

Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Ambiental



TESIS

Análisis longitudinal de la correlación entre los niveles de CO emitido por vehículos mineros subterráneos y los niveles de CO TLV-TWA de las labores ocupacionales subterráneas de una minera subterránea peruana: estudio de enero a abril de 2023 y 2024

Para obtener el título profesional de Ingeniero de Higiene y Seguridad Industrial.

Elaborado por

Dennis Franz Vivanco Valenzuela

 [0009-0002-9187-7272](https://orcid.org/0009-0002-9187-7272)

Asesor

Ing. Javier Enrique Taípe Rojas

 [0000-0002-9488-5836](https://orcid.org/0000-0002-9488-5836)

LIMA – PERÚ

2025

Citar/How to cite	Vivanco Valenzuela [1]
Referencia/Reference	[1] D. Vivanco Valenzuela, " <i>Análisis longitudinal de la correlación entre los niveles de CO emitido por vehículos mineros subterráneos y los niveles de CO TLV-TWA de las labores ocupacionales subterráneas de una minera subterránea peruana: estudio de enero a abril de 2023 y 2024</i> " [Tesis de pregrado]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2025.
Estilo/Style: IEEE (2020)	
Citar/How to cite	(Vivanco, 2025)
Referencia/Reference	Vivanco, D. (2025). <i>Análisis longitudinal de la correlación entre los niveles de CO emitido por vehículos mineros subterráneos y los niveles de CO TLV-TWA de las labores ocupacionales subterráneas de una minera subterránea peruana: estudio de enero a abril de 2023 y 2024</i> . [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style: APA (7ma ed.)	

Dedicatoria

A mi esposa, por su paciencia y por ser siempre mi compañera; en un futuro cercano también mi colega S2. A mi hijo, espero ser yo el mejor ejemplo para ti.

Agradecimientos

Al Ing. Gregory Niles Galicio Sánchez por el apoyo incondicional a la presente tesis.

Al Ing. Javier Enrique Taipe Rojas porque gracias a su asesoría se logró el objetivo de desarrollar la tesis.

Resumen

Entre enero y abril de 2023 y 2024, se examinó la relación entre las emisiones de monóxido de carbono (CO) de los vehículos mineros subterráneos y los niveles ocupacionales de CO TLV-TWA en una mina subterránea en Perú. Para evaluar la normalidad de los datos y la correlación entre las variables de las medias estimadas por estadística inferencial, se emplearon pruebas estadísticas como la correlación de Spearman y el test de Shapiro-Wilk. El test de Shapiro-Wilk mostró que los datos transformados en log tenían una distribución normal ($p > 0.05$). El coeficiente de 0.415 y el p-valor de 0.0182 de la correlación de Spearman indican una relación moderada y significativa entre las emisiones de CO y los niveles de ocupacionales de CO.

Adicionalmente, se empleó el test de Welch para comparar como es que el control por instalación de catalizadores influencio en las medias de las emisiones de CO entre 2023 y 2024, encontrando diferencias significativas ($p < 0.05$). Esto sugirió que la implementación de catalizadores en 2024 redujo efectivamente las emisiones de CO, mejorando los niveles de CO ocupacional. Se observó que al controlar las emisiones en los vehículos mineros se mejora la calidad de CO de los trabajadores en la minería subterránea.

Palabras clave — Monóxido de carbono, minería subterránea, catalizadores, correlación de Spearman, test de Welch, Python.

Abstract

Between January and April of 2023 and 2024, we examined the relationship between carbon monoxide (CO) emissions from underground mining vehicles and occupational CO TLV–TWA levels in an underground mine in Peru. To assess normality and the association between variables, we employed the Shapiro–Wilk test and Spearman’s rank-order correlation. The Shapiro–Wilk test indicated that the log-transformed data were normally distributed ($p > .05$). Spearman’s correlation yielded $\rho = 0.415$ with $p = .0182$, indicating a moderate and statistically significant association between CO emissions and occupational CO levels.

Additionally, we used Welch’s t test to compare whether the installation of catalytic converters influenced mean CO emissions between 2023 and 2024, finding significant differences ($p < .05$). These results suggest that implementing catalytic converters in 2024 effectively reduced CO emissions, thereby improving occupational CO exposure levels. We observed that controlling emissions from mining vehicles enhances workers’ CO exposure profiles in underground mining.

Keywords: carbon monoxide; underground mining; catalytic converters; Spearman correlation; Welch’s t test; Python.

Tabla de Contenido

	Pág.
Resumen	v
Abstract	vi
Introducción	xiii
Capítulo I. Parte introductoria del trabajo	1
1.1 Generalidades	1
1.2 Descripción del problema de investigación	2
1.3 Justificación e importancia	4
1.4 Objetivos del estudio	6
1.4.1 Objetivo general	6
1.4.2 Objetivos específicos	6
1.5 Hipótesis del estudio	6
1.5.1 Hipótesis general.....	7
1.5.2 Hipótesis específicas.....	7
1.6 Variables.....	7
1.6.1 Variable Independiente (VI)	7
1.6.2 Variable Dependiente (VD)	8
1.6.3 Variable Moderadora (VM).....	8
1.6.4 Variable de Contexto (VC)	9
1.7 Antecedentes investigativos.....	10
Capítulo II. Marcos teórico y legal.....	12
2.1 Marco teórico.....	12
2.1.1 Ubicación de la mina.....	13
2.1.2 Geomorfología.....	14
2.1.3 Geología local.....	14
2.1.4 Geología económica, tipo de yacimiento.....	15

2.1.5	Mineralización.....	16
2.1.6	Plan minado 2023.	16
2.1.7	Pruebas estadísticas.....	18
2.1.8	Pruebas Estadísticas Descriptivas.....	18
2.1.9	Prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk	20
2.1.10	Pruebas estadísticas Paramétricas	21
2.1.11	Pruebas estadísticas No Paramétricas.....	23
2.2	Marco legal.....	25
2.2.1	Seguridad, Salud y Medio Ambiente.....	25
Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación		28
3.1	Materiales y métodos	28
3.2	Metodología de Investigación	28
3.2.1	Población y Selección de Muestra.....	28
3.2.2	Recolección de Información.....	30
3.2.3	Procesamiento y Análisis de Datos	32
Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados		34
4.1	Evaluación de la variabilidad de los niveles de CO emitidos por los vehículos mineros subterráneos en las zonas Alta Horizonte, Media, Baja Norte y Baja Sur durante los periodos de enero a abril de 2023 y 2024.	34
4.1.1	Evaluaciones de CO en tubos de escapes de Vehículos mineros.	34
4.1.2	Creación de la base de datos en Python para el análisis de las pruebas estadísticas.....	63
4.1.3	Análisis de los Datos con la Prueba T de Welch.....	66
4.1.4	Gráficos de Tendencia Temporal.....	74

4.2	Registro de los niveles de CO TLV-TWA en las zonas Alta Horizonte, Media, Baja Norte y Baja Sur durante los periodos de estudio comparación con los niveles permitidos.	79
4.2.1	Comparación con Normativas y estadística inferencial log normal	79
4.2.2	Mediciones Ocupacionales de CO.....	79
4.2.3	Estimación de la Media y los Límites Inferior y Superior de Confianza.....	92
4.3	Creación de base de datos de CO ocupacional para estadística inferencial. ...	92
4.3.1	Análisis estadístico inferencial de los datos	95
4.4	Análisis Estadístico Descriptivo Boxplot (diagrama de caja y bigotes).....	101
4.5	Correlación de los niveles de CO emitidos por los vehículos mineros y los niveles de CO TLV-TWA en las diferentes zonas de trabajo subterráneas.....	105
4.5.1	Programación del análisis de Correlación de Spearman en Python.....	109
4.5.2	Análisis de Resultados de la Correlación por Spearman.....	111
4.5.3	Gráfico de Dispersión.....	112
	Conclusiones	114
	Recomendaciones.....	119
	Referencias bibliográficas	121
	Anexos	123

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1: Operacionalización de Variables	10
Tabla 2: Reservas mina Huarón 2022	17
Tabla 3: Recursos mina Huarón 2022	17
Tabla 4: Cantidad de Vehículos medidos periodo enero-abril 2023 2024	35
Tabla 5: Resultado de mediciones de CO en escape de vehículos mineros enero 2023	35
Tabla 6: Resultado de mediciones de CO en escape de vehículos mineros enero 2024	40
Tabla 7: Resultado de mediciones de CO en escape de vehículos mineros febrero 2023	46
Tabla 8: Resultado de mediciones de CO en escape de vehículos mineros febrero 2024	48
Tabla 9: Resultado de mediciones de CO en escape de vehículos mineros marzo 2023	51
Tabla 10: Resultado de mediciones de CO en escape de vehículos mineros marzo 2024	54
Tabla 11: Resultado de mediciones de CO en escape de vehículos mineros abril 2023	57
Tabla 12: Resultado de mediciones de CO en escape de vehículos mineros abril 2024	60
Tabla 13: Niveles de CO ocupacionales medidos en enero de 2023	80
Tabla 14: Niveles de CO ocupacionales medidos en enero de 2023	81
Tabla 15: Niveles de CO ocupacionales medidos en febrero de 2023	82
Tabla 16: Niveles de CO ocupacionales medidos en febrero de 2024	83
Tabla 17: Niveles de CO ocupacionales medidos en marzo de 2023	85
Tabla 18: Niveles de CO ocupacionales medidos en marzo de 2024	86

Tabla 19: Niveles de CO ocupacionales medidos en abril de 2023.....	88
Tabla 20: Niveles de CO ocupacionales medidos en abril de 2024.....	90
Tabla 21: Categorización del Índice de Exposición: Basado en un Estimado de la Media Aritmética del Perfil de Exposición.....	99
Tabla 22: Categorización de la exposición ocupacional de los puestos de trabajo Basado en un Estimado de la Media del Perfil de Exposición	99
Tabla 23: Resultados Boxplot CO ocupacional	101
Tabla 24: Categorización de las emisiones de los vehículos en las zonas Basado en un Estimado de la Media del Perfil de Exposición.....	106
Tabla 25: Resumen de Emisión de CO por vehículos y percepción de CO en zonas	108

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1: Base de datos en forma de lista para el manejo de datos en Python	65
Figura 2: Código en Python para el cálculo de la prueba T de Welch para el análisis de grandes cantidades de datos	67
Figura 3: Código en Python para Graficar la Tendencia Temporal de los Niveles de CO	75
Figura 4: Comparación de la Concentración de CO en enero de 2023 y 2024	76
Figura 5: Comparación de la Concentración de CO en febrero de 2023 y 2024	77
Figura 6: Comparación de la Concentración de CO en marzo de 2023 y 2024	77
Figura 7: Comparación de la Concentración de CO en abril de 2023 y 2024	78
Figura 8: Base de datos de CO Ocupacional por zona y mes en forma de lista para el manejo de datos en Python	94
Figura 9: Código en Python para el cálculo de los estadísticos-parte1	96
Figura 10: Código en Python para el cálculo de los estadísticos-parte2	97
Figura 11: Ejemplo de Resultado Estadística Inferencial CO ocupacional abril 2023 Zona Alta	98
Figura 12: Gráfico Boxplot comparación de CO Ocupacional por zona y año	103
Figura 13: Gráfico Boxplot comparación de CO Ocupacional por zona y año utilizando datos lognormalizados según planilla AIHA	104
Figura 14: Código en Python para el análisis de Shapiro-Wilk y la correlación de Spearman	110
Figura 15: Gráfico de Dispersión entre Emisiones de CO de vehículos y niveles de CO Ocupacionales logtransformados	113

Introducción

El monóxido de carbono (CO) representa un riesgo significativo para la salud en diversas industrias, incluida la minería subterránea. La exposición prolongada a CO puede causar efectos adversos graves, desde dolores de cabeza y mareos hasta envenenamiento mortal en casos extremos. La minería subterránea, siendo una actividad económica crucial en el Perú, no está exenta de estos riesgos, ya que los vehículos mineros subterráneos son una fuente principal de emisiones de CO. Esta tesis se enfocó en analizar la correlación entre los niveles de CO emitidos por estos vehículos y los niveles de CO ocupacionales en las labores ocupacionales subterráneas de una mina peruana, durante los periodos de enero a abril de 2023 y 2024.

A nivel internacional, estudios previos sugieren la necesidad de monitorear y controlar la calidad aérea en operaciones subterráneas para prevenir riesgos significativos para la salud del personal. En el contexto peruano, el sector minero subterráneo es una fuente significativa de empleo e ingresos, pero también conlleva desafíos ambientales y de salud ocupacional. La exposición a CO en minas subterráneas ha sido objeto de preocupación debido a la ventilación limitada y las altas concentraciones de gases tóxicos.

En la presente investigación se desarrolló un análisis estadístico longitudinal para evaluar la correlación entre las emisiones de CO de los vehículos mineros y los niveles de CO TLV-TWA en las diferentes zonas de trabajo subterráneo. Los datos recopilados abarcaron un total de 1070 mediciones realizadas en vehículos mineros durante los periodos de enero a abril de 2023 y 2024. Estas mediciones fueron esenciales para identificar patrones y tendencias en los niveles de CO, así como para evaluar la eficacia de los controles implementados para reducir las emisiones de CO en los vehículos mineros.

Para determinar si los datos siguen una distribución normal se empleó el test de Shapiro-Wilk, y la correlación de Spearman para determinar la relación entre las emisiones de CO y los niveles de CO TLV-TWA. El test de Shapiro-Wilk mostró que los datos transformados logarítmicamente seguían una distribución normal; los valores p para las

emisiones de CO fueron de 0,642 y los niveles ocupacionales de CO de 0.171. Las emisiones de CO y los niveles de CO en el trabajo tienen una correlación significativa y moderada, según la correlación de Spearman, que tiene un coeficiente de 0.415 y un p-valor de 0.018.

Estos hallazgos sugieren que, aunque se han implementado controles para reducir las emisiones de CO en los vehículos mineros, aún existe una correlación importante y positiva entre las emisiones y el CO ocupacional. Esto resalta la necesidad de continuar mejorando el control de las emisiones y la evaluación de la concentración de CO las operaciones mineras subterráneas. Además, los resultados obtenidos proporcionan una base sólida para desarrollar políticas de seguridad laboral más efectivas y para la adopción de mejoras tecnológicas limpias y eficientes en la industria minera.

Los resultados del análisis estadístico utilizando la prueba T de Welch demostraron que hubo una reducción estadísticamente significativa en las emisiones de CO de los vehículos mineros subterráneos tras la implementación de los catalizadores en 2024 en comparación con 2023. Esto indica que el uso de catalizadores en los vehículos tuvo un impacto significativo y favorable en la reducción de las emisiones de CO.

En conclusión, este estudio no solo contribuyó a la comprensión del comportamiento de las emisiones de CO en minas subterráneas peruanas, sino que también estableció un precedente para futuras investigaciones y mejoras en el manejo de la calidad del aire en entornos mineros. La correlación identificada entre las emisiones de CO y los niveles de CO TLV-TWA subraya la importancia de un enfoque continuo y riguroso en el monitoreo y control de agentes para mejorar la salud y seguridad de los trabajadores mineros.

Capítulo I. Parte introductoria del trabajo

1.1 Generalidades

En el Perú, son escasos los estudios realizados acerca de la relación entre los niveles de monóxido de carbono (CO) generados por vehículos utilizados en la minería subterránea y los niveles de CO TLV-TWA en los entornos laborales subterráneos. Sin embargo, se habían presentado estudios nacionales e internacionales relacionados con la exposición a contaminantes en entornos mineros y su efecto negativo en la salud de los trabajadores. Estos estudios evidenciaban la importancia de monitorear y controlar la calidad del aire en operaciones subterráneas para prevenir riesgos graves para la salud.

La minería subterránea es una actividad económica fundamental en el Perú, siendo una fuente crucial de empleo e ingresos para muchas comunidades. No obstante, esta actividad conlleva riesgos significativos debido a la exposición a diversos contaminantes, entre ellos el monóxido de carbono (CO), un gas emitido principalmente por los vehículos mineros subterráneos. La exposición prolongada a niveles elevados de CO podía tener efectos graves en la salud de los trabajadores, incluyendo dolores de cabeza, mareos, fatiga y, en casos extremos, envenenamiento mortal.

A pesar de los esfuerzos por monitorear y controlar la calidad del aire en operaciones mineras, persistía una preocupación significativa sobre la correlación entre las emisiones de CO generadas por los vehículos mineros y los niveles de CO permitidos según el valor límite umbral de promedio ponderado en el tiempo (TLV-TWA) en las labores ocupacionales subterráneas. La Minería presente no era ajena a estos desafíos, ya que se habían observado niveles elevados de CO en sus operaciones subterráneas, específicamente en las zonas de Alta Horizonte, Media, Baja Norte y Baja Sur.

Durante el periodo de estudio de enero a abril de 2023 y 2024, se habían implementado ciertos controles de CO en los vehículos mineros y se habían realizado mediciones semanales que sugerían que los niveles de CO en ciertas unidades sobrepasaban los límites de emisión. No obstante, estos estudios no habían abordado de

manera integral la correlación específica entre las emisiones de los vehículos mineros y los niveles de CO en las labores ocupacionales, ni el impacto de los controles implementados en estos periodos.

Este estudio longitudinal se enfocaba en analizar dicha correlación para desarrollar estrategias efectivas de mitigación y garantizar un entorno de trabajo saludable. Proporcionaría una comprensión detallada de la dinámica de las emisiones de CO en operaciones mineras subterráneas y serviría como base para mejorar las políticas de seguridad laboral y las prácticas operativas en la minería subterránea. Además, influiría en la implementación de tecnologías más limpias y mejores prácticas de ventilación, beneficiando a la industria minera en su conjunto.

1.2 Descripción del problema de investigación

En el desarrollo de las actividades mineras subterráneas, existen factores que deben ser considerados para lograr un entorno de trabajo seguro y saludable para los trabajadores, entre estos los niveles de monóxido de carbono (CO) emitidos por los vehículos mineros.

Dentro de las áreas de trabajo de toda mina subterránea se deben reunir condiciones mínimas para que los empleados puedan desarrollarse de la manera más óptima y así ejecutar sus actividades en un ambiente laboral saludable y seguro, además de tener comodidad y la motivación de trabajar en un espacio donde el empleador se preocupe por el elemento más importante de todo proceso, los empleados.

En las empresas del sector minero, así como en otros sectores productivos, se debe buscar crear condiciones más adecuadas de trabajo para un ambiente más seguro en la ejecución de sus labores. Este estudio se centra en la correlación entre los niveles de monóxido de carbono (CO) emitidos por los vehículos mineros y los niveles de CO TLV-TWA en las diferentes zonas de trabajo subterráneas de una minera peruana.

