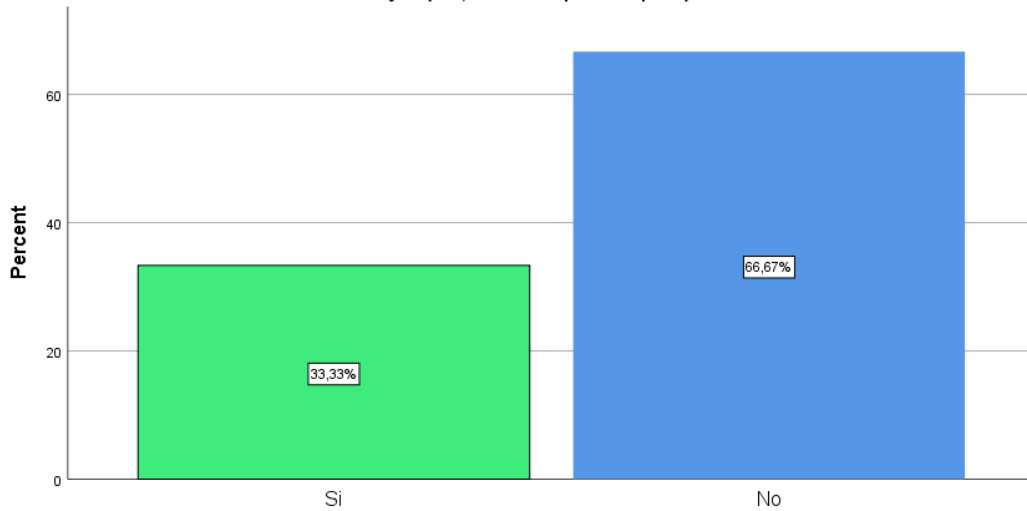
Tabla 13: Síntomas de salud

Síntomas de salud	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Sí	4	33.3	33.3	33.3
No	9	66.7	66.7	100.0
Total	13	100.0	100.0	100.0

Autor: Ing. Linda Pazmiño
 Mayo/2024

Gráfico 3 Síntomas de salud

¿Has experimentado síntomas de salud relacionados con la exposición al asfalto caliente mientras realiza su trabajo? (tos, dificultad para respirar)



Autor: Ing. Linda Pazmiño
Mayo/2024

Interpretación: Un tercio de los trabajadores (33.3%) han experimentado síntomas de salud relacionados con la exposición al asfalto caliente (Gráfico 3). Esto resalta la necesidad de medidas de protección y control de salud en el lugar de trabajo. Estos resultados subrayan la importancia de investigar y mejorar las medidas de prevención de salud ocupacional en la industria del asfalto, tal como se propone en la tesis.

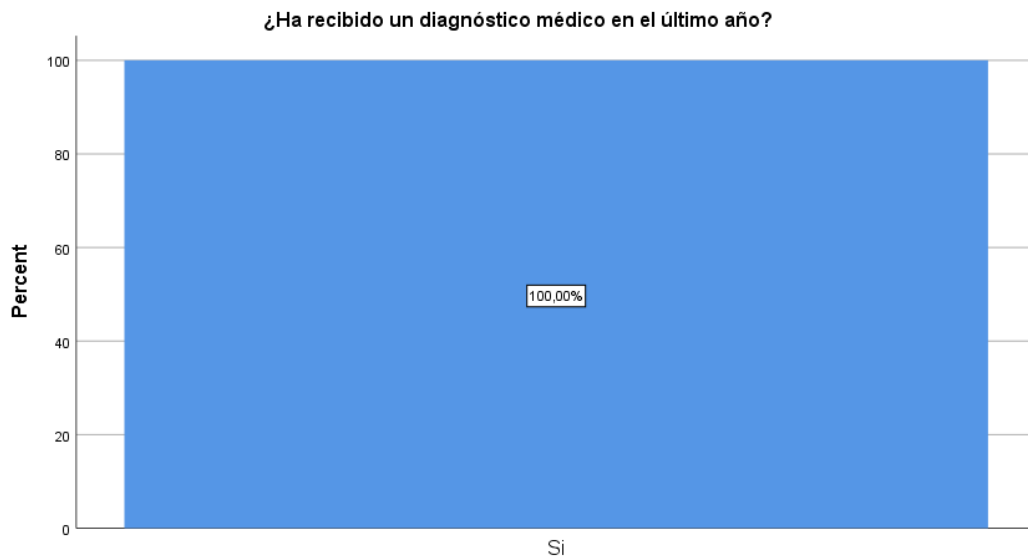
Pregunta 4: ¿Ha recibido un diagnóstico médico en el último año?

Tabla 14: Diagnóstico médico

Diagnóstico médico	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Sí	13	100.0	100.0	100.0

Autor: Ing. Linda Pazmiño
Mayo/2024

Gráfico 4 Diagnóstico médico



Autor: Ing. Linda Pazmiño
Mayo/2024

Interpretación: Todos los encuestados (100%) han recibido un diagnóstico médico en el último año (Gráfico 4), lo que sugiere que la empresa puede tener un sistema de chequeos médicos periódicos para sus trabajadores. La práctica de realizar chequeos médicos regulares está alineada con las recomendaciones de la tesis para monitorear la salud de los trabajadores y detectar posibles problemas de salud relacionados con la exposición al asfalto.

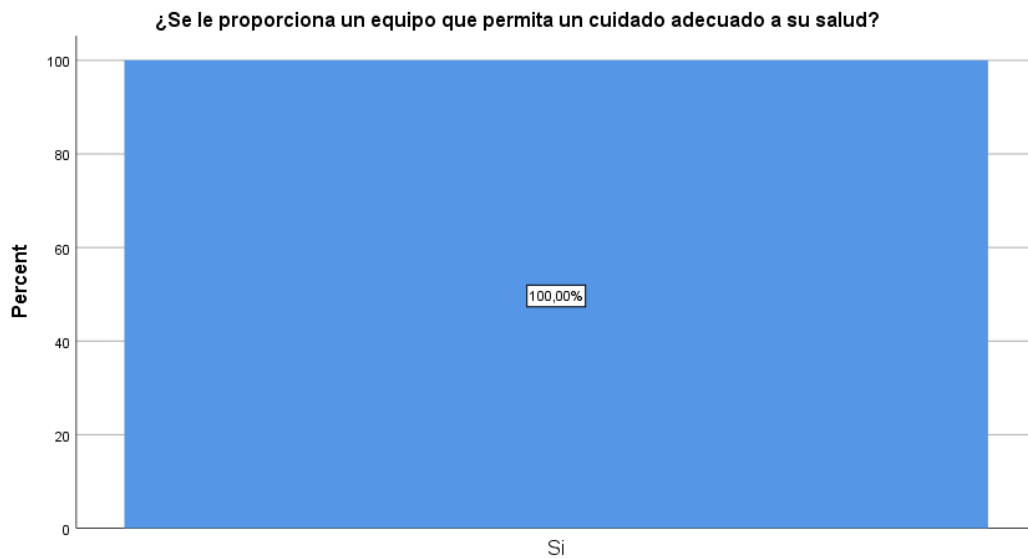
Pregunta 5: ¿Se le proporciona un equipo que permita un cuidado adecuado a su salud?

Tabla 15: Equipo de protección

Equipo de protección	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Sí	13	100.0	100.0	100.0

Autor: Ing. Linda Pazmiño
Mayo/2024

Gráfico 5 Equipo de protección



Autor: Ing. Linda Pazmiño
Mayo/2024

Interpretación: Todos los trabajadores (Gráfico 5) confirmaron que se les proporciona equipo adecuado para el cuidado de su salud, lo cual es positivo y muestra que la empresa cumple con las normativas de seguridad y salud ocupacional. La disponibilidad de equipos de protección es crucial para reducir los riesgos laborales, un aspecto que la tesis busca evaluar y mejorar en la industria del asfalto.

Pregunta 6: ¿Ha recibido información sobre las medidas de control y prevención de riesgos para proteger su salud mientras trabaja?

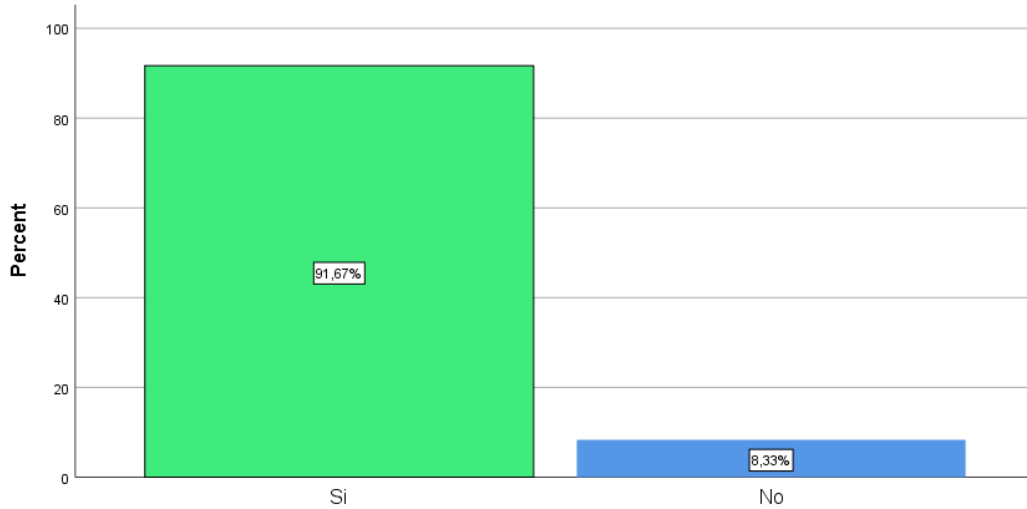
Tabla 16: Información sobre medidas de control y prevención de riesgos

Información sobre medidas	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Sí	11	91.7	91.7	91.7
No	2	8.3	8.3	100.0
Total	13	100.0	100.0	100.0

Autor: Ing. Linda Pazmiño
Mayo/2024

Gráfico 6 Información sobre medidas de control y prevención de riesgos

¿Ha recibido información sobre las medidas de control y prevención de riesgos para proteger su salud mientras trabaja?



Autor: Ing. Linda Pazmiño
Mayo/2024

Interpretación: La gran mayoría de los trabajadores (91.7%) ha recibido información sobre las medidas de control y prevención de riesgos, lo que indica un alto nivel de concienciación sobre la seguridad en el lugar de trabajo. La difusión de información y formación sobre medidas de control y prevención es fundamental para la implementación efectiva de prácticas de seguridad, un enfoque central de la tesis.

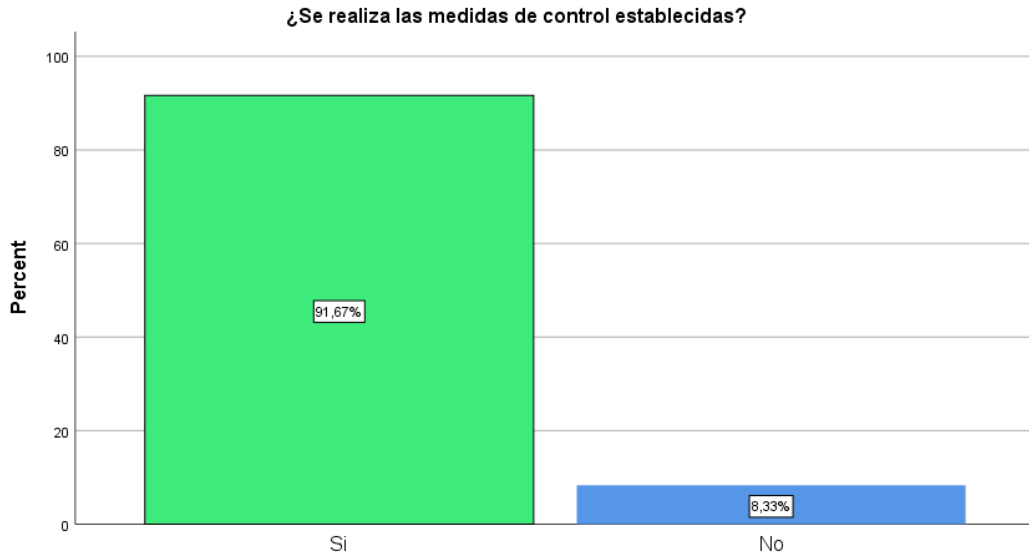
Pregunta 7: ¿Se realizan las medidas de control establecidas?

Tabla 17: Implementación de medidas

Implementación de medidas	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Sí	12	91.7	91.7	91.7
No	1	8.3	8.3	100.0
Total	13	100.0	100.0	100.0

Autor: Ing. Linda Pazmiño
Mayo/2024

Gráfico 7 Implementación de medidas



Autor: Ing. Linda Pazmiño
Mayo/2024

Interpretación: Un alto porcentaje (91.7%) de los trabajadores confirma que se implementan las medidas de control establecidas, lo cual es indicativo de una buena práctica en la gestión de riesgos laborales. La efectividad en la implementación de medidas de control es un indicador clave que la tesis debe evaluar para mejorar la seguridad y salud en el trabajo.

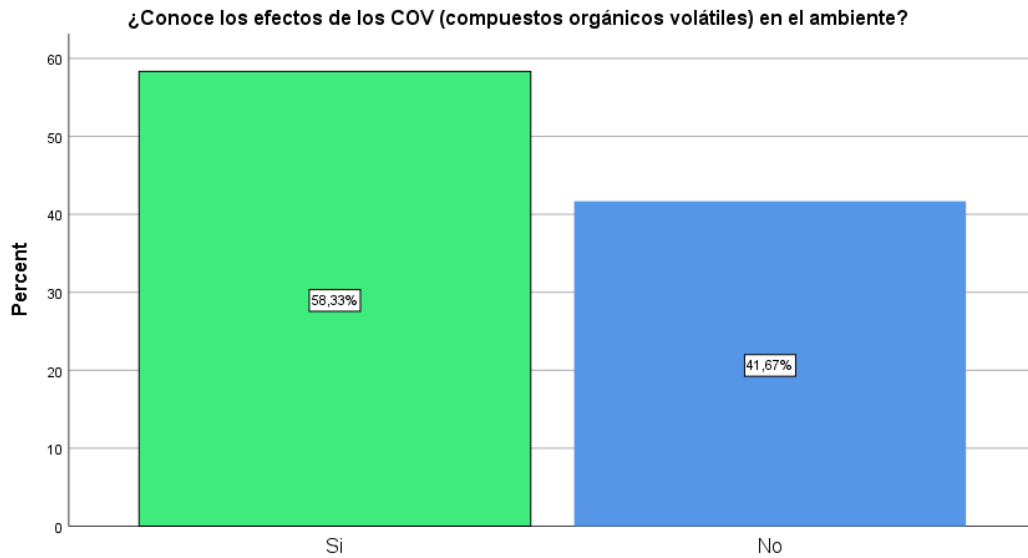
Pregunta 8: ¿Conoce los efectos de los COV (compuestos orgánicos volátiles) en el ambiente?

Tabla 18: Conocimiento de los efectos de los COV

Conocimiento de los efectos	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Sí	7	58.3	58.3	58.3
No	6	41.7	41.7	100.0
Total	13	100.0	100.0	100.0

Autor: Ing. Linda Pazmiño
Mayo/2024

Gráfico 8 Conocimientos de los efectos de los COV



Autor: Ing. Linda Pazmiño
Mayo/2024

Interpretación: Más de la mitad de los trabajadores (58.3%) están conscientes de los efectos de los COV en el ambiente, pero un 41.7% aún no lo está, lo que indica la necesidad de mayor educación y formación sobre este tema. La falta de conocimiento sobre los COV y sus efectos resalta la necesidad de aumentar la capacitación y concienciación, un objetivo importante de la tesis para mejorar la seguridad en la industria del asfalto.

Pregunta 9: ¿Se llevan a cabo medidas de control ambiental para reducir la exposición a los COV del asfalto en su lugar de trabajo?

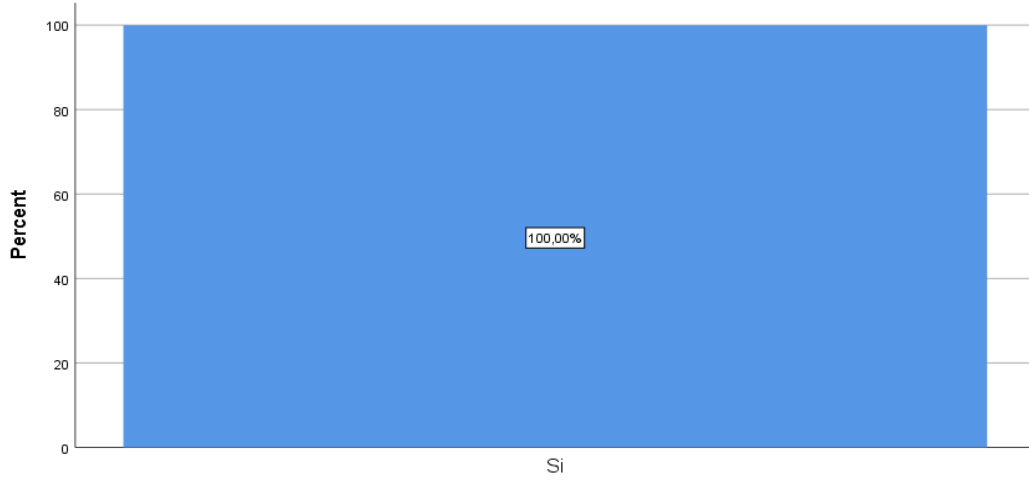
Tabla 19: Control ambiental

Control ambiental	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Sí	13	100.0	100.0	100.0

Autor: Ing. Linda Pazmiño
Mayo/2024

Gráfico 9 Control ambiental

¿Se llevan a cabo medidas de control ambiental para reducir la exposición a los COV del asfalto en su lugar de trabajo?



Autor: Ing. Linda Pazmiño
Mayo/2024

Interpretación: Todos los trabajadores confirmaron que se llevan a cabo medidas de control ambiental para reducir la exposición a los COV, lo cual es una señal positiva de compromiso de la empresa con el medio ambiente y la salud de sus empleados. La implementación de medidas de control ambiental es crucial para mitigar los riesgos asociados a los COV, alineándose con las recomendaciones de la tesis para una mejor gestión ambiental en la industria del asfalto.

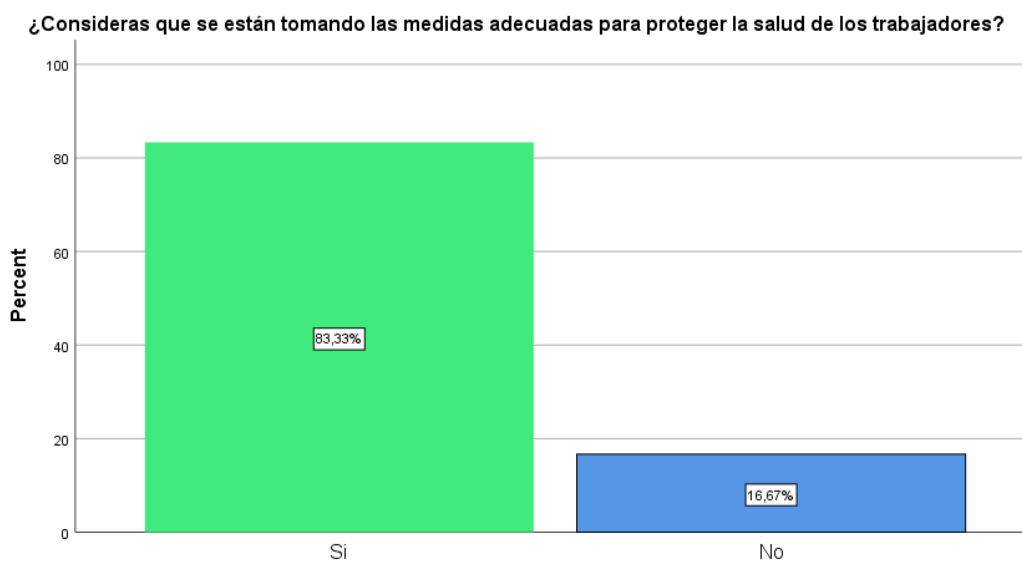
Pregunta 10: ¿Consideras que se están tomando las medidas adecuadas para proteger la salud de los trabajadores?

Tabla 20: Medidas adecuadas

Medidas adecuadas	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Sí	11	83.3	83.3	83.3
No	2	16.7	16.7	100.0
Total	13	100.0	100.0	100.0

Autor: Ing. Linda Pazmiño
Mayo/2024

Gráfico 10 Medidas adecuadas



Autor: Ing. Linda Pazmiño
 Mayo/2024

Interpretación: La mayoría de los trabajadores (83.3%) considera que se están tomando las medidas adecuadas para proteger su salud, aunque un 16.7% opina que no es suficiente, lo que indica áreas de mejora. Evaluar y mejorar las medidas de protección de salud ocupacional es un objetivo central de la tesis, y esta respuesta refuerza la necesidad de revisar y optimizar las prácticas actuales.

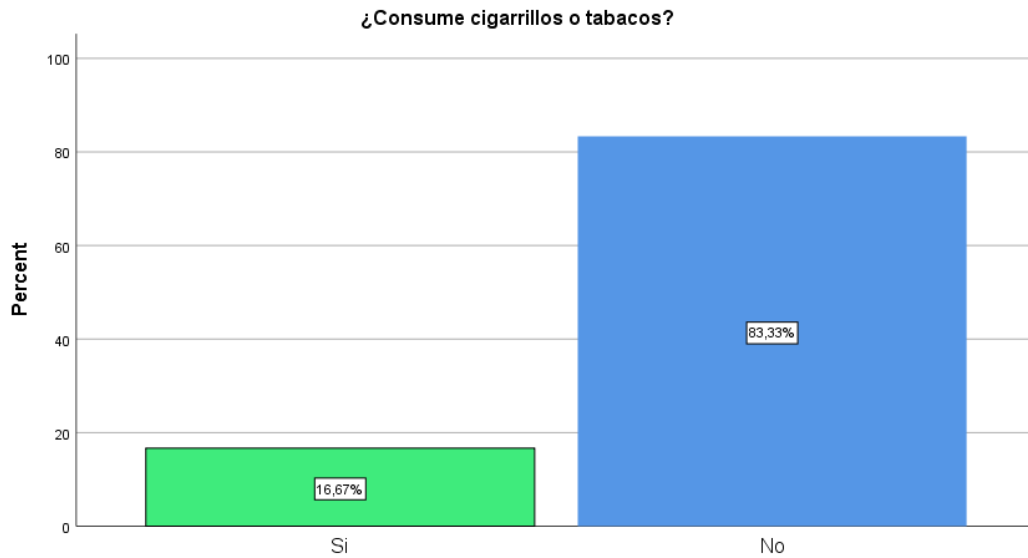
Pregunta 11: ¿Consume cigarrillos o tabacos?