La exposición a niveles elevados de CO es un riesgo significativo en la minería subterránea. Este gas, emitido principalmente por los vehículos mineros, puede alcanzar niveles mayores a los permisibles, afectando el bienestar y la salud de los trabajadores mineros. Es esencial que las empresas mineras reconozcan y tengan en consideración que la exposición a contaminantes como el CO disminuye la salud y seguridad de los trabajadores. En estos casos, los trabajadores afectados pueden experimentar una disminución en su rendimiento físico y con el tiempo podrían desarrollar enfermedades ocupacionales graves.

El control y monitoreo de CO no solo son aplicados a sectores industriales, sino a todos los ambientes y áreas de trabajo subterráneos donde exista la presencia de un personal, que pueda realizar cualquier tarea o desempeñar cualquier función, que por su naturaleza requiere de un ambiente seguro, saludable y controlado; de esta forma se impulsa un crecimiento productivo de los trabajadores.

En las operaciones mineras subterráneas, no se evidencian estudios que abarquen específicamente la correlación entre las emisiones de CO de los vehículos mineros y los niveles de CO TLV-TWA en las zonas de trabajo subterráneas, lo que denota una limitación para el desarrollo de este sector. Este estudio se centra en estas correlaciones, considerando que la minería subterránea es una actividad crucial en la economía del Perú y una fuente importante de empleo.

Diversos estudios sobre contaminantes en minería coinciden en que las condiciones de trabajo, que hacen referencia directa a las características propias del trabajo, influyen directamente en el bienestar físico, mental y psicológico de los trabajadores. En la minera subterránea donde se realizará este estudio, se tiene un precedente de evaluaciones ambientales donde se han observado niveles elevados de CO en zonas específicas debido a las emisiones de los vehículos mineros.

Durante el periodo final de 2023 y comienzos de 2024, se registraron controles a los vehículos mineros y mediciones semanales que indican que los niveles de CO en ciertas unidades sobrepasan los límites de emisión, impactando negativamente en las áreas de

trabajo. Además, en mediciones previas, se identificaron niveles de CO que superan los límites permisibles en las zonas de Alta Horizonte, Media, Baja Norte y Baja Sur.

A raíz de las evaluaciones realizadas, se implementaron controles adicionales a los vehículos mineros, por encontrarse estos en algunos casos en condiciones que favorecen la emisión elevada de CO, así como capacitaciones sobre control de CO al personal. Es importante considerar las observaciones y mediciones previas en el desarrollo del presente estudio, ya que estos niveles elevados de CO evidencian un posible problema en las condiciones del trabajo que pueden no ser las más apropiadas considerando las tareas y funciones que cumplen los trabajadores mineros.

De esta manera, se plantea la pregunta para esta problemática: ¿Cómo se correlacionan los niveles de monóxido de carbono (CO) emitidos por los vehículos mineros subterráneos con los niveles de CO TLV-TWA en las diferentes zonas de labores ocupacionales subterráneas de una minera subterránea peruana, durante los periodos de enero a abril de 2023 y 2024, y cómo han impactado los controles implementados en este periodo?

1.3 Justificación e importancia

El estudio longitudinal de la correlación entre los niveles de monóxido de carbono (CO) emitidos por los vehículos mineros subterráneos y los niveles de CO TLV-TWA en las labores ocupacionales subterráneas de una minera subterránea peruana, es de vital importancia por varias razones. La exposición prolongada a niveles elevados de CO puede tener efectos graves en la salud de los trabajadores, incluyendo síntomas como dolores de cabeza, mareos, fatiga, y en casos extremos, envenenamiento por CO que puede ser fatal. La minería subterránea presenta un entorno particularmente desafiante debido a la falta de ventilación natural, lo que hace que el monitoreo y control de contaminantes sea esencial para garantizar la seguridad de los trabajadores.

A pesar de los esfuerzos previos por controlar y monitorear la calidad del aire, aún existe una preocupación significativa sobre la efectividad de estas medidas, especialmente en cuanto a la relación entre las emisiones de CO de los vehículos mineros y los niveles

de CO que los trabajadores respiran en las diferentes zonas de trabajo subterráneas. La implementación de controles adicionales a los vehículos mineros durante el periodo de estudio (enero-abril de 2023 y 2024) proporciona una oportunidad única para evaluar la eficacia de estas intervenciones y su impacto en la calidad del aire.

Este estudio es fundamental para:

Evaluar la Efectividad de las Medidas Actuales: Determinar si las medidas de ventilación y control de emisiones implementadas son suficientes para mantener los niveles de CO dentro de los límites seguros. Además de observar si existe una correlación positiva o no entre la medición de CO emitido en el escape de los vehículos mineros (considerando los grupos de pases por cada una de las zonas) y las zonas mencionadas, o en su defecto no y se debe a otras condiciones.

Proveer Información Basada en Evidencia: Aportar datos empíricos y análisis detallados que puedan ser utilizados para mejorar las políticas de seguridad laboral y las prácticas operativas en la industria minera.

Impacto en la Salud de los Trabajadores: Mejorar las condiciones laborales y proteger la salud de los trabajadores mineros, reduciendo el riesgo de enfermedades ocupacionales relacionadas con la exposición al CO.

El estudio proporcionará información crucial para garantizar un entorno de trabajo más saludable, identificando y mitigando fuentes de contaminación por CO. Además, ayudará a mejorar las políticas de salud y las prácticas operativas, fomentando un enfoque proactivo y basado en evidencia para el control de contaminantes. También impulsará la adopción de tecnologías más limpias y eficientes en la ventilación y control de emisiones.

En resumen, este estudio beneficiará directamente a los trabajadores de la unidad minera y tendrá implicaciones más amplias para la industria minera y la protección del medio ambiente, estableciendo un precedente para futuras investigaciones y mejoras en la gestión de la calidad del aire en minas subterráneas.

1.4 Objetivos del estudio

Se presentan los objetivos que llevaron al desarrollo del presente trabajo de investigación.

1.4.1 Objetivo general

Determinar la correlación entre los niveles de monóxido de carbono (CO) emitidos por los vehículos mineros subterráneos y los niveles de CO TLV-TWA en las diferentes zonas de labores ocupacionales subterráneas de una minera subterránea peruana, durante los periodos de enero a abril de 2023 y 2024, y evaluar el impacto de los controles implementados en este periodo.

1.4.2 Objetivos específicos

- Evaluar la variabilidad de los niveles de CO emitidos por los vehículos mineros subterráneos en las zonas Alta Horizonte, Media, Baja Norte y Baja Sur durante los periodos de enero a abril de 2023 y 2024.
- Registrar los niveles de CO TLV-TWA en las zonas Alta Horizonte, Media, Baja Norte y Baja Sur durante los periodos de estudio y compararlos con los niveles permitidos por la normativa nacional e internacional.
- Analizar la correlación entre los niveles de CO emitidos por los vehículos mineros y los niveles de CO TLV-TWA en las diferentes zonas de trabajo subterráneas.
- Evaluar la evolución de los niveles de CO y la correlación entre las emisiones de CO de los vehículos mineros y los niveles de CO TLV-TWA desde la implementación de los controles de CO en los vehículos mineros entre enero y abril de 2023 y 2024.

1.5 Hipótesis del estudio

Se presentan las hipótesis del presente trabajo de investigación.

1.5.1 Hipótesis general

Existe una correlación significativa entre los niveles de monóxido de carbono (CO) emitidos por los vehículos mineros subterráneos y los niveles de CO TLV-TWA en las diferentes zonas de labores ocupacionales subterráneas de una minera subterránea peruana, y los controles implementados entre enero y abril de 2023 y 2024 han impactado positivamente en la reducción de dichos niveles.

1.5.2 Hipótesis específicas

- Los niveles de CO emitidos por los vehículos mineros subterráneos en las zonas Alta Horizonte, Media, Baja Norte y Baja Sur presentan variabilidad significativa durante los periodos de enero a abril de 2023 y 2024.
- Los niveles de CO TLV-TWA registrados en las zonas Alta Horizonte, Media, Baja Norte y Baja Sur durante los periodos de estudio están por encima de los niveles permitidos por la normativa nacional e internacional antes de la implementación de los controles.
- Existe una correlación significativa entre los niveles de CO emitidos por los vehículos mineros y los niveles de CO TLV-TWA en las diferentes zonas de trabajo subterráneas.
- La implementación de controles de CO en los vehículos mineros ha reducido significativamente los niveles de CO y ha mejorado la correlación entre las emisiones de CO de los vehículos y los niveles de CO TLV-TWA en las zonas de trabajo subterráneas desde enero hasta abril de 2023 y 2024

1.6 Variables

1.6.1 Variable Independiente (VI)

Niveles de CO emitidos por los vehículos mineros subterráneos.

- **Definición Conceptual:** La cantidad de monóxido de carbono (CO) liberada al ambiente subterráneo por los vehículos mineros.
- **Definición Operacional:**
 - **Indicador:** Concentración de CO medida en partes por millón (ppm) en el escape de los vehículos mineros.
 - **Instrumento de Medición:** Monitores de gases portátiles de CO.
 - **Unidad de Medida:** ppm.

1.6.2 *Variable Dependiente (VD)*

Niveles de CO TLV-TWA en las labores ocupacionales subterráneas.

- **Definición Conceptual:** Promedio ponderado en el tiempo (TWA) de la concentración de CO que los trabajadores están expuestos durante una jornada laboral típica.
- **Definición Operacional:**
 - **Indicador:** Concentración de CO medida en partes por millón (ppm) en las áreas de trabajo.
 - **Instrumento de Medición:** Monitores de gases portátiles de medición de CO.
 - **Unidad de Medida:** ppm.

1.6.3 *Variable Moderadora (VM)*

Controles implementados para reducir las emisiones de CO.

- **Definición Conceptual:** Medidas y tecnologías aplicadas para disminuir la cantidad de CO emitido por los vehículos mineros.
- **Definición Operacional:**
 - **Indicador:** Existencia y tipo de controles (filtros de emisión, mantenimiento de vehículos, etc.).
 - **Instrumento de Medición:** Registros de implementación de controles y mantenimiento de vehículos.
 - **Unidad de Medida:** Presencia (sí/no) y tipo de control implementado.

1.6.4 Variable de Contexto (VC)

Zonas de trabajo subterráneo (Alta Horizonte, Media, Baja Norte y Baja Sur).

- **Definición Conceptual:** Diferentes áreas de la mina subterránea donde se realizan las mediciones de CO.
- **Definición Operacional:**
 - **Indicador:** Ubicación específica dentro de la mina.
 - **Instrumento de Medición:** Identificación geográfica y mapeo de la mina.
 - **Unidad de Medida:** Zona (Alta Horizonte, Media, Baja Norte, Baja Sur)

Tabla 1*Operacionalización de Variables*

VARIABLES	Definición Conceptual	Dimensiones	Tipo de variable	Indicador	Valor final	Tipo de variable
Niveles de CO emitidos	La cantidad de monóxido de carbono (CO) liberada por los vehículos mineros.	Concentración de CO	Independiente	Niveles de CO en el escape de vehículos mineros	ppm	Cuantitativa
Niveles de CO TLV-TWA	Promedio ponderado en el tiempo (TWA) de la concentración de CO que los trabajadores están expuestos durante una jornada laboral típica.	Concentración de CO	Dependiente	Niveles de CO en áreas de trabajo subterráneas	ppm	Cuantitativa
Controles implementados	Medidas y tecnologías aplicadas para disminuir la cantidad de CO emitido por los vehículos mineros.	Tipos de controles	Moderadora	Existencia y tipo de controles	Sí/No, Tipo	Cualitativa
Zonas de trabajo subterráneo	Diferentes áreas de la mina subterránea donde se realizan las mediciones de CO.	Ubicación	Contextual	Identificación geográfica de zonas	Alta Horizonte, Media, Baja Norte, Baja Sur	Cualitativa

Nota: Elaboración Propia.

1.7 Antecedentes investigativos

Montalvo (2014) realizó la tesis que lleva por título “Muestreo de polvo respirable basado en la conformación de grupos de exposición similar (ges) en la minera de fosfatos Miski Mayo – planta concentradora”. En su investigación, la autora presenta un análisis sistemático de higiene ocupacional, centrándose en mediciones de polvo respirable. Se considera la población en términos de cantidad de personas expuestas, en lugar de la exposición individual. En la mina de fosfato Miski Mayo se desarrolló un programa anual de higiene ocupacional desde octubre de 2012 hasta septiembre de 2013. Durante este periodo, se evaluó la exposición al polvo respirable en la planta concentradora, abarcando actividades como transporte, manipulación y lavado del mineral, así como desagregado, clasificación primaria, clasificación secundaria y filtrado. Se establecieron grupos de

exposición similar utilizando los datos de muestreo de la exposición al polvo respirable. Tras la evaluación, se concluye que es aconsejable emplear el valor máximo del límite de confianza superior (LCS) como concentración representativa del GES. Las similitudes mineras, formación de Grupos de exposición similar con respecto a los grupos que se formaran como zona de influencia de camiones precisan este antecedente como importante.

Romero (2015) en su estudio emplea estadística inferencial para evaluar el nivel de riesgo en cuanto a la exposición a agentes químicos peligrosos en el sector minero. Utiliza la metodología estadística de la AIHA y analiza datos de 1540 mediciones de dosimetría completa correspondientes a 36 GES durante los años 2009 a 2013. El análisis se realiza en tres periodos de tiempo: antes, durante y después de la expansión de la mina. Se considera la ubicación de los puestos de trabajo en las áreas de mina concentradora y mantenimiento, así como el tipo de actividad realizada por los operadores (manual o automática). Todo esto se lleva a cabo utilizando el software estadístico R-project de uso libre. El interés en el estudio del tiempo en diferentes períodos fue relevante, ya que se empleó un análisis longitudinal en la investigación.

Capítulo II. Marcos teórico y legal

2.1 Marco teórico

El estudio se enfoca en analizar la relación entre los niveles de monóxido de carbono (CO) liberados por los vehículos utilizados en la minería subterránea y los niveles de CO TLV-TWA presentes en los ambientes laborales subterráneos de una empresa minera en Perú. Para comprender de manera adecuada este problema y su contexto, resulta fundamental investigar diversos aspectos teóricos vinculados con la minería subterránea, la exposición al monóxido de carbono, las estrategias de control de emisiones y las normativas de seguridad y salud laboral.

El estudio longitudinal de la correlación entre los niveles de monóxido de carbono (CO) emitidos por vehículos mineros subterráneos y los niveles de exposición al CO (TLV-TWA) en labores ocupacionales subterráneas es esencial para comprender y mitigar los riesgos para la salud de los trabajadores en la industria minera. Este análisis se basa en la premisa de que la exposición crónica al CO puede tener efectos adversos en la salud respiratoria y cardiovascular de los trabajadores, y que los vehículos mineros subterráneos son una fuente significativa de emisiones de CO en este entorno.

Para contextualizar este estudio, es crucial comprender los estándares de seguridad y los límites de exposición ocupacional al CO establecidos por organizaciones reguladoras y de salud pública. La TLV-TWA (Threshold Limit Value-Time Weighted Average) establecida por la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH, 2024) es uno de los estándares más reconocidos internacionalmente. Este límite define la concentración máxima promedio ponderada en el tiempo de CO al que los trabajadores pueden estar expuestos durante una jornada laboral sin experimentar efectos adversos para la salud.

El monitoreo de la calidad del aire en entornos mineros subterráneos y la evaluación de la exposición ocupacional al CO son procesos complejos que requieren la aplicación de

metodologías específica (Ménendez Díez, 2008). La normativa y las directrices de organismos como la Occupational Safety and Health Administration (OSHA) proporcionan orientación sobre cómo realizar mediciones precisas de los niveles de CO en el aire ambiente y en la zona de respiración de los trabajadores.

La literatura científica sobre la exposición al CO en entornos mineros subterráneos ha identificado una serie de factores que influyen en los niveles de CO, incluyendo el tipo de vehículos utilizados, las condiciones de ventilación de la mina, la actividad minera en curso y la geología del yacimiento. Estudios previos han destacado la importancia de implementar medidas de control de emisiones en vehículos, así como estrategias de ventilación efectivas, para reducir la exposición al CO y proteger la salud de los trabajadores.

2.1.1 Ubicación de la mina.

La mina se ubica en el flanco oriental de la Cordillera Occidental de los Andes, a 4.250 metros a 4.800 metros sobre el nivel del mar, con una latitud de 11 o 00' 15" S y una longitud de 76 o 25' 10"O. Una carretera pavimentada de 285 kilómetros entre Lima y Unish permite el acceso a la propiedad en todo momento.

La mina tiene un relieve topográfico accidentado y montañoso con laderas de más de sesenta grados. La formación de praderas es el componente principal de la vegetación natural.

Se ubica en la Cordillera de los Andes del Perú, a 320 kilómetros al noreste de la ciudad capital de Lima. La propiedad consta de 252 concesiones que abarcan 63.822 hectáreas. Tiene su sede en el corazón del distrito de Cerro de Pasco.

76° 25' 10"

Longitud Oeste

11° 00' 15"

Latitud Sur

A una altitud Promedio de 4525 m.s.n.m.

2.1.2 Geomorfología.

FISIOGRAFÍA: El relieve topográfico de la zona es accidentado y montañoso, con laderas con una inclinación de más de sesenta grados (60°). La ubicación de la mina varía entre 4.250 y 4.800 metros sobre el nivel del mar. Las gramíneas, que forman praderas, son la mayor parte de la vegetación natural. El desarrollo de diversas actividades ganaderas ha sido posibilitado por estas praderas.

CLIMA Y VEGETACIÓN: La zona de la mina tiene un clima "frío", con una temperatura promedio anual de entre tres y diez grados Celsius. De mayo a septiembre, los meses de invierno tienen temperaturas mínimas de menos 5,7 o C. En 2009, la precipitación promedio mensual fue de 71 mm. La mina funciona todo el año.

2.1.3 Geología local.

La litología principal de la región es una secuencia continental de interestratificadas areniscas, calizas, mármoles, conglomerados, brechas y Formaciones de Casapalca Cretácico Superior Terciario inferior a la edad.

Una gran superposición de estas rocas es la de las calizas del Cretácico Superior. Al oeste de la mina se encuentran una serie de andesitas y el afloramiento de la mitad inferior de la Formación Superior de Calipuy. Una serie de diques porfídicos subverticales de cuarzo monzonite, que huelgan con frecuencia desde el norte hasta el sur, influyen en la estratigrafía de la mina.

El más bajo es un pequeño grupo de areniscas y mármoles que se encuentran en las elevaciones más bajas y en la parte central de la mina. La cuarcita Barnabé conglomerado forma la parte inferior de esta secuencia. La estratigrafía de la mina se

compone de varios conglomerados interestratificados y areniscas en el lado occidental. En una matriz arenosa, el conglomerado contiene piedra caliza y cuarzo mal ordenados.

La mina está dentro de un anticlinal creado por las fuerzas de compresión este-oeste. El anticlinal hunde suavemente hacia el norte y tiene un eje de aproximadamente de norte a sur. Existen dos sistemas importantes de fallas:

- En huelga, las fallas de empuje se producen de norte a sur, paralelas al eje del anticlinal.
- En huelga de este a oeste, fallas de tensión.

El espesor de la población de monzonite varía, llegando a ser de hasta 300 m. Estas dos orientaciones dominantes también se encontraron dentro de la mina. La mayor parte de la zona está cubierta de suelos recientes si no se forman crestas conglomeradas más resistentes paralelas a los flancos del anticlinal. La transversal este-oeste de las fallas compensa con frecuencia estos afloramientos discontinuos.

2.1.4 Geología económica, tipo de yacimiento.

La mina contiene cinco depósitos hidrotérmicos que probablemente están relacionados con la monzonite del Mioceno, principalmente en los diques; sin embargo, no se limita a la mina anticlinal. La mineralización no solo ocurre en las venas, sino también en la sustitución de orebodies y en Mantos (estratificados). La mina ha encontrado más de 95 minerales distintos. Los minerales con tennantite-tetraedrita, esfalerita y galena son los más significativos. De ancho entre unos pocos centímetros y 10 metros, el mineral con venas puede extenderse durante la huelga hasta 1800 metros. Hay más de 500 metros de inmersión en la mineralización, según la exploración más profunda de los agujeros.

La mayoría de las estructuras tienen un gran potencial de exploración y muestran mineralización abierta en profundidad.

2.1.5 Mineralización.

Los minerales que contienen galena, esfalerita y tennantite-tetraedrita son los más económicos. Según un estudio de microsonda de electrones en la plata que contiene el mineral, el 62% de la plata está relacionado con el contenido tetraedrita.

Primera Etapa: La primera consiste en la mineralización relativamente alta temperatura minerales depositados en el siguiente orden: cuarzo lechoso, pirita, enargite, y tetraedrita. Enargite domina la mineralización en la parte central del distrito, mientras que tetraedrita domina la parte exterior de la zona enargite.

Segunda Etapa: Reapertura de las fracturas causadas inicial de mineralización que se brecciated, las brechas y posteriormente se consolidó en la siguiente, el segundo período de generación de mediana temperatura minerales: cuarzo lechoso, marrón esfalerita y galena.

Tercera Etapa: Un final de tercer período de refractura, seguido de una rápida deposición de minerales hidrotermales, se tradujo inicialmente en la formación de colloform y botryoidal texturas. Este rápido continuó con el depósito de grano fino y cristalización continua precipitación de carbonatos tarde, a partir de siderita y cambiando gradualmente a dolomita, rodocrosita, y calcita. Por último, pulso durante esta última etapa de deposición, barita, pálido a ámbar de color rojizo esfalerita, galena, tetraedrita, calcopirita y polibasita fueron depositados.

La mina es un yacimiento de Plata, Cobre, Plomo y Zinc con contenidos de Plata 200 a 700 gr/TM.

2.1.6 Plan minado 2023.

El siguiente cuadro muestra la ubicación de reservas de junio de 2022 como

base para el plan de minado de 2023.

Tabla 2

Reservas mina Huarón 2022

CATEGORIA.	A. Minado (m)	Tonelaje (Ton)	Ag(gr/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)
PROBABLE	2.50	3,933,149	166.55	0.30	1.63	2.97
PROBADO	2.83	7,019,106	169.03	0.54	1.51	2.97
Total, general	2.71	10,952,255	168.14	0.45	1.55	2.97

Nota: Recursos mina 2022 (Carrion, 2023)

Tabla 3

Recursos mina Huarón 2022

CATEGORIA.	A. Minado (m)	Tonelaje (Ton)	Ag(gr/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)
RECURSO INDICADO	3.17	2,374,262	166.22	0.40	1.71	2.92
RECURSO INFERIDO	3.00	7,247,769	155.04	0.26	1.47	2.73
RECURSO MEDIDO	3.16	2,081,742	162.55	0.42	1.58	3.05
Total, general	3.06	11,703,773	158.65	0.32	1.54	2.82

Nota: El plan de minado incluye la explotación de cuatro áreas determinadas por su ubicación geográfica y cota.(Carrion, 2023).

Las siguientes zonas están incluidas en el plan:

- 1) En el año de operación, la producción en la **Zona Alta** representa el 4.4% del total previsto.
- 2) En el año de operación, la producción en la **Zona Horizonte** representa el 20.2% del total previsto.
- 3) En la **Zona Media**, la producción constituye el 28.7% del total previsto para el año de operación.
- 4) La producción en la **Zona Baja** representa el 46.7% del total previsto para el año de operación.

El programa anual estima la producción de 958,167 toneladas métricas

secas con leyes que equivalen a 145.31 gramos de plata por tonelada métrica, 1.43% de plomo, 2.22 % de zinc y 0.62% de cobre.

La distribución de los 24,890 metros del programa de avance es la siguiente:

1. 9,880 metros en Desarrollos.
2. 2,180 metros en Operación Mina.
3. 12,030 metros en Preparación.
4. 800 metros en Exploración.

2.1.7 Pruebas estadísticas

En cualquier estudio donde se analice un conjunto de datos o se comparen múltiples conjuntos, es fundamental el uso de pruebas estadísticas para asegurar la fiabilidad de la investigación. Existen diversas pruebas estadísticas, cada una con una funcionalidad específica. Además, hay pruebas que utilizan variables aleatorias para la prueba de hipótesis, facilitando el rechazo o la aceptación de la hipótesis nula y permitiendo la comparación mediante valores p. El empleo de distintos softwares puede simplificar y acelerar significativamente tanto las pruebas estadísticas simples como las complejas. Las pruebas estadísticas se dividen principalmente en dos grandes categorías: pruebas paramétricas y no paramétricas (Flores-Ruiz et al., 2017).

2.1.8 Pruebas Estadísticas Descriptivas

2.1.8.1 Análisis Estadístico Descriptivo Boxplot (diagrama de caja y bigotes).

El análisis estadístico descriptivo es una técnica fundamental en la estadística que se utiliza para resumir y visualizar datos. Una de las herramientas más efectivas para este propósito es el boxplot, también conocido como diagrama de caja y bigotes. El boxplot permite una representación gráfica de la distribución de un conjunto de datos, proporcionando

información clara y concisa sobre su centralidad, dispersión, asimetría y presencia de valores atípicos.

Definición del Boxplot: El boxplot es un gráfico que muestra la distribución de los datos en base a cinco puntos resumen: el valor mínimo, el primer cuartil (Q1), la mediana (Q2), el tercer cuartil (Q3) y el valor máximo. Estos elementos permiten al investigador identificar rápidamente características clave de la distribución de los datos, tales como la variabilidad y la tendencia central.

Componentes del Boxplot:

- Caja (Box): La caja representa el rango intercuartílico (IQR), que abarca el 50% central de los datos. Los bordes de la caja son el primer cuartil (Q1) y el tercer cuartil (Q3). El rango intercuartílico se calcula como la diferencia entre Q3 y Q1 ($IQR = Q3 - Q1$).
- Línea dentro de la caja: La línea que se encuentra dentro de la caja indica la mediana (Q2) de los datos. La mediana es el valor que divide el conjunto de datos en dos mitades iguales.
- Bigotes (Whiskers): Los bigotes se extienden desde los bordes de la caja hasta el valor mínimo y máximo dentro de 1.5 veces el IQR desde los cuartiles. Estos valores son conocidos como los límites inferior y superior. Si los datos tienen valores que caen fuera de estos límites, estos son considerados como valores atípicos.
- Puntos fuera de los bigotes: Estos puntos representan valores atípicos o outliers, que son datos que se encuentran significativamente alejados del resto de la distribución. Los valores atípicos pueden proporcionar información importante sobre posibles errores en la medición o fenómenos extremos que merecen una investigación adicional.

Interpretación del Boxplot

El boxplot ofrece una visión gráfica que facilita la interpretación de varias características de la distribución de los datos:

Centralidad: La mediana proporciona una medida robusta de la tendencia central, menos afectada por valores extremos en comparación con la media aritmética.

Dispersión: El rango intercuartílico (IQR) es una medida de la dispersión que indica la extensión del 50% central de los datos. Un IQR amplio sugiere una mayor variabilidad, mientras que un IQR estrecho indica menor variabilidad.

Simetría y asimetría: La posición de la mediana dentro de la caja y la longitud de los bigotes puede indicar si la distribución de los datos es simétrica o asimétrica. Si la mediana se encuentra centrada y los bigotes son de longitud similar, la distribución es aproximadamente simétrica. Desviaciones de esta configuración sugieren asimetría.

Valores atípicos: La presencia de puntos fuera de los bigotes indica valores atípicos que pueden requerir una investigación adicional. Estos valores pueden ser indicativos de datos erróneos, variaciones naturales extremas o fenómenos específicos que influyen en la variable de interés.

2.1.9 Prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk

Cuando el tamaño de la muestra es menor de treinta observaciones, se utiliza este examen para verificar la normalidad. El procedimiento comienza ordenando los valores de la muestra de menor a mayor, obteniendo un nuevo vector muestral. La prueba de Shapiro-Wilk contrasta la normalidad, calculando la media y la varianza muestral. La hipótesis nula

se rechaza si el estadístico Shapiro-Wilk -W- es menor que el valor de significancia (Novales, 2010).

2.1.10 Pruebas estadísticas Paramétricas

Las pruebas paramétricas requieren dos supuestos: la distribución de la variable debe ser normal y debe haber igualdad u homogeneidad de varianzas (Saucedo-Moreno et al., 2019). Entre las principales pruebas paramétricas se encuentran:

2.1.10.1 T de Student. Se utiliza para comparar las medias de dos poblaciones independientes. Además de los intervalos de confianza del 95% para la diferencia de medias, esta prueba calcula estadísticos descriptivos para cada grupo" (Rubio & Berlanga, 2012).

2.1.10.2 Test de Welch. En el campo de la estadística inferencial, una de las tareas más comunes es la comparación de medias entre dos poblaciones. Tradicionalmente, se ha utilizado el test t de Student para esta comparación, bajo la asunción de que ambas poblaciones tienen varianzas iguales. Sin embargo, esta suposición no siempre se cumple en la práctica. Para abordar esta limitación, se utiliza el test de Welch, una versión modificada del test t que no requiere la igualdad de varianzas.

El test de Welch se emplea para comparar las medias de dos muestras independientes cuando se sospecha que las varianzas de las poblaciones de origen son diferentes. Este test es robusto y más confiable en situaciones de varianzas desiguales y tamaños de muestra desiguales (Welch, 1947).

2.1.10.2.1 Suposiciones del Test de Welch. Se muestran las suposiciones del test de Welch.

- **Independencia:** Las muestras deben ser independientes entre sí.

- **Normalidad:** Las poblaciones de las que provienen las muestras deben seguir una distribución normal.
- **Varianzas Desiguales:** No se asume que las varianzas de las dos poblaciones sean iguales.

2.1.10.2.2 Fórmulas del Test de Welch. El estadístico de Welch se calcula

como:

$$T = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} \quad (1)$$

Donde:

- \bar{X}_1 y \bar{X}_2 son las medias muestrales de los dos grupos.
- s_1^2 y s_2^2 son las varianzas muestrales de los dos grupos.
- n_1 y n_2 son los tamaños de muestra de los dos grupos.

Los grados de libertad se calculan con la siguiente fórmula aproximada de Welch-Satterthwaite:

$$df \approx \frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}\right)^2}{\frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1}\right)^2}{n_1 - 1} + \frac{\left(\frac{s_2^2}{n_2}\right)^2}{n_2 - 1}} \quad (2)$$

El procedimiento es el siguiente

Calcular las Medias y Varianzas:

- Calcular \bar{X}_1 y \bar{X}_2
- Calcular s_1^2 y s_2^2

Calcular el Estadístico t :

- Usar la fórmula del estadístico de Welch para obtener el valor t .

Calcular los Grados de Libertad:

Utilizar la fórmula de los grados de libertad de Welch-Satterthwaite.

Determinar el Valor p:

Con el valor de ttt y los grados de libertad, consultar una tabla de distribución t de Student o utilizar software estadístico para obtener el valor p.

Fórmula del valor P

$$P = 2(1 - CDF(|T|, df)) \quad (3)$$

Donde:

- CDF es la función de distribución acumulativa de la distribución T .
- T es el valor del estadístico T calculado.
- df son los grados de libertad de la prueba.

Tomar la Decisión:

Comparar el valor p con el nivel de significancia α (comúnmente 0.05). Si $p < \alpha$, rechazar la hipótesis nula de que las medias son iguales.

El test de Welch es una herramienta poderosa para la comparación de medias cuando las varianzas de las poblaciones no son iguales. Su robustez y adaptabilidad lo hacen preferible al test t de Student en muchas aplicaciones prácticas, proporcionando resultados más fiables en presencia de heterocedasticidad.

2.1.11 Pruebas estadísticas No Paramétricas

En cualquier estudio donde se analice Las pruebas no paramétricas no hacen suposiciones sobre la distribución de la población. Se aplican con mayor frecuencia a datos nominales y ordinales. Entre las principales pruebas no paramétricas se encuentran:

2.1.11.1 Correlación de Spearman. El método de correlación de Spearman, también conocido como coeficiente de correlación de rango de Spearman, determina la dirección y la fuerza de la asociación monotónica entre dos variables. La correlación de Spearman puede ser empleada con datos que no necesariamente tienen una relación no lineal o siguen una distribución normal, a diferencia del coeficiente de correlación de Pearson, que evalúa relaciones lineales y asume que los datos siguen una distribución normal.

Fundamentos del coeficiente de correlación de spearman

Este coeficiente se calcula sobre los rangos de los datos en lugar de los valores originales. Esto implica que cada valor de la variable es reemplazado por su posición en el orden ascendente o descendente de la variable.

El proceso de cálculo del coeficiente de Spearman implica los siguientes pasos:

- **Asignación de Rangos:**

Se asignan rangos a los valores de cada variable. En caso de que existan valores iguales, se asigna el rango promedio a esos valores.

- **Cálculo de Diferencias de Rangos:**

Se calculan las diferencias entre los rangos de cada par de observaciones

- **Cálculo del Coeficiente:**

El coeficiente de correlación de Spearman se calcula utilizando la fórmula.

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)} \quad (4)$$

Donde:

- d_i es la diferencia entre los rangos de las dos variables para la i -ésima observación.
- n es el número de pares de observaciones.

2.1.11.2 Interpretación del Coeficiente de Spearman. El valor del coeficiente de Spearman varía entre -1 y 1, donde:

- $r_s = 1$ Indica una correlación positiva perfecta, donde los rangos de las dos variables están perfectamente alineados en la misma dirección.
- $r_s = -1$: Indica una correlación negativa perfecta, donde los rangos de las dos variables están perfectamente alineados en direcciones opuestas.
- $r_s = 0$: Indica que no hay una correlación monotónica entre las variables.

2.2 Marco legal

2.2.1 Seguridad, Salud y Medio Ambiente

El compromiso principal de la mina es con la seguridad y el medio ambiente. Para mejorar nuestra cultura preventiva y reducir los índices de frecuencia, severidad y accidentabilidad, se cuenta con el Reglamento Interno de Seguridad y Salud Ocupacional, el cual debe ser difundido a todo el personal que trabaja en la mina, cumpliendo con la legislación vigente.

Comprende la priorización de la toma de conciencia de los trabajadores, mediante el cambio de su comportamiento y actitud, y la implementación de estándares de Seguridad y Salud Ocupacional en los procesos productivos.

La minera y los miembros de la supervisión tienen la responsabilidad de informar a los trabajadores en general sobre los peligros presentes en el lugar de trabajo, asegurar un entorno seguro para llevar a cabo los trabajos y vigilar el cumplimiento de las normas y procedimientos establecidos para la unidad minera.

2.2.1.1 Objetivos. El presente reglamento tiene por objetivos:

- Fomentar una cultura preventiva con hábitos de trabajo seguros en los trabajadores en general y a todo nivel.
- Asegurar un ambiente de trabajo seguro para cualquier colaborador que ingrese a la mina.
- Prevención de accidentes de trabajo
- Fomentar el Liderazgo, compromiso, participación y trabajo en equipo en todos los integrantes de la mina.
- Mejorar la productividad en base a la gestión empresarial con visión preventiva.

2.2.1.2 Alcance. El alcance del presente Reglamento comprende a todas las áreas, empleados, trabajadores y Empresas Contratistas, que trabajan en nombre o para la mina.

2.2.1.3 Compromiso. La alta dirección de la mina, establece los siguientes compromisos, los cuales son asumidos por todos los trabajadores que laboren para o en nombre de la mina:

- Compromiso con La Seguridad y el Medio Ambiente
- Compromiso con la Calidad, Efectividad y Producción

- Apertura y Respeto
- Honestidad e Integridad

Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación

3.1 Materiales y métodos

- Equipo de monitoreo de CO.
- Software Microsoft Excel.
- Software Libre Python

3.2 Metodología de Investigación

En este estudio, se examinó la correlación entre los niveles de CO emitidos por vehículos mineros subterráneos (variable independiente) y los niveles de CO TLV-TWA en las labores ocupacionales subterráneas (variable dependiente). Además, se consideró la influencia de los controles implementados (variable moderadora) en esta correlación. Las zonas de trabajo subterráneo se trataron como una variable contextual para identificar posibles variaciones en los niveles de CO. En la parte de análisis de datos, se planteó el tipo de análisis que se realizaría para cada objetivo específico requerido.

3.2.1 Población y Selección de Muestra

El estudio se enfocó en los vehículos mineros subterráneos de una mina subterránea peruana. La población objetivo incluía todos los vehículos mineros que operaron en esa unidad durante los periodos de enero a abril de 2023 y 2024. La población estuvo compuesta por todos los vehículos mineros subterráneos que pasaron por las zonas de trabajo subterráneo designadas (Alta Horizonte, Media, Baja Norte y Baja Sur) durante esos periodos.

La selección de la muestra se llevó a cabo considerando la totalidad de los vehículos mineros subterráneos que operaron en la unidad minera durante los periodos de

estudio. Dado que se contabilizaron 139 camiones que se sometieron a mediciones semanales, esta muestra fue representativa de la población en estudio.

Para garantizar la representatividad de la muestra, se emplearon técnicas de muestreo aleatorio estratificado, donde se agruparon los vehículos mineros por zona de trabajo subterráneo y luego se seleccionaron aleatoriamente muestras de cada estrato. Esto permitió capturar la variabilidad existente entre las diferentes zonas de trabajo subterráneo.

Se aseguró que la muestra seleccionada fuese lo suficientemente grande como para proporcionar resultados significativos y representativos de la población objetivo. Además, se consideró que las mediciones y análisis se realizarían de manera continua a lo largo de los periodos de estudio para capturar la variabilidad temporal en los niveles de CO y CO TLV-TWA. El criterio para la selección de muestra fue de tipo no probabilístico por conveniencia, siguiendo los siguientes criterios de inclusión:

Vehículos Mineros Subterráneos de Contratistas: Se incluyeron únicamente los vehículos mineros subterráneos operados por contratistas que trabajaban para una mina subterránea peruana, asegurando que la muestra reflejase la actividad minera específica en estudio.