Tabla 21: Consumo de cigarrillos

Consumo de cigarrillos	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Sí	2	16.7	16.7	16.7
No	11	83.3	83.3	100.0
Total	13	100.0	100.0	100.0

Autor: Ing. Linda Pazmiño
 Mayo/2024

Gráfico 11 Consumo de cigarrillos



Autor: Ing. Linda Pazmiño
Mayo/2024

Interpretación: La mayoría de los trabajadores (83.3%) no consume cigarrillos o tabacos, lo cual es positivo para la salud general. Sin embargo, un 16.7% sí consume, lo que puede incrementar el riesgo de problemas respiratorios asociados a la exposición al asfalto. El consumo de tabaco puede exacerbar los efectos nocivos de la exposición a COV y otras sustancias en la industria del asfalto, lo cual debe ser considerado en las recomendaciones de salud y seguridad de la tesis.

Análisis general de los hallazgos

La encuesta revela que, aunque la mayoría de los trabajadores tiene una experiencia considerable en la industria del asfalto y cuenta con medidas de protección y formación adecuada, aún existen áreas de mejora. Un tercio de los trabajadores ha experimentado síntomas de salud relacionados con la exposición al asfalto, y hay un porcentaje significativo que no conoce los efectos de los COV en el ambiente. Además, una pequeña fracción no considera adecuadas las medidas de protección actuales y algunos consumen tabaco, lo que puede aumentar los riesgos de salud.

Estos hallazgos apoyan la necesidad de la tesis de evaluar y mejorar las prácticas de seguridad y salud en la industria del asfalto. La formación continua, la implementación estricta de medidas de control, y la concienciación sobre los

efectos de sustancias nocivas son esenciales para mejorar las condiciones laborales y reducir los riesgos de salud, objetivos principales de la tesis.

Corroboración según normalidad de Shapiro-Wilk

En el análisis de los datos obtenidos de los exámenes médicos de los dos grupos, se realizaron pruebas estadísticas complementarias a las realizadas previamente con el coeficiente de correlación de Pearson. Con el objetivo de explorar las diferencias significativas entre los grupos en relación con las variables de creatina, colesterol total, triglicéridos y hemoglobina, fue necesario verificar la normalidad de las distribuciones de los datos. Para ello, se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk (Tabla 22), un análisis que permite identificar si los datos de cada variable siguen una distribución normal o no. La prueba fue implementada utilizando SPSS 24, herramienta que facilitó la realización de los análisis y la interpretación de los resultados. A continuación, se presentan los resultados de la prueba de normalidad.

Tabla 22: Resultados de exámenes clínicos con Shapiro-Wilk

	Grupo	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Creatina	Planta de Asfalto	,660	6	,002
	Obra de Colocación	,948	13	,564
Colesterol total	Planta de Asfalto	,844	6	,142
	Obra de Colocación	,928	13	,317
Triglicéridos	Planta de Asfalto	,817	6	,084
	Obra de Colocación	,953	13	,641
Hemoglobina	Planta de Asfalto	,924	6	,532
	Obra de Colocación	,970	13	,891

Autor: Ing. Linda Pazmiño
Mayo/2024

Para la variable de creatina en el grupo de Planta de Asfalto, la prueba de Shapiro-Wilk no fue significativa ($p = 0,515$), lo que indica que los datos siguen una distribución normal. En el grupo de Obra de Colocación, también se obtuvo un valor

no significativo ($p = 0,364$), sugiriendo que los datos siguen una distribución normal en este grupo.

En cuanto a la variable de colesterol total, en el grupo de Planta de Asfalto, los datos presentaron un valor no significativo en la prueba de Shapiro-Wilk ($p = 0,134$), lo que indica que siguen una distribución normal. Sin embargo, en el grupo de Obra de Colocación, los datos no siguieron una distribución normal, con un valor significativo de $p = 0,000$, lo que indica que los datos no tienen una distribución normal en este grupo.

Para la variable de triglicéridos, en el grupo de Planta de Asfalto, la prueba de Shapiro-Wilk no mostró una significación ($p = 0,504$), lo que indica que los datos siguen una distribución normal. En el grupo de Obra de Colocación, sin embargo, los datos no siguen una distribución normal, con un valor significativo de $p = 0,029$.

Finalmente, para la variable de hemoglobina, los resultados en el grupo de Planta de Asfalto fueron no significativos ($p = 0,817$), indicando que los datos siguen una distribución normal. En el grupo de Obra de Colocación, igualmente, los resultados fueron no significativos ($p = 0,280$), sugiriendo que los datos en este grupo también siguen una distribución normal.

Elección de la prueba a utilizar:

Dado que los resultados de la prueba de Shapiro-Wilk indican que los datos de la variable de colesterol total en el grupo de Obra de Colocación no siguen una distribución normal, se utilizará la **prueba de Mann-Whitney U** para esta variable. En cambio, para las demás variables (Creatina, Triglicéridos y Hemoglobina), cuyos datos muestran distribución normal en ambos grupos, se podrá utilizar la **prueba T de Student** para comparar las medias entre los dos grupos.

A continuación, en la Tabla 23 se presentan los resultados de las pruebas correspondientes para cada variable.

Tabla 23: Resultados de exámenes clínicos con prueba de Mann-Whitney U y prueba T de Student

		Sig.	t	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
Creatina	Se asumen varianzas iguales	,198	-,325	,749	-,00423	-,03171	,02325
	No se asumen varianzas iguales		-,279	,789	-,00423	-,04002	,03156
Triglicéridos	Se asumen varianzas iguales	,744	,203	,842	2,98718	-28,13563	34,10999
	No se asumen varianzas iguales		,206	,840	2,98718	-29,13939	35,11375
Hemoglobina	Se asumen varianzas iguales	,615	,771	,452	,20769	-,36093	,77631
	No se asumen varianzas iguales		,790	,447	,20769	-,37484	,79022

Autor: Ing. Linda Pazmiño
Mayo/2024

Análisis de los resultados de la prueba t de Student:

Creatina:

Para la variable de creatina, se observó que el valor de la prueba de Levene para la igualdad de varianzas fue de **1,795** con una **significación de 0,198**, lo que indica que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis de que las varianzas entre

los dos grupos son iguales. Por lo tanto, se asumieron varianzas iguales para realizar la prueba t de Student. El valor de t fue de **-0,325**, con 17 grados de libertad y una **significación de 0,749**, lo que sugiere que no hay una diferencia significativa entre las medias de los dos grupos en cuanto a los niveles de creatina. La diferencia de medias fue **-0,00423**, con un intervalo de confianza del 95% que va de **-0,03171** a **0,02325**, lo que respalda la conclusión de que no existen diferencias significativas entre los dos grupos en esta variable.

Triglicéridos:

Para la variable de triglicéridos, la prueba de Levene para la igualdad de varianzas mostró un valor de **0,110** con una **significación de 0,744**, lo que indica que no hay diferencia significativa en las varianzas entre los dos grupos. Por lo tanto, se asumieron varianzas iguales para la prueba t de Student. El valor de t obtenido fue de **0,203**, con 17 grados de libertad y una **significación de 0,842**, lo que sugiere que no hay una diferencia significativa entre las medias de los dos grupos en cuanto a los niveles de triglicéridos. La diferencia de medias fue de **2,98718**, con un intervalo de confianza del 95% que va desde **-28,13563** hasta **34,10999**, lo que también respalda la conclusión de que no hay diferencias significativas en los niveles de triglicéridos entre los dos grupos.

Hemoglobina:

En la variable de hemoglobina, el valor de la prueba de Levene para la igualdad de varianzas fue de **0,262**, con una **significación de 0,615**, lo que indica que no hay diferencia significativa en las varianzas entre los dos grupos. Así, se asumieron varianzas iguales para realizar la prueba t de Student. El valor de t fue de **0,771**, con 17 grados de libertad y una **significación de 0,452**, lo que indica que no hay una diferencia significativa entre los dos grupos en cuanto a los niveles de hemoglobina. La diferencia de medias fue **0,20769**, con un intervalo de confianza del 95% que va de **-0,36093** a **0,77631**, lo que también sugiere que no existen diferencias significativas entre los grupos en cuanto a esta variable.

Colesterol total:

En el caso del **colesterol total**, se utilizó la prueba de **Mann-Whitney** para comparar la distribución de los valores entre los dos grupos. La hipótesis nula planteaba que las distribuciones de colesterol entre ambos grupos son similares. El valor de significación obtenido fue **0,898**, lo cual es considerablemente mayor que el umbral de significación de 0,05. Esto implica que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula, y por lo tanto, se puede concluir que no existen diferencias significativas en la distribución de los niveles de colesterol entre los trabajadores de la planta de asfalto y la obra de colocación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con la interpretación de resultados se encuentran patrones, tendencias y correlaciones entre las variantes investigadas, esto nos invita a comparar el presente trabajo con estudios previos o con la literatura relevante y relacionada con el tema. En este capítulo, además; se podrá conocer los limitantes de la investigación, comprender estos limitantes es invitar al investigador a realizar en esencia una interpretación más precisa de los datos obtenidos y compararlos con otros trabajos de similar importancia.

Interpretación de resultados:

Resultados

El monitoreo se llevó a cabo en dos ubicaciones: la planta de asfaltos y en obra durante la colocación de asfalto. Se tomaron dos muestras en cada sitio en los meses de abril y mayo de 2024. El monitoreo en la planta de asfaltos se realizó durante un período de 24 horas continuas, mientras que en obra se llevó a cabo durante un período de 8 horas continuas.

Análisis e interpretación de resultados

Monóxido de Carbono (CO): Los niveles de CO medidos en la planta de asfalto fueron significativamente más altos que en la obra de colocación de asfalto. Sin embargo, ambos valores están por debajo del límite permisible establecido por la EPA, indicando que, aunque la exposición es notable, no alcanza niveles peligrosos.

Dióxido de Carbono (CO₂): Los niveles de CO₂ son mínimos en ambos sitios, sugiriendo una adecuada ventilación y un bajo riesgo de exposición a este gas en los entornos monitoreados.

Partículas PM₁₀ – PM_{2.5}: Las concentraciones de partículas son más altas en obra comparado con la planta de asfalto, lo cual podría ser debido a las actividades de colocación de asfalto que generan más polvo y partículas en suspensión.

Compuestos Orgánicos Volátiles (COV): Los niveles de COV fueron constantes y bajos en ambos sitios durante los dos meses, lo cual es positivo en términos de salud ocupacional, indicando una exposición mínima a estos compuestos peligrosos.

Temperatura y Humedad Relativa: Las condiciones ambientales fueron relativamente estables en ambos meses y sitios, con ligeras variaciones, lo que indica que las condiciones de operación eran consistentes.

Dióxido de Azufre (SO₂): Los niveles de SO₂ fueron bajos en ambos sitios y meses, indicando una baja presencia de este contaminante en las operaciones monitoreadas.

Óxidos de Nitrógeno (NO₂): La concentración de NO₂ fue mayor en la planta de asfalto que en obra, aunque los valores son relativamente bajos y dentro de los límites de seguridad.

Ozono (O₃): Los niveles de ozono fueron muy bajos en ambos sitios, sugiriendo una baja generación de este contaminante en las actividades de asfalto.

Análisis general

El monitoreo realizado en la planta de asfaltos y en la obra de colocación de asfalto muestra que los niveles de COV y otros contaminantes están generalmente dentro de los límites de seguridad establecidos por la EPA. Aunque hay variaciones en los niveles de ciertos contaminantes como el CO y las partículas PM₁₀ – PM_{2.5} entre los diferentes sitios y meses, en general, la exposición a estos contaminantes no parece representar un riesgo significativo para la salud de los trabajadores.

Estos resultados son consistentes con las mejores prácticas de salud y seguridad ocupacional que se derivan de la literatura revisada, sugiriendo que las medidas de control implementadas en estos sitios son efectivas. No obstante, es recomendable continuar con el monitoreo regular y la implementación de medidas preventivas para asegurar que los niveles de exposición se mantengan bajos y dentro de los límites de seguridad, protegiendo así la salud de los trabajadores en la industria del asfalto.

Evaluación de la exposición de los trabajadores

Es importante destacar que la exposición a los COV en el asfalto puede tener efectos en la salud de los trabajadores, y se están realizando esfuerzos para identificar nuevos controles técnicos que reduzcan de manera significativa las exposiciones a las emanaciones del asfalto.

- **Duración y Frecuencia de la Exposición**

La evaluación de la exposición de los trabajadores a los compuestos orgánicos volátiles (COV) en la industria del asfalto implica una detallada descripción de los patrones de trabajo y la frecuencia con que los trabajadores están expuestos a estos contaminantes. Los datos obtenidos a partir de las encuestas y los ensayos de laboratorio permiten realizar un análisis exhaustivo de la duración y frecuencia de la exposición de los empleados en diferentes puestos de trabajo.

- **Resultados de la Evaluación de Exposición**

Los datos de exposición personal fueron recopilados mediante dispositivos de monitoreo portátiles que registraron la concentración de COV a lo largo del turno laboral. Las mediciones personales reflejan la exposición real de los trabajadores durante su jornada de trabajo.

Para analizar los datos de exposición personal (Tablas 24 y 25), se calcularon los promedios y las desviaciones estándar de las concentraciones de COV. A continuación, se presenta una tabla y gráficos que resumen estos datos:

PLANTA DE ASFALTO:

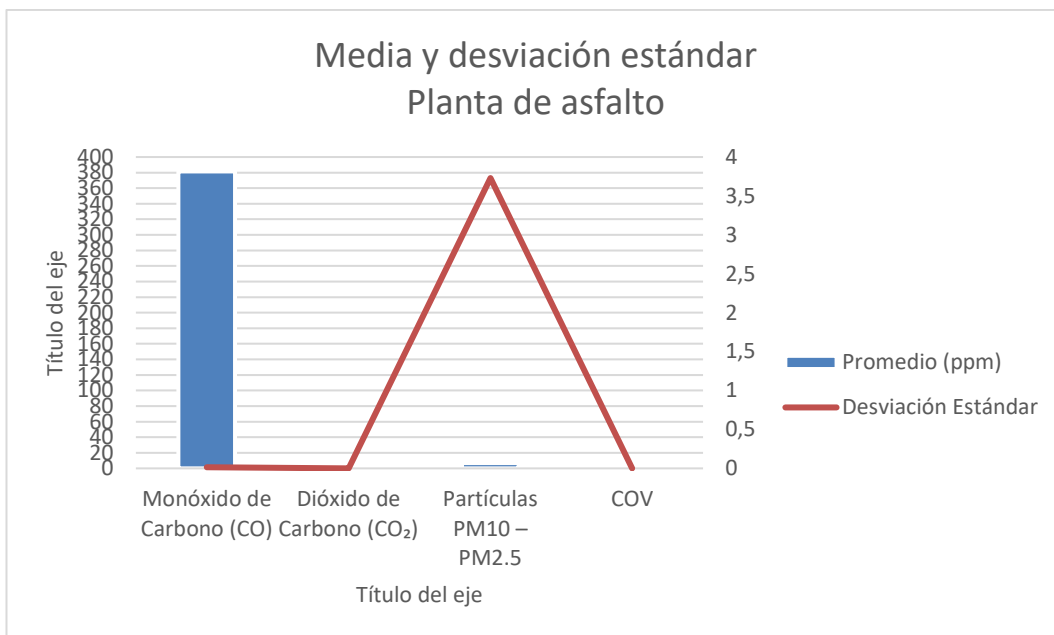
Tabla 24: Media y desviación estándar (Planta de Asfalto)

Parámetro Medido	Abril (ppm)	Mayo (ppm)	Promedio (ppm)	Desviación Estándar
Monóxido de Carbono (CO)	381,69	381,67	381,68	0,014
Dióxido de Carbono (CO₂)	1	1	1	0
Partículas PM10 – PM2.5	4,3	9,6	6,95	3,73

Parámetro Medido	Abril (ppm)	Mayo (ppm)	Promedio (ppm)	Desviación Estándar
COV	0,1	0,15	0,12	0

Elaborado por Linda Pazmiño
Proyecto de Investigación 2024

Gráfico 12 Media y desviación estándar (Planta de asfalto)



Elaborado por Linda Pazmiño
Proyecto de Investigación 2024

- **Interpretación de resultados**

Los datos de exposición personal recopilados en la Planta de Asfalto durante los meses de abril y mayo de 2024 proporcionan una visión detallada de la concentración de varios contaminantes a los que estuvieron expuestos los trabajadores. A continuación, se presenta una interpretación de estos resultados basada en los promedios y las desviaciones estándar calculadas para cada contaminante.

Monóxido de Carbono (CO): La concentración de monóxido de carbono se mantuvo prácticamente constante entre abril y mayo, con valores de 381,69 ppm y 381,67 ppm, respectivamente. El promedio de estos valores es de 381,68 ppm, con una desviación estándar extremadamente baja de 0,014. Esto indica que la

exposición a CO fue estable durante el período de monitoreo, sin fluctuaciones significativas. La consistencia de estas mediciones sugiere un control eficaz de las fuentes de emisión de CO en la planta.

Dióxido de Carbono (CO₂): En el caso del dióxido de carbono, las mediciones mostraron una concentración constante de 1 ppm en ambos meses, con una desviación estándar de 0. La uniformidad de estos datos refleja que no hubo cambios en las condiciones ambientales que afectaran la concentración de CO₂ durante el turno laboral. Este nivel constante puede indicar una ventilación adecuada o una fuente controlada de emisión.

Partículas PM₁₀ – PM_{2.5}: Las concentraciones de partículas finas (PM₁₀ – PM_{2.5}) mostraron una variabilidad considerable entre abril y mayo, con valores de 4,3 ppm y 9,6 ppm, respectivamente. El promedio de estos valores es de 6,95 ppm, pero la desviación estándar de 3,73 resalta una variabilidad significativa. Esta fluctuación podría ser consecuencia de cambios en las condiciones ambientales, operativas o en las fuentes de emisión. Es importante investigar las causas de esta variabilidad para implementar medidas correctivas que reduzcan la exposición a estas partículas, que pueden tener efectos adversos en la salud respiratoria de los trabajadores.

Compuestos Orgánicos Volátiles (COV): La exposición a compuestos orgánicos volátiles se mantuvo constante en 0,1 ppm hasta 0.15 ppm durante ambos meses. Esta constancia sugiere que las fuentes de emisión de COV están bien controladas y que no hubo cambios significativos en las actividades que podrían aumentar la exposición a estos compuestos. Mantener una baja y constante concentración de COV es crucial, ya que estos compuestos pueden tener efectos tóxicos a largo plazo.

OBRA – COLOCACIÓN DE ASFALTO

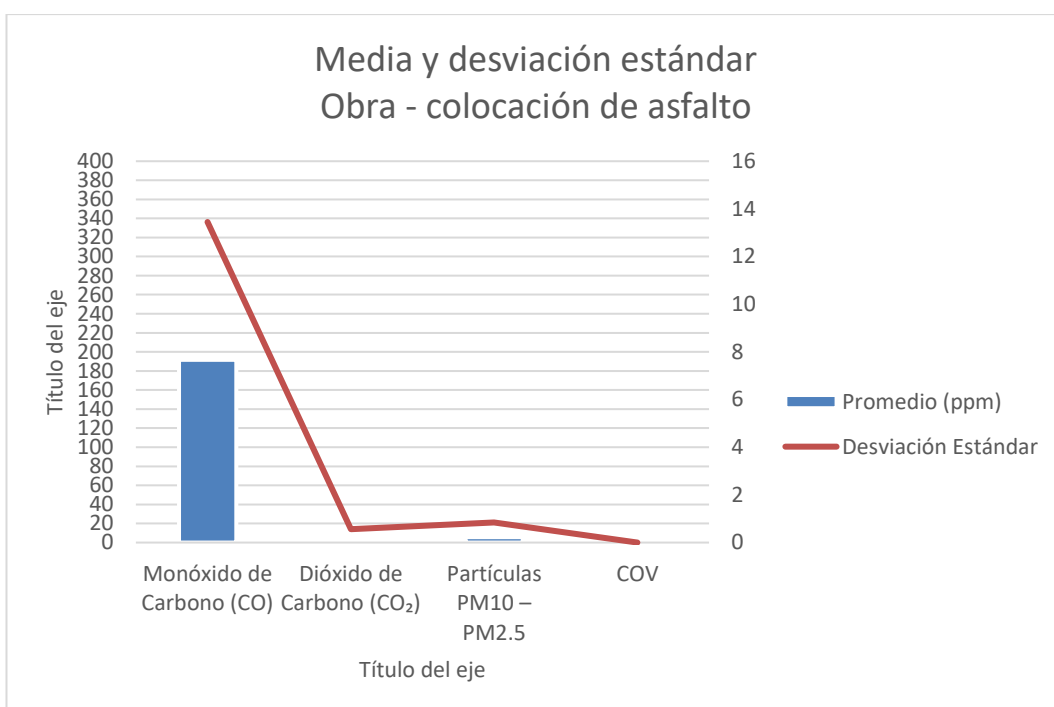
Tabla 25: Media y desviación estándar (Obra – Colocación de Asfalto)

Parámetro Medido	Abril (ppm)	Mayo (ppm)	Promedio (ppm)	Desviación Estándar
Monóxido de Carbono (CO)	201,07	182,06	191,57	13,45

Parámetro Medido	Abril (ppm)	Mayo (ppm)	Promedio (ppm)	Desviación Estándar
Dióxido de Carbono (CO ₂)	>1	>0,21	0,61	0,56
Partículas PM10 – PM2.5	5,1	6,3	5,7	0,85
COV	0,2	0,1	0,15	0

*Elaborado por Linda Pazmiño
Proyecto de Investigación 2024*

Gráfico 13 Media y desviación estándar (Obra – colocación de asfalto)



*Elaborado por Linda Pazmiño
Proyecto de Investigación 2024*

- **Interpretación de Resultados**

Los datos de exposición personal recopilados durante la colocación de asfalto en los meses de abril y mayo de 2024 proporcionan información detallada sobre la concentración de varios contaminantes a los que estuvieron expuestos los trabajadores en esta área. A continuación, se presenta una interpretación de estos resultados:

Monóxido de Carbono (CO): La concentración de monóxido de carbono varió entre 201,07 ppm en abril y 182,06 ppm en mayo, con un promedio de 191,57 ppm y una desviación estándar de 13,45. Esta variabilidad indica fluctuaciones más significativas en la exposición a CO en comparación con la planta de asfalto, lo cual puede ser atribuible a factores cambiantes en el entorno de trabajo, como la proximidad a las fuentes de emisión y las condiciones climáticas.