Vehículos en Operación Durante los Períodos de Estudio: Se seleccionaron aquellos vehículos mineros que estuvieron en funcionamiento durante los periodos de enero a abril de 2023 y 2024, ya que estos periodos fueron objeto de análisis en la investigación.

Presencia en las Zonas de Trabajo Subterráneo Designadas: Los vehículos seleccionados debieron pasar por las zonas de trabajo subterráneo designadas (Alta Horizonte, Media, Baja Norte y Baja Sur) durante los periodos de estudio, asegurando que los datos recopilados fueran relevantes para las áreas específicas de interés.

Disponibilidad de Datos de Monitoreo: Se incluyeron vehículos para los cuales existieron datos de monitoreo de niveles de CO emitidos y niveles de CO TLV-TWA durante los períodos de estudio, garantizando que se dispusiera de información suficiente para el análisis.

Consentimiento y Colaboración de los Contratistas: Se requirió el consentimiento y la colaboración de los contratistas para acceder a los datos de monitoreo de los vehículos mineros subterráneos y llevar a cabo las mediciones necesarias, asegurando la validez y confiabilidad de los datos recopilados.

3.2.2 *Recolección de Información*

El proceso de recolección de información involucró la medición de las variables definidas en la operacionalización de variables proporcionada anteriormente. La recolección se realizó de la siguiente manera:

3.2.2.1 Niveles de CO Emitidos por los Vehículos Mineros Subterráneos. Se realizaron mediciones directas de los niveles de CO emitidos por los vehículos mineros subterráneos utilizando instrumentos de monitoreo de calidad del aire. Estas mediciones se llevaron a cabo en el escape de los vehículos mineros subterráneos mientras estaban en operación, registrando los niveles de CO en partes por millón (ppm) para cada vehículo en cada zona y periodo de estudio.

3.2.2.2 Niveles de CO TLV-TWA en las Zonas de Trabajo Subterráneo. Se realizaron mediciones de los niveles de CO TLV-TWA en las diferentes zonas de trabajo subterráneo (Alta Horizonte, Media, Baja Norte y Baja Sur) utilizando equipos de monitoreo de calidad del aire. Estas mediciones se llevaron a cabo en las cuatro zonas de trabajo subterráneo, registrando los niveles de CO TLV-TWA en ppm para cada zona y periodo de estudio.

3.2.2.3 Controles Implementados en los Vehículos Mineros. Se recopiló información sobre los controles implementados en los vehículos mineros para reducir las emisiones de CO, incluyendo el tipo de tecnologías utilizadas. Esta información se obtuvo a través de registros de mantenimiento de los vehículos mineros y entrevistas con el personal técnico encargado de su operación y mantenimiento.

3.2.2.4 Zonas de Trabajo Subterráneo. Se registró la ubicación geográfica de cada zona de trabajo subterráneo (Alta Horizonte, Media, Baja Norte y Baja Sur) dentro de la mina. Esta información se obtuvo a partir de los planos y mapas de la mina proporcionados por la empresa minera. Cada zona se clasificó como una variable categórica y se asignó un identificador único para su posterior análisis.

La recolección de información se realizó de manera sistemática y periódica durante los periodos de estudio especificados, asegurando la captura de datos precisos y completos para cada variable definida en la operacionalización.

3.2.3 Procesamiento y Análisis de Datos

Se realizaron una serie de análisis estadísticos de los datos de acuerdo a cada objetivo planteado:

3.2.3.1 Procesamiento y Análisis de Datos del Objetivo 1. Se evaluó la variabilidad de los niveles de CO emitidos por los vehículos mineros subterráneos en las zonas Alta Horizonte, Media, Baja Norte y Baja Sur durante los periodos de enero a abril de 2023 y 2024.

Test de Welch: Se aplicó el test de Welch para determinar si hubo diferencias significativas en los niveles de CO emitidos entre las zonas de trabajo subterráneo y entre los periodos de tiempo (enero-abril de 2023 y 2024). Se calcularon las medias y las varianzas de los niveles de CO para cada zona y periodo, evaluando las diferencias entre ellas.

Gráficos de Tendencia Temporal: Se generaron gráficos de tendencia temporal para visualizar la variabilidad de los niveles de CO a lo largo de los periodos de enero a abril de 2023 y 2024 en cada zona de trabajo subterráneo. Esto permitió identificar posibles patrones estacionales o tendencias en los niveles de CO emitidos por los vehículos mineros.

3.2.3.2 Procesamiento y Análisis de Datos del Objetivo 2. Se registraron los niveles de CO TLV-TWA en las zonas Alta Horizonte, Media, Baja Norte y Baja Sur durante los periodos de estudio y se comparó con los niveles permitidos por la normativa nacional e internacional.

Comparación con Normativas: Se compararon los niveles de CO TLV-TWA registrados en cada zona y periodo con los límites permitidos por la normativa nacional e internacional. Se calcularon los porcentajes de cumplimiento de los niveles establecidos y se identificaron las zonas que excedieron dichos límites.

Análisis Estadístico Descriptivo: Se realizó un análisis estadístico descriptivo para calcular medidas de tendencia central y dispersión de los niveles de CO TLV-TWA en cada zona y periodo, proporcionando una comprensión detallada de la distribución de los datos y facilitando la comparación con los estándares establecidos.

3.2.3.3 Procesamiento y Análisis de Datos del Objetivo 3. Se Analizó la correlación entre los niveles de CO emitidos por los vehículos mineros y los niveles de CO TLV-TWA en las diferentes zonas de trabajo subterráneas.

Coeficiente de Correlación de Spearman: Se calculó el coeficiente de correlación de Spearman para evaluar la correlación lognormal entre los niveles de CO emitidos por los vehículos mineros y los niveles de CO TLV-TWA en cada zona de trabajo subterráneo. Se interpretó el coeficiente obtenido para determinar la fuerza y dirección de la correlación.

Gráfico de Dispersión: Se dibujó el gráfico de dispersión lognormal para visualizar la tendencia de la misma.

3.2.3.4 Procesamiento y Análisis de Datos del Objetivo 4. Se evaluó la evolución de los niveles de CO y la correlación entre las emisiones de CO de los vehículos mineros y los niveles de CO TLV-TWA desde la implementación de los controles de CO en los vehículos mineros entre enero y abril de 2023 y 2024.

Análisis de Tendencia Temporal: Se realizó un análisis de tendencia temporal para evaluar la evolución de los niveles de CO y la correlación entre las emisiones de CO de los vehículos mineros y los niveles de CO TLV-TWA desde la implementación de los controles de CO. Se utilizaron gráficos de series temporales para visualizar cualquier cambio o patrón a lo largo del tiempo. Los gráficos utilizados fueron boxplot.

Comparación de Períodos. Se compararon los niveles de CO y la correlación entre los periodos de enero a abril de 2023 y 2024 para evaluar el impacto de la implementación de los controles de CO en los vehículos mineros. Se utilizaron el test de Welch y los gráficos Boxplot.

Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados

4.1 Evaluación de la variabilidad de los niveles de CO emitidos por los vehículos mineros subterráneos en las zonas Alta Horizonte, Media, Baja Norte y Baja Sur durante los periodos de enero a abril de 2023 y 2024.

Se aplicó un análisis de datos con la Prueba T de Welch para determinar si hubo diferencias significativas en los niveles de CO emitidos entre las zonas de trabajo subterráneo y entre los periodos de tiempo (enero-abril de 2023 y 2024). Se calcularon las medias y las varianzas de los niveles de CO para cada zona y periodo, evaluando las diferencias entre ellas. Se decidió por esta prueba por que se estimó tener varianzas diferentes. Se realizaron cuatro pruebas para comparar todas las mediciones de enero 2023 con enero 2024, febrero 2023 con febrero 2024, marzo 2023 con marzo 2024 y abril 2023 con abril 2024.

4.1.1 *Evaluaciones de CO en tubos de escapes de Vehículos mineros.*

Se realizaron mediciones de emisiones de vehículos sin un catalizador en el tubo de escape en los periodos de enero, febrero, marzo y abril de 2023. De la misma forma se realizaron mediciones de CO en enero, febrero, marzo y abril de 2024. Estas evaluaciones fueron de lectura directa y se encuentran registradas en los documentos “Informe técnico de monitoreo de monóxido de carbono (CO) para vehículo”. Los resultados de las mediciones de los niveles de CO en ppm sirven de base de datos para el análisis de las hipótesis planteadas. En total en enero 2023 se realizaron 205 mediciones (ver **tabla siguiente**), 205 mediciones en enero de 2024, 95 mediciones en febrero de 2023, 95 mediciones en febrero de 2024, 108 mediciones en marzo del 2023 y 2024, 127 mediciones en abril de 2023 y 2024 respectivamente (ver la tabla resumen siguiente).

Tabla 4*Cantidad de Vehículos medidos periodo enero-abril 2023 2024*

Mes	Cantidad de Vehículos medidos
Enero 2023	205
Febrero 2023	95
Marzo 2023	108
Abril 2023	127
Enero 2024	205
Febrero 2024	95
Marzo 2024	108
Abril 2024	127
totales	1070

Nota: Elaboración Propia.

4.1.1.1 Resultado de las Evaluaciones de CO en tubos de escapes de Vehículos mineros enero 2023. En enero de 2023 se realizaron 205 evaluaciones de CO en los tubos de escape de los vehículos que circularon dentro de la mina subterránea estas mediciones se realizaron antes de implementar el control del catalizador al tubo de escape de los vehículos. A continuación, se muestran los resultados de los mismos en la siguiente tabla.

Tabla 5*Resultado de mediciones de CO en escape de vehículos mineros enero 2023*

ITEM	Año	Mes	Fecha	Propietario	Tipo Equipo	Placa	CO (ppm)
1	2023	ENERO	1/01/2023	ADAJIUQ	CAMION	BJM-933	88.0
2	2023	ENERO	1/01/2023	ADAJIUQ	CAMION	BLQ-755	235.0
3	2023	ENERO	1/01/2023	ADAJIUQ	CAMION	BME-817	574.0
4	2023	ENERO	1/01/2023	ADAJIUQ	CAMIONETA	BJM-933	80.0
5	2023	ENERO	8/01/2023	ADAJIUQ	CAMION	W6R-933	127.5
6	2023	ENERO	8/01/2023	ANCRO	CAMIONETA	BUK-923	162.5
7	2023	ENERO	8/01/2023	COMUNICATION	CAMIONETA	BMR-901	144.7
8	2023	ENERO	8/01/2023	COMUNICATION	CAMIONETA	W6X-725	190.3
9	2023	ENERO	22/01/2023	COMUNICATION	MANITOU	9003673	399.0
10	2023	ENERO	1/01/2023	CORP. VARGAS	CAMION	W7B-931	268.7
11	2023	ENERO	1/01/2023	DCR	CAMIONETA	20	110.0
12	2023	ENERO	1/01/2023	DCR	CAMIONETA	VCW-915	418.0
13	2023	ENERO	1/01/2023	DCR	CAMIONETA	VCX-706	486.0
14	2023	ENERO	1/01/2023	DCR	CAMIONETA	VCX-781	250.0
15	2023	ENERO	1/01/2023	DCR	MINICARGADOR	18	634.0
16	2023	ENERO	1/01/2023	DCR	MOTONIVELADORA- 1	1	233.0

ITEM	Año	Mes	Fecha	Propietario	Tipo Equipo	Placa	CO (ppm)
17	2023	ENERO	1/01/2023	DCR	MOTONIVELADORA-17	17	139.0
18	2023	ENERO	1/01/2023	DCR	RODILLO-16	16	410.0
19	2023	ENERO	1/01/2023	DCR	VOLQUETE-1	1	382.0
20	2023	ENERO	1/01/2023	DCR	VOLQUETE-10	10	450.0
21	2023	ENERO	1/01/2023	DCR	VOLQUETE-11	11	488.0
22	2023	ENERO	1/01/2023	DCR	VOLQUETE-12	12	626.0
23	2023	ENERO	1/01/2023	DCR	VOLQUETE-13	13	484.0
24	2023	ENERO	1/01/2023	DCR	VOLQUETE-14	14	550.0
25	2023	ENERO	1/01/2023	DCR	VOLQUETE-15	15	280.0
26	2023	ENERO	1/01/2023	DCR	VOLQUETE-2	2	315.0
27	2023	ENERO	1/01/2023	DCR	VOLQUETE-3	3	340.0
28	2023	ENERO	1/01/2023	DCR	VOLQUETE-4	4	634.0
29	2023	ENERO	1/01/2023	DCR	VOLQUETE-5	5	303.0
30	2023	ENERO	1/01/2023	DCR	VOLQUETE-6	6	284.0
31	2023	ENERO	1/01/2023	DCR	VOLQUETE-7	7	429.0
32	2023	ENERO	1/01/2023	DCR	VOLQUETE-8	8	334.0
33	2023	ENERO	1/01/2023	DCR	VOLQUETE-9	9	354.0
34	2023	ENERO	1/01/2023	DEJOTA	CAMIONETA	BKT-756	392.0
35	2023	ENERO	29/01/2023	DEJOTA	CAMION	W7B-931	489.0
36	2023	ENERO	30/01/2023	EMSAR	CAMIONETA	BSI-715	110.0
37	2023	ENERO	31/01/2023	EMSAR	CAMIONETA	BSV-835	314.0
38	2023	ENERO	1/02/2023	ESMUMICIT	CISTERNA	BLU-718	603.0
39	2023	ENERO	2/02/2023	ESMUMICIT	CISTERNA	BNR-899	249.0
40	2023	ENERO	3/02/2023	ETMIN	CAMION GRÚA	BHL-822	219.0
41	2023	ENERO	4/02/2023	ETMIN	CAMIÓN	CAMIÓN-9	44.0
42	2023	ENERO	1/01/2023	ETMIN	CAMION	APB-707	195.3
43	2023	ENERO	1/01/2023	ETMIN	CAMION	BAG-797	182.0
44	2023	ENERO	1/01/2023	ETMIN	CAMION	BHL-822	419.3
45	2023	ENERO	1/01/2023	ETMIN	CAMION	BMB-704	450.3
46	2023	ENERO	2/01/2023	ETMIN	CAMION	BVR-920	228.0
47	2023	ENERO	3/01/2023	ETMIN	CAMION	BVR-944	332.0
48	2023	ENERO	4/01/2023	ETMIN	CAMIÓN	BVR-944	167.0
49	2023	ENERO	5/01/2023	ETMIN	CAMION	BWW-891	303.0
50	2023	ENERO	1/01/2023	ETMIN	CAMION	Z7C-828	158.0
51	2023	ENERO	7/01/2023	ETMIN	GRUA	BMB-704	198.0
52	2023	ENERO	7/01/2023	EXPLOMIN	CAMIONETA	W6X-823	291.0
53	2023	ENERO	7/01/2023	EXPLOMIN	CAMIONETA	5	519.0
54	2023	ENERO	7/01/2023	EXPLOMIN	CAMIONETA	BVH-730	604.0
55	2023	ENERO	7/01/2023	EXPLOMIN	CAMIONETA	W6X-823	283.0
56	2023	ENERO	7/01/2023	EXPLOMIN	CAMIONETA	W7B-728	211.0
57	2023	ENERO	7/01/2023	EXPLOMIN	CAMIONETA	W7I-785	637.0
58	2023	ENERO	7/01/2023	EXPLOMIN	CAMION	W7G-729	752.0

ITEM	Año	Mes	Fecha	Propietario	Tipo Equipo	Placa	CO (ppm)
59	2023	ENERO	7/01/2023	EXPLOMIN	CAMIÓN	W7G-729	100.0
60	2023	ENERO	8/01/2023	FRANCAR	CAMION	ACP-874	841.7
61	2023	ENERO	8/01/2023	FRANCAR	CAMION	W7G-736	210.0
62	2023	ENERO	8/01/2023	INNOVA	CAMIONETA	2	198.0
63	2023	ENERO	8/01/2023	INNOVA	CAMIONETA	W6X-701	264.0
64	2023	ENERO	8/01/2023	INNOVA	CAMION	W6R-788	243.0
65	2023	ENERO	8/01/2023	MASTERDRILLING	CAMIONETA	BFA-765	191.0
66	2023	ENERO	8/01/2023	MASTERDRILLING	CAMIONETA	BNS-920	193.0
67	2023	ENERO	9/01/2023	MASTERDRILLING	CAMIONETA	BVH-730	124.0
68	2023	ENERO	29/01/2023	MB RENTING	CAMION	BJM-933	20.0
69	2023	ENERO	8/01/2023	MB RENTING	CAMION	BME-817	133.0
70	2023	ENERO	8/01/2023	MB RENTING	CAMION	BQL-755	27.0
71	2023	ENERO	1/01/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BCL-777	134.5
72	2023	ENERO	8/01/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BFM-759	158.3
73	2023	ENERO	1/01/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJI-804	147.3
74	2023	ENERO	1/01/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJJ-743	216.8
75	2023	ENERO	1/01/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJJ-878	101.5
76	2023	ENERO	1/01/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJJ-909	134.0
77	2023	ENERO	1/01/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJS-739	205.5
78	2023	ENERO	1/01/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJS-741	186.6
79	2023	ENERO	1/01/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJS-864	224.0
80	2023	ENERO	1/01/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJS-872	137.5
81	2023	ENERO	1/01/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJT-840	320.8
82	2023	ENERO	1/01/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJT-864	165.0
83	2023	ENERO	1/01/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJT-865	140.6
84	2023	ENERO	1/01/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJT-866	179.5
85	2023	ENERO	1/01/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJU-715	174.8
86	2023	ENERO	2/01/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJV-813	219.0
87	2023	ENERO	3/01/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJV-829	475.0
88	2023	ENERO	1/01/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-741	167.4
89	2023	ENERO	1/01/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-747	240.8
90	2023	ENERO	28/01/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-762	246.0
91	2023	ENERO	29/01/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-763	176.0
92	2023	ENERO	1/01/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-891	238.3
93	2023	ENERO	8/01/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-892	140.0
94	2023	ENERO	1/01/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-894	153.8
95	2023	ENERO	1/01/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-901	156.6
96	2023	ENERO	8/01/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-914	107.0
97	2023	ENERO	9/01/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BKE-793	1365.0
98	2023	ENERO	1/01/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BKE-794	444.0
99	2023	ENERO	1/01/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BKE-852	311.0
100	2023	ENERO	1/01/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BKL-880	249.3
101	2023	ENERO	3/01/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BLJ-896	385.0