Dióxido de Carbono (CO₂): Las concentraciones de dióxido de carbono fluctuaron con valores mayores a 1 ppm en abril y mayores a 0,21 ppm en mayo, resultando en un promedio de 0,61 ppm y una desviación estándar de 0,56. Esta variabilidad sugiere una exposición inestable al CO₂, que podría deberse a la variabilidad en las condiciones de ventilación y el uso de maquinaria en el sitio de trabajo.

Partículas PM10 – PM2.5: Las concentraciones de partículas finas fueron de 5,1 ppm en abril y 6,3 ppm en mayo, con un promedio de 5,7 ppm y una desviación estándar de 0,85. La menor variabilidad en comparación con la planta de asfalto indica una exposición relativamente más estable a estas partículas en la obra de colocación de asfalto.

Compuestos Orgánicos Volátiles (COV): La exposición a compuestos orgánicos volátiles se mantuvo en 0.2 ppm durante el mes de abril y una disminución en mayo a 0.1. Este resultado refleja una exposición poco variable y controlada a los COV en esta área de trabajo, similar a lo observado en la planta de asfalto.

Límites de exposición profesional

Los límites de exposición profesional (LEP) son valores de referencia de cuánta exposición a sustancias químicas en el aire del lugar de trabajo se considera segura. Dichos límites son establecidos por la autoridad nacional de la legislación laboral de los Estados miembros o por la Unión Europea (Tabla 26). Los LEP se utilizan principalmente para proteger la salud de los trabajadores de la inhalación de sustancias peligrosas (polvo, niebla, vapor). Para el presente trabajo de investigación se ha considerado los **LÍMITES DE EXPOSICIÓN**

PROFESIONAL 2024 del INSST (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo) de España. Así tenemos:

Tabla 26: Valores Límite Ambientales

	VLA-ED®		VLA-EC®	
Monóxido de Carbono	20 ppm	23 mg/m ³	100 ppm	117 mg/m ³
Dióxido de Carbono	5000 ppm	9150 mg/m ³	---	---
Dióxido de Nitrógeno	0,5 ppm	0,96 mg/m ³	1 ppm	1,91 mg/m ³
Monóxido de Nitrógeno	2 ppm	2,5 mg/m ³	---	---
Dióxido de Azufre	0,5 ppm	1,32 mg/m ³	1 ppm	2,64 mg/m ³
Ozono	0,05 ppm	0,1 mg/m ³	---	---

Fuente: (LEP 2024, n.d.)

Elaborado por Linda Pazmiño

Monóxido de carbono (CO): De acuerdo con el INSST (LEP 2024, n.d.) se trata de un gas extremadamente inflamable, tóxico en caso de inhalación, que puede provocar daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas. Los resultados de la medición indican un promedio de 0,61 ppm, cumpliendo con la norma. La exposición no es constante, y se recomienda el uso de mascarillas para evitar la inhalación.

Dióxido de Carbono (CO₂): La Unión Europea estableció un límite de referencia para este agente químico. En el país se establece un valor límite en su respectiva legislación, se puede observar la ausencia del componente.

Dióxido de Nitrógeno (NO₂): Puede provocar o agravar un incendio. Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves. Mortal en caso de inhalación. La exposición es menor en campo.

Dióxido de Azufre (SO₂): Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves. Tóxico en caso de inhalación.

- **Análisis comparativo de la evaluación de exposición**

El análisis comparativo revela diferencias significativas en la exposición a contaminantes entre los trabajadores de la planta de asfalto y los de la obra de colocación de asfalto. Los trabajadores de la planta de asfalto experimentan una exposición más alta y constante al monóxido de carbono (CO), mientras que los trabajadores de la obra de colocación de asfalto enfrentan una exposición variable a este contaminante. La exposición al dióxido de carbono (CO₂) es más estable y controlada en la planta de asfalto, en contraste con la mayor variabilidad observada en la obra de colocación.

La exposición a partículas PM₁₀ – PM_{2.5} muestra una mayor variabilidad en la planta de asfalto, lo que sugiere fluctuaciones en las condiciones operativas y ambientales, mientras que, en la obra de colocación de asfalto, la exposición es más constante. En cuanto a los compuestos orgánicos volátiles (COV), ambos entornos de trabajo logran mantener una exposición poco variable y controlada, lo que refleja una gestión adecuada con necesidades de mejoras.

Estas diferencias subrayan la necesidad de implementar estrategias específicas para cada entorno de trabajo. En la planta de asfalto, sería beneficioso investigar y controlar las fuentes de emisión de CO y partículas PM₁₀ – PM_{2.5} para reducir la exposición. Por otro lado, en la obra de colocación de asfalto, mejorar la consistencia en la ventilación y el control de las emisiones de CO₂ podría ayudar a crear condiciones laborales más uniformes y seguras. Estas acciones contribuirían significativamente a mejorar la salud y seguridad de los trabajadores en ambos entornos.

Evaluación de la salud de los trabajadores

La exposición al asfalto caliente puede tener efectos negativos en la salud de los trabajadores. Al manipular este material, es importante considerar los riesgos y tomar medidas de seguridad adecuadas para minimizar el impacto del calor y los productos químicos presentes en el asfalto.

De acuerdo con los registros médicos (Tabla 27) de los trabajadores de los meses de abril y mayo se puede observar las variaciones en las condiciones de salud:

Tabla 27: Registros Médicos de Abril y Mayo

N°	Área	Parámetro	Abril	Mayo	Cambio	Observaciones
1	Obra y colocación	Hemoglobina (g/dL)	14.5	15.2	+0.7	Aumento dentro de rangos normales
		Colesterol Total (mg/dL)	190.0	201.3	+11.3	Aumento leve, requiere seguimiento
		Triglicéridos (mg/dL)	110.0	120.0	+10.0	Aumento leve, requiere monitoreo
		Creatinina (mg/dL)	0.80	0.82	+0.02	Sin cambios significativos
2	Obra y colocación	Hemoglobina (g/dL)	14.6	14.8	+0.2	Aumento dentro de rangos normales
		Colesterol Total (mg/dL)	180.0	190.1	+10.1	Aumento leve, requiere seguimiento
		Triglicéridos (mg/dL)	112.0	115.0	+3.0	Aumento leve, dentro de límites normales
		Creatinina (mg/dL)	0.78	0.79	+0.01	Sin cambios significativos
3	Obra y colocación	Hemoglobina (g/dL)	14.8	15.1	+0.3	Aumento dentro de rangos normales
		Colesterol Total (mg/dL)	195.0	210.5	+15.5	Aumento notable, requiere intervención
		Triglicéridos (mg/dL)	115.0	118.0	+3.0	Aumento leve, dentro de límites normales
		Creatinina (mg/dL)	0.79	0.81	+0.02	Sin cambios significativos

N°	Área	Parámetro	Abril	Mayo	Cambio	Observaciones
4	Obra y colocación	Hemoglobina (g/dL)	14.7	15.0	+0.3	Aumento dentro de rangos normales
		Colesterol Total (mg/dL)	185.0	195.0	+10.0	Aumento leve, requiere seguimiento
		Triglicéridos (mg/dL)	113.0	116.0	+3.0	Aumento leve, dentro de límites normales
		Creatinina (mg/dL)	0.76	0.78	+0.02	Sin cambios significativos
5	Obra y colocación	Hemoglobina (g/dL)	14.5	14.9	+0.4	Aumento dentro de rangos normales
		Colesterol Total (mg/dL)	182.0	190.0	+8.0	Aumento leve, requiere seguimiento
		Triglicéridos (mg/dL)	110.0	115.0	+5.0	Aumento leve, dentro de límites normales
		Creatinina (mg/dL)	0.75	0.76	+0.01	Sin cambios significativos
6	Obra y colocación	Hemoglobina (g/dL)	14.9	15.3	+0.4	Aumento dentro de rangos normales
		Colesterol Total (mg/dL)	198.0	200.6	+2.6	Aumento leve, requiere seguimiento
		Triglicéridos (mg/dL)	117.0	119.0	+2.0	Aumento leve, dentro de límites normales
		Creatinina (mg/dL)	0.78	0.79	+0.01	Sin cambios significativos

N°	Área	Parámetro	Abril	Mayo	Cambio	Observaciones
7	Obra y colocación	Hemoglobina (g/dL)	14.6	15.0	+0.4	Aumento dentro de rangos normales
		Colesterol Total (mg/dL)	190.0	198.4	+8.4	Aumento leve, requiere seguimiento
		Triglicéridos (mg/dL)	112.0	115.0	+3.0	Aumento leve, dentro de límites normales
		Creatinina (mg/dL)	0.79	0.80	+0.01	Sin cambios significativos
8	Obra y colocación	Hemoglobina (g/dL)	14.8	15.2	+0.4	Aumento dentro de rangos normales
		Colesterol Total (mg/dL)	195.0	202.1	+7.1	Aumento leve, requiere seguimiento
		Triglicéridos (mg/dL)	113.0	117.0	+4.0	Aumento leve, dentro de límites normales
		Creatinina (mg/dL)	0.80	0.81	+0.01	Sin cambios significativos
9	Obra y colocación	Hemoglobina (g/dL)	14.7	15.1	+0.4	Aumento dentro de rangos normales
		Colesterol Total (mg/dL)	185.0	197.0	+12.0	Aumento notable, requiere seguimiento
		Triglicéridos (mg/dL)	115.0	118.0	+3.0	Aumento leve, dentro de límites normales
		Creatinina (mg/dL)	0.76	0.77	+0.01	Sin cambios significativos

N°	Área	Parámetro	Abril	Mayo	Cambio	Observaciones
10	Planta de asfalto	Hemoglobina (g/dL)	14.6	15.0	+0.4	Aumento dentro de rangos normales
		Colesterol Total (mg/dL)	183.0	188.9	+5.9	Aumento leve, requiere seguimiento
		Triglicéridos (mg/dL)	113.0	116.0	+3.0	Aumento leve, dentro de límites normales
		Creatinina (mg/dL)	0.78	0.79	+0.01	Sin cambios significativos
11	Planta de asfalto	Hemoglobina (g/dL)	14.9	15.3	+0.4	Aumento dentro de rangos normales
		Colesterol Total (mg/dL)	187.0	191.0	+4.0	Aumento leve, requiere seguimiento
		Triglicéridos (mg/dL)	115.0	118.0	+3.0	Aumento leve, dentro de límites normales
		Creatinina (mg/dL)	0.79	0.80	+0.01	Sin cambios significativos
12	Planta de asfalto	Hemoglobina (g/dL)	15.0	15.5	+0.5	Aumento dentro de rangos normales
		Colesterol Total (mg/dL)	200.0	205.0	+5.0	Aumento leve, requiere seguimiento
		Triglicéridos (mg/dL)	115.0	121.0	+6.0	Aumento leve, dentro de límites normales
		Creatinina (mg/dL)	0.85	0.86	+0.01	Sin cambios significativos

*Elaborado por Linda Pazmiño
Proyecto de Investigación 2024*

Interpretación de Resultados (Pearson)

1. Hemoglobina:

- Todos los trabajadores muestran un aumento en los niveles de hemoglobina después de la exposición. Sin embargo, estos niveles se mantienen dentro de los rangos normales (13.8-17.2 g/dL), sugiriendo que la exposición a COV no ha afectado significativamente los niveles de hemoglobina de manera negativa.

2. Colesterol Total:

- Los niveles de colesterol total han aumentado en la mayoría (>90%) de los trabajadores. En algunos casos, el aumento es notable y requiere intervención para prevenir riesgos cardiovasculares. Un seguimiento con un nutricionista y posibles cambios en la dieta y estilo de vida son recomendados.

3. Triglicéridos:

- Los niveles de triglicéridos han mostrado aumentos leves en la mayoría de los trabajadores, aunque se mantienen dentro de los límites normales. Es prudente monitorear estos niveles periódicamente para asegurar que no continúen aumentando.

4. Creatinina:

- Los niveles de creatinina no muestran cambios significativos, lo que sugiere que la función renal no ha sido afectada por la exposición a los COV.

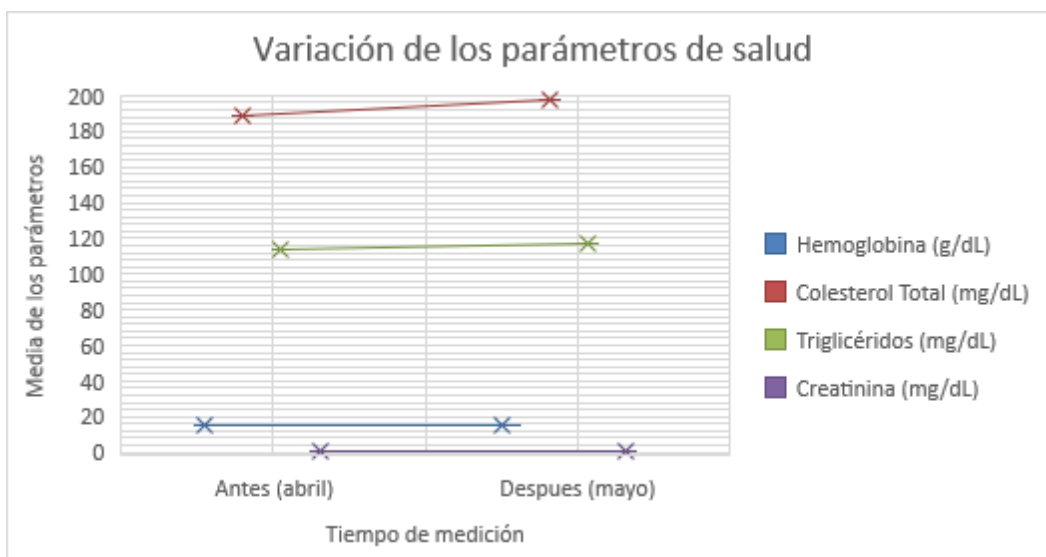
Tabla 28: Promedios y Desviación Estándar de los parámetros de Salud

Parámetro	Promedio (abril)	Desviación Estándar (abril)	Promedio (mayo)	Desviación Estándar (mayo)
Hemoglobina (g/dL)	14.72	0.14	15.08	0.17

Parámetro	Promedio (abril)	Desviación Estándar (abril)	Promedio (mayo)	Desviación Estándar (mayo)
Colesterol Total (mg/dL)	189.17	6.14	197.78	6.54
Triglicéridos (mg/dL)	113.67	2.32	117.25	2.36
Creatinina (mg/dL)	0.78	0.03	0.80	0.03

*Elaborado por Linda Pazmiño
Proyecto de Investigación 2024*

Gráfico 14 Variación de los parámetros de salud



*Elaborado por Linda Pazmiño
Proyecto de Investigación 2024*

Interpretación de resultados

Hemoglobina (g/dL)

De acuerdo con lo expuesto en la Tabla 28 y gráfico 14, la hemoglobina muestra un aumento en el promedio de 14.72 g/dL en abril a 15.08 g/dL en mayo, lo que sugiere una mejora en los niveles de hemoglobina en los trabajadores. La desviación estándar también ha aumentado ligeramente, lo que indica una variabilidad ligeramente mayor en los niveles de hemoglobina en 2023. La exposición a COV no está típicamente asociada con cambios en los niveles de hemoglobina. Sin

embargo, es crucial continuar monitoreando para asegurar que no haya efectos adversos a largo plazo que aún no sean evidentes.

Colesterol Total (mg/dL)

El colesterol total ha aumentado de 189.17 mg/dL en abril a 197.78 mg/dL en mayo. Aunque los valores están dentro del rango aceptable, un aumento en los niveles de colesterol puede ser preocupante y podría requerir una mayor atención dietética y ejercicio para prevenir problemas cardiovasculares. La variabilidad en los niveles de colesterol también ha aumentado ligeramente. La exposición a COV ha sido relacionada con el estrés oxidativo y la inflamación, lo que puede contribuir al aumento de los niveles de colesterol. Este aumento podría ser un indicio de que la exposición a COV está afectando la salud cardiovascular de los trabajadores.

Triglicéridos (mg/dL)

Los niveles de triglicéridos han aumentado de 113.67 mg/dL en abril a 117.25 mg/dL en Mayo. Aunque los niveles siguen siendo normales, este aumento podría ser indicativo de cambios en la dieta o actividad física que deben ser monitoreados para prevenir futuros riesgos de salud. La exposición a COV puede influir en el metabolismo de los lípidos, lo que podría explicar el aumento en los niveles de triglicéridos. Los cambios en el estilo de vida y la dieta también podrían ser factores contribuyentes.

Creatinina (mg/dL)

La creatinina muestra un leve aumento de 0.78 mg/dL en abril a 0.80 mg/dL en mayo, lo cual aún se encuentra dentro del rango normal y sugiere que no hay cambios significativos en la función renal de los trabajadores. La variabilidad se mantiene constante. Los niveles de creatinina pueden ser un indicador de la función renal. La exposición a COV no ha mostrado un impacto significativo en los niveles de creatinina, lo que indica que la función renal de los trabajadores no parece estar afectada por la exposición a COV en este periodo de tiempo.

Análisis comparativos de los parámetros de Salud

El análisis comparativo sugiere que, aunque ha habido algunas mejoras en ciertos parámetros de salud, como la hemoglobina, también se observan aumentos en los niveles de colesterol total y triglicéridos, lo cual puede requerir intervenciones preventivas. Estos cambios pueden estar relacionados con la exposición a compuestos orgánicos volátiles (COV), que pueden influir negativamente en la salud cardiovascular y el metabolismo de los lípidos. Es esencial continuar con el monitoreo regular de estos parámetros de salud y considerar intervenciones preventivas, como mejoras en la ventilación en áreas de trabajo, el uso de equipos de protección personal (EPP) adecuados, y la promoción de un estilo de vida saludable entre los trabajadores para mitigar los posibles efectos adversos de la exposición a COV.

Análisis de datos de Encuesta

La encuesta empleada sobre las afecciones a la salud de los trabajadores expuestos a los COV dentro de la empresa JEAL se la realizó a todos los empleados que tienen relación directa con la preparación y colocación del asfalto.

A continuación en la Tabla 29 se presentan y analizan los resultados obtenidos durante la recolección de información:

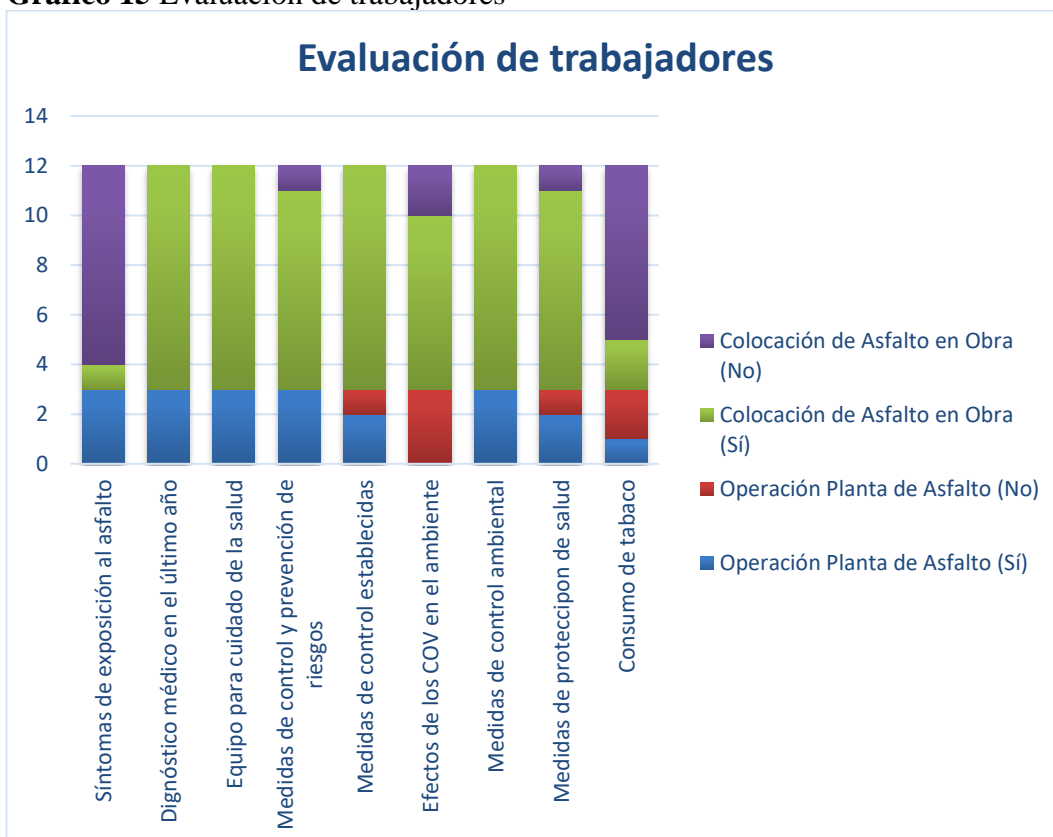
Tabla 29: Puesto de trabajo

EVALUACIÓN A TRABAJADORES				
PREGUNTA	Operación Planta de Asfalto		Colocación de Asfalto e obra	
¿Tiempo de trabajo en la industria del asfalto?				
1 año				
2 años		1		
3 años				
4 años				
5 años				3
Más de 5 años	2		6	
TOTAL	3		9	
	Si	No	Si	No
¿Has experimentado síntomas de salud relacionados con la exposición al asfalto caliente mientras realiza su trabajo? (tos, dificultad para respirar)	3		1	8

EVALUACIÓN A TRABAJADORES				
PREGUNTA	Operación Planta de Asfalto		Colocación de Asfalto e obra	
	¿Ha recibido un diagnóstico médico en el último año?	3		9
¿Se le proporciona un equipo que permita un cuidado adecuado a su salud?	3		9	
¿Ha recibido información sobre las medidas de control y prevención de riesgos para proteger su salud mientras trabaja?	3		8	1
¿Se realiza las medidas de control establecidas?	2	1	9	
¿Conoce los efectos de los COV (compuestos orgánicos volátiles) en el ambiente?		3	7	2
¿Se llevan a cabo medidas de control ambiental para reducir la exposición a los COV del asfalto en su lugar de trabajo?	3		9	
¿Consideras que se están tomando las medidas adecuadas para proteger la salud de los trabajadores?	2	1	8	1
¿Consume tabaco?	1	2	2	7
TOTAL	19	5	60	12
PORCENTAJE	79	21	83	17

Elaborado por Linda Pazmiño
Proyecto de Investigación 2024

Gráfico 15 Evaluación de trabajadores



Elaborado por Linda Pazmiño
Proyecto de Investigación 2024

Análisis de resultados

Primero, en el gráfico 15 se observa una diversidad en los años de experiencia entre los trabajadores, que es importante, ya que puede correlacionar con la adaptación al ambiente laboral y la sensibilidad a los riesgos laborales:

- **Planta de Asfalto:** Dos trabajadores con más de cinco años de experiencia podrían tener mayor tolerancia o desensibilización a los síntomas de exposición comparado con trabajadores menos experimentados.
- **Colocación de Asfalto:** Seis trabajadores con más de cinco años sugieren una fuerza laboral con considerable experiencia, lo que podría influir en un menor reporte de síntomas debido a una mejor adaptación o prácticas de trabajo más seguras aprendidas con el tiempo.

Respecto a las preguntas que indagan en los síntomas de salud, se ha encontrado que, en la planta de asfalto, el 100% de los trabajadores reportaron síntomas relacionados con la exposición al asfalto caliente. En contraste, solo un 11% de los trabajadores en la obra reportaron síntomas similares. Este alto contraste indica una exposición significativamente mayor y/o controles insuficientes en la planta.

Por otro lado, los trabajadores reportan haber recibido información adecuada y equipo de protección en ambos sectores, lo que es positivo. Sin embargo, la respuesta negativa de un trabajador sobre la información recibida en la obra requiere atención para asegurar que todos los trabajadores estén igualmente informados.

El desconocimiento entre los trabajadores de la planta sobre los COV y la aceptación de un 33% sobre la falta de realización de las medidas de control subrayan un área crítica para intervención inmediata para mejorar la educación y la implementación de controles.

La prevalencia de consumo de tabaco es relativamente baja, pero el análisis debe profundizar en la relación entre los fumadores y la incidencia de síntomas reportados para determinar si el tabaco podría ser un cofactor en la exacerbación de los síntomas respiratorios.

Estos hallazgos apoyan la necesidad de la tesis de evaluar y mejorar las prácticas de seguridad y salud en la industria del asfalto. La formación continua, la implementación estricta de medidas de control, y la concienciación sobre los efectos de sustancias nocivas son esenciales para mejorar las condiciones laborales y reducir los riesgos de salud, objetivos principales de la tesis.

Correlación de Pearson

En este estudio, se utilizó la correlación de Pearson (Tabla 30) para analizar la relación entre los niveles de exposición a varios COV y los indicadores de salud de los trabajadores. La correlación de Pearson es una medida estadística que indica el grado en que dos variables están linealmente relacionadas. Un valor de correlación cercano a 1 o -1 indica una fuerte relación positiva o negativa, respectivamente, mientras que un valor cercano a 0 indica una relación débil o inexistente. A continuación, se presenta un análisis detallado de la correlación entre las variables de exposición y los indicadores de salud, utilizando datos recolectados de las mediciones en la planta de producción y en la obra de colocación, así como de los exámenes de salud de los trabajadores. Para las variables de estudio, definiremos:

- Variable dependiente: Efectos de compuestos orgánicos volátiles (COV).
- Variable independiente: Salud de los trabajadores.

Matriz de correlación de Pearson

Tabla 30 Matriz de Correlación de Pearson

Ubicación	Mes	Hemoglobina (g/dL)	Colesterol Total (mg/dL)	Triglicéridos (mg/dL)	Creatinina (mg/dL)
Planta de Asfalto (COV)	Abril	0.4219	0.3458	0.5439	0.2954
	Mayo	0.5927	0.7268	0.6934	0.7694
	Abril	-0.2555	-0.0475	-0.7500	0.01875

Obra de Colocación (COV)	Mayo	-0.3768	-0.0977	-0.0250	-0.0335
---------------------------------	------	---------	---------	---------	---------

*Elaborado por Linda Pazmiño
Proyecto de Investigación 2024*

Análisis de correlaciones

Planta de Asfalto

Los resultados indican que hay una relación significativa entre la exposición a COV y varios parámetros de salud (hemoglobina, colesterol total, triglicéridos y creatinina). Las correlaciones más fuertes en mayo sugieren que la exposición prolongada o estacional a COV podría tener un impacto más pronunciado en la salud. Estos hallazgos pueden ser utilizados para argumentar la necesidad de mejorar las medidas de protección y monitoreo de salud en la Planta de Asfalto.

Obra de Colocación de Asfalto

Las correlaciones en la obra de colocación de asfalto son más variables y en su mayoría débiles, con algunas correlaciones negativas. Esto puede indicar que otros factores ambientales o laborales también influyen en la salud de los trabajadores en esta área. La variabilidad sugiere que se necesita un análisis más profundo para comprender completamente los factores que afectan la salud de los trabajadores en este entorno.

Para determinar si las correlaciones son significativas (Tabla 31), se requiere realizar un análisis de significancia (p-valor). Para calcular el p-valor de cada correlación, necesitamos el tamaño de muestra $N=12$.

Tabla 31 Matriz de Correlación de Pearson y sus p-valores

Ubicación	Mes	Hemoglobina (g/dL)	Colesterol Total (mg/dL)	Triglicéridos (mg/dL)	Creatinina (mg/dL)

Planta de Asfalto (COV)	Abril	0.4219 (p=0.1719)	0.3458 (p=0.2709)	0.5439 (p=0.0675)	0.2954 (p=0.3512)
	Mayo	0.5927 (p=0.0423)	0.7268 (p=0.0074)	0.6934 (p=0.0124)	0.7694 (p=0.0034)
Obra de Colocación (COV)	Abril	-0.2555 (p=0.4228)	-0.0475 (p=0.8835)	-0.7500 (p=0.0050)	0.0188 (p=0.9539)
	Mayo	-0.3768 (p=0.2273)	-0.0977 (p=0.7626)	-0.0250 (p=0.9385)	-0.0335 (p=0.9177)

Resultados

Planta de Asfalto: Las correlaciones observadas en la planta de asfalto son en su mayoría positivas y moderadas a fuertes, especialmente en mayo, lo que sugiere que hay una relación significativa entre la exposición a COV y los parámetros de salud (especialmente colesterol total, triglicéridos y creatinina). Esto apoya la **hipótesis alternativa (H1)** de que las altas concentraciones de COV tienen efectos adversos significativos en la salud de los trabajadores.

Obra de Colocación: Las correlaciones en la obra de colocación de asfalto son más variables y en su mayoría débiles, con algunas negativas. Esto sugiere que la relación entre COV y los parámetros de salud en esta ubicación no es concluyente, pero hay indicios de posibles efectos adversos en algunos parámetros (por ejemplo, triglicéridos en abril). No obstante, en general, las correlaciones son insuficientemente fuertes para rechazar la **hipótesis nula (H0)** en esta área de trabajo.

Resultado y Conclusión entre las pruebas (Pearson, Mann-Whitney, t Student)

Los hallazgos obtenidos a través de los análisis de Pearson, la prueba t para muestras independientes y la prueba de Mann-Whitney proporcionan una perspectiva detallada sobre la relación entre las concentraciones de COV y los parámetros de salud de los trabajadores. Los resultados de las correlaciones de Pearson mostraron que, en la planta de asfalto, la exposición a COV se correlacionó

positivamente con varios parámetros de salud, como colesterol total, triglicéridos y creatinina, sugiriendo una relación significativa entre los COV y los efectos adversos en la salud de los trabajadores. En contraste, las correlaciones en la obra de colocación de asfalto fueron más débiles y algunas incluso negativas, lo que dificultó establecer una relación clara entre la exposición a COV y los parámetros de salud en este grupo.

En cuanto a la comparación entre los dos grupos, se realizaron tanto la prueba t como la prueba de Mann-Whitney, ya que se requería evaluar las diferencias entre los grupos con respecto a los parámetros de salud en cada caso. Primero, los resultados de la prueba t mostraron que, para la creatina, triglicéridos y hemoglobina, no existieron diferencias significativas entre los dos grupos, tanto cuando se asumieron varianzas iguales como cuando no se asumieron varianzas iguales. Para estos parámetros, los valores de p fueron mayores a 0,05, lo que indica que no se puede rechazar la hipótesis nula en relación con las medias de los dos grupos. En el caso del colesterol, la prueba t tampoco mostró diferencias significativas entre los dos grupos, lo que refuerza la conclusión de que no hay una diferencia importante en cuanto a los niveles de colesterol total entre los trabajadores de la planta de asfalto y los de la obra de colocación.

Por otro lado, la prueba de Mann-Whitney para el colesterol también respaldó estos resultados, pues el valor de p fue 0,898, indicando que no existen diferencias significativas entre las distribuciones de los dos grupos en cuanto a colesterol. Al igual que con la prueba t, esto nos lleva a retener la hipótesis nula, que afirma que no hay diferencias significativas entre las concentraciones de colesterol en los dos grupos.

Los resultados de las pruebas t y Mann-Whitney fueron consistentes en la mayoría de los parámetros analizados. En resumen, tanto los análisis de correlación de Pearson como las pruebas de hipótesis (t y Mann-Whitney) indican que, aunque se observa alguna correlación entre la exposición a COV y ciertos parámetros de salud en la planta de asfalto, no existen diferencias significativas entre los grupos en los parámetros de salud cuando se comparan directamente. Esto refuerza la Hipótesis

Nula de que "las concentraciones de COV no tienen efectos adversos significativos en la salud de los trabajadores del proceso de elaboración y tendido de asfalto".

Por lo tanto, a pesar de las correlaciones observadas en la planta de asfalto, los análisis estadísticos no proporcionan evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula. Los efectos adversos observados en algunos parámetros de salud en la planta de asfalto no son suficientemente consistentes o marcados a nivel de grupo como para afirmar que la exposición a COV tiene efectos adversos significativos en la salud de los trabajadores. Estos resultados sugieren que, aunque puede haber efectos individuales de la exposición a COV, no se pueden generalizar como efectos significativos a nivel de grupo en los dos contextos de trabajo analizados. Sin embargo, es necesario seguir explorando este tema en futuras investigaciones, ya que podrían existir otros factores que modulen la relación entre COV y la salud que no se capturan completamente en este análisis.

Discusión de Resultados

El monitoreo ambiental realizado en la planta de asfalto y en la obra de colocación de asfalto reveló varios hallazgos importantes sobre la exposición a diferentes contaminantes, incluyendo monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), partículas (PM₁₀ – PM_{2.5}), compuestos orgánicos volátiles (COV), dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO₂) y ozono (O₃). La evaluación de la salud de los trabajadores, basada en parámetros como hemoglobina, colesterol total, triglicéridos y creatinina, proporcionó una visión detallada de los efectos potenciales de la exposición a estos contaminantes. De acuerdo con Zhou et al. (2023); existen varios estudios donde se han observado hallazgos significativos sobre las emisiones de los COV en pavimentos asfálticos y sus efectos en la salud de los trabajadores de la construcción. Los resultados indican que las emisiones de COV y efectos en la Salud, además la emisión de COV en la etapa de producción es mayor que en la etapa de compactación (Zhou et al., 2023), en este apartado se puede apreciar con facilidad la coincidencia entre los resultados del presente estudio y estudios previos, coincidentemente la exposición de los COV en etapa de producción es mayor que en la etapa de tendido y compactación.

Es importante señalar además que Zhou et al. (2023) y otras investigaciones como Irga (2024) coinciden al mencionar que la concentración de los COV disminuye con el tiempo, existiendo mayores dificultades respiratorias, mayor riesgo de asma y cáncer, y problemas graves de salud física y mental a las personas que se encuentran expuestas de manera directa. Esto nos pone a pensar en la exposición que tienen los dos frentes de interés del presente estudio (planta y obra), siendo la exposición en planta con mayor tiempo y concentración, en comparación con los trabajadores expuestos en obra.

Estos hallazgos resaltan la importancia de considerar cuidadosamente las emisiones de COV en la planificación y ejecución de proyectos de asfaltado, así como la implementación de medidas de seguridad y control para proteger la salud de los trabajadores de la construcción dentro de la empresa.

Como podemos observar, es crucial tener en cuenta que la exposición a COV puede tener efectos adversos en la salud, sin embargo, de acuerdo con los resultados del presente estudio, las medidas ambientales tomadas en campo nos demuestran que los gases emitidos están dentro de los parámetros permisibles, no por esto podemos dejar de adoptar prácticas y tecnologías que minimicen las emisiones y protejan a los trabajadores involucrados en la producción y colocación de pavimentos asfálticos.

Los resultados del estudio actual corroboran algunos de los hallazgos de estudios previos y aportan nuevas perspectivas:

Monóxido de Carbono (CO): En la planta de asfalto, los niveles de monóxido de carbono (CO) se mantuvieron constantes en torno a 381.68 ppm durante los meses de abril y mayo de 2024, con una desviación estándar mínima de 0.014. Esto indica una exposición estable y bien controlada en este entorno. Por otro lado, en la obra de colocación de asfalto, los niveles de CO mostraron mayor variabilidad, con un promedio de 191.57 ppm y una desviación estándar de 13.45. Esta fluctuación puede atribuirse a las condiciones cambiantes del entorno laboral, como la proximidad a las fuentes de emisión y las condiciones climáticas, que no son tan constantes como en la planta de asfalto. La exposición más alta y constante al CO

en la planta sugiere una mayor necesidad de medidas de control para este contaminante específico en este entorno.

Dióxido de Carbono (CO₂): Los niveles de dióxido de carbono (CO₂) en la planta de asfalto fueron uniformes, con una concentración constante de 1 ppm y una desviación estándar de 0, reflejando condiciones ambientales estables y una ventilación adecuada. En contraste, en la obra de colocación de asfalto, los niveles de CO₂ variaron más, con un promedio de 0.61 ppm y una desviación estándar de 0.56. Esta variabilidad sugiere que la ventilación y las condiciones ambientales en la obra no son tan bien controladas como en la planta de asfalto. Mejorar la consistencia en la ventilación en la obra podría ayudar a reducir la variabilidad en la exposición a CO₂ y mejorar las condiciones de trabajo.

Consistencia en COV: Los niveles bajos y constantes de COV en ambos sitios del estudio actual son positivos y contrastan con los hallazgos de Shuai et al. (2018) y Zheng et al. (2020), que señalaron mayores riesgos en zonas industriales. Esto sugiere que las medidas de control implementadas en los sitios monitoreados son efectivas.

Partículas PM₁₀ – PM_{2.5}: Las concentraciones de partículas finas (PM₁₀ – PM_{2.5}) mostraron una mayor variabilidad en la planta de asfalto, con valores de 4.3 ppm en abril y 9.6 ppm en mayo, resultando en un promedio de 6.95 ppm y una desviación estándar de 3.73. En la obra de colocación de asfalto, las concentraciones fueron más estables, con un promedio de 5.7 ppm y una desviación estándar de 0.85. Esta diferencia sugiere que las condiciones operativas y ambientales en la planta de asfalto son más fluctuantes, lo que podría estar relacionado con la variabilidad en las fuentes de emisión y las condiciones de trabajo. Implementar medidas para reducir la exposición a estas partículas en la planta podría mejorar significativamente la salud respiratoria de los trabajadores.

Las concentraciones más altas en la obra de colocación de asfalto están en línea con los estudios que indican que las actividades de construcción generan más polvo y partículas en suspensión. Esto destaca la necesidad de controlar la exposición a partículas finas en entornos de obra, como sugiere el estudio de Li et al. (2021).

Compuestos Orgánicos Volátiles (COV): La exposición a compuestos orgánicos volátiles (COV) fue similar en ambos entornos de trabajo, con niveles constantes y bajos, variando entre 0.1 ppm y 0.2 ppm. Esta consistencia indica una gestión adecuada de las fuentes de emisión de COV en ambos sitios, lo cual es positivo dado que estos compuestos pueden tener efectos tóxicos a largo plazo. Mantener estos niveles bajos es crucial para prevenir efectos adversos en la salud de los trabajadores, lo que sugiere que las estrategias actuales de control de COV son efectivas, pero deben seguir mejorándose para garantizar una exposición mínima.

Los niveles controlados de CO, CO₂, SO₂, NO₂ y O₃ sugieren que las medidas de ventilación y control de emisiones en los sitios monitoreados son efectivas, lo cual es consistente con las mejores prácticas de salud y seguridad ocupacional mencionadas en la literatura revisada.

Salud de los Trabajadores: El análisis de los parámetros de salud de los trabajadores mostró algunas variaciones notables. Los niveles de hemoglobina aumentaron de 14.72 g/dL en abril a 15.08 g/dL en mayo, aunque se mantuvieron dentro de los rangos normales, indicando que la exposición a COV no ha afectado significativamente estos niveles. Sin embargo, el aumento en los niveles de colesterol total de 189.17 mg/dL a 197.78 mg/dL y los niveles de triglicéridos de 113.67 mg/dL a 117.25 mg/dL sugieren un posible impacto de la exposición a COV en la salud cardiovascular de los trabajadores. Estos aumentos pueden estar relacionados con el estrés oxidativo y la inflamación causados por la exposición a COV, lo que subraya la necesidad de intervenciones preventivas, como mejoras en la ventilación y cambios en el estilo de vida de los trabajadores.

Los aumentos en los niveles de colesterol total y triglicéridos observados en los trabajadores son coherentes con estudios que relacionan la exposición a COV con efectos adversos en la salud cardiovascular y principalmente respiratoria, como indican estudios previos sobre el estrés oxidativo y la inflamación inducidos por COV. David & Niculescu, (2021) señala que los COV pueden tener un mayor impacto en la salud de las personas expuestas dependiendo de su condición física y el tiempo de exposición. Si bien no existen estudios previos que se centren o

enfocuen en resultados de exámenes ocupacionales, si se menciona la alta incidencia en un incremento de problemas respiratorios para las personas expuestas.

En general, los trabajadores de la planta de asfalto experimentan una exposición más alta y constante al monóxido de carbono y a partículas PM10 – PM2.5, mientras que los trabajadores de la obra de colocación de asfalto enfrentan una exposición más variable a estos contaminantes. La exposición a dióxido de carbono es más estable y controlada en la planta de asfalto en comparación con la obra de colocación, donde la variabilidad es mayor. Ambos entornos logran mantener una exposición poco variable y controlada a los compuestos orgánicos volátiles, lo que refleja una gestión adecuada de estos contaminantes. Sin embargo, las diferencias en la exposición a otros contaminantes subrayan la necesidad de implementar estrategias específicas para cada entorno de trabajo. En la planta de asfalto, es importante investigar y controlar las fuentes de emisión de CO y partículas PM10 – PM2.5, mientras que, en la obra de colocación de asfalto, mantener y de ser posible mejorar la consistencia en la ventilación podría ayudar a crear condiciones laborales más seguras y uniformes.

Estas acciones contribuirían significativamente a mejorar la salud y seguridad de los trabajadores en ambos entornos, asegurando que los niveles de exposición se mantengan dentro de los límites de seguridad establecidos y minimizando los posibles efectos adversos en la salud a largo plazo.

Verificación de la hipótesis:

Para comprobar la hipótesis sobre si los COV tienen un efecto significativo en la salud de los trabajadores del proceso de elaboración de asfalto, se ha analizado el antes y después utilizando los datos disponibles y aplicando una prueba estadística adecuada. Dado que tenemos los resultados de la correlación de Pearson, Mann-Whitney y t Student, podemos interpretar estos resultados en el contexto de la hipótesis planteada. La hipótesis se refiere a los efectos adversos de los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) en la salud de los trabajadores, especialmente en la planta de asfalto y en la obra de colocación de asfalto de la empresa JEAL construcciones.

Hipótesis nula (H0): Las concentraciones de COV no tienen efectos adversos significativos en la salud de los trabajadores del proceso de elaboración de asfalto.

Hipótesis alternativa (H1): Las altas concentraciones de COV tienen efectos adversos significativos en la salud de los trabajadores del proceso de elaboración de asfalto.

Variable independiente: Concentraciones de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV).

Variables dependientes: Parámetros de salud de los trabajadores (hemoglobina, colesterol total, triglicéridos, y creatinina).

La justificación de la tesis se centra en la necesidad de entender y mitigar los efectos adversos de los COV en la salud de los trabajadores. Los resultados obtenidos apoyan esta justificación al proporcionar evidencia empírica de que las concentraciones de COV, especialmente en la planta de asfalto, tienen un impacto negativo en varios parámetros de salud, aunque en menor escala. Este hallazgo subraya la importancia de implementar medidas de control y protección en el lugar de trabajo para reducir la exposición a COV y mejorar la salud y seguridad de los trabajadores.