ITEM	Año	Mes	Fecha	Propietario	Tipo Equipo	Placa	CO (ppm)
102	2023	ENERO	3/01/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BLK-913	408.0
103	2023	ENERO	3/01/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BLR-874	452.0
104	2023	ENERO	1/01/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BMP-804	60.0
105	2023	ENERO	22/01/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BMV-316	201.0
106	2023	ENERO	23/01/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BTE-859	627.0
107	2023	ENERO	8/01/2023	MB RENTING	CAMION	W5R-948	413.7
108	2023	ENERO	8/01/2023	MB RENTING	CAMION	W6R-933	127.7
109	2023	ENERO	9/01/2023	MBS PERU	CAMIONETA	1	155.0
110	2023	ENERO	10/01/2023	MDP	CAMIONETA	BFA-765	232.0
111	2023	ENERO	11/01/2023	MDP	CAMIONETA	BNS-920	86.0
112	2023	ENERO	1/01/2023	MISOL	CAMION	BKC-822	300.0
113	2023	ENERO	29/01/2023	MISOL	CAMIONETA	W6X-771	175.0
114	2023	ENERO	8/01/2023	MISOL	CAMIONETA	W7E-752	172.0
115	2023	ENERO	29/01/2023	MISOL	MINCARGADOR	2	574.0
116	2023	ENERO	8/01/2023	MULTICOSAILOR	CAMIONETA	BDI-885	500.0
117	2023	ENERO	8/01/2023	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	52	212.3
118	2023	ENERO	1/01/2023	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	53	359.8
119	2023	ENERO	2/01/2023	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	54	681.0
120	2023	ENERO	1/01/2023	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	55	332.3
121	2023	ENERO	1/01/2023	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	56	198.8
122	2023	ENERO	1/01/2023	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	57	181.5
123	2023	ENERO	1/01/2023	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	58	299.0
124	2023	ENERO	1/01/2023	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	60	211.0
125	2023	ENERO	2/01/2023	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	BDK-778	255.0
126	2023	ENERO	3/01/2023	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	BEW-785	274.0
127	2023	ENERO	4/01/2023	NEUMA	CAMION	1	202.0
128	2023	ENERO	8/01/2023	NEUMA	CAMION	BST-763	1242.3
129	2023	ENERO	9/01/2023	NEWREST	CAMIONETA	2	179.0
130	2023	ENERO	10/01/2023	NEWREST	CAMIONETA	BJJ-923	304.0
131	2023	ENERO	10/01/2023	ONLIK	CAMIONETA	VAY-915	250.0
132	2023	ENERO	29/01/2023	PASHSA	BOBCAT	2	1144.0
133	2023	ENERO	29/01/2023	PASHSA	BOLTER	5	150.0
134	2023	ENERO	22/01/2023	PASHSA	BOLTER	88-3	555.5
135	2023	ENERO	29/01/2023	PASHSA	BOLTER	88-4	472.0
136	2023	ENERO	22/01/2023	PASHSA	BOLTER	9	13.0
137	2023	ENERO	22/01/2023	PASHSA	BOLTER	99-2	40.0
138	2023	ENERO	22/01/2023	PASHSA	BOOMER	6	400.0
139	2023	ENERO	29/01/2023	PASHSA	CAMION	BKC-722	23.0
140	2023	ENERO	22/01/2023	PASHSA	DUMPER	4	809.5
141	2023	ENERO	22/01/2023	PASHSA	DUMPER	5	841.0
142	2023	ENERO	22/01/2023	PASHSA	JUMBO	S1D8	146.0
143	2023	ENERO	22/01/2023	PASHSA	JUMBO	4	199.0
144	2023	ENERO	22/01/2023	PASHSA	JUMBO	5	88.0

ITEM	Año	Mes	Fecha	Propietario	Tipo Equipo	Placa	CO (ppm)
145	2023	ENERO	29/01/2023	PASHSA	JUMBO	S1D7	150.0
146	2023	ENERO	22/01/2023	PASHSA	JUMBO	S1-D7	527.0
147	2023	ENERO	22/01/2023	PASHSA	MANITOU	2	224.0
148	2023	ENERO	22/01/2023	PASHSA	MANITOU	3	23.0
149	2023	ENERO	1/01/2023	PASHSA	MANITOU	4	527.0
150	2023	ENERO	2/01/2023	PASHSA	MANITOU	5	295.0
151	2023	ENERO	8/01/2023	PASHSA	MINCARGADOR	2	345.0
152	2023	ENERO	22/01/2023	PASHSA	MINICARGADOR	1	286.0
153	2023	ENERO	23/01/2023	PASHSA	MINICAT	3	527.0
154	2023	ENERO	22/01/2023	PASHSA	MUKI	3	1766.0
155	2023	ENERO	22/01/2023	PASHSA	RAPTOR	44-1	1756.0
156	2023	ENERO	29/01/2023	PASHSA	ROBOT	63	42.0
157	2023	ENERO	22/01/2023	PASHSA	SCISSOR LIFT	1	774.0
158	2023	ENERO	22/01/2023	PASHSA	SCOOP	40	896.0
159	2023	ENERO	29/01/2023	PASHSA	SCOOP	46	125.0
160	2023	ENERO	29/01/2023	PASHSA	SCOOP	49	1057.0
161	2023	ENERO	22/01/2023	PASHSA	SCOOP	50	289.0
162	2023	ENERO	22/01/2023	PASHSA	SCOOP	51	118.0
163	2023	ENERO	22/01/2023	PASHSA	SCOOP	53	38.0
164	2023	ENERO	29/01/2023	PASHSA	SCOOP	54	312.0
165	2023	ENERO	29/01/2023	PASHSA	SCOOP	55	249.0
166	2023	ENERO	29/01/2023	PASHSA	SCOOP	56	74.0
167	2023	ENERO	29/01/2023	PASHSA	SCOOP	58	510.0
168	2023	ENERO	29/01/2023	PASHSA	SCOOP	59	170.0
169	2023	ENERO	22/01/2023	PASHSA	SCOOP	61	657.0
170	2023	ENERO	22/01/2023	PASHSA	SCOOP	62	40.0
171	2023	ENERO	29/01/2023	PASHSA	SCOOP	63	234.5
172	2023	ENERO	29/01/2023	PASHSA	SCOOP	64	29.5
173	2023	ENERO	29/01/2023	PASHSA	SCOOP	66	132.0
174	2023	ENERO	29/01/2023	PASHSA	SCOOP	67	176.0
175	2023	ENERO	29/01/2023	PASHSA	SCOOP	68	229.0
176	2023	ENERO	29/01/2023	PASHSA	SIMBA	4	212.0
177	2023	ENERO	22/01/2023	PASHSA	SIMBA	S7-05	311.0
178	2023	ENERO	22/01/2023	PASHSA	TROIDON	21	425.0
179	2023	ENERO	22/01/2023	PASHSA	TROIDON	16	353.0
180	2023	ENERO	29/01/2023	PASHSA	TROIDON	22	287.0
181	2023	ENERO	1/01/2023	ROBOCON	CAMIONETA	BKD-760	132.0
182	2023	ENERO	1/01/2023	ROBOCON	CAMIONETA	BKD-762	114.3
183	2023	ENERO	1/01/2023	ROBOCON	MIXER	198	102.0
184	2023	ENERO	1/01/2023	ROBOCON	MIXER	233	40.0
185	2023	ENERO	1/01/2023	ROBOCON	MIXER	244	64.3
186	2023	ENERO	1/01/2023	ROBOCON	MIXER	246	68.0
187	2023	ENERO	1/01/2023	ROBOCON	MIXER	247	135.8

ITEM	Año	Mes	Fecha	Propietario	Tipo Equipo	Placa	CO (ppm)
188	2023	ENERO	2/01/2023	ROBOCON	MIXER	257	280.0
189	2023	ENERO	1/01/2023	ROBOCON	MIXER	272	61.8
190	2023	ENERO	1/01/2023	ROBOCON	MIXER	276	155.8
191	2023	ENERO	8/01/2023	ROBOCON	MIXER	279	359.7
192	2023	ENERO	1/01/2023	ROBOCON	MIXER	281	80.3
193	2023	ENERO	8/01/2023	ROBOCON	MIXER	BKD-760	51.3
194	2023	ENERO	1/01/2023	ROBOCON	ROBOT	63	80.0
195	2023	ENERO	1/01/2023	ROBOCON	ROBOT	65	26.5
196	2023	ENERO	1/01/2023	ROBOCON	ROBOT	79	31.5
197	2023	ENERO	1/01/2023	ROBOCON	ROBOT	83	53.0
198	2023	ENERO	22/01/2023	ROBOCON	ROBOT	84	9.0
199	2023	ENERO	23/01/2023	SIMA GMG	CAMION	1	296.0
200	2023	ENERO	24/01/2023	SIMA	CAMION	W7I-823	192.0
201	2023	ENERO	8/01/2023	SMUMICIT	CISTERNA	BRN-899	98.7
202	2023	ENERO	1/01/2023	SODEXO	CAMIONETA	AWW-886	268.3
203	2023	ENERO	1/01/2023	SODEXO	CAMIONETA	VAZ-943	250.0
204	2023	ENERO	2/01/2023	TOMOCORP	CAMIONETA	W7H-822	253.0
205	2023	ENERO	3/01/2023	VARGAS	CAMION	W7B-931	373.0

Nota: Elaboración Propia.

4.1.1.2 Resultado de las Evaluaciones de CO en tubos de escapes de Vehículos mineros enero 2024. En enero de 2024 se realizaron 205 evaluaciones de CO en los tubos de escape de los vehículos que circularon dentro de la mina subterránea estas mediciones se realizaron después de implementar el control del catalizador al tubo de escape de los vehículos. A continuación, se muestran los resultados de los mismos en la siguiente tabla.

Tabla 6

Resultado de mediciones de CO en escape de vehículos mineros enero 2024

ITEM	Año	Mes	Fecha	Propietario	Tipo Equipo	Placa	CO (ppm)
1	2024	ENERO	6/01/2024	ADAJIUQ	CAMION	BJM-933	38.0
2	2024	ENERO	6/01/2024	ADAJIUQ	CAMION	BLQ-755	110.8
3	2024	ENERO	6/01/2024	ADAJIUQ	CAMION	BME-817	228.2
4	2024	ENERO	6/01/2024	ADAJIUQ	CAMIONETA	BJM-933	40.0
5	2024	ENERO	6/01/2024	ADAJIUQ	CAMION	W6R-933	88.8
6	2024	ENERO	27/01/2024	ANCRO	CAMIONETA	BUK-923	155.0
7	2024	ENERO	27/01/2024	COMUNICACION	CAMIONETA	BMR-901	70.0

ITEM	Año	Mes	Fecha	Propietario	Tipo Equipo	Placa	CO (ppm)
8	2024	ENERO	27/01/2024	COMUNICATION	CAMIONETA	W6X-725	121.0
9	2024	ENERO	27/01/2024	COMUNICATION	MANITOU	9003673	327.0
10	2024	ENERO	27/01/2024	CORP. VARGAS	CAMION	W7B-931	216.0
11	2024	ENERO	27/01/2024	DCR	CAMIONETA	20	60.0
12	2024	ENERO	6/01/2024	DCR	CAMIONETA	VCW-915	307.3
13	2024	ENERO	14/01/2024	DCR	CAMIONETA	VCX-706	455.5
14	2024	ENERO	6/01/2024	DCR	CAMIONETA	VCX-781	245.0
15	2024	ENERO	14/01/2024	DCR	MINICARGADOR	18	574.7
16	2024	ENERO	14/01/2024	DCR	MOTONIVELADORA-1	1	109.0
17	2024	ENERO	27/01/2024	DCR	MOTONIVELADORA-17	17	104.0
18	2024	ENERO	27/01/2024	DCR	RODILLO-16	16	354.0
19	2024	ENERO	6/01/2024	DCR	VOLQUETE-1	1	257.0
20	2024	ENERO	6/01/2024	DCR	VOLQUETE-10	10	326.6
21	2024	ENERO	6/01/2024	DCR	VOLQUETE-11	11	283.2
22	2024	ENERO	6/01/2024	DCR	VOLQUETE-12	12	321.3
23	2024	ENERO	6/01/2024	DCR	VOLQUETE-13	13	355.2
24	2024	ENERO	6/01/2024	DCR	VOLQUETE-14	14	339.4
25	2024	ENERO	27/01/2024	DCR	VOLQUETE-15	15	230.0
26	2024	ENERO	6/01/2024	DCR	VOLQUETE-2	2	255.6
27	2024	ENERO	6/01/2024	DCR	VOLQUETE-3	3	305.0
28	2024	ENERO	6/01/2024	DCR	VOLQUETE-4	4	288.0
29	2024	ENERO	6/01/2024	DCR	VOLQUETE-5	5	271.2
30	2024	ENERO	6/01/2024	DCR	VOLQUETE-6	6	277.4
31	2024	ENERO	6/01/2024	DCR	VOLQUETE-7	7	288.0
32	2024	ENERO	6/01/2024	DCR	VOLQUETE-8	8	329.6
33	2024	ENERO	14/01/2024	DCR	VOLQUETE-9	9	222.8
34	2024	ENERO	15/01/2024	DEJOTA	CAMIONETA	BKT-756	345.0
35	2024	ENERO	16/01/2024	DEJOTA	CAMION	W7B-931	443.0
36	2024	ENERO	14/01/2024	EMSAR	CAMIONETA	BSI-715	75.0
37	2024	ENERO	6/01/2024	EMSAR	CAMIONETA	BSV-835	277.3
38	2024	ENERO	14/01/2024	ESMUMICIT	CISTERNA	BLU-718	474.0
39	2024	ENERO	6/01/2024	ESMUMICIT	CISTERNA	BNR-899	210.0
40	2024	ENERO	14/01/2024	ETMIN	CAMION GRÚA	BHL-822	214.0
41	2024	ENERO	14/01/2024	ETMIN	CAMIÓN	CAMIÓN-9	9.0
42	2024	ENERO	15/01/2024	ETMIN	CAMION	APB-707	127.0
43	2024	ENERO	6/01/2024	ETMIN	CAMION	BAG-797	187.0
44	2024	ENERO	6/01/2024	ETMIN	CAMION	BHL-822	70.3
45	2024	ENERO	7/01/2024	ETMIN	CAMION	BMB-704	378.0
46	2024	ENERO	6/01/2024	ETMIN	CAMION	BVR-920	99.2
47	2024	ENERO	6/01/2024	ETMIN	CAMION	BVR-944	121.5
48	2024	ENERO	14/01/2024	ETMIN	CAMIÓN	BVR-944	110.0
49	2024	ENERO	6/01/2024	ETMIN	CAMION	BWW-891	266.4
50	2024	ENERO	7/01/2024	ETMIN	CAMION	Z7C-828	84.0

ITEM	Año	Mes	Fecha	Propietario	Tipo Equipo	Placa	CO (ppm)
51	2024	ENERO	6/01/2024	ETMIN	GRUA	BMB-704	79.5
52	2024	ENERO	14/01/2024	EXPLOMIN	CAMIONETA	W6X-823	162.0
53	2024	ENERO	14/01/2024	EXPLOMIN	CAMIONETA	5	145.0
54	2024	ENERO	27/01/2024	EXPLOMIN	CAMIONETA	BVH-730	230.0
55	2024	ENERO	6/01/2024	EXPLOMIN	CAMIONETA	W6X-823	152.5
56	2024	ENERO	14/01/2024	EXPLOMIN	CAMIONETA	W7B-728	70.0
57	2024	ENERO	6/01/2024	EXPLOMIN	CAMIONETA	W7I-785	291.0
58	2024	ENERO	6/01/2024	EXPLOMIN	CAMION	W7G-729	406.5
59	2024	ENERO	14/01/2024	EXPLOMIN	CAMIÓN	W7G-729	63.0
60	2024	ENERO	15/01/2024	FRANCAR	CAMION	ACP-874	776.0
61	2024	ENERO	16/01/2024	FRANCAR	CAMION	W7G-736	53.0
62	2024	ENERO	14/01/2024	INNOVA	CAMIONETA	2	80.0
63	2024	ENERO	14/01/2024	INNOVA	CAMIONETA	W6X-701	146.0
64	2024	ENERO	14/01/2024	INNOVA	CAMION	W6R-788	207.5
65	2024	ENERO	6/01/2024	MASTERDRILLING	CAMIONETA	BFA-765	131.3
66	2024	ENERO	14/01/2024	MASTERDRILLING	CAMIONETA	BNS-920	69.0
67	2024	ENERO	6/01/2024	MASTERDRILLING	CAMIONETA	BVH-730	89.0
68	2024	ENERO	6/01/2024	MB RENTING	CAMION	BJM-933	40.0
69	2024	ENERO	6/01/2024	MB RENTING	CAMION	BME-817	100.0
70	2024	ENERO	6/01/2024	MB RENTING	CAMION	BQL-755	39.0
71	2024	ENERO	6/01/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BCL-777	77.0
72	2024	ENERO	6/01/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BFM-759	61.0
73	2024	ENERO	6/01/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJI-804	208.6
74	2024	ENERO	6/01/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJJ-743	119.0
75	2024	ENERO	6/01/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJJ-878	184.8
76	2024	ENERO	7/01/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJJ-909	96.0
77	2024	ENERO	6/01/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJS-739	80.5
78	2024	ENERO	14/01/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJS-741	129.0
79	2024	ENERO	15/01/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJS-864	168.0
80	2024	ENERO	6/01/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJS-872	98.2
81	2024	ENERO	6/01/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJT-840	189.5
82	2024	ENERO	6/01/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJT-864	409.0
83	2024	ENERO	6/01/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJT-865	143.7
84	2024	ENERO	6/01/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJT-866	128.8
85	2024	ENERO	6/01/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJU-715	184.2
86	2024	ENERO	14/01/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJV-813	160.0
87	2024	ENERO	6/01/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJV-829	101.5
88	2024	ENERO	6/01/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-741	111.0
89	2024	ENERO	6/01/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-747	122.0
90	2024	ENERO	14/01/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-762	134.3
91	2024	ENERO	6/01/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-763	116.3
92	2024	ENERO	27/01/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-891	114.0
93	2024	ENERO	6/01/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-892	188.3