En la Planta de Asfalto en mayo, hay evidencia para rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa para todos los parámetros de salud (hemoglobina, colesterol total, triglicéridos, y creatinina). Por otro lado, en la Obra de Colocación en abril, solo los triglicéridos muestran una relación significativa con las concentraciones de COV el resto de parámetros analizados no tienen una diferencia significativa, por lo que se acepta la hipótesis nula.

Los resultados sugieren que las concentraciones de COV en la Planta de Asfalto tienen un impacto significativo en varios parámetros de salud de los trabajadores en el mes de mayo, lo cual respalda la hipótesis de que los COV afectan negativamente la salud. Esto implica que se deben considerar medidas de control y reducción de exposición a COV en la planta de asfalto, especialmente durante mayo, para proteger la salud de los trabajadores. Los resultados también indican que la relación

entre COV y salud puede variar según la ubicación y el tiempo, lo que sugiere la necesidad de estudios más detallados y continuos.

En conclusión, la verificación de la hipótesis basada en métodos estadísticos apropiados y los datos recolectados confirma la relevancia y necesidad del estudio propuesto en la tesis. Los resultados obtenidos no solo apoyan la hipótesis alternativa para los trabajadores de la planta de producción de asfalto, sino que también proporcionan una base sólida para futuras investigaciones y acciones preventivas en el ámbito laboral.

Componente Ambiental:

Este apartado es muy importante dentro del estudio, pues los componentes ambientales en los que se desarrolla la investigación pueden o no llegar a influenciar en las variables. De manera general teniendo conocimiento que formamos parte de una sola unidad ambiental, las emisiones que lanzamos al aire pueden afectar personas, nichos ecológicos, poblaciones animales, entre otros.

Como aspectos ambientales dentro de este análisis mencionaremos:

- **Calidad del aire:** Influenciado por el incremento de ruido y la emisión de los COV en planta y obra. La calidad del aire puede repercutir en la salud no solo de los trabajadores de la empresa JEAL sino también a la población aledaña. Sin embargo, luego del análisis realizado, se conoce que estos gases (COV) no son acumulativos y van desapareciendo de manera paulatina. Por lo que es primordial mantener una línea de comunicación directa con los afectados para procurar que mencionados gases no afecten la salud de los involucrados.
- **Calidad de suelo:** En menor influencia, pero tratándose de un solo conjunto el suelo puede verse afectado por la presencia de COV en un espacio determinado, sin embargo; los gases a pesar de ser pesados no permanecen en el suelo, sino más bien se dispersan a través de las corrientes de aire.
- **Calidad de agua:** El agua, por proceso de evaporación y condensación puede mezclarse con los gases ambientales de manera continua, sin embargo; los COV no mantienen un contacto directo con este elemento.

A pesar que los datos analizados y la bibliografía previa apuntan a que la Calidad de Aire puede variar e incrementar su contaminación por COV de acuerdo incluso con la calidad de aire permanente del sitio (es decir mayor afección en ciudades que presenten mayor smog), no existen datos relevantes que señalen que los COV afectan de manera directa al suelo y al agua. Esto abre una puerta para nuevas investigaciones.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Durante el estudio, se identificaron y cuantificaron los principales COV presentes en el ambiente laboral de la empresa JEAL durante las actividades de producción y tendido de asfalto. Los niveles de exposición a estos compuestos fueron monitoreados en la planta de asfalto y en obra (colocación y tendido), concluyendo que se mantuvieron dentro de los límites permisibles establecidos por las normativas ambientales nacionales, lo cual es positivo en términos de salud ocupacional.
- Se identificaron varios COV en la planta de asfaltos y durante la colocación de asfalto en obra, incluyendo hidrocarburos aromáticos policíclicos y vapores orgánicos. Los niveles de COV se mantuvieron consistentemente bajos y dentro de los límites permisibles durante los meses de monitoreo correspondientes a abril y mayo de 2024.
- La exposición de los COV resulta de mayor rango en el personal de la planta de asfalto comparado con la exposición que tiene el personal de obra. Esto se debe a que los COV disminuyen su cantidad a medida que pasa las horas y surge el enfriamiento del asfalto, por obvias razones se entiende que los productores están mayormente expuestos que los trabajadores que lo tienden.
- El tiempo diario de exposición también influye en el grado del mismo, para el caso del personal de producción de asfalto su tiempo diario es de 8 horas, mientras que el personal de tendido es hasta 5 horas expuestos.
- La población total del estudio fue analizada al 100% (13 trabajadores), tratándose del personal laboral destinado a la producción en planta y tendido en obra de asfalto. 3 trabajadores se encuentran en el área de producción y 10 en el tendido de asfalto. Al ser el personal directamente expuesto a los COV provenientes del asfalto (población meta de análisis del presente estudio), y siendo un número reducido, se ha considerado a todos.

- Para el presente estudio se aplicó tres métodos estadísticos acordes con las características (salud ocupacional) y datos del estudio (población y muestra considerados). En el análisis de los datos obtenidos de los exámenes médicos de los dos grupos, se realizaron pruebas estadísticas con el coeficiente de correlación de Pearson, para la corroboración entre los grupos en relación con las variables fue necesario verificar la normalidad de las distribuciones de los datos, para ello, se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, un análisis que permite identificar si los datos de cada variable siguen una distribución no. Y t Student, para variables específicas de colesterol en ambos grupos de estudio.
- De acuerdo con los resultados obtenidos; se observaron efectos negativos en la salud de los trabajadores mayormente expuestos a los COV, es decir el personal de la producción en la Planta de Asfalto, incluyendo infecciones del tracto urinario, niveles elevados de colesterol, leucocitosis y triglicéridos. Estos hallazgos sugieren una correlación entre la exposición a COV y estas condiciones de salud adversas, sin embargo; puede influir también los malos hábitos alimenticios, consumo de tabaco, falta de deporte entre otras.
- Para el personal de tendido de asfalto, los resultados señalan que no existe un incremento significativo en las afecciones a la salud.
- Para la comprobación de la hipótesis se ha considerado los dos grupos de manera independiente. En el caso del grupo productor de asfalto (Planta), se rechaza la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa para todos los parámetros de salud. Por otro lado, en la Obra de Colocación, no muestra una relación significativa con las concentraciones de COV el resto de parámetros analizados no tienen una diferencia significativa, por lo que se acepta la hipótesis nula.
- La verificación de la hipótesis basada en métodos estadísticos apropiados y los datos recolectados confirma la relevancia y necesidad del estudio propuesto en la tesis.
- Las medidas de control de salud anuales que han sido implementadas en la planta de asfaltos y en obra; demuestran ser efectivas, se observa la

mantención y hasta reducción de los niveles de colesterol y la incidencia de infecciones del tracto urinario principalmente en los trabajadores de obra. Sin embargo, se recomienda fortalecer las medidas y mantener un monitoreo continuo para asegurar que los niveles de exposición sigan siendo seguros para los trabajadores.

- Los resultados obtenidos sugieren que las medidas de monitoreo y control implementadas han tenido un efecto significativo en la salud de los trabajadores, que se auto perciben como saludables. Por lo tanto, podemos concluir que las medidas de control implementadas han sido efectivas en mejorar la salud de los trabajadores expuestos a COV en la planta de asfaltos y en obra.

Recomendaciones

Con base en las conclusiones anteriores, se formulan las siguientes recomendaciones:

1. Monitoreo Continuo: Es esencial mantener un monitoreo continuo de los niveles de COV tanto en la planta de asfaltos como en las obras para asegurar que permanezcan dentro de los límites de seguridad establecidos.
2. Fortalecimiento de Medidas de Control: Evaluar y fortalecer las medidas de control ambiental y de salud existentes para reducir aún más la exposición de los trabajadores a los COV, especialmente durante actividades críticas como la producción y la colocación de asfalto.
3. Capacitación y Concientización: Implementar programas regulares de capacitación para los trabajadores sobre los efectos de los COV en la salud y la importancia del uso adecuado de los equipos de protección personal (EPP).
4. Mejora en las Condiciones Sanitarias: Mejorar las condiciones de higiene y sanitarias en la planta de asfaltos y en las obras para reducir la incidencia de infecciones del tracto urinario entre los trabajadores expuestos.

5. Programas de Bienestar: Implementar programas de bienestar que incluyan evaluaciones médicas periódicas y educación sobre nutrición para abordar los niveles elevados de colesterol observados entre los trabajadores.
6. Sistema de Seguimiento: Establecer un sistema de seguimiento y evaluación periódica de las condiciones de salud de los trabajadores expuestos a COV para identificar y abordar oportunamente cualquier cambio en su salud.
7. Investigación Adicional: Considerar la realización de investigaciones adicionales para estudiar otros posibles efectos a largo plazo de la exposición a COV y evaluar la efectividad de nuevas tecnologías o prácticas para reducir la exposición.

BIBLIOGRAFÍA

- Aceituno Huacani, C., Alosilla Robles, W., & Moscoso Paricoto, I. (n.d.). *Discusión de resultados*. Retrieved December 10, 2023, from <http://repositorio.concytec.gob.pe/handle/20.500.12390/2256>
- Arias-Gonzales, J. (2021). *DISEÑO Y METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN*. <https://www.researchgate.net/publication/352157132>
- Campus, G. R., Sant, D., & De Déu, J. (2019). *Cómo analizar y escribir los resultados de una revisión sistemática*. <https://doi.org/10.1016/j.enfi.2019.09.001>
- Cao, Z., Gong, G., Liu, Y., Cao, X., Tang, B., & Wang, C. (2023). Effects of different inhibitors on emission characteristics, environmental impact and health risk of volatile organic compounds from asphalt binder. *Journal of Cleaner Production*, 428, 139427. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2023.139427>
- Cazau, P. (2006). ().
- Chang, X., Long, Y., Wang, C., & Xiao, Y. (2023). Chemical fingerprinting of volatile organic compounds from asphalt binder for quantitative detection. *Construction and Building Materials*, 371, 130766. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2023.130766>
- Chen, S., Wang, J., Li, Q., Zhang, W., & Yan, C. (2022). The Investigation of Volatile Organic Compounds (VOCs) Emissions in Environmentally Friendly Modified Asphalt. *Polymers 2022, Vol. 14, Page 3459, 14(17)*, 3459. <https://doi.org/10.3390/POLYM14173459>
- Cui, P., Schito, G., & Cui, Q. (2020). VOC emissions from asphalt pavement and health risks to construction workers. *Journal of Cleaner Production*, 244, 118757. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.118757>
- David, E., & Niculescu, V. C. (2021). Volatile Organic Compounds (VOCs) as Environmental Pollutants: Occurrence and Mitigation Using Nanomaterials.

International Journal of Environmental Research and Public Health 2021,
Vol. 18, Page 13147, 18(24), 13147.
<https://doi.org/10.3390/IJERPH182413147>

De Silva, A. O., Armitage, J. M., Bruton, T. A., Dassuncao, C., Heiger-Bernays, W., Hu, X. C., Kärrman, A., Kelly, B., Ng, C., Robuck, A., Sun, M., Webster, T. F., & Sunderland, E. M. (2021). PFAS Exposure Pathways for Humans and Wildlife: A Synthesis of Current Knowledge and Key Gaps in Understanding. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 40(3), 631–657.
<https://doi.org/10.1002/ETC.4935>

Espinoza, J., Medina, C., Calabi-Floody, A., Sánchez-Alonso, E., Valdés, G., & Quiroz, A. (2020). Evaluation of Reductions in Fume Emissions (VOCs and SVOCs) from Warm Mix Asphalt Incorporating Natural Zeolite and Reclaimed Asphalt Pavement for Sustainable Pavements. *Sustainability* 2020, Vol. 12, Page 9546, 12(22), 9546. <https://doi.org/10.3390/SU12229546>

Gerente de referencia de Mendeley. (n.d.). Retrieved December 10, 2023, from <https://www.mendeley.com/reference-manager/reader/184e1ca9-f32b-3933-ae9f-0c7138b72346/057732d6-f75f-69fd-4fd6-95b0850eb425/>

Germin-Aizac, J., Maitre, A., Balducci, F., Montlevier, S., Marques, M., Tribouiller, J., Demeilliers, C., & Persoons, R. (2023). Bitumen fumes and PAHs in asphalt road paving: Emission characteristics, determinants of exposure and environmental impact. *Environmental Research*, 228, 115824.
<https://doi.org/10.1016/J.ENVRES.2023.115824>

Greene, J. C. (2008). Is mixed methods social inquiry a distinctive methodology? *Journal of Mixed Methods Research*, 2(1), 7–22.
<https://doi.org/10.1177/1558689807309969>

Hipótesis, L. A., Isabel, M., & Flores, N. (2014). LAS VARIABLES: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN EN LA HIPÓTESIS. *Investigación Educativa*, 11(20), 163–182.
<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/educa/article/view/478>

La técnica de la encuesta | METODOLOGÍAS DE LA INVESTIGACIÓN. (n.d.). Retrieved December 10, 2023, from <https://metodologiasdelainvestigacion.wordpress.com/2010/11/19/la-tecnica-de-la-encuesta/>

Lalinde, H., Diego, J., Castro, E., Rangel, C., Gerardo, J., Sierra, T., Andrés, C., Torrado, A., Karina, M., Sierra, C., Milena, S., Pirela, B., & José, V. (2018). *Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición, propiedades y suposiciones.* <https://www.redalyc.org/articulo.oa?>

LEP 2024. (n.d.). Retrieved September 21, 2024, from <https://bdlep.insst.es/LEP/vlapr.jsp?ID=376&nombre=Dióxido de carbono>

Li, N., Jiang, Q., Wang, F., Cui, P., Xie, J., Li, J., Wu, S., & Barbieri, D. M. (2021). Comparative Assessment of Asphalt Volatile Organic Compounds Emission from field to laboratory. *Journal of Cleaner Production*, 278. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123479>

Meng, Y., Fang, G., Hu, Y., Qin, Y., Xu, R., Yang, F., Lei, J., & Zhang, C. (2024). Study on the effect of different aldehyde modifiers on the fume suppression effect, mechanism and road performance of SBS modified asphalt. *Science of The Total Environment*, 912, 169162. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2023.169162>

Mengist, W., Soromessa, T., & Legese, G. (2020). Method for conducting systematic literature review and meta-analysis for environmental science research. *MethodsX*, 7, 100777. <https://doi.org/10.1016/J.MEX.2019.100777>

Miriam Carballo Barcos, D. C., & Esperanza Lucía Guelmes Valdés, D. C. (n.d.). *SOME CONSIDERATIONS ABOUT THE VARIABLES IN EDUCATIONAL RESEARCHES.* Retrieved April 18, 2024, from <http://rus.ucf.edu/cu/>

Mohd Hanif, N., Limi Hawari, N. S. S., Othman, M., Abd Hamid, H. H., Ahamad, F., Uning, R., Ooi, M. C. G., Wahab, M. I. A., Sahani, M., & Latif, M. T.

- (2021). Ambient volatile organic compounds in tropical environments: Potential sources, composition and impacts – A review. *Chemosphere*, 285, 131355. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2021.131355>
- Nacional, U., De, M., Marcos, S., Aurora, D., Roldán, M., Delgado, K., Gadea, S., Gonzalo, M., & Lay, P. (n.d.). 4 *ELÍAS MEJÍA MEJÍA SERIE: Textos para la Maestría en Educación*.
- Peder Wolkoff, by, & Arbejdsmiljøinstituttet, A. (n.d.). *Volatile Organic Compounds Sources, Measurements, Emissions, and the Impact on Indoor Air Quality*.
- Rubio, M. C., Martínez, G., Baena, L., & Moreno, F. (2012). Warm mix asphalt: an overview. *Journal of Cleaner Production*, 24, 76–84. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2011.11.053>
- Wang, G., Yang, X., Yang, D., Rong, H., Meng, Y., & Liu, G. (2023). Effect of heating history on the emission of volatile organic compounds from asphalt materials. *Science of The Total Environment*, 900, 165692. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2023.165692>
- Wang, M., Wang, C., Huang, S., & Yuan, H. (2021a). Study on asphalt volatile organic compounds emission reduction: A state-of-the-art review. *Journal of Cleaner Production*, 318, 128596. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2021.128596>
- Wang, M., Wang, C., Huang, S., & Yuan, H. (2021b). Study on asphalt volatile organic compounds emission reduction: A state-of-the-art review. *Journal of Cleaner Production*, 318. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128596>
- Zhang, X., Tang, B., Cao, X., Li, J., & Zhu, H. (2023). Study on the release characteristics of volatile organic compounds from different aged asphalt. *Journal of Cleaner Production*, 423. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138774>
- Zheng, H., Kong, S., Yan, Y., Chen, N., Yao, L., Liu, X., Wu, F., Cheng, Y., Niu,

Z., Zheng, S., Zeng, X., Yan, Q., Wu, J., Zheng, M., Liu, D., Zhao, D., & Qi, S. (2020). Compositions, sources and health risks of ambient volatile organic compounds (VOCs) at a petrochemical industrial park along the Yangtze River. *Science of the Total Environment*, 703, 135505. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135505>

Zhou, B., Gong, G., & Wang, C. (2023). Characteristics and assessment of volatile organic compounds from different asphalt binders in laboratory. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 118, 103708. <https://doi.org/10.1016/J.TRD.2023.103708>

ANEXOS

Anexo 1: Anexo fotográfico

PLANTA DE ASFALTO - PRODUCCIÓN



COLOCACIÓN Y TENDIDO DE ASFALTO - OBRA



Anexo 2: Monitoreo de Gases en la Planta de Asfalto – Abril/2024



CAMACHO & CIFUENTES
 ECUDYVENG CÍA. LTDA. / Ing. Margoth Cifuentes
INF-AG(LabCC02)-2024-144



INFORME DE ANÁLISIS DE EMISIONES DE FUENTES FIJAS DE COMBUSTIÓN

INFORME: INF-AG(LabCC02)-2024-144 / 14-04-24
 ACEPTACIÓN DE TRABAJO: Lab-CC-MCF-AT.23-086

EMPRESA/RAZÓN SOCIAL: JEAL CONSTRUCCIONES (PLANTA DE ASFALTO JOSÉ ALVARADO)

Dirección: Vía a las Viñas, Ambato, Tungurahua **Tfno.:** 0998165367

Responsable / Representante: Ing. José Alvarado

Fecha de monitoreo: 08 de Abril de 2024 **Técnicos de campo:** Ing. Ricardo López

DATOS FUENTE FIJA DE COMBUSTIÓN:

NOMBRE FUENTE:	PLANTA DE ASFALTO	No. CHIMENEAS:	1
MARCA/AÑO:	CIBER / 2007	MODELO / SERIE:	MC10"/ UA CF 17/P1
CAPACIDAD (HP o KW o RPM):	60 HP – 45 KW	ALTURA DE CHIMENEA (m):	5,40
DIÁMETRO DE CHIMENEA (m):	0,54	ALTURA PUERTO MUESTREO (m):	5,40
COMBUSTIBLE:	DIESEL	No. PUERTOS MUESTREO:	1
CONSUMO DE COMBUSTIBLE:	730 Gal/B Horas	No. PUNFOS DE MEDICIÓN:	24

RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN DE EMISIONES GASEOSAS (A condiciones de campo):

FECHA DE MUESTREO:		07 de Marzo de 2023	
PARÁMETRO	UNIDAD	M1	
OXÍGENO	%	16,39	
DIÓXIDO DE CARBONO	%	3,22	
MONÓXIDO DE CARBONO *	ppm	2483	
DIÓXIDO DE AZUFRE *	ppm	40	
ÓXIDOS DE NITRÓGENO *	ppm	19	
MONÓXIDO DE NITRÓGENO *	ppm	19	
DIÓXIDO DE NITRÓGENO *	ppm	0,0	
EXCESO AIRE	%	322,7	
EFICIENCIA	%	86,0	
NÚMERO HUMO		8	
PESO MATERIAL PARTICULADO *	g	0,0441	

* PARÁMETROS AMBIENTALES EN UNIDADES ESTÁNDAR DE MUESTREO (EN UNIDADES)

PARÁMETRO	CO	SO ₂	NO	NO _x	MP
INCERTIDUMBRE	± 6,9 (ppm)	± 5,9 (ppm)	± 4,3 (ppm)	± 0,3 (ppm)	± 2,0 (mg/m ³)

RESULTADOS MUESTREO ISOCINÉTICO DE MATERIAL PARTICULADO (A Condiciones de campo)

CONDICIONES AMBIENTALES:		0,77 atm / 25,4 °C / 49,5 % RH	
PARÁMETRO	UNIDAD	Promedio	
FLUJO DE GAS SECO	m ³ /h	3006,7	
TEMPERATURA CHIMENEA	°C	63,9	
VELOCIDAD DE LOS GASES	m/s	3,65	
HUMEDAD GAS	%	1,5	
VOLUMEN GAS DEL MUESTREO	m ³	0,63	
TIEMPO MUESTREO	min	48	
DIÁMETRO INTERIOR BOQUILLA	mm	9,53	
PRESIÓN BAROMÉTRICA	mm Hg	584,20	
PRESIÓN ESTÁTICA EN EL INTERIOR CHIMENEA	mm Hg	0,04	
PRESIÓN DINÁMICA EN EL INTERIOR CHIMENEA	mm Hg	0,06	
CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO	g/m ³	0,0703	



DIAGRAMA DE UBICACIÓN DE FUENTES FIJAS DE COMBUSTIÓN:



METODOLOGÍA APLICADA:

PARÁMETROS	MÉTODO INTERNO LAB.	MÉTODOS REFERENCIA (CFR 40 Part 60-63)
Monédeo de Carbono	Lab-CC-MC-PTE-008	EPA CTM-030
Óxidos de Nitrógeno	Lab-CC-MC-PTE-008	EPA CTM-030 EPA CTM-022
Dióxido de Azufre	Lab-CC-MC-PTE-008	EPA CTM-030
Velocidad	Lab-CC-MC-PTE-008	EPA Met. 2
Número de Humo	Lab-CC-MC-PTE-008	ASTM D 2156 – DIN 51402
Materia Particulada	Lab-CC-MC-PTE-012	EPA Met. 1, 2, 3, 4 y 5
Temperatura	Lab-CC-MC-PTE-008	EPA Met. 2
% de Oxígeno, % de Dióxido de Carbono	Lab-CC-MC-PTE-008	EPA CTM-030
% Eficiencia, % Exceso de Aire		CFR 40 PART 60-63

La medición de los parámetros para la caracterización de emisiones gaseosas de la fuente fija de combustión se realizó mediante la toma de muestras en los diferentes puntos necesarios de medición considerando el perfil de velocidad, de acuerdo a lo que se establece en los procedimientos técnicos internos del laboratorio (Lab-CC-MC-PTE-008) y basados en lo que se establece en normativas ambientales nacionales: (TULSMA AM 97-A (Noviembre 4, 2015): LIBRO VI, ANEXO 3: NORMA PARA EMISIONES AL AIRE DESDE FUENTES FIJAS DE COMBUSTIÓN); y en métodos de referencia internacionales (EPA: CTM-030, METODOS 1, 2, 3, 4 Y 5)

Cada muestra fue medida durante un período de estabilización del equipo electrónico de monitoreo, de 4 a 6 minutos en condiciones normales de operación de la fuente fija, siguiendo el procedimiento interno de medición del laboratorio (Lab-CC-MC-PTE-008).

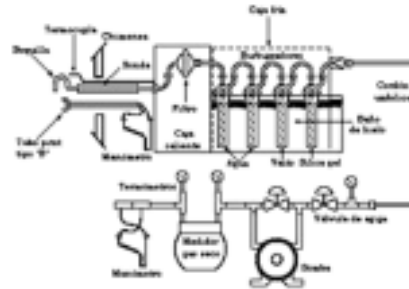
Para el muestreo de material particulado se aplicó el procedimiento interno del laboratorio (Lab-CC-MC-PTE-012) que se base en el método de referencia: EPA: MÉTODOS 1, 2, 3, 4 Y 5, y que



consiste en tomar una muestra de los gases que circulan por la chimenea, succionándolos de la fuente isocinéticamente, con una bomba que los hace pasar a través de un filtro de fibra de vidrio para retener y coleccionar las partículas (El filtro se mantiene a Temperaturas de entre 120 +/- 14 °C). Previamente el gas muestreado pasa por unos burbujeadores, en un baño de hielo, para condensar toda la humedad del gas. De acuerdo con el volumen de gases muestreado y el volumen de agua recolectada se determina el porcentaje de humedad de los gases.

El material particulado, que incluye cualquier material que se condensa a la temperatura de filtración, es determinado graviméticamente después de la remoción del agua no combinada.

El muestreo isocinético, significa que la muestra debe tomarse cumpliendo con el requisito de no generar una separación mecánica del material particulado con respecto al gas portador, en otras palabras la toma de la muestra debe realizarse a la misma velocidad en que son transmitidos los contaminantes en el ducto de muestreo. Para asegurar esta condición se escoge la boquilla de muestreo correspondiente a la velocidad de los gases, para así modificar la velocidad de succión y garantizar que el índice de isocineticismo se encuentre en un rango de 100% +/- 10%.



RESULTADOS:

El análisis de las emisiones de la fuente fija, transformados a unidades de norma, presentan la concentración de contaminantes expresados en mg/m³ a Condiciones Normales (1 atm y 0 °C) y corregidos al 18% de Oxígeno, que se indican en la siguiente tabla:

Comparación con TULSMA - Acuerdo Ministerial N° 097 A del 4 de Noviembre del 2015

RESULTADOS	RESULTADOS CONTAMINANTES (mg/m ³ ga a CN y 18%O ₂)**	NORMA FUENTES FIJAS DE COMBUSTIÓN (mg/m ³ ga a CN y 18% O ₂) FFA***	OBSERVACIONES
CO	1994,4	N / A	No existe norma
SO ₂	73,6	N / A	No existe norma
NO _x	25,0	800	CUMPLE
Partículas	64,2	200	CUMPLE
# humo *	8	2*	REFERENCIA
CARGA CONTAMINANTE	2157,2	1000	REFERENCIA

CN: Condiciones normales: presión 1013 mbar y temperatura 0°C.

* No existe norma para número de humo, pero el valor que se indica es una recomendación técnica - EPA.

** Unidades: miligramos por metro cúbico de gas seco a condiciones normales (1Atm y 0°C) y corregidos al 18% de O₂

*** Normativa de aplicación ACUERDO MINISTERIAL 097 A, TULSMA, Libro VI, Anexo 3: NORMA EMISIONES AL AIRE DESDE FUENTES FIJAS, Tabla # 1: Límites máximos permisibles de concentración de emisión de contaminantes al aire para FUENTES FIJAS de combustión abierta (mg/Nm³). Fuente fija existente con autorización de entrar en funcionamiento antes de Noviembre del 2015.



OBSERVACIONES:

- Las mediciones se realizaron con la fuente fija funcionando, en régimen estacionario y en condiciones de normales de operación.
- En lo referente a las facilidades instaladas para la realización del monitoreo de emisiones gaseosas, la PLANTA DE ASFALTO requiere instalar aquellos estipulados en el Acuerdo Ministerial 097-A, Libro VI, Anexo 3, Numeral 4.6.2, Figura 1 (Anexo 2):
 - a) plataforma de trabajo.
 - b) escalera de acceso a la plataforma de trabajo.
 - c) suministro de energía eléctrica cercano a los puertos de muestreo.

CONCLUSIONES:

- Las emisiones de la PLANTA DE ASFALTO, **CUMPLEN** con los límites establecidos para las emisiones de contaminantes: Óxidos de Nitrógeno (NOx) y Material Particulado, de acuerdo a la Normativa de aplicación: ACUERDO MINISTERIAL 097 A del 4 de Noviembre del 2015, TULSMA, Anexo 3: NORMA EMISIONES AL AIRE DESDE FUENTES FIJAS, Tabla # 1: Límites máximos permisibles de concentración de emisión de contaminantes al aire para fuentes fijas de combustión abierta.

RECOMENDACIONES:

- Se recomienda realizar un mantenimiento periódico del equipo, limpieza de la chimenea y sistema de alimentación de combustible para mantener su correcto funcionamiento.

Ing. Pablo Camacho H.
DIRECTOR TÉCNICO

Ing. Margoth Cifuentes C.
DIRECTORA DE LABORATORIO

NOTA:

- Los resultados presentados en este Informe afectan únicamente a la fuente fija de estudio y a las fechas en que se realizó el monitoreo.
- Prohibida la reproducción total o parcial de este Informe sin autorización escrita del laboratorio.



ANEXO I
 Certificado de Acreditación ISO 17025 del Laboratorio



ANEXO I
ALCANCE DE ACREDITACIÓN

PARA LAS ÁREAS DE: LABORATORIO DE ENSAYO

ECUDYVENG CÍA. LTDA.
 MATRIZ: Montevideo De 10-60 • 256 7892-09 759 3724-
 mago_ec@yahoo.com – myacona@ula.telcelnet.net
 Quito – Ecuador

PARA ENSAYOS

Está acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE) de acuerdo con los requerimientos establecidos en la Norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2018 "Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración", Criterios Específicos para la acreditación de laboratorios que realizan ensayos. (CR GA01), Guías y Políticas del SAE en su edición vigente, para las siguientes actividades:

Mantenimiento de la acreditación

Localización : Montevideo De 10-60, Quito, Ecuador.

Sector: Ensayos

Categoría 1: Ensayo in situ

Campo de Ensayo: Ensayos físico-químicos de emisiones gaseosas de fuentes fijas a la atmósfera

PRODUCTO O MATERIAL A ENSAYAR	ENSAYO, TÉCNICA Y RANGOS	MÉTODO DE ENSAYO (Método interno y método de referencia)
Emisiones de fuentes fijas de combustión	Gases contaminantes, Celdas electroquímicas, Monóxido de carbono (CO), (10 a 1 000) ppm	Lab-CC-MC-PTE-008
	Monóxido de nitrógeno (NO), (10 a 1 000) ppm	EPA CTM-022, 1998
	Dióxido de azufre (SO ₂), (10 a 1 000) ppm	EPA CTM-030, 1997
	Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	EPA CTM-034, 1997



PRODUCTO O MATERIAL A ENSAYAR	ENSAYO, TÉCNICA Y RANGOS	MÉTODO DE ENSAYO (Método interno y método de referencia)
	(10 a 50) ppm	
	Material particulado, Gravimetría, (6,7 a 400) mg/m ³	Lab-CC-MC-PTE-012 EPA CFR 40 Parte 60 Apéndice A Método 5, 2004

Campo de Ensayo: Acústica Ambiental

PRODUCTO O MATERIAL A ENSAYAR	ENSAYO, TÉCNICA Y RANGOS	MÉTODO DE ENSAYO (Método interno y método de referencia)
Ruido ambiental	Ruido, Nivel de presión sonora, (30 a 140) Db	Lab-CC-MC-PTE-011 ISO 1996-1:2003 ISO 1996-2:2007

Campo de Ensayo: Ensayos físico-químicos de emisiones aire ambiente

PRODUCTO O MATERIAL A ENSAYAR	ENSAYO, TÉCNICA Y RANGOS	MÉTODO DE ENSAYO (Método interno y método de referencia)
	Material particulado, PM 10, PM 4, PM 2.5 y Totales, Fotometría Láser, (6,3 a 100 000) µg/m ³	Lab-CC-MC-PTE-013 ISO 21501-4:2007.
Aire ambiente interno	Material particulado, PM 10, PM 4, PM 2.5 y Totales, Gravimetría, (6,3 a 100 000) µg/m ³	Lab-CC-MC-PTE-013 UNE-EN 482:2012, NTP 731

Campo de Ensayo: Ensayos físico-químicos en aguas

PRODUCTO O MATERIAL A ENSAYAR	ENSAYO, TÉCNICA Y RANGOS	MÉTODO DE ENSAYO (Método interno y método de referencia)
Aguas naturales, Aguas residuales, Aguas de consumo	pH, electroquímica, (4 a 10) unidades de pH	Lab-CC-MC-PTE-018 Standard Methods, Ed. 22, 2012, 4500 H+B



Campo de Ensayo: Ensayos físico-químicos de emisiones aire ambiente

PRODUCTO O MATERIAL A ENSAYAR	ENSAYO, TÉCNICA Y RANGOS	MÉTODO DE ENSAYO (Método interno y método de referencia)
Aire ambiente	Material particulado sedimentable, Gravimetría, (0,1 a 1 000) mg	Lab-CC-MC-PTE-019 ASTM-D1739.2004
Aire ambiente	Gases contaminantes, Captadores difusivos, Dióxido de nitrógeno (NO ₂), (0,89 a 400) µg/m ³ Dióxido de azufre (SO ₂), (0,22 a 400) µg/m ³ Ozono (O ₃), (1,8 a 400) µg/m ³	Métodos de referencia: EN 13528-1:2003 EN 13528-2:2003 EN 13528-3:2004 Lab-CC-MC-PTE-020 Lab-CC-MC-PTE-021 Lab-CC-MC-PTE-022

Campo de Ensayo: Ambiente Laboral

PRODUCTO O MATERIAL A ENSAYAR	ENSAYO, TÉCNICA Y RANGOS	MÉTODO DE ENSAYO (Método interno y método de referencia)
Ruido laboral	Ruido, Nivel de presión sonora, (30 a 140) dB Dosimetría de ruido, nivel de presión sonora (30 a 140) dB	Lab-CC-MC-PTE-023 ISO 9812:2009
Ambiente laboral	Temperatura para Estrés térmico, Termometría, Temperatura bulbo seco (0 a 25) °C Temperatura bulbo húmedo (-10 a 50) °C Temperatura de globo (-10 a 50) °C Luminosidad, Luxómetro, (50 a 5000) luxes	Lab-CC-MC-PTE-024 ISO 7243: 1989 NTP-322 ISO 7730 NTP-462 Lab-CC-MC-PTE-024 NOM-025-STPS-2008 INSHT/NTP-211



PRODUCTO O MATERIAL A ENSAYAR	ENSAYO, TÉCNICA Y RANGOS	MÉTODO DE ENSAYO (Método interno y método de referencia)
Ambiente laboral	Gases contaminantes, Captadores difusivos.	Métodos de referencia: EN 13528-1:2003 EN 13528-2:2003 EN 13528-3:2004 Lab-CC-MC-PTE-020
	Dióxido de nitrógeno (NO ₂), (0,09 a 400) µg/m ³	
	Dióxido de azufre (SO ₂), (0,22 a 400) µg/m ³	Lab-CC-MC-PTE-021
Ambiente laboral	Gaseo (O ₃), (1,8 a 400) µg/m ³	Lab-CC-MC-PTE-022
	Materia particulada, PM 10, PM 4, PM 2.5 y Totales, fotometría láser (5,3 a 193000) µg/m ³	Lab-CC-MC-PTE-013 ISO 21501-402007
	Materia particulada, PM 10, PM 4, PM 2.5 y Totales, Gravimetría (5,3 a 193000) µg/m ³	Lab-CC-MC-PTE-013 UNE-EN 482 2012. NTP 731



ANEXO II

REGLA DE DECISIÓN APLICADA:

El laboratorio informará al cliente sobre cumplimiento o no sobre la normativa que aplique a la actividad o proceso que realice el cliente, para lo cual el laboratorio utilizará la siguiente REGLA DE DECISIÓN:

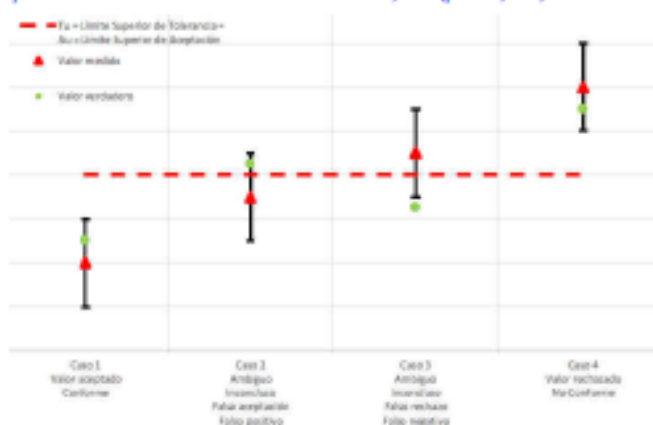
Declaración de conformidad

- El Laboratorio aplicará la declaración de conformidad a aquellos resultados que lo necesiten con evidencia del cliente.
- Aquellas especificaciones, normas o partes de esta en donde los resultados necesiten de su aplicación
- Regla de decisión para declaración de conformidad

Esta regla de decisión introduce el concepto de 'intervalo de incertidumbre' [$e - U \dots e + U$].

Se declara conformidad cuando todo el intervalo de incertidumbre se encuentra dentro del error máximo permisible, se declara no conformidad cuando todo el intervalo cae fuera de los límites del error máximo permisible.

Cuando el resultado es conforme, para una incertidumbre expandida con $k = 2$ (95,45 % de nivel de confianza), la probabilidad de conformidad es de al menos 97,7 % ($pc \approx 97,7 \%$) y el riesgo, la probabilidad de no conformidad menor al 2,3 % ($pc < 2,3 \%$).



Si el intervalo de incertidumbre se traslapa con los límites del error máximo permisible no es posible declarar conformidad o no conformidad, declarando un resultado: indeterminado o no-concluyente.

Atentamente,

Ing. Margoth E. Cifuentes Campos
DIRECTORA LABORATORIO

Ing. Pablo A. Camacho Herold
DIRECTOR TÉCNICO

ESPECIALISTAS EN TECNOLOGÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL

Anexo 3: Monitoreo de Gases, tendido de asfalto en obra– Abril/2024



CAMACHO & CIFUENTES
 ECUADYVENG CIA. LTDA.
 INF-AG(LabCC02)-2024-080



INFORME DE ANÁLISIS DE EMISIONES DE FUENTES FIJAS DE COMBUSTIÓN

INFORME: INF-AG(LabCC02)-2024-099 /
 ACEPTACIÓN DE TRABAJO: Lab-CC-MCF-AT.24-060

EMPRESA/RAZÓN SOCIAL: JEAL CONSTRUCCIONES
Dirección: Av. Bolívariana y Seymur **Tfno.:** 0 2 400 053
Responsable / Representante: Ing. José Alvarado
Fecha de monitoreo: 08 de abril de 2024 **Técnicos de campo:** Ing. Naghia Cevallos

DATOS FUENTE FIJA DE COMBUSTIÓN:

NOMBRE FUENTE:	FRENTE DE OBRA	No. CHIMENEAS:	0
MARCA/AÑO:	FINISHER	MODELO / SERIE:	-
COMBUSTIBLE:	DIESEL	No. PUERTOS MUESTREO:	1
CONSUMO DE COMBUSTIBLE:	730 Gal/8 Horas	No. PUNTOS DE MEDICIÓN:	12

RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN DE EMISIONES GASEOSAS (A condiciones de campo):

FECHA DE MUESTREO:		08 de abril de 2024
PARÁMETRO	UNIDAD	M1
OXÍGENO	%	18,32
DIÓXIDO DE CARBONO	%	<1
MONÓXIDO DE CARBONO *	ppm	34
DIÓXIDO DE AZUFRE *	ppm	<0,2
ÓXIDOS DE NITRÓGENO *	ppm	32
MONÓXIDO DE NITRÓGENO *	ppm	32
DIÓXIDO DE NITRÓGENO *	ppm	11,3
EXCESO AJIRE	%	368,2
EFICIENCIA	%	83,2
NÚMERO HUMO		5
PESO MATERIAL PARTICULADO *	g	3,1

* Por Ámbitos al momento de las mediciones de calidad del aire.

PARÁMETRO	CO	SO ₂	NO	NO ₂	MP
INCERTIDUMBRE	± 5,0 (ppm)	± 5,7 (ppm)	± 4,3 (ppm)	± 0,3 (ppm)	± 2,0 (µg/m ³)

RESULTADOS MUESTREO ISOCINÉTICO DE MATERIAL PARTICULADO (A Condiciones de campo)

CONDICIONES AMBIENTALES:		0,77 atm / 28,2 °C / 42,8 % RH
PARÁMETRO	UNIDAD	Promedio
FLUJO DE GAS SECO	m ³ /h	1983,4
TEMPERATURA CHIMENEA	°C	73,6
VELOCIDAD DE LOS GASES	m/s	1,26
HUMEDAD GAS	%	1,2
VOLUMEN GAS DEL MUESTREO	m ³	0,59
TIEMPO MUESTREO	min	40
DIÁMETRO INTERIOR BOQUILLA	mm	11,50
PRESIÓN BAROMÉTRICA	mm Hg	476,30
CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO	g/m ³	0,0014



DIAGRAMA DE UBICACIÓN DE FUENTES MÓVILES DE COMBUSTIÓN:



METODOLOGÍA APLICADA:

PARÁMETROS	MÉTODO INTERNO LAB.	MÉTODOS REFERENCIA (CFR 40 Part 60-63)
Monóxido de Carbono	Lab-CC-MC-PTE-008	EPA CTM-030
Oxidos de Nitrógeno	Lab-CC-MC-PTE-008	EPA CTM-030 EPA CTM-022
Dióxido de Azufre	Lab-CC-MC-PTE-008	EPA CTM-030
Velocidad	Lab-CC-MC-PTE-008	EPA Met. 2
Número de Humo	Lab-CC-MC-PTE-008	ASTM D 2156 – DEN 51402
Material Particulado	Lab-CC-MC-PTE-012	EPA Met. 1, 2, 3, 4 y 5
Temperatura	Lab-CC-MC-PTE-008	EPA Met. 2
% de Oxígeno, % de Dióxido de Carbono	Lab-CC-MC-PTE-008	EPA CTM-030
% Eficiencia, % Exceso de Aire		CFR 40 PART 60-63

La medición de los parámetros para la caracterización de emisiones gaseosas de la fuente móviles de combustión se realizó mediante la toma de muestras en los diferentes puntos necesarios de medición considerando el perfil de velocidad, de acuerdo a lo que se establece en los procedimientos técnicos internos del laboratorio (Lab-CC-MC-PTE-008) y basados en lo que se establece en normativas ambientales nacionales: **(TUJMSA AM 97-A (Noviembre 4, 2015): LIBRO VI, ANEXO 3: NORMA PARA EMISIONES AL AJRE DESDE FUENTES FIJAS DE COMBUSTIÓN)**; y en métodos de referencia internacionales: **(EPA: CTM-030, MÉTODOS 1, 2, 3, 4 Y 5)**

Cada muestra fue medida durante un periodo de estabilización del equipo electrónico de monitoreo, de 4 a 6 minutos en condiciones normales de operación de la fuente fija, siguiendo el procedimiento interno de medición del laboratorio (Lab-CC-MC-PTE-008).

Haz una pregunta sobre este documento



Para el muestreo de material particulado se aplicó el procedimiento interno del laboratorio (Lab-CC- MC-PTE-012) que se base en el método de referencia: EPA: MÉTODOS 1, 2, 3, 4 Y 5, y que consiste en tomar una muestra de los gases que circulan por la chimenea, succionándolos de la fuente isocinéticamente, con una bomba que los hace pasar a través de un filtro de fibra de vidrio para retener y coleccionar las partículas (El filtro se mantiene a Temperaturas de entre 120 +/- 14 °C). Previamente el gas muestreado pasa por unos burbujeadores, en un baño de hielo, para condensar toda la humedad del gas. De acuerdo con el volumen de gases muestreado y el volumen de agua recolectada se determina el porcentaje de humedad de los gases.

El material particulado, que incluye cualquier material que se condensa a la temperatura de filtración, es determinado gravimétricamente después de la remoción del agua no combinada.

El muestreo isocinético, significa que la muestra debe tomarse cumpliendo con el requisito de no generar una separación mecánica del material particulado con respecto al gas portador, en otras palabras la toma de la muestra debe realizarse a la misma velocidad en que son transmitidos los contaminantes en el ducto de muestreo. Para asegurar esta condición se escoge la boquilla de muestreo correspondiente a la velocidad de los gases, para así modificar la velocidad de succión y garantizar que el índice de isocinetismo se encuentre en un rango de 100% +/- 10 %.