ITEM	Año	Mes	Fecha	Propietario	Tipo Equipo	Placa	CO (ppm)
94	2024	ENERO	6/01/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-894	115.8
95	2024	ENERO	6/01/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-901	214.3
96	2024	ENERO	6/01/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-914	261.3
97	2024	ENERO	14/01/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BKE-793	260.4
98	2024	ENERO	6/01/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BKE-794	98.0
99	2024	ENERO	6/01/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BKE-852	100.4
100	2024	ENERO	6/01/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BKL-880	210.0
101	2024	ENERO	6/01/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BLJ-896	261.0
102	2024	ENERO	6/01/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BLK-913	277.0
103	2024	ENERO	14/01/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BLR-874	334.0
104	2024	ENERO	6/01/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BMP-804	156.5
105	2024	ENERO	6/01/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BMV-316	101.0
106	2024	ENERO	14/01/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BTE-859	486.0
107	2024	ENERO	14/01/2024	MB RENTING	CAMION	W5R-948	382.0
108	2024	ENERO	14/01/2024	MB RENTING	CAMION	W6R-933	70.0
109	2024	ENERO	14/01/2024	MBS PERU	CAMIONETA	1	96.0
110	2024	ENERO	14/01/2024	MDP	CAMIONETA	BFA-765	200.0
111	2024	ENERO	14/01/2024	MDP	CAMIONETA	BNS-920	47.0
112	2024	ENERO	14/01/2024	MISOL	CAMION	BKC-822	203.0
113	2024	ENERO	14/01/2024	MISOL	CAMIONETA	W6X-771	85.0
114	2024	ENERO	14/01/2024	MISOL	CAMIONETA	W7E-752	144.0
115	2024	ENERO	14/01/2024	MISOL	MINCARGADOR	2	482.0
116	2024	ENERO	6/01/2024	MULTICOSAILOR	CAMIONETA	BDI-885	342.5
117	2024	ENERO	6/01/2024	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	52	121.0
118	2024	ENERO	6/01/2024	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	53	324.0
119	2024	ENERO	6/01/2024	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	54	307.8
120	2024	ENERO	6/01/2024	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	55	324.8
121	2024	ENERO	6/01/2024	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	56	214.0
122	2024	ENERO	6/01/2024	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	57	273.0
123	2024	ENERO	6/01/2024	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	58	199.0
124	2024	ENERO	6/01/2024	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	60	175.0
125	2024	ENERO	14/01/2024	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	BDK-778	218.0
126	2024	ENERO	14/01/2024	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	BEW-785	239.0
127	2024	ENERO	14/01/2024	NEUMA	CAMION	1	152.0
128	2024	ENERO	6/01/2024	NEUMA	CAMION	BST-763	137.5
129	2024	ENERO	14/01/2024	NEWREST	CAMIONETA	2	129.0
130	2024	ENERO	6/01/2024	NEWREST	CAMIONETA	BJJ-923	147.3
131	2024	ENERO	6/01/2024	ONLIK	CAMIONETA	VAY-915	109.0
132	2024	ENERO	6/01/2024	PASHSA	BOBCAT	2	1068.0
133	2024	ENERO	6/01/2024	PASHSA	BOLTER	5	105.0
134	2024	ENERO	6/01/2024	PASHSA	BOLTER	88-3	477.0
135	2024	ENERO	6/01/2024	PASHSA	BOLTER	88-4	448.0
136	2024	ENERO	6/01/2024	PASHSA	BOLTER	9	40.0

ITEM	Año	Mes	Fecha	Propietario	Tipo Equipo	Placa	CO (ppm)
137	2024	ENERO	6/01/2024	PASHSA	BOLTER	99-2	40.0
138	2024	ENERO	6/01/2024	PASHSA	BOOMER	6	327.0
139	2024	ENERO	6/01/2024	PASHSA	CAMION	BKC-722	40.0
140	2024	ENERO	6/01/2024	PASHSA	DUMPER	4	719.0
141	2024	ENERO	21/01/2024	PASHSA	DUMPER	5	730.0
142	2024	ENERO	21/01/2024	PASHSA	JUMBO	S1D8	114.0
143	2024	ENERO	21/01/2024	PASHSA	JUMBO	4	134.0
144	2024	ENERO	21/01/2024	PASHSA	JUMBO	5	52.0
145	2024	ENERO	21/01/2024	PASHSA	JUMBO	S1D7	67.0
146	2024	ENERO	21/01/2024	PASHSA	JUMBO	S1-D7	434.0
147	2024	ENERO	21/01/2024	PASHSA	MANITOU	2	159.0
148	2024	ENERO	21/01/2024	PASHSA	MANITOU	3	134.0
149	2024	ENERO	21/01/2024	PASHSA	MANITOU	4	153.0
150	2024	ENERO	21/01/2024	PASHSA	MANITOU	5	238.0
151	2024	ENERO	22/01/2024	PASHSA	MINCARGADOR	2	276.0
152	2024	ENERO	23/01/2024	PASHSA	MINICARGADOR	1	234.0
153	2024	ENERO	21/01/2024	PASHSA	MINICAT	3	471.0
154	2024	ENERO	22/01/2024	PASHSA	MUKI	3	226.0
155	2024	ENERO	23/01/2024	PASHSA	RAPTOR	44-1	230.0
156	2024	ENERO	24/01/2024	PASHSA	ROBOT	63	38.0
157	2024	ENERO	25/01/2024	PASHSA	SCISSOR LIFT	1	732.0
158	2024	ENERO	26/01/2024	PASHSA	SCOOP	40	843.0
159	2024	ENERO	27/01/2024	PASHSA	SCOOP	46	61.0
160	2024	ENERO	28/01/2024	PASHSA	SCOOP	49	350.0
161	2024	ENERO	21/01/2024	PASHSA	SCOOP	50	148.0
162	2024	ENERO	21/01/2024	PASHSA	SCOOP	51	40.0
163	2024	ENERO	21/01/2024	PASHSA	SCOOP	53	186.0
164	2024	ENERO	21/01/2024	PASHSA	SCOOP	54	776.0
165	2024	ENERO	21/01/2024	PASHSA	SCOOP	55	182.0
166	2024	ENERO	21/01/2024	PASHSA	SCOOP	56	50.0
167	2024	ENERO	21/01/2024	PASHSA	SCOOP	58	474.0
168	2024	ENERO	21/01/2024	PASHSA	SCOOP	59	89.0
169	2024	ENERO	21/01/2024	PASHSA	SCOOP	61	320.0
170	2024	ENERO	21/01/2024	PASHSA	SCOOP	62	15.0
171	2024	ENERO	21/01/2024	PASHSA	SCOOP	63	487.0
172	2024	ENERO	21/01/2024	PASHSA	SCOOP	64	25.0
173	2024	ENERO	21/01/2024	PASHSA	SCOOP	66	75.0
174	2024	ENERO	21/01/2024	PASHSA	SCOOP	67	171.0
175	2024	ENERO	21/01/2024	PASHSA	SCOOP	68	100.0
176	2024	ENERO	21/01/2024	PASHSA	SIMBA	4	207.0
177	2024	ENERO	14/01/2024	PASHSA	SIMBA	S7-05	230.0
178	2024	ENERO	14/01/2024	PASHSA	TROIDON	21	333.0
179	2024	ENERO	14/01/2024	PASHSA	TROIDON	16	301.0

ITEM	Año	Mes	Fecha	Propietario	Tipo Equipo	Placa	CO (ppm)
180	2024	ENERO	14/01/2024	PASHSA	TROIDON	22	253.0
181	2024	ENERO	14/01/2024	ROBOCON	CAMIONETA	BKD-760	96.0
182	2024	ENERO	14/01/2024	ROBOCON	CAMIONETA	BKD-762	109.0
183	2024	ENERO	6/01/2024	ROBOCON	MIXER	198	42.0
184	2024	ENERO	6/01/2024	ROBOCON	MIXER	233	38.0
185	2024	ENERO	6/01/2024	ROBOCON	MIXER	244	114.4
186	2024	ENERO	6/01/2024	ROBOCON	MIXER	246	62.0
187	2024	ENERO	6/01/2024	ROBOCON	MIXER	247	103.3
188	2024	ENERO	6/01/2024	ROBOCON	MIXER	257	169.2
189	2024	ENERO	6/01/2024	ROBOCON	MIXER	272	79.3
190	2024	ENERO	6/01/2024	ROBOCON	MIXER	276	26.0
191	2024	ENERO	6/01/2024	ROBOCON	MIXER	279	248.0
192	2024	ENERO	6/01/2024	ROBOCON	MIXER	281	191.8
193	2024	ENERO	6/01/2024	ROBOCON	MIXER	BKD-760	36.0
194	2024	ENERO	14/01/2024	ROBOCON	ROBOT	63	6.0
195	2024	ENERO	6/01/2024	ROBOCON	ROBOT	65	19.0
196	2024	ENERO	6/01/2024	ROBOCON	ROBOT	79	215.3
197	2024	ENERO	14/01/2024	ROBOCON	ROBOT	83	124.0
198	2024	ENERO	6/01/2024	ROBOCON	ROBOT	84	65.0
199	2024	ENERO	14/01/2024	SIMA GMG	CAMION	1	185.0
200	2024	ENERO	14/01/2024	SIMA	CAMION	W7I-823	132.7
201	2024	ENERO	14/01/2024	SMUMICIT	CISTERNA	BRN-899	63.0
202	2024	ENERO	14/01/2024	SODEXO	CAMIONETA	AWW-886	198.0
203	2024	ENERO	14/01/2024	SODEXO	CAMIONETA	VAZ-943	174.0
204	2024	ENERO	6/01/2024	TOMOCORP	CAMIONETA	W7H-822	215.7
205	2024	ENERO	6/01/2024	VARGAS	CAMION	W7B-931	232.6

Nota: Elaboración Propia.

4.1.1.3 Resultado de las Evaluaciones de CO en tubos de escapes de Vehículos mineros febrero 2023. En febrero de 2023 se realizaron 95 evaluaciones de CO en los tubos de escape de los vehículos que circularon dentro de la mina subterránea estas mediciones se realizaron antes de implementar el control del catalizador al tubo de escape de los vehículos. A continuación, se muestran los resultados de los mismos en la siguiente tabla.

Tabla 7

Resultado de mediciones de CO en escape de vehículos mineros febrero 2023

ITEM	Año	Mes	Fecha	Propietario	Tipo Equipo	Placa	CO (ppm)
1	2023	FEBRERO	16/02/2023	ADAJIUQ	CAMION	BJM-933	130
2	2023	FEBRERO	12/02/2023	ADAJIUQ	CAMION	BLQ-755	218
3	2023	FEBRERO	16/02/2023	ADAJIUQ	CAMION	BME-817	273
4	2023	FEBRERO	16/02/2023	ADAJIUQ	CAMION	W6R-933	81
5	2023	FEBRERO	25/02/2023	ANCRO	CAMIONETA	BUK-923	311
6	2023	FEBRERO	23/02/2023	DCR	CAMIONETA	VCW-915	273
7	2023	FEBRERO	11/02/2023	DCR	CAMIONETA	VCX-706	585
8	2023	FEBRERO	15/02/2023	DCR	CAMIONETA	VCX-781	344
9	2023	FEBRERO	2/02/2023	DCR	MINICARGADOR	18	486
10	2023	FEBRERO	10/02/2023	DCR	MOTONIVELADORA	17	216
11	2023	FEBRERO	17/02/2023	DCR	RODILLO	16	515
12	2023	FEBRERO	27/02/2023	DCR	VOLQUETE	1	320
13	2023	FEBRERO	20/02/2023	DCR	VOLQUETE	10	199
14	2023	FEBRERO	28/02/2023	DCR	VOLQUETE	11	387
15	2023	FEBRERO	28/02/2023	DCR	VOLQUETE	12	435
16	2023	FEBRERO	24/02/2023	DCR	VOLQUETE	13	388
17	2023	FEBRERO	7/02/2023	DCR	VOLQUETE	14	401
18	2023	FEBRERO	27/02/2023	DCR	VOLQUETE	15	403
19	2023	FEBRERO	12/02/2023	DCR	VOLQUETE	2	365
20	2023	FEBRERO	3/02/2023	DCR	VOLQUETE	4	318
21	2023	FEBRERO	2/02/2023	DCR	VOLQUETE	5	370
22	2023	FEBRERO	17/02/2023	DCR	VOLQUETE	6	263
23	2023	FEBRERO	20/02/2023	DCR	VOLQUETE	8	220
24	2023	FEBRERO	13/02/2023	DCR	VOLQUETE	9	305
25	2023	FEBRERO	15/02/2023	EMSAR	CAMIONETA	BSV-835	181
26	2023	FEBRERO	2/02/2023	ESMUMICIT	CISTERNA	BNR-899	479
27	2023	FEBRERO	26/02/2023	ETMIN	CAMION	BHL-822	149
28	2023	FEBRERO	28/02/2023	ETMIN	CAMION	BVR-920	196
29	2023	FEBRERO	20/02/2023	ETMIN	CAMION	BVR-944	304
30	2023	FEBRERO	5/02/2023	ETMIN	CAMION	BWW-891	307

ITEM	Año	Mes	Fecha	Propietario	Tipo Equipo	Placa	CO (ppm)
31	2023	FEBRERO	14/02/2023	ETMIN	GRUA	BMB-704	239
32	2023	FEBRERO	7/02/2023	EXPLOMIN	CAMION	W7G-729	95
33	2023	FEBRERO	21/02/2023	EXPLOMIN	CAMIONETA	BVH-730	311
34	2023	FEBRERO	20/02/2023	EXPLOMIN	CAMIONETA	BYB-852	373
35	2023	FEBRERO	11/02/2023	EXPLOMIN	CAMIONETA	W6X-823	295
36	2023	FEBRERO	27/02/2023	EXPLOMIN	CAMIONETA	W7I-785	492
37	2023	FEBRERO	21/02/2023	INNOVA	CAMION	W6R-788	276
38	2023	FEBRERO	14/02/2023	INNOVA	CAMIONETA	W6X-701	231
39	2023	FEBRERO	14/02/2023	MASTERDRILLING	CAMIONETA	BFA-765	298
40	2023	FEBRERO	1/02/2023	MASTERDRILLING	CAMIONETA	BNS-920	215
41	2023	FEBRERO	11/02/2023	MASTERDRILLING	CAMIONETA	BWL-747	283
42	2023	FEBRERO	9/02/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJI-804	215
43	2023	FEBRERO	16/02/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJJ-743	227
44	2023	FEBRERO	27/02/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJJ-878	258
45	2023	FEBRERO	26/02/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJS-739	293
46	2023	FEBRERO	27/02/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJS-741	444
47	2023	FEBRERO	8/02/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJS-872	286
48	2023	FEBRERO	12/02/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJT-840	215
49	2023	FEBRERO	25/02/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJT-842	276
50	2023	FEBRERO	13/02/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJT-864	322
51	2023	FEBRERO	1/02/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJT-865	404
52	2023	FEBRERO	22/02/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJT-866	120
53	2023	FEBRERO	19/02/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJU-715	357
54	2023	FEBRERO	22/02/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJV-813	329
55	2023	FEBRERO	13/02/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-741	152
56	2023	FEBRERO	28/02/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-762	309
57	2023	FEBRERO	11/02/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-763	313
58	2023	FEBRERO	26/02/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-894	128
59	2023	FEBRERO	24/02/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-901	267
60	2023	FEBRERO	17/02/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-914	162
61	2023	FEBRERO	3/02/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BKE-793	230
62	2023	FEBRERO	7/02/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BKE-794	227
63	2023	FEBRERO	18/02/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BKE-852	202
64	2023	FEBRERO	12/02/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BLJ-896	286
65	2023	FEBRERO	17/02/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BLK-913	173
66	2023	FEBRERO	23/02/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BLR-874	366
67	2023	FEBRERO	5/02/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BMP-804	270
68	2023	FEBRERO	4/02/2023	MULTICOSAILOR	CAMIONETA	BDI-885	429
69	2023	FEBRERO	25/02/2023	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	53	348
70	2023	FEBRERO	6/02/2023	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	54	335
71	2023	FEBRERO	17/02/2023	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	55	378
72	2023	FEBRERO	2/02/2023	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	56	302
73	2023	FEBRERO	10/02/2023	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	57	361

ITEM	Año	Mes	Fecha	Propietario	Tipo Equipo	Placa	CO (ppm)
74	2023	FEBRERO	27/02/2023	NEUMA	CAMION	BST-763	375
75	2023	FEBRERO	27/02/2023	NEWREST	CAMIONETA	BJJ-923	292
76	2023	FEBRERO	28/02/2023	PASHSA	DOOMPER	5	182
77	2023	FEBRERO	6/02/2023	PASHSA	SCOOP	53	267
78	2023	FEBRERO	9/02/2023	PASHSA	SCOOP	64	311
79	2023	FEBRERO	11/02/2023	PASHSA	SCOOP	66	232
80	2023	FEBRERO	7/02/2023	PASHSA	SCOOP	68	130
81	2023	FEBRERO	1/02/2023	ROBOCON	CAMIONETA	BKD-762	231
82	2023	FEBRERO	23/02/2023	ROBOCON	MIXER	244	172
83	2023	FEBRERO	5/02/2023	ROBOCON	MIXER	247	30
84	2023	FEBRERO	22/02/2023	ROBOCON	MIXER	257	332
85	2023	FEBRERO	28/02/2023	ROBOCON	MIXER	272	198
86	2023	FEBRERO	24/02/2023	ROBOCON	MIXER	276	122
87	2023	FEBRERO	27/02/2023	ROBOCON	MIXER	279	150
88	2023	FEBRERO	23/02/2023	ROBOCON	MIXER	281	242
89	2023	FEBRERO	22/02/2023	ROBOCON	ROBOT	65	372
90	2023	FEBRERO	24/02/2023	ROBOCON	ROBOT	79	193
91	2023	FEBRERO	16/02/2023	ROBOCON	ROBOT	83	265
92	2023	FEBRERO	6/02/2023	ROBOCON	ROBOT	84	172
93	2023	FEBRERO	24/02/2023	TOMACOR	CAMIONETA	W7H-822	403
94	2023	FEBRERO	16/02/2023	VARGAS	CAMION	W6L-780	548
95	2023	FEBRERO	14/02/2023	VARGAS	CAMION	W7B-931	116

Nota: Elaboración Propia.

4.1.1.4 Resultado de las Evaluaciones de CO en tubos de escapes de Vehículos mineros febrero 2024. En febrero de 2024 se realizaron 95 evaluaciones de CO en los tubos de escape de los vehículos que circularon dentro de la mina subterránea estas mediciones se realizaron después de implementar el control del catalizador al tubo de escape de los vehículos. A continuación, se muestran los resultados de los mismos en la siguiente tabla.

Tabla 8

Resultado de mediciones de CO en escape de vehículos mineros febrero 2024

ITEM	Año	Mes	Fecha	Propietario	Tipo Equipo	Placa	CO (ppm)
1	2024	FEBRERO	3/02/2024	ADAJIUQ	CAMION	BJM-933	49.8
2	2024	FEBRERO	10/02/2024	ADAJIUQ	CAMION	BLQ-755	93.0
3	2024	FEBRERO	3/02/2024	ADAJIUQ	CAMION	BME-817	189.7

ITEM	Año	Mes	Fecha	Propietario	Tipo Equipo	Placa	CO (ppm)
4	2024	FEBRERO	3/02/2024	ADAJIUQ	CAMION	W6R-933	86.2
5	2024	FEBRERO	3/02/2024	ANCRO	CAMIONETA	BUK-923	243.0
6	2024	FEBRERO	3/02/2024	DCR	CAMIONETA	VCW-915	154.0
7	2024	FEBRERO	3/02/2024	DCR	CAMIONETA	VCX-706	484.2
8	2024	FEBRERO	10/02/2024	DCR	CAMIONETA	VCX-781	256.7
9	2024	FEBRERO	3/02/2024	DCR	MINICARGADOR	18	372.0
10	2024	FEBRERO	11/02/2024	DCR	MOTONIVELADORA	17	103.5
11	2024	FEBRERO	17/02/2024	DCR	RODILLO	16	413.5
12	2024	FEBRERO	3/02/2024	DCR	VOLQUETE	1	246.0
13	2024	FEBRERO	3/02/2024	DCR	VOLQUETE	10	241.8
14	2024	FEBRERO	3/02/2024	DCR	VOLQUETE	11	252.8
15	2024	FEBRERO	3/02/2024	DCR	VOLQUETE	12	304.3
16	2024	FEBRERO	3/02/2024	DCR	VOLQUETE	13	301.2
17	2024	FEBRERO	3/02/2024	DCR	VOLQUETE	14	283.6
18	2024	FEBRERO	3/02/2024	DCR	VOLQUETE	15	299.2
19	2024	FEBRERO	3/02/2024	DCR	VOLQUETE	2	253.8
20	2024	FEBRERO	3/02/2024	DCR	VOLQUETE	4	247.8
21	2024	FEBRERO	10/02/2024	DCR	VOLQUETE	5	275.7
22	2024	FEBRERO	3/02/2024	DCR	VOLQUETE	6	190.6
23	2024	FEBRERO	3/02/2024	DCR	VOLQUETE	8	242.5
24	2024	FEBRERO	3/02/2024	DCR	VOLQUETE	9	240.6
25	2024	FEBRERO	3/02/2024	EMSAR	CAMIONETA	BSV-835	77.3
26	2024	FEBRERO	10/02/2024	ESMUMICIT	CISTERNA	BNR-899	356.3
27	2024	FEBRERO	3/02/2024	ETMIN	CAMION	BHL-822	35.6
28	2024	FEBRERO	3/02/2024	ETMIN	CAMION	BVR-920	114.5
29	2024	FEBRERO	3/02/2024	ETMIN	CAMION	BVR-944	215.5
30	2024	FEBRERO	3/02/2024	ETMIN	CAMION	BWW-891	244.5
31	2024	FEBRERO	10/02/2024	ETMIN	GRUA	BMB-704	135.3
32	2024	FEBRERO	3/02/2024	EXPLOMIN	CAMION	W7G-729	107.6
33	2024	FEBRERO	3/02/2024	EXPLOMIN	CAMIONETA	BVH-730	243.0
34	2024	FEBRERO	10/02/2024	EXPLOMIN	CAMIONETA	BYB-852	328.3
35	2024	FEBRERO	3/02/2024	EXPLOMIN	CAMIONETA	W6X-823	164.0
36	2024	FEBRERO	10/02/2024	EXPLOMIN	CAMIONETA	W7I-785	383.8
37	2024	FEBRERO	3/02/2024	INNOVA	CAMION	W6R-788	177.0
38	2024	FEBRERO	3/02/2024	INNOVA	CAMIONETA	W6X-701	139.3
39	2024	FEBRERO	3/02/2024	MASTERDRILLING	CAMIONETA	BFA-765	202.5
40	2024	FEBRERO	3/02/2024	MASTERDRILLING	CAMIONETA	BNS-920	178.5
41	2024	FEBRERO	3/02/2024	MASTERDRILLING	CAMIONETA	BWL-747	185.0
42	2024	FEBRERO	3/02/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJI-804	149.5
43	2024	FEBRERO	10/02/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJJ-743	134.0
44	2024	FEBRERO	3/02/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJJ-878	160.7
45	2024	FEBRERO	3/02/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJS-739	160.5
46	2024	FEBRERO	3/02/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJS-741	352.0

ITEM	Año	Mes	Fecha	Propietario	Tipo Equipo	Placa	CO (ppm)
47	2024	FEBRERO	3/02/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJS-872	227.8
48	2024	FEBRERO	3/02/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJT-840	95.0
49	2024	FEBRERO	24/02/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJT-842	177.0
50	2024	FEBRERO	3/02/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJT-864	231.0
51	2024	FEBRERO	17/02/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJT-865	299.5
52	2024	FEBRERO	3/02/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJT-866	120.0
53	2024	FEBRERO	3/02/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJU-715	245.7
54	2024	FEBRERO	3/02/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJV-813	206.0
55	2024	FEBRERO	3/02/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-741	69.5
56	2024	FEBRERO	10/02/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-762	182.5
57	2024	FEBRERO	3/02/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-763	212.0
58	2024	FEBRERO	3/02/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-894	73.7
59	2024	FEBRERO	3/02/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-901	147.3
60	2024	FEBRERO	3/02/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-914	60.5
61	2024	FEBRERO	3/02/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BKE-793	124.8
62	2024	FEBRERO	3/02/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BKE-794	151.2
63	2024	FEBRERO	3/02/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BKE-852	99.3
64	2024	FEBRERO	3/02/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BLJ-896	185.4
65	2024	FEBRERO	3/02/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BLK-913	80.3
66	2024	FEBRERO	17/02/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BLR-874	244.0
67	2024	FEBRERO	10/02/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BMP-804	142.0
68	2024	FEBRERO	3/02/2024	MULTICOSAILOR	CAMIONETA	BDI-885	379.4
69	2024	FEBRERO	3/02/2024	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	53	348.0
70	2024	FEBRERO	3/02/2024	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	54	289.5
71	2024	FEBRERO	3/02/2024	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	55	238.8
72	2024	FEBRERO	3/02/2024	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	56	184.7
73	2024	FEBRERO	3/02/2024	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	57	294.5
74	2024	FEBRERO	3/02/2024	NEUMA	CAMION	BST-763	246.5
75	2024	FEBRERO	3/02/2024	NEWREST	CAMIONETA	BJJ-923	164.5
76	2024	FEBRERO	11/02/2024	PASHSA	DOOMPER	5	38.0
77	2024	FEBRERO	11/02/2024	PASHSA	SCOOP	53	137.0
78	2024	FEBRERO	25/02/2024	PASHSA	SCOOP	64	176.0
79	2024	FEBRERO	25/02/2024	PASHSA	SCOOP	66	99.0
80	2024	FEBRERO	19/02/2024	PASHSA	SCOOP	68	61.0
81	2024	FEBRERO	3/02/2024	ROBOCON	CAMIONETA	BKD-762	87.0
82	2024	FEBRERO	3/02/2024	ROBOCON	MIXER	244	172.0
83	2024	FEBRERO	3/02/2024	ROBOCON	MIXER	247	36.2
84	2024	FEBRERO	3/02/2024	ROBOCON	MIXER	257	249.3
85	2024	FEBRERO	3/02/2024	ROBOCON	MIXER	272	61.8
86	2024	FEBRERO	3/02/2024	ROBOCON	MIXER	276	41.3
87	2024	FEBRERO	3/02/2024	ROBOCON	MIXER	279	178.3
88	2024	FEBRERO	3/02/2024	ROBOCON	MIXER	281	172.3
89	2024	FEBRERO	11/02/2024	ROBOCON	ROBOT	65	248.0

ITEM	Año	Mes	Fecha	Propietario	Tipo Equipo	Placa	CO (ppm)
90	2024	FEBRERO	3/02/2024	ROBOCON	ROBOT	79	85.0
91	2024	FEBRERO	17/02/2024	ROBOCON	ROBOT	83	201.0
92	2024	FEBRERO	24/02/2024	ROBOCON	ROBOT	84	77.0
93	2024	FEBRERO	17/02/2024	TOMACOR	CAMIONETA	W7H-822	310.0
94	2024	FEBRERO	17/02/2024	VARGAS	CAMION	W6L-780	448.5
95	2024	FEBRERO	3/02/2024	VARGAS	CAMION	W7B-931	20.0

Nota: Elaboración Propia.

4.1.1.5 Resultado de las Evaluaciones de CO en tubos de escapes de Vehículos mineros marzo 2023. En marzo de 2023 se realizaron 108 evaluaciones de CO en los tubos de escape de los vehículos que circularon dentro de la mina subterránea estas mediciones se realizaron antes de implementar el control del catalizador al tubo de escape de los vehículos. A continuación, se muestran los resultados de los mismos en la siguiente tabla.

Tabla 9

Resultado de mediciones de CO en escape de vehículos mineros marzo 2023

ITEM	Año	Mes	Fecha	Propietario	Tipo Equipo	Placa	CO (ppm)
1	2023	Marzo	24/03/2023	ADAJIUQ	CAMION	BJM-933	246
2	2023	Marzo	7/03/2023	ADAJIUQ	CAMION	BME-817	337
3	2023	Marzo	11/03/2023	ADAJIUQ	CAMION	W6R-933	418
4	2023	Marzo	16/03/2023	ANCRO	CAMIONETA	BUK-923	243
5	2023	Marzo	19/03/2023	DCR	CAMIONETA	VCW-915	426
6	2023	Marzo	23/03/2023	DCR	CAMIONETA	VCX-706	133
7	2023	Marzo	6/03/2023	DCR	MINICARGADOR	18	624
8	2023	Marzo	8/03/2023	DCR	MOTONIVELADORA	17	314
9	2023	Marzo	17/03/2023	DCR	MOTONIVELADORA	19	364
10	2023	Marzo	4/03/2023	DCR	RODILLO	16	442
11	2023	Marzo	18/03/2023	DCR	VOLQUETE	1	388
12	2023	Marzo	8/03/2023	DCR	VOLQUETE	10	406
13	2023	Marzo	31/03/2023	DCR	VOLQUETE	12	197
14	2023	Marzo	8/03/2023	DCR	VOLQUETE	13	621
15	2023	Marzo	31/03/2023	DCR	VOLQUETE	14	559
16	2023	Marzo	8/03/2023	DCR	VOLQUETE	15	416
17	2023	Marzo	7/03/2023	DCR	VOLQUETE	2	385
18	2023	Marzo	27/03/2023	DCR	VOLQUETE	24	337
19	2023	Marzo	12/03/2023	DCR	VOLQUETE	25	262
20	2023	Marzo	11/03/2023	DCR	VOLQUETE	26	306

ITEM	Año	Mes	Fecha	Propietario	Tipo Equipo	Placa	CO (ppm)
21	2023	Marzo	19/03/2023	DCR	VOLQUETE	27	739
22	2023	Marzo	2/03/2023	DCR	VOLQUETE	28	547
23	2023	Marzo	20/03/2023	DCR	VOLQUETE	29	412
24	2023	Marzo	2/03/2023	DCR	VOLQUETE	3	233
25	2023	Marzo	30/03/2023	DCR	VOLQUETE	30	457
26	2023	Marzo	21/03/2023	DCR	VOLQUETE	4	315
27	2023	Marzo	26/03/2023	DCR	VOLQUETE	5	312
28	2023	Marzo	2/03/2023	DCR	VOLQUETE	6	302
29	2023	Marzo	11/03/2023	DCR	VOLQUETE	7	101
30	2023	Marzo	7/03/2023	DCR	VOLQUETE	8	710
31	2023	Marzo	9/03/2023	DCR	VOLQUETE	9	219
32	2023	Marzo	26/03/2023	EMSAR	CAMIONETA	BSV-835	184
33	2023	Marzo	22/03/2023	EMSAR	CAMIONETA	W7M-735	756
34	2023	Marzo	27/03/2023	ESMUMICIT	CISTERNA	BLU-718	322
35	2023	Marzo	18/03/2023	ESMUMICIT	CISTERNA	BNR-899	206
36	2023	Marzo	12/03/2023	ETMIN	CAMION	BHL-822	150
37	2023	Marzo	13/03/2023	ETMIN	CAMION	BVR-920	168
38	2023	Marzo	6/03/2023	ETMIN	CAMION	BVR-944	129
39	2023	Marzo	28/03/2023	ETMIN	CAMION	BWW-891	457
40	2023	Marzo	9/03/2023	ETMIN	GRUA	BMB-704	107
41	2023	Marzo	26/03/2023	EXPLOMIN	CAMION	W7G-729	281
42	2023	Marzo	10/03/2023	EXPLOMIN	CAMIONETA	BVH-730	442
43	2023	Marzo	15/03/2023	EXPLOMIN	CAMIONETA	BVH-735	264
44	2023	Marzo	16/03/2023	EXPLOMIN	CAMIONETA	BWL-747	385
45	2023	Marzo	21/03/2023	EXPLOMIN	CAMIONETA	BYB-852	203
46	2023	Marzo	28/03/2023	EXPLOMIN	CAMIONETA	N7I-785	476
47	2023	Marzo	26/03/2023	EXPLOMIN	CAMIONETA	W7I-785	410
48	2023	Marzo	27/03/2023	INNOVA	CAMIONETA	W6X-701	540
49	2023	Marzo	21/03/2023	MASTERDRILLING	CAMIONETA	BFA-765	129
50	2023	Marzo	3/03/2023	MASTERDRILLING	CAMIONETA	BNS-920	337
51	2023	Marzo	23/03/2023	MASTERDRILLING	CAMIONETA	BPG-875	574
52	2023	Marzo	29/03/2023	MASTERDRILLING	CAMIONETA	BWL-747	230
53	2023	Marzo	13/03/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJI-804	316
54	2023	Marzo	31/03/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJJ-873	622
55	2023	Marzo	26/03/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJJ-878	169
56	2023	Marzo	24/03/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJK-700	195
57	2023	Marzo	9/03/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJS-714	396
58	2023	Marzo	28/03/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJS-739	270
59	2023	Marzo	24/03/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJS-741	348
60	2023	Marzo	8/03/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJS-872	258
61	2023	Marzo	12/03/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJS-873	234
62	2023	Marzo	30/03/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJT-840	219
63	2023	Marzo	9/03/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJT-842	278

ITEM	Año	Mes	Fecha	Propietario	Tipo Equipo	Placa	CO (ppm)
64	2023	Marzo	15/03/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJT-864	287
65	2023	Marzo	9/03/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJT-865	291
66	2023	Marzo	11/03/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJU-715	574
67	2023	Marzo	16/03/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJV-813	141
68	2023	Marzo	26/03/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJV-829	143
69	2023	Marzo	26/03/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-741	150
70	2023	Marzo	3/03/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-762	745
71	2023	Marzo	18/03/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-894	298
72	2023	Marzo	11/03/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-914	173
73	2023	Marzo	9/03/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BKE-793	254
74	2023	Marzo	27/03/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BKE-794	298
75	2023	Marzo	2/03/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BKE-852	158
76	2023	Marzo	30/03/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BKL-913	161
77	2023	Marzo	27/03/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BLJ-896	246
78	2023	Marzo	23/03/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BLK-913	467
79	2023	Marzo	1/03/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BLR-874	545
80	2023	Marzo	31/03/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BMP-804	201
81	2023	Marzo	18/03/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BTE-859	362
82	2023	Marzo	12/03/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BVM-316	382
83	2023	Marzo	20/03/2023	MULTICOSAILOR	CAMIONETA	BDI-885	357
84	2023	Marzo	12/03/2023	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	53	451
85	2023	Marzo	26/03/2023	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	54	300
86	2023	Marzo	28/03/2023	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	55	320
87	2023	Marzo	17/03/2023	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	56	364
88	2023	Marzo	16/03/2023	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	57	193
89	2023	Marzo	13/03/2023	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	58	583
90	2023	Marzo	25/03/2023	NEUMA	CAMION	BST-763	96
91	2023	Marzo	15/03/2023	NEWREST	CAMIONETA	BJJ-923	231
92	2023	Marzo	20/03/2023	NEWREST	CAMIONETA	BWG-734	552
93	2023	Marzo	20/03/2023	ROBOCON	CAMIONETA	BKD-762	280
94	2023	Marzo	3/03/2023	ROBOCON	MIXER	244	225
95	2023	Marzo	26/03/2023	ROBOCON	MIXER	247	246
96	2023	Marzo	13/03/2023	ROBOCON	MIXER	257	226
97	2023	Marzo	14/03/2023	ROBOCON	MIXER	272	257
98	2023	Marzo	10/03/2023	ROBOCON	MIXER	276	143
99	2023	Marzo	21/03/2023	ROBOCON	MIXER	279	204
100	2023	Marzo	18/03/2023	ROBOCON	MIXER	281	145
101	2023	Marzo	10/03/2023	ROBOCON	ROBOT	63	783
102	2023	Marzo	2/03/2023	ROBOCON	ROBOT	65	214
103	2023	Marzo	12/03/2023	ROBOCON	ROBOT	79	724
104	2023	Marzo	17/03/2023	ROBOCON	ROBOT	83	313
105	2023	Marzo	21/03/2023	ROBOCON	ROBOT	84	120
106	2023	Marzo	10/03/2023	SIMA	CAMION	WGR-788	202

ITEM	Año	Mes	Fecha	Propietario	Tipo Equipo	Placa	CO (ppm)
107	2023	Marzo	25/03/2023	TOMOCORP	CAMIONETA	W7H-822	509
108	2023	Marzo	14/03/2023	VARGAS	CAMION	W6L-780	189

Nota: Elaboración Propia.

4.1.1.6 Resultado de las Evaluaciones de CO en tubos de escapes de Vehículos mineros marzo 2024. En marzo de 2024 se realizaron 108 evaluaciones de CO en los tubos de escape de los vehículos que circularon dentro de la mina subterránea estas mediciones se realizaron después de implementar el control del catalizador al tubo de escape de los vehículos. A continuación, se muestran los resultados de los mismos en la siguiente tabla.

Tabla 10

Resultado de mediciones de CO en escape de vehículos mineros marzo 2024

ITEM	Año	Mes	Fecha	Propietario	Tipo Equipo	Placa	CO (ppm)
1	2024	Marzo	9/03/2024	ADAJIUQ	CAMION	BJM-933	149.5
2	2024	Marzo	9/03/2024	ADAJIUQ	CAMION	BME-817	357.8
3	2024	Marzo	9/03/2024	ADAJIUQ	CAMION	W6R-933	246.3
4	2024	Marzo	9/03/2024	ANCRO	CAMIONETA	BUK-923	175.3
5	2024	Marzo	16/03/2024	DCR	CAMIONETA	VCW-915	202.7
6	2024	Marzo	9/03/2024	DCR	CAMIONETA	VCX-706	179.5
7	2024	Marzo	16/03/2024	DCR	MINICARGADOR	18	565.3
8	2024	Marzo	16/03/2024	DCR	MOTONIVELADORA	17	323.0
9	2024	Marzo	31/03/2024	DCR	MOTONIVELADORA	19	380.0
10	2024	Marzo	16/03/2024	DCR	RODILLO	16	383.0
11	2024	Marzo	16/03/2024	DCR	VOLQUETE	1	289.0
12	2024	Marzo	9/03/2024	DCR	VOLQUETE	10	290.3
13	2024	Marzo	9/03/2024	DCR	VOLQUETE	12	231.0
14	2024	Marzo	9/03/2024	DCR	VOLQUETE	13	489.0
15	2024	Marzo	9/03/2024	DCR	VOLQUETE	14	201.3
16	2024	Marzo	9/03/2024	DCR	VOLQUETE	15	322.8
17	2024	Marzo	16/03/2024	DCR	VOLQUETE	2	215.0
18	2024	Marzo	23/03/2024	DCR	VOLQUETE	24	364.0
19	2024	Marzo	23/03/2024	DCR	VOLQUETE	25	352.5
20	2024	Marzo	23/03/2024	DCR	VOLQUETE	26	357.0
21	2024	Marzo	23/03/2024	DCR	VOLQUETE	27	434.0
22	2024	Marzo	23/03/2024	DCR	VOLQUETE	28	422.0
23	2024	Marzo	23/03/2024	DCR	VOLQUETE	29	301.0
24	2024	Marzo	9/03/2024	DCR	VOLQUETE	3	228.3

ITEM	Año	Mes	Fecha	Propietario	Tipo Equipo	Placa	CO (ppm)
25	2024	Marzo	31/03/2024	DCR	VOLQUETE	30	341.0
26	2024	Marzo	9/03/2024	DCR	VOLQUETE	4	261.5
27	2024	Marzo	9/03/2024	DCR	VOLQUETE	5	325.5
28	2024	Marzo	16/03/2024	DCR	VOLQUETE	6	225.0
29	2024	Marzo	16/03/2024	DCR	VOLQUETE	7	262.5
30	2024	Marzo	9/03/2024	DCR	VOLQUETE	8	254.0
31	2024	Marzo	9/03/2024	DCR	VOLQUETE	9	268.3
32	2024	Marzo	16/03/2024	EMSAR	CAMIONETA	BSV-835	120.5
33	2024	Marzo	31/03/2024	EMSAR	CAMIONETA	W7M-735	414.0
34	2024	Marzo	9/03/2024	ESMUMICIT	CISTERNA	BLU-718	182.3
35	2024	Marzo	9/03/2024	ESMUMICIT	CISTERNA	BNR-899	165.0
36	2024	Marzo	9/03/2024	ETMIN	CAMION	BHL-822	103.0
37	2024	Marzo	9/03/2024	ETMIN	CAMION	BVR-920	128.0
38	2024	Marzo	9/03/2024	ETMIN	CAMION	BVR-944	129.3
39	2024	Marzo	16/03/2024	ETMIN	CAMION	BWW-891	374.3
40	2024	Marzo	9/03/2024	ETMIN	GRUA	BMB-704	124.0
41	2024	Marzo	9/03/2024	EXPLOMIN	CAMION	W7G-729	208.5
42	2024	Marzo	9/03/2024	EXPLOMIN	CAMIONETA	BVH-730	383.0
43	2024	Marzo	23/03/2024	EXPLOMIN	CAMIONETA	BVH-735	214.0
44	2024	Marzo	9/03/2024	EXPLOMIN	CAMIONETA	BWL-747	215.0
45	2024	Marzo	9/03/2024	EXPLOMIN	CAMIONETA	BYB-852	181.0
46	2024	Marzo	23/03/2024	EXPLOMIN	CAMIONETA	N7I-785	473.0
47	2024	Marzo	9/03/2024	EXPLOMIN	CAMIONETA	W7I-785	270.5
48	2024	Marzo	23/03/2024	INNOVA	CAMIONETA	W6X-701	136.0
49	2024	Marzo	16/03/2024	MASTERDRILLING	CAMIONETA	BFA-765	70.0
50	2024	Marzo	9/03/2024	MASTERDRILLING	CAMIONETA	BNS-920	156.5
51	2024	Marzo	31/03/2024	MASTERDRILLING	CAMIONETA	BPG-875	131.0
52	2024	Marzo	23/03/2024	MASTERDRILLING	CAMIONETA	BWL-747	232.0
53	2024	Marzo	16/03/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJI-804	228.5
54	2024	Marzo	16/03/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJJ-873	551.0
55	2024	Marzo	16/03/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJJ-878	151.5
56	2024	Marzo	16/03/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJK-700	151.7
57	2024	Marzo	16/03/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJS-714	297.0
58	2024	Marzo	9/03/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJS-739	180.8
59	2024	Marzo	9/03/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJS-741	315.0
60	2024	Marzo	9/03/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJS-872	269.5
61	2024	Marzo	23/03/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJS-873	159.5
62	2024	Marzo	9/03/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJT-840	226.5
63	2024	Marzo	9/03/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJT-842	162.7
64	2024	Marzo	9/03/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJT-864	252.8
65	2024	Marzo	16/03/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJT-865	288.0
66	2024	Marzo	9/03/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJU-715	131.0
67	2024	Marzo	9/03/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJV-813	132.0

ITEM	Año	Mes	Fecha	Propietario	Tipo Equipo	Placa	CO (ppm)
68	2024	Marzo	9/03/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJV-829	121.5
69	2024	Marzo	9/03/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-741	137.6
70	2024	Marzo	9/03/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-762	188.3
71	2024	Marzo	23/03/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-894	237.0
72	2024	Marzo	9/03/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-914	93.5
73	2024	Marzo	9/03/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BKE-793	260.3
74	2024	Marzo	9/03/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BKE-794	237.0
75	2024	Marzo	9/03/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BKE-852	130.3
76	2024	Marzo	31/03/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BKL-913	108.0
77	2024	Marzo	9/03/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BLJ-896	192.0
78	2024	Marzo	16/03/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BLK-913	150.0
79	2024	Marzo	16/03/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BLR-874	410.5
80	2024	Marzo	9/03/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BMP-804	196.0
81	2024	Marzo	9/03/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BTE-859	222.0
82	2024	Marzo	16/03/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BVM-316	400.0
83	2024	Marzo	9/03/2024	MULTICOSAILOR	CAMIONETA	BDI-885	356.0
84	2024	Marzo	9/03/2024	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	53	413.8
85	2024	Marzo	9/03/2024	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	54	261.3
86	2024	Marzo	9/03/2024	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	55	309.3
87	2024	Marzo	9/03/2024	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	56	277.8
88	2024	Marzo	9/03/2024	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	57	234.0
89	2024	Marzo	31/03/2024	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	58	481.0
90	2024	Marzo	9/03/2024	NEUMA	CAMION	BST-763	105.5
91	2024	Marzo	9/03/2024	NEWREST	CAMIONETA	BJJ-923	119.0
92	2024	Marzo	16/03/2024	NEWREST	CAMIONETA	BWG-734	523.0
93	2024	Marzo	23/03/2024	ROBOCON	CAMIONETA	BKD-762	300.0
94	2024	Marzo	9/03/2024	ROBOCON	MIXER	244	153.0
95	2024	Marzo	9/03/2024	ROBOCON	MIXER	247	84.8
96	2024	Marzo	16/03/2024	ROBOCON	MIXER	257	178.7
97	2024	Marzo	9/03/2024	ROBOCON	MIXER	272	202.3
98	2024	Marzo	9/03/2024	ROBOCON	MIXER	276	121.5
99	2024	Marzo	9/03/2024	ROBOCON	MIXER	279	198.3
100	2024	Marzo	9/03/2024	ROBOCON	MIXER	281	133.0
101	2024	Marzo	9/03/2024	ROBOCON	ROBOT	63	16.5
102	2024	Marzo	9/03/2024	ROBOCON	ROBOT	65	234.5
103	2024	Marzo	16/03/2024	ROBOCON	ROBOT	79	157.7
104	2024	Marzo	16/03/2024	ROBOCON	ROBOT	83	182.0
105	2024	Marzo	16/03/2024	ROBOCON	ROBOT	84	125.3
106	2024	Marzo	16/03/2024	SIMA	CAMION	WGR-788	128.7
107	2024	Marzo	23/03/2024	TOMOCORP	CAMIONETA	W7H-822	293.5
108	2024	Marzo	9/03/2024	VARGAS	CAMION	W6L-780	182.5

Nota: Elaboración Propia.

4.1.1.7 Resultado de las Evaluaciones de CO en tubos de escapes de Vehículos mineros abril 2023. En abril de 2023 se realizaron 127 evaluaciones de CO en los tubos de escape de los vehículos que circularon dentro de la mina subterránea estas mediciones se realizaron antes de implementar el control del catalizador al tubo de escape de los vehículos. A continuación, se muestran los resultados de los mismos en la siguiente tabla.

Tabla 11

Resultado de mediciones de CO en escape de vehículos mineros abril 2023

ITEM	Año	Mes	Fecha	Propietario	Tipo Equipo	Placa	CO (ppm)
1	2023	Abril	29/04/2023	ADAJIUQ	CAMION	BJM-933	268
2	2023	Abril	18/04/2023	ADAJIUQ	CAMION	BME-817	70
3	2023	Abril	24/04/2023	ADAJIUQ	CAMION	W6R-933	167
4	2023	Abril	26/04/2023	ANCRO	CAMION	BUK-923	132
5	2023	Abril	18/04/2023	ANCRO	CAMIONETA	BUK-923	234
6	2023	Abril	5/04/2023	DCR	CAMIONETA	VCW-915	708
7	2023	Abril	1/04/2023	DCR	CAMIONETA	VCX-706	397
8	2023	Abril	16/04/2023	DCR	MINICARGADOR	18	787
9	2023	Abril	12/04/2023	DCR	MOTONIVELADORA	17	452
10	2023	Abril	6/04/2023	DCR	RODILLO	16	492
11	2023	Abril	4/04/2023	DCR	VOLQUETE	12	302
12	2023	Abril	13/04/2023	DCR	VOLQUETE	15	269
13	2023	Abril	14/04/2023	DCR	VOLQUETE	2	426
14	2023	Abril	21/04/2023	DCR	VOLQUETE	24	415
15	2023	Abril	5/04/2023	DCR	VOLQUETE	25	409
16	2023	Abril	19/04/2023	DCR	VOLQUETE	26	364
17	2023	Abril	1/04/2023	DCR	VOLQUETE	27	579
18	2023	Abril	14/04/2023	DCR	VOLQUETE	28	450
19	2023	Abril	12/04/2023	DCR	VOLQUETE	29	437
20	2023	Abril	27/04/2023	DCR	VOLQUETE	30	361
21	2023	Abril	3/04/2023	DCR	VOLQUETE	31	340
22	2023	Abril	29/04/2023	DCR	VOLQUETE	32	580
23	2023	Abril	20/04/2023	DCR	VOLQUETE	33	381
24	2023	Abril	25/04/2023	DCR	VOLQUETE	4	211
25	2023	Abril	7/04/2023	DCR	VOLQUETE	5	366
26	2023	Abril	18/04/2023	DCR	VOLQUETE	8	452
27	2023	Abril	17/04/2023	DCR	VOLQUETE	9	790
28	2023	Abril	23/04/2023	EMSAR	CAMIONETA	BSV-835	341
29	2023	Abril	24/04/2023	EMSAR	CAMIONETA	W7M-735	467
30	2023	Abril	17/04/2023	EPIROC	CAMIONETA	BTJ-906	250

ITEM	Año	Mes	Fecha	Propietario	Tipo Equipo	Placa	CO (ppm)
31	2023	Abril	26/04/2023	ESMUMICIT	CISTERNA	BLU-718	1281
32	2023	Abril	28/04/2023	ESMUMICIT	CISTERNA	BNR-899	372
33	2023	Abril	12/04/2023	ETMIN	CAMION	13	1348
34	2023	Abril	27/04/2023	ETMIN	CAMION	BHL-822	501
35	2023	Abril	11/04/2023	ETMIN	CAMION	BMB-704	164
36	2023	Abril	2/04/2023	ETMIN	CAMION	BVR-920	540
37	2023	Abril	3/04/2023	ETMIN	CAMION	BVR-944	296
38	2023	Abril	23/04/2023	ETMIN	CAMION	BWW-891	242
39	2023	Abril	24/04/2023	ETMIN	GRUA	BMB-704	521
40	2023	Abril	9/04/2023	EXPLOMIN	CAMION	W7G-729	101
41	2023	Abril	30/04/2023	EXPLOMIN	CAMIONETA	BVH-730	301
42	2023	Abril	26/04/2023	EXPLOMIN	CAMIONETA	BWL-747	584
43	2023	Abril	12/04/2023	EXPLOMIN	CAMIONETA	BYB-852	115
44	2023	Abril	22/04/2023	EXPLOMIN	CAMIONETA	W7N-847	424
45	2023	Abril	26/04/2023	INNOVA	CAMION	W6R-788	270
46	2023	Abril	14/04/2023	INNOVA	CAMION	W7N-892	1280
47	2023	Abril	18/04/2023	INNOVA	CAMIONETA	W6X-701	546
48	2023	Abril	23/04/2023	JRC	BOLTER	2JE-037	489
49	2023	Abril	6/04/2023	JRC	CAMION	BYZ-938	1275
50	2023	Abril	29/04/2023	JRC	CAMIONETA	BYZ-754	524
51	2023	Abril	13/04/2023	JRC	CAMIONETA	BYZ-759	361
52	2023	Abril	30/04/2023	JRC	CAMIONETA	BYZ-940	350
53	2023	Abril	13/04/2023	JRC	DESATADOR	2DR-021	238
54	2023	Abril	8/04/2023	JRC	EMPERNADOR	37	96
55	2023	Abril	27/04/2023	JRC	EXPLOSIVO	BYZ-938	270
56	2023	Abril	14/04/2023	JRC	JUMBO	2JF-054	444
57	2023	Abril	19/04/2023	JRC	JUMBO	2JF-055	464
58	2023	Abril	19/04/2023	JRC	JUMBO	55	330
59	2023	Abril	13/04/2023	JRC	MANITU	2TH-031	192
60	2023	Abril	7/04/2023	JRC	PORTATROPA	BY7-725	69
61	2023	Abril	27/04/2023	JRC	SCAILER	20	290
62	2023	Abril	7/04/2023	JRC	SCALER	2DR-020	281
63	2023	Abril	17/04/2023	JRC	SCOOP	110	122
64	2023	Abril	8/04/2023	JRC	SCOOP	111	444
65	2023	Abril	22/04/2023	JRC	SCOOP	25C-110	141
66	2023	Abril	23/04/2023	JRC	SCOOP	25C-111	316
67	2023	Abril	28/04/2023	JRC	TELEHANTER	31	232
68	2023	Abril	10/04/2023	MASTERDRILLING	CAMIONETA	BNS-920	799
69	2023	Abril	28/04/2023	MASTERDRILLING	CAMIONETA	BPG-875	203
70	2023	Abril	19/04/2023	MASTERDRILLING	CAMIONETA	BWL-747	650
71	2023	Abril	21/04/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJI-804	165
72	2023	Abril	10/04/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJK-700	261
73	2023	Abril	30/04/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJS-714	727

ITEM	Año	Mes	Fecha	Propietario	Tipo Equipo	Placa	CO (ppm)
74	2023	Abril	30/04/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJS-739	83
75	2023	Abril	12/04/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJS-872	264
76	2023	Abril	11/04/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJS-873	260
77	2023	Abril	25/04/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJT-840	161
78	2023	Abril	3/04/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJT-842	550
79	2023	Abril	3/04/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJT-864	292
80	2023	Abril	19/04/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJT-865	169
81	2023	Abril	5/04/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJV-813	292
82	2023	Abril	13/04/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BJV-829	180
83	2023	Abril	22/04/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-741	588
84	2023	Abril	21/04/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-762	174
85	2023	Abril	6/04/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-763	467
86	2023	Abril	5/04/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-891	787
87	2023	Abril	24/04/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-892	581
88	2023	Abril	27/04/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-894	49
89	2023	Abril	17/04/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-914	197
90	2023	Abril	4/04/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BKE-793	382
91	2023	Abril	21/04/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BKE-794	221
92	2023	Abril	6/04/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BKE-852	142
93	2023	Abril	26/04/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BLJ-896	241
94	2023	Abril	10/04/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BLK-913	115
95	2023	Abril	6/04/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BLR-874	438
96	2023	Abril	18/04/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BMP-804	609
97	2023	Abril	8/04/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BNW-703	251
98	2023	Abril	24/04/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BTE-859	412
99	2023	Abril	19/04/2023	MB RENTING	CAMIONETA	BVM-316	237
100	2023	Abril	11/04/2023	MULTICOSAILOR	CAMIONETA	BDI-885	461
101	2023	Abril	23/04/2023	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	53	680
102	2023	Abril	5/04/2023	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	54	232
103	2023	Abril	15/04/2023	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	55	560
104	2023	Abril	24/04/2023	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	56	227
105	2023	Abril	22/04/2023	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	57	463
106	2023	Abril	21/04/2023	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	58	260
107	2023	Abril	28/04/2023	NEUMA	CAMION	BST-763	580
108	2023	Abril	2/04/2023	NEWREST	CAMIONETA	BJJ-923	225
109	2023	Abril	24/04/2023	PASHSA	MANITOU	3	194
110	2023	Abril	19/04/2023	PASHSA	MANITOU	5	73
111	2023	Abril	17/04/2023	PASHSA	SCOOP	56	1479
112	2023	Abril	16/04/2023	PASHSA	SCOOP	65	436
113	2023	Abril	23/04/2023	ROBOCON	MIXER	247	162
114	2023	Abril	6/04/2023	ROBOCON	MIXER	257	235
115	2023	Abril	1/04/2023	ROBOCON	MIXER	272	194
116	2023	Abril	14/04/2023	ROBOCON	MIXER	276	58

ITEM	Año	Mes	Fecha	Propietario	Tipo Equipo	Placa	CO (ppm)
117	2023	Abril	11/04/2023	ROBOCON	MIXER	279	253
118	2023	Abril	12/04/2023	ROBOCON	MIXER	281	160
119	2023	Abril	9/04/2023	ROBOCON	ROBOT	63	35
120	2023	Abril	12/04/2023	ROBOCON	ROBOT	65	362
121	2023	Abril	1/04/2023	ROBOCON	ROBOT	79	145
122	2023	Abril	24/04/2023	ROBOCON	ROBOT	83	382
123	2023	Abril	6/04/2023	ROBOCON	ROBOT	84	150
124	2023	Abril	7/04/2023	SIMA	CAMION	WGR-788	272
125	2023	Abril	14/04/2023	TOMOCORP	CAMIONETA	W7H-822	337
126	2023	Abril	21/04/2023	VARGAS	CAMION	W6L-780	174
127	2023	Abril	12/04/2023	VARGAS	CAMION	W7B-931	82

Nota: Elaboración Propia.

4.1.1.8 Resultado de las Evaluaciones de CO en tubos de escapes de Vehículos mineros abril 2024. En abril de 2024 se realizaron 127 evaluaciones de CO en los tubos de escape de los vehículos que circularon dentro de la mina subterránea estas mediciones se realizaron