RESULTADOS:

El análisis de las emisiones de la fuente fija, transformados a unidades de norma, presentan la concentración de contaminantes expresados en mg/m³ a Condiciones Normales (1 atm y 0 °C) y corregidos al 18% de Oxígeno, que se indican en la siguiente tabla:

Comparación con TULSMA - Acuerdo Ministerial N° 097 A del 4 de Noviembre del 2015

RESULTADOS	RESULTADOS CONTAMINANTES (mg/m ³ gas a CN y 18%O ₂)**	NORMA FUENTES FIJAS DE COMBUSTIÓN (mg/m ³ gas a CN y 18% O ₂) FFA***	OBSERVACIONES
CO	201,07	N / A	No existe norma
SO ₂	0,2	N / A	No existe norma
NO _x	47,6	800	CUMPLE
Partículas	11,3	200	CUMPLE
# humo *	1	2*	REFERENCIA
CARGA CONTAMINANTE	83,4	1000	REFERENCIA

CN: Condiciones normales: presión 1013 mbar y temperatura 0°C.

* No existe norma para número de humo, pero el valor que se indica es una recomendación técnica - EPA.

** Unidades: miligramos por metro cúbico de gas seco a condiciones normales (1Atm y 0°C) y corregidos al 18% de O₂



*** Normativa de aplicación ACUERDO MINISTERIAL 097 A, TULSMA, Libro VI, Anexo 3: NORMA EMISIONES AL AIRE DESDE FUENTES FIJAS, Tabla # 1: Límites máximos permisibles de concentración de emisión de contaminantes al aire para FUENTES FIJAS de combustión abierta (mg/Nm³). Fuente fija existente con autorización de entrar en funcionamiento antes de Noviembre del 2015.

OBSERVACIONES:

- Las mediciones se realizaron con la fuente fija funcionando, en régimen estacionario y en condiciones de normales de operación.
- En lo referente a las facilidades instaladas para la realización del monitoreo de emisiones gaseosas, la Obra requiere instalar aquellos estipulados en el Acuerdo Ministerial 097-A, Libro VI, Anexo 3, Numeral 4.6.2, Figura 1 (Anexo 2):
 - plataforma de trabajo.
 - escalera de acceso a la plataforma de trabajo.
 - suministro de energía eléctrica cercano a los puertos de muestreo.



CONCLUSIONES:

- Las emisiones de gases del asfalto en obra, **CUMPLEN** con los límites establecidos para las emisiones de contaminantes: Óxidos de Nitrógeno (NO_x) y Material Particulado, de acuerdo a la Normativa de aplicación: ACUERDO MINISTERIAL 097 A del 4 de Noviembre del 2015, TULSMA, Anexo 3: NORMA EMISIONES AL AIRE DESDE FUENTES FIJAS, Tabla # 1: Límites máximos permisibles de concentración de emisión de contaminantes al aire para fuentes fijas de combustión abierta.

RECOMENDACIONES:

- Se recomienda realizar un mantenimiento periódico del equipo, uso de EPP y sistema de alimentación de combustible para mantener su correcto funcionamiento.

Ing. Pablo Camacho H.
DIRECTOR TÉCNICO

NOTA:

- Los resultados presentados en este Informe afectan únicamente a la fuente fija de estudio y a las fechas en que se realizó el monitoreo.
- Prohíbe la reproducción total o parcial de este Informe sin autorización escrita del laboratorio.

Ing. Margoth Cifuentes C.
DIRECTORA DE LABORATORIO



ANEXO I

Certificado de Acreditación ISO 17025 del Laboratorio



CERTIFICADO DE ACREDITACIÓN
ECUDYVENG CIA. LTDA.



Acreditación Nº SAE ILEN 17-002
LABORATORIO DE ENSAYOS

QUITO - ECUADOR

Se encuentra acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano en cumplimiento con los requisitos establecidos en la:

Norma NTE INEN - ISO/IEC 17025:2018 "Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración", equivalente a la Norma ISO/IEC 17025:2017.

Esta acreditación demuestra la competencia técnica para la ejecución de los ensayos detallados en el Alcance de Acreditación *, que se realizan en las localizaciones identificadas en el mismo.



Mgs. Carlos Echeverría Cueva
DIRECTOR EJECUTIVO
SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO

ACREDITACIÓN ORIGINAL: 2017/03/14 (Resolución N° SAE-ACR-003-2017)
RENOVACIÓN 1: 2022/07/07 (Resolución N° SAE-ACR-0178-2022)

EXPIRA: 2023/03/13
EXPIRA: 2023/07/06

La acreditación está condicionada al cumplimiento continuo por parte del laboratorio con los requisitos de acreditación, por lo que la vigencia del presente certificado de acreditación debe ser consultada en la página web del SAE, www.acreditacion.gub.ec.

El SAE es firmante de los Acuerdos de Reconocimiento Mutuo firmados entre Organismos Nacionales de Acreditación con IAAC e ILAC.

* El presente certificado solo tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación.

Ley del Sistema Ecuatoriano de la Calidad Art. 21



ANEXO II

REGLA DE DECISIÓN APLICADA:

El laboratorio informará al cliente sobre cumplimiento o no sobre la normativa que aplique a la actividad o proceso que realice el cliente, para lo cual el laboratorio utilizará la siguiente REGLA DE DECISIÓN:

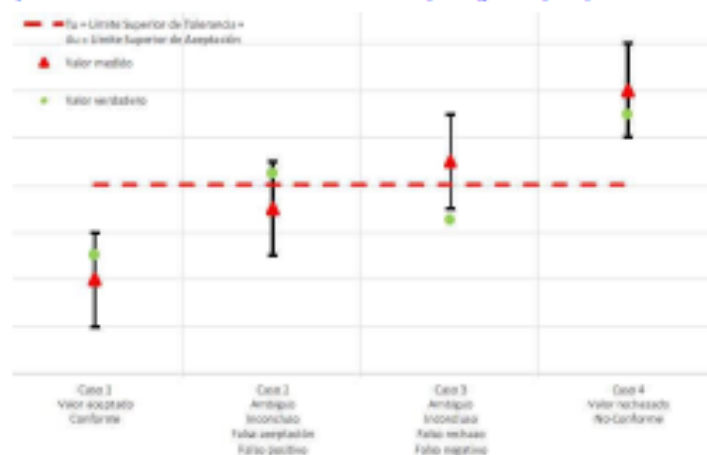
Declaración de conformidad

- El Laboratorio aplicará la declaración de conformidad a aquellos resultados que lo necesiten con evidencia del cliente.
- Aquellas especificaciones, normas o partes de esta en donde los resultados necesiten de su aplicación
- Regla de decisión para declaración de conformidad

Esta regla de decisión introduce el concepto de 'intervalo de Incertidumbre' [$e - U \dots e + U$].

Se declara conformidad cuando todo el intervalo de Incertidumbre se encuentra dentro del error máximo permisible, se declara no conformidad cuando todo el intervalo cae fuera de los límites del error máximo permisible.

Cuando el resultado es conforme, para una Incertidumbre expandida con $k = 2$ (95,45 % de nivel de confianza), la probabilidad de conformidad es de al menos 97,7 % ($pc \approx 97,7 \%$) y el riesgo, la probabilidad de no conformidad menor al 2,3 % ($pc < 2,3 \%$).



Si el intervalo de Incertidumbre se traslapa con los límites del error máximo permisible no es posible declarar conformidad o no-conformidad, declarando un resultado: Indeterminado o no-concluyente.

Atentamente,

Ing. Margoth E. Cifuentes Campos
DIRECTORA LABORATORIO

Ing. Pablo A. Camacho Herold
DIRECTOR TÉCNICO

ESPECIALISTAS EN TECNOLOGÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL

Anexo 4: Monitoreo de Gases en la Planta de Asfalto – Mayo/2024



CAMACHO & CIFUENTES
 ECUDYVENG CÍA. LTDA. / Ing. Margoth Cifuentes
 INF-AG(LabCC02)-2024-145

INFORME DE ANÁLISIS DE EMISIONES DE FUENTES FIJAS DE COMBUSTIÓN

INFORME: INF-AG(LabCC02)-2024-145 / 27-05-24
 ACEPTACIÓN DE TRABAJO: Lab-CC-MCF-AT-23-086

EMPRESA/RAZÓN SOCIAL: JEAL CONSTRUCCIONES (PLANTA DE ASFALTO JOSÉ ALVARADO)

Dirección: Vía a las Viñas, Ambato, Tungurahua **Tfno.:** 0998165367

Responsable / Representante: Ing. José Alvarado

Fecha de monitoreo: 27 de Mayo de 2024 **Técnicos de campo:** Ing. Ricardo López

DATOS FUENTE FIJA DE COMBUSTIÓN:

NOMBRE FUENTE:	PLANTA DE ASFALTO	No. CHIMÉNEAS:	1
MARCA/AÑO:	CIBER / 2007	MODELO / SERIE:	MC10"/ UA CF 17/P1
CAPACIDAD (HP o KW o RPM):	60 HP = 45 KW	ALTURA DE CHIMÉNEA (m):	5,40
DIÁMETRO DE CHIMÉNEA (m):	0,54	ALTURA PUERTO MUESTREO (m):	5,40
COMBUSTIBLE:	DIESEL	No. PUERTOS MUESTREO:	1
CONSUMO DE COMBUSTIBLE:	730 Gal/B Horas	No. PUNTOS DE MEDICIÓN:	24

RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN DE EMISIONES GASEOSAS (A condiciones de campo):

FECHA DE MUESTREO:		14 de Septiembre de 2023	
PARÁMETRO	UNIDAD	M1	
OXÍGENO	%	16,38	
DIÓXIDO DE CARBONO	%	3,14	
MONÓXIDO DE CARBONO *	ppm	3691	
DIÓXIDO DE AZUFRE *	ppm	19	
ÓXIDOS DE NITRÓGENO *	ppm	18	
MONÓXIDO DE NITRÓGENO *	ppm	18	
DIÓXIDO DE NITRÓGENO *	ppm	0,0	
EXCESO AIRE	%	317,8	
EFICIENCIA	%	53,4	
NÚMERO HUMO		8	
PESO MATERIAL PARTICULADO *	g	0,0269	

PARÁMETRO	CO	SO _x	NO	NO _x	MP
INCERTIDUMBRES	± 13,0 (ppm)	± 5,0 (ppm)	± 4,3 (ppm)	± 0,3 (ppm)	± 2,0 (µg/m ³)

RESULTADOS MUESTREO ISOCINÉTICO DE MATERIAL PARTICULADO (A Condiciones de campo)

CONDICIONES AMBIENTALES:		0,77 atm / 23,9 °C / 45,8 % RH	
PARÁMETRO	UNIDAD	Promedio	
FLUJO DE GAS SECO	m ³ /h	2627,4	
TEMPERATURA CHIMÉNEA	°C	66,1	
VELOCIDAD DE LOS GASES	m/s	3,19	
HUMEDAD GAS	%	1,7	
VOLUMEN GAS DEL MUESTREO	m ³	0,53	
TIEMPO MUESTREO	min	48	
DIÁMETRO INTERIOR BOQUILLA	mm	9,53	
PRESIÓN BAROMÉTRICA	mm Hg	584,20	
PRESIÓN ESTÁTICA EN EL INTERIOR CHIMÉNEA	mm Hg	0,04	
PRESIÓN DINÁMICA EN EL INTERIOR CHIMÉNEA	mm Hg	0,04	
CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO	g/m ³	0,0506	



DIAGRAMA DE UBICACIÓN DE FUENTES FIJAS DE COMBUSTIÓN:



METODOLOGÍA APLICADA:

PARÁMETROS	MÉTODO INTERNO LAB.	MÉTODOS REFERENCIA (CFR 40 Part 60-63)
Monóxido de Carbono	Lab-CC-MC-PTE-008	EPA CTM-030
Óxidos de Nitrógeno	Lab-CC-MC-PTE-008	EPA CTM-030 EPA CTM-022
Dióxido de Azufre	Lab-CC-MC-PTE-008	EPA CTM-030
Velocidad	Lab-CC-MC-PTE-008	EPA Met. 2
Número de Humo	Lab-CC-MC-PTE-008	ASTM D 2156 – DIN 51402
Materia Particulada	Lab-CC-MC-PTE-012	EPA Met. 1, 2, 3, 4 y 5
Temperatura	Lab-CC-MC-PTE-008	EPA Met. 2
% de Oxígeno, % de Dióxido de Carbono	Lab-CC-MC-PTE-008	EPA CTM-030
% Eficiencia, % Exceso de Aire		CFR 40 PART 60-63

La medición de los parámetros para la caracterización de emisiones gaseosas de la fuente fija de combustión se realizó mediante la toma de muestras en los diferentes puntos necesarios de medición considerando el perfil de velocidad, de acuerdo a lo que se establece en los procedimientos técnicos internos del laboratorio (Lab-CC-MC-PTE-008) y basados en lo que se establece en normativas ambientales nacionales: (TUSMA A.M. 97-A (Noviembre 4, 2015): LIBRO VI, ANEXO 3: NORMA PARA EMISIONES AL AIRE DESDE FUENTES FIJAS DE COMBUSTIÓN); y en métodos de referencia internacionales (EPA: CTM-030, METODOS 1, 2, 3, 4 Y 5)

Cada muestra fue medida durante un período de estabilización del equipo electrónico de monitoreo, de 4 a 6 minutos en condiciones normales de operación de la fuente fija, siguiendo el procedimiento interno de medición del laboratorio (Lab-CC-MC-PTE-008).

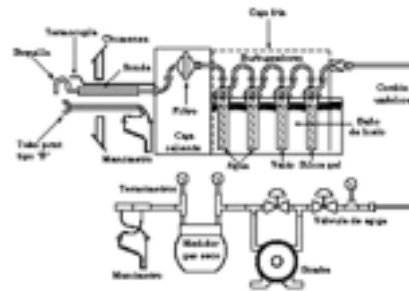
Para el muestreo de material particulado se aplicó el procedimiento interno del laboratorio (Lab-CC-MC-PTE-012) que se base en el método de referencia: EPA: METODOS 1, 2, 3, 4 Y 5, y que



consiste en tomar una muestra de los gases que circulan por la chimenea, succionándolos de la fuente isocinéticamente, con una bomba que los hace pasar a través de un filtro de fibra de vidrio para retener y coleccionar las partículas (El filtro se mantiene a Temperaturas de entre 120 + 14 °C). Previamente el gas muestreado pasa por unos burbujeadores, en un baño de hielo, para condensar toda la humedad del gas. De acuerdo con el volumen de gases muestreado y el volumen de agua recolectada se determina el porcentaje de humedad de los gases.

El material particulado, que incluye cualquier material que se condensa a la temperatura de filtración, es determinado gravimétricamente después de la remoción del agua no combinada.

El muestreo isocinético, significa que la muestra debe tomarse cumpliendo con el requisito de no generar una separación mecánica del material particulado con respecto al gas portador, en otras palabras la toma de la muestra debe realizarse a la misma velocidad en que son transmitidos los contaminantes en el ducto de muestreo. Para asegurar esta condición se escoge la boquilla de muestreo correspondiente a la velocidad de los gases, para así modificar la velocidad de succión y garantizar que el índice de isocineticismo se encuentre en un rango de 100% +/- 10%.



RESULTADOS:

El análisis de las emisiones de la fuente fija, transformados a unidades de norma, presentan la concentración de contaminantes expresados en mg/m³ a Condiciones Normales (1 atm y 0 °C) y corregidos al 18% de Oxígeno, que se indican en la siguiente tabla:

Comparación con TULSMA - Acuerdo Ministerial N° 097 A del 4 de Noviembre del 2015

RESULTADOS	RESULTADOS CONTAMINANTES (mg/m ³ gs a CN y 18%O ₂)**	NORMA FUENTES FIJAS DE COMBUSTIÓN (mg/m ³ gs a CN y 18% O ₂) FFA***	OBSERVACIONES
CO	2960,9	N / A	No existe norma
SO ₂	35,4	N / A	No existe norma
NO _x	24,3	800	CUMPLE
Partículas	46,2	200	CUMPLE
# humo *	8	2*	REFERENCIA
CARGA CONTAMINANTE	3066,8	1000	REFERENCIA

CN: Condiciones normales: presión 1013 mbar y temperatura 0°C.

* No existe norma para número de humo, pero el valor que se indica es una recomendación técnica – EPA.

** Unidades: miligramos por metro cúbico de gas seco a condiciones normales (1Atm y 0°C) y corregidos al 18% de O₂

*** Normativa de aplicación ACUERDO MINISTERIAL 097 A, TULSMA, Libro VI, Anexo 3: NORMA EMISIONES AL AIRE DESDE FUENTES FIJAS, Tabla # 1: Límites máximos permisibles de concentración de emisión de contaminantes al aire para FUENTES FIJAS de combustión abierta (mg/Nm³). Fuente fija existente con autorización de entrar en funcionamiento antes de Noviembre del 2015.



OBSERVACIONES:

- Las mediciones se realizaron con la fuente fija funcionando, en régimen estacionario y en condiciones de normales de operación.
- En lo referente a las facilidades instaladas para la realización del monitoreo de emisiones gaseosas, la PLANTA DE ASFALTO requiere instalar aquellos estipulados en el Acuerdo Ministerial 097-A, Libro VI, Anexo 3, Numeral 4.6.2, Figura 1 (Anexo 2):
 - plataforma de trabajo.
 - escalera de acceso a la plataforma de trabajo.
 - suministro de energía eléctrica cercano a los puertos de muestreo.



CONCLUSIONES:

- Las emisiones de la PLANTA DE ASFALTO, **CUMPLEN** con los límites establecidos para las emisiones de contaminantes: Óxidos de Nitrógeno (NOx) y Material Particulado, de acuerdo a la Normativa de aplicación: ACUERDO MINISTERIAL 097 A del 4 de Noviembre del 2015, TULSMA, Anexo 3: NORMA EMISIONES AL AIRE DESDE FUENTES FIJAS, Tabla # 1: Límites máximos permisibles de concentración de emisión de contaminantes al aire para fuentes fijas de combustión abierta.

RECOMENDACIONES:

- Se recomienda realizar un mantenimiento periódico del equipo, limpieza de la chimenea y sistema de alimentación de combustible para mantener su correcto funcionamiento.

Ing. Pablo Camacho H.
DIRECTOR TÉCNICO

NOTA:

- Los resultados presentados en este Informe afectan únicamente a la fuente fija de estudio y a las fechas en que se realizó el monitoreo.
- Prohibida la reproducción total o parcial de este Informe sin autorización escrita del laboratorio.

Ing. Margoth Cifuentes C.
DIRECTORA DE LABORATORIO



ANEXO I
 Certificado de Acreditación ISO 17025 del Laboratorio



ANEXO I
ALCANCE DE ACREDITACIÓN

PARA LAS ÁREAS DE: LABORATORIO DE ENSAYO

ECUDYVENG CÍA. LTDA.
 MATRIZ: Montevideo De 10-60 • 256 7892-09 759 3724-
 mago_ec@yahoo.com – myjcon@guia.telcel.net
 Quito – Ecuador

PARA ENSAYOS

Está acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE) de acuerdo con los requerimientos establecidos en la Norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2018 "Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración", Criterios Específicos para la acreditación de laboratorios que realizan ensayos. (CR GA01), Guías y Políticas del SAE en su edición vigente, para las siguientes actividades:

Mantenimiento de la acreditación

Localización : Montevideo De 10-60, Quito, Ecuador.

Sector: Ensayos

Categoría 1: Ensayo in situ

Campo de Ensayo: Ensayos físico-químicos de emisiones gaseosas de fuentes fijas a la atmósfera

PRODUCTO O MATERIAL A ENSAYAR	ENSAYO, TÉCNICA Y RANGOS	MÉTODO DE ENSAYO (Método interno y método de referencia)
Emisiones de fuentes fijas de combustión	Gases contaminantes, Celdas electroquímicas, Monóxido de carbono (CO), (10 a 1 000) ppm	Lab-CC-MC-PTE-008
	Monóxido de nitrógeno (NO), (10 a 1 000) ppm	EPA CTM-022, 1998
	Dióxido de azufre (SO ₂), (10 a 1 000) ppm	EPA CTM-030, 1997
	Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	EPA CTM-034, 1997



PRODUCTO O MATERIAL A ENSAYAR	ENSAYO, TÉCNICA Y RANGOS	MÉTODO DE ENSAYO (Método interno y método de referencia)
	(10 a 50) ppm	
	Material particulado, Gravimetría, (0,7 a 400) mg/m ³	Lab-CC-MC-PTE-012 EPA CFR 40 Parte 60 Apéndice A Método 5, 2004

Campo de Ensayo: Acústica Ambiental

PRODUCTO O MATERIAL A ENSAYAR	ENSAYO, TÉCNICA Y RANGOS	MÉTODO DE ENSAYO (Método interno y método de referencia)
Ruido ambiental	Ruido, Nivel de presión sonora, (30 a 140) Db	Lab-CC-MC-PTE-011 ISO 1996-1:2003 ISO 1996-2:2007

Campo de Ensayo: Ensayos físico-químicos de emisiones aire ambiente

PRODUCTO O MATERIAL A ENSAYAR	ENSAYO, TÉCNICA Y RANGOS	MÉTODO DE ENSAYO (Método interno y método de referencia)
	Material particulado, PM 10, PM 4, PM 2.5 y Totales, Fotometría Láser.	Lab-CC-MC-PTE-013 ISO 21501-4 2007.
Aire ambiente interno	(6,3 a 100 000) µg/m ³ Material particulado, PM 10, PM 4, PM 2.5 y Totales, Gravimetría, (6,3 a 100 000) µg/m ³	Lab-CC-MC-PTE-013 UNE-EN 482 2012, NTP 731

Campo de Ensayo: Ensayos físico-químicos en aguas

PRODUCTO O MATERIAL A ENSAYAR	ENSAYO, TÉCNICA Y RANGOS	MÉTODO DE ENSAYO (Método interno y método de referencia)
Aguas naturales, Aguas residuales, Aguas de consumo	pH, electroquímica, (4 a 10) unidades de pH	Lab-CC-MC-PTE-018 Standard Methods, Ed. 22, 2012, 4500 H+B



Campo de Ensayo: Ensayos físico-químicos de emisiones aire ambiente

PRODUCTO O MATERIAL A ENSAYAR	ENSAYO, TÉCNICA Y RANGOS	MÉTODO DE ENSAYO (Método interno y método de referencia)
Aire ambiente	Material particulado sedimentable, Gravimetría, (0,1 a 1 000) mg	Lab-CC-MC-PTE-019 ASTM-D1739-2004
Aire ambiente	Gases contaminantes, Captadores difusivos, Dióxido de nitrógeno (NO ₂), (0,89 a 400) µg/m ³ , Dióxido de azufre (SO ₂), (0,22 a 400) µg/m ³ , Ozono (O ₃), (1,8 a 400) µg/m ³	Métodos de referencia: EN 13528-1:2003 EN 13528-2:2003 EN 13328-0:2004 Lab-CC-MC-PTE-020 Lab-CC-MC-PTE-021 Lab-CC-MC-PTE-022

Campo de Ensayo: Ambiente Laboral

PRODUCTO O MATERIAL A ENSAYAR	ENSAYO, TÉCNICA Y RANGOS	MÉTODO DE ENSAYO (Método interno y método de referencia)
Ruido laboral	Ruido, Nivel de presión sonora, (30 a 140) dB Dosimetría de ruido, nivel de presión sonora, (30 a 140) dB	Lab-CC-MC-PTE-023 ISO 9812:2009
Ambiente laboral	Temperatura para Estrés térmico, Termometría, Temperatura bulbo seco (0 a 25) °C, Temperatura bulbo húmedo (-10 a 50) °C, Temperatura de globo (-10 a 50) °C, Luminosidad, Luxómetro, (50 a 5000) luxes	Lab-CC-MC-PTE-024 ISO 7243: 1989 NTP-322 ISO 7730 NTP 462 Lab-CC-MC-PTE-024 NOM-025-STPS-2008 INSHT/NTP-211



PRODUCTO O MATERIAL A ENSAYAR	ENSAYO, TÉCNICA Y RANGOS	MÉTODO DE ENSAYO (Método interno y método de referencia)
Ambiente laboral	Gases contaminantes, Captadores difusivos.	Métodos de referencia: EN 13528-1:2003 EN 13528-2:2003 EN 13528-3:2004 Lab-CC-MC-PTE-020
	Dióxido de nitrógeno (NO ₂), (0,88 a 400) µg/m ³	
	Dióxido de azufre (SO ₂), (0,22 a 400) µg/m ³	Lab-CC-MC-PTE-021
Ambiente laboral	Ozono (O ₃), (1,8 a 400) µg/m ³	Lab-CC-MC-PTE-022
	Material particulado, PM 10, PM 4, PM 2,5 y Totales, fotometría láser (5,3 a 150000) µg/m ³	Lab-CC-MC-PTE-013 ISO 21501-402007
	Material particulado, PM 10, PM 4, PM 2,5 y Totales, Gravimetría (5,3 a 150000) µg/m ³	Lab-CC-MC-PTE-013 UNE-EN 482 2012, NTP 731



ANEXO II

REGLA DE DECISIÓN APLICADA:

El laboratorio informará al cliente sobre cumplimiento o no sobre la normativa que aplique a la actividad o proceso que realice el cliente, para lo cual el laboratorio utilizará la siguiente REGLA DE DECISIÓN:

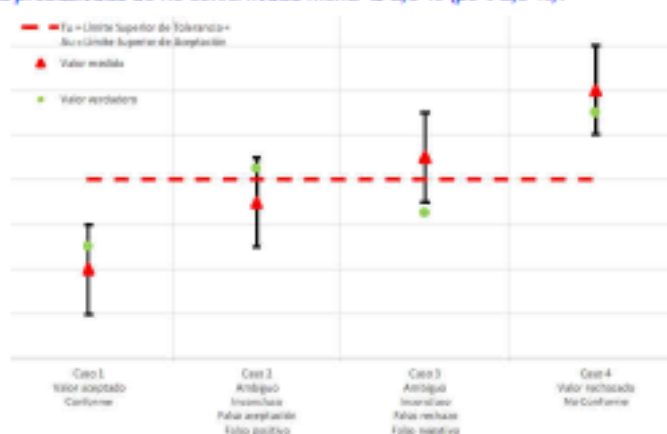
Declaración de conformidad

- El Laboratorio aplicará la declaración de conformidad a aquellos resultados que lo necesiten con evidencia del cliente.
- Aquellas especificaciones, normas o partes de esta en donde los resultados necesiten de su aplicación
- Regla de decisión para declaración de conformidad

Esta regla de decisión introduce el concepto de intervalo de incertidumbre' $[e - U \dots e + U]$.

Se declara conformidad cuando todo el intervalo de incertidumbre se encuentra dentro del error máximo permisible, se declara no conformidad cuando todo el intervalo cae fuera de los límites del error máximo permisible.

Cuando el resultado es conforme, para una incertidumbre expandida con $k = 2$ (95,45 % de nivel de confianza), la probabilidad de conformidad es de al menos 97,7 % ($pc \geq 97,7 \%$) y el riesgo, la probabilidad de no conformidad menor al 2,3 % ($pc < 2,3 \%$).




Si el intervalo de incertidumbre se traslapa con los límites del error máximo permisible no es posible declarar conformidad o no-conformidad, declarando un resultado: indeterminado o no-concluyente.

Atentamente,


Ing. Margoth E. Cifuentes Campos
DIRECTORA LABORATORIO

Ing. Pablo A. Camacho Herold
DIRECTOR TÉCNICO
ESPECIALISTAS EN TECNOLOGÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL

Anexo 5: Monitoreo de Gases, tendido de asfalto en obra– Mayo/2024



CAMACHO & CIFUENTES
ECUADYVENG CIA. LTDA.
INF-AG(LabCC02)-2024-090



INFORME DE ANÁLISIS DE EMISIONES DE FUENTES FIJAS DE COMBUSTIÓN

INFORME: INF-AG(LabCC02)-2024-099 /
 ACEPTACIÓN DE TRABAJO: Lab-CC-MCF-AT.24-060

EMPRESA/RAZÓN SOCIAL: JEAL CONSTRUCCIONES

Dirección: Av. Bolívariana y Seymour **Telno.:** 0 2 400 053

Responsable / Representante: Ing. José Alvarado

Fecha de monitoreo: 17 de mayo de 2024 **Técnicos de campo:** Ing. Ricardo Lopez

DATOS FUENTE FIJA DE COMBUSTIÓN:

NOMBRE FUENTE:	FRENTE DE OBRA	No. CHIMENEAS:	0
MARCA/AÑO:	FINISHER	MODELO / SERIE:	-
COMBUSTIBLE:	DIESEL	No. PUERTOS MUESTREO:	1
CONSUMO DE COMBUSTIBLE:	730 Gal/8 Horas	No. PUNTOS DE MEDICIÓN:	12

RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN DE EMISIONES GASEOSAS (A condiciones de campo):

FECHA DE MUESTREO:		08 de abril de 2024
PARÁMETRO	UNIDAD	M1
OXÍGENO	%	17,96
DIÓXIDO DE CARBONO	%	<0,21
MONÓXIDO DE CARBONO *	ppm	36
DIÓXIDO DE AZUFRE *	ppm	<0,12
ÓXIDOS DE NITRÓGENO *	ppm	35
MONÓXIDO DE NITRÓGENO *	ppm	29
DIÓXIDO DE NITRÓGENO *	ppm	11,1
EXCESO AIRE	%	368,2
EFICIENCIA	%	83,2
NÚMERO HUMO		5
PESO MATERIAL PARTICULADO *	g	6,3

* Por Ámbitos de Control de Emisiones de Carbono y Oxígeno

PARÁMETRO	CO	SO ₂	NO	NO ₂	MP
INCERTIDUMBRE	± 5,0 (ppm)	± 5,7 (ppm)	± 4,3 (ppm)	± 0,3 (ppm)	± 2,0 (mg/m ³)

RESULTADOS MUESTREO ISOCINÉTICO DE MATERIAL PARTICULADO (A Condiciones de campo)

CONDICIONES AMBIENTALES:		0,77 atm / 28,2 °C / 42,8 % RH
PARÁMETRO	UNIDAD	Promedio
FLUJO DE GAS SECO	m ³ /h	1983,4
TEMPERATURA CHIMENEA	°C	73,6
VELOCIDAD DE LOS GASES	m/s	1,26
HUMEDAD GAS	%	1,2
VOLUMEN GAS DEL MUESTREO	m ³	0,59
TIEMPO MUESTREO	min	40
DIÁMETRO INTERIOR BOQUELLA	mm	11,50
PRESIÓN BAROMÉTRICA	mm Hg	476,30
CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO	g/m ³	0,0014



DIAGRAMA DE UBICACIÓN DE FUENTES MÓVILES DE COMBUSTIÓN:



METODOLOGÍA APLICADA:

PARÁMETROS	MÉTODO INTERNO LAB.	MÉTODOS REFERENCIA (CFR 40 Part 60-63)
Monóxido de Carbono	Lab-CC-MC-PTE-008	EPA CTM-030
Óxidos de Nitrógeno	Lab-CC-MC-PTE-008	EPA CTM-030 EPA CTM-022
Dióxido de Azufre	Lab-CC-MC-PTE-008	EPA CTM-030
Velocidad	Lab-CC-MC-PTE-008	EPA Met. 2
Número de Humo	Lab-CC-MC-PTE-008	ASTM D 2156 - DIN 51402
Materia Particulado	Lab-CC-MC-PTE-012	EPA Met. 1, 2, 3, 4 y 5
Temperatura	Lab-CC-MC-PTE-008	EPA Met. 2
% de Oxígeno, % de Dióxido de Carbono	Lab-CC-MC-PTE-008	EPA CTM-030
% Eficiencia, % Exceso de Aire		CFR 40 PART 60-63

La medición de los parámetros para la caracterización de emisiones gaseosas de la fuente móviles de combustión se realizó mediante la toma de muestras en los diferentes puntos necesarios de medición considerando el perfil de velocidad, de acuerdo a lo que se establece en los procedimientos técnicos internos del laboratorio (Lab-CC-MC-PTE-008) y basados en lo que se establece en normativas ambientales nacionales: **(TUSMA AM 97-A (Noviembre 4, 2015): LIBRO VI, ANEXO 3: NORMA PARA EMISIONES AL AIRE DESDE FUENTES FIJAS DE COMBUSTIÓN)**; y en métodos de referencia internacionales (**EPA: CTM-030, MÉTODOS 1, 2, 3, 4 Y 5**)

Cada muestra fue medida durante un período de estabilización del equipo electrónico de monitoreo, de 4 a 6 minutos en condiciones normales de operación de la fuente fija, siguiendo el procedimiento interno de medición del laboratorio (Lab-CC-MC-PTE-008).



Para el muestreo de material particulado se aplicó el procedimiento interno del laboratorio (Lab-CC- MC-PTE-012) que se base en el método de referencia: EPA: MÉTODOS 1, 2, 3, 4 Y 5, y que consiste en tomar una muestra de los gases que circulan por la chimenea, succionándolos de la fuente isocinéticamente, con una bomba que los hace pasar a través de un filtro de fibra de vidrio para retener y coleccionar las partículas (El filtro se mantiene a Temperaturas de entre 120 +/- 14 °C). Previamente el gas muestreado pasa por unos burbujeadores, en un baño de hielo, para condensar toda la humedad del gas. De acuerdo con el volumen de gases muestreado y el volumen de agua recolectada se determina el porcentaje de humedad de los gases.

El material particulado, que incluye cualquier material que se condensa a la temperatura de filtración, es determinado gravimétricamente después de la remoción del agua no combinada.

El muestreo isocinético, significa que la muestra debe tomarse cumpliendo con el requisito de no generar una separación mecánica del material particulado con respecto al gas portador, en otras palabras la toma de la muestra debe realizarse a la misma velocidad en que son transmitidos los contaminantes en el ducto de muestreo. Para asegurar esta condición se escoge la boquilla de muestreo correspondiente a la velocidad de los gases, para así modificar la velocidad de succión y garantizar que el índice de isocineticismo se encuentre en un rango de 100% +/- 10 %.

RESULTADOS:

El análisis de las emisiones de la fuente fija, transformados a unidades de norma, presentan la concentración de contaminantes expresados en mg/m³ a Condiciones Normales (1 atm y 0 °C) y corregidos al 18% de Oxígeno, que se indican en la siguiente tabla:

Comparación con TULSMA - Acuerdo Ministerial N° 097 A del 4 de Noviembre del 2015

RESULTADOS	RESULTADOS CONTAMINANTES (mg/m ³ gs a CN y 18%O ₂)**	NORMA FUENTES FIJAS DE COMBUSTIÓN (mg/m ³ gs a CN y 18% O ₂) FFA***	OBSERVACIONES
CO	182,06	N / A	No existe norma
SO ₂	0,08	N / A	No existe norma
NOx	11,1	800	CUMPLE
Partículas	1,1	200	CUMPLE
# humo *	1	2*	REFERENCIA
CARGA CONTAMINANTE	79,1	1000	REFERENCIA

CN: Condiciones normales: presión 1013 mbar y temperatura 0°C.

* No existe norma para número de humo, pero el valor que se indica es una recomendación técnica – EPA.

** Unidades: miligramos por metro cúbico de gas seco a condiciones normales (1Atm y 0°C) y corregidos al 18% de O₂



*** Normativa de aplicación ACUERDO MINISTERIAL 097 A, TULSMA, Libro VI, Anexo 3: NORMA EMISIONES AL AIRE DESDE FUENTES FIJAS, Tabla # 1: Límites máximos permisibles de concentración de emisión de contaminantes al aire para FUENTES FIJAS de combustión abierta (mg/Nm³). Fuente fija existente con autorización de entrar en funcionamiento antes de Noviembre del 2015.

OBSERVACIONES:

- Las mediciones se realizaron con la fuente fija funcionando, en régimen estacionario y en condiciones de normales de operación.
- En lo referente a las facilidades instaladas para la realización del monitoreo de emisiones gaseosas, la Obra requiere instalar aquellos estipulados en el Acuerdo Ministerial 097-A, Libro VI, Anexo 3, Numeral 4.6.2, Figura 1 (Anexo 2):
 - plataforma de trabajo.
 - escalera de acceso a la plataforma de trabajo.
 - suministro de energía eléctrica cercano a los puertos de muestreo.



CONCLUSIONES:

- Las emisiones de gases del asfalto en obra, **CUMPLEN** con los límites establecidos para las emisiones de contaminantes: Óxidos de Nitrógeno (NO_x) y Material Particulado, de acuerdo a la Normativa de aplicación: ACUERDO MINISTERIAL 097 A del 4 de Noviembre del 2015, TULSMA, Anexo 3: NORMA EMISIONES AL AIRE DESDE FUENTES FIJAS, Tabla # 1: Límites máximos permisibles de concentración de emisión de contaminantes al aire para fuentes fijas de combustión abierta.

RECOMENDACIONES:

- Se recomienda realizar un mantenimiento periódico del equipo, uso de EPP y sistema de alimentación de combustible para mantener su correcto funcionamiento.

Ing. Pablo Camacho H.
DIRECTOR TÉCNICO

NOTA:

- Los resultados presentados en este informe afectan únicamente a la fuente fija de estudio y a las fechas en que se realizó el monitoreo.
- Prohíbe la reproducción total o parcial de este informe sin autorización escrita del laboratorio.

Ing. Margoth Cifuentes C.
DIRECTORA DE LABORATORIO



ANEXO I

Certificado de Acreditación ISO 17025 del Laboratorio



CERTIFICADO DE ACREDITACIÓN
ECUDYVENG CIA. LTDA.



Acreditación Nº SAE IEN 17-002
LABORATORIO DE ENSAYOS

QUITO - ECUADOR

Se encuentra acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano en cumplimiento con los requisitos establecidos en la:

Norma NTE INEN - ISO/IEC 17025:2018 "Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración", equivalente a la Norma ISO/IEC 17025:2017.

Esta acreditación demuestra la competencia técnica para la ejecución de los ensayos detallados en el Alcance de Acreditación *, que se realizan en las localizaciones identificadas en el mismo.




Mgs. Carlos Echevarría Cueva
DIRECTOR EJECUTIVO
SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO

ACREDITACIÓN INICIAL: 2017/03/14 (Resolución N° SAE-ADR-0003-2017)
RENOVACIÓN 1: 2022/07/07 (Resolución N° SAE-ADR-0176-2022)

EXPIRA: 2023/03/13
EXPIRA: 2027/07/06

La acreditación está condicionada al cumplimiento continuo por parte del laboratorio con los requisitos de acreditación, por lo que la vigencia del presente certificado de acreditación debe ser consultada en la página web del SAE: www.acreditacion.gov.ec.

El SAE es firmante de los Acuerdos de Reconocimiento Mutuo firmado entre Organismos Nacionales de Acreditación con IAAC e ILAC.
 * El presente certificado solo tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación.

Ley del Sistema Ecuatoriano de la Calidad Art. 21



ANEXO II

REGLA DE DECISIÓN APLICADA:

El laboratorio informará al cliente sobre cumplimiento o no sobre la normativa que aplique a la actividad o proceso que realice el cliente, para lo cual el laboratorio utilizará la siguiente REGLA DE DECISIÓN:

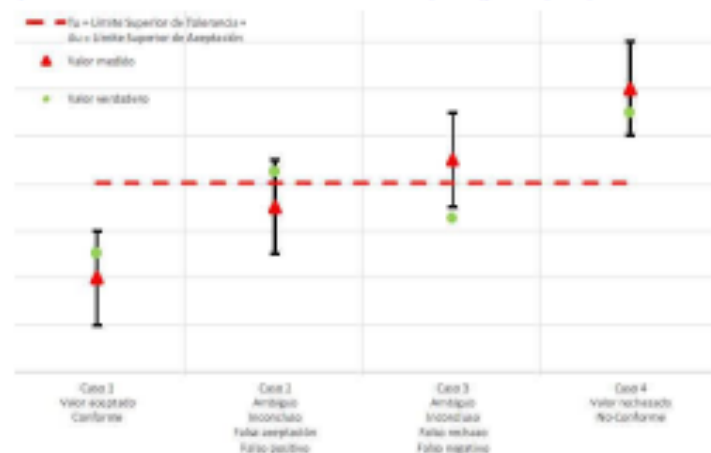
Declaración de conformidad

- El Laboratorio aplicará la declaración de conformidad a aquellos resultados que lo necesiten con evidencia del cliente.
- Aquellas especificaciones, normas o partes de esta en donde los resultados necesiten de su aplicación
- Regla de decisión para declaración de conformidad

Esta regla de decisión introduce el concepto de 'Intervalo de Incertidumbre' [$e - U \dots e + U$].

Se declara conformidad cuando todo el intervalo de incertidumbre se encuentra dentro del error máximo permisible, se declara no conformidad cuando todo el intervalo cae fuera de los límites del error máximo permisible.

Cuando el resultado es conforme, para una incertidumbre expandida con $k = 2$ (95,45 % de nivel de confianza), la probabilidad de conformidad es de al menos 97,7 % ($pc \approx 97,7 \%$) y el riesgo, la probabilidad de no conformidad menor al 2,3 % ($pc < 2,3 \%$).



Si el intervalo de incertidumbre se traslapa con los límites del error máximo permisible no es posible declarar conformidad o no-conformidad, declarando un resultado: Indeterminado o no-concluyente.

Atentamente,

Ing. Margoth E. Cifuentes Campos
DIRECTORA LABORATORIO
ESPECIALISTAS EN TECNOLOGÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL

Ing. Pablo A. Camacho Herold
DIRECTOR TÉCNICO

Anexo 6: DISEÑO DE ENCUESTA

Puesto: Operación Planta de Asfalto
Colocación de Asfalto e obra

¿Tiempo de trabajo en la industria del asfalto?

1 año
2 años
3 años
4 años
5 años
Más de 5 años

¿Has experimentado síntomas de salud relacionados con la exposición al asfalto caliente mientras realiza su trabajo? (tos, dificultad para respirar)

Si No

¿Ha recibido un diagnóstico médico en el último año?

Si No

¿Se le proporciona un equipo que permita un cuidado adecuado a su salud?

Si No

¿Ha recibido información sobre las medidas de control y prevención de riesgos para proteger su salud mientras trabaja?

Si No

¿Se realiza las medidas de control establecidas?

Si No

¿Conoce los efectos de los COV (compuestos orgánicos volátiles) en el ambiente?

Si No

¿Se llevan a cabo medidas de control ambiental para reducir la exposición a los COV del asfalto en su lugar de trabajo?

Si No

¿Consideras que se están tomando las medidas adecuadas para proteger la salud de los trabajadores?

Si No

¿Consume cigarrillos o tabacos?

Si No

Anexo 7: Datos recopilados en las encuestas

EVALUACIÓN A TRABAJADORES				
PREGUNTA	Operación Planta de Asfalto		Colocación de Asfalto e obra	
	¿Tiempo de trabajo en la industria del asfalto?			
1 año				
2 años		1		
3 años				
4 años				
5 años				3
Más de 5 años	2		6	
TOTAL	3		9	
	Si	No	Si	No
¿Has experimentado síntomas de salud relacionados con la exposición al asfalto caliente mientras realiza su trabajo? (tos, dificultad para respirar)	3		1	8
¿Ha recibido un diagnóstico médico en el último año?	3		9	
¿Se le proporciona un equipo que permita un cuidado adecuado a su salud?	3		9	
¿Ha recibido información sobre las medidas de control y prevención de riesgos para proteger su salud mientras trabaja?	3		8	1
¿Se realiza las medidas de control establecidas?	2	1	9	
¿Conoce los efectos de los COV (compuestos orgánicos volátiles) en el ambiente?		3	7	2
¿Se llevan a cabo medidas de control ambiental para reducir la exposición a los COV del asfalto en su lugar de trabajo?	3		9	
¿Consideras que se están tomando las medidas adecuadas para proteger la salud de los trabajadores?	2	1	8	1
¿Consume tabaco?	1	2	2	7
TOTAL	19	5	60	12
PORCENTAJE	79	21	83	17

Elaborado por Linda Pazmiño
Proyecto de Investigación 2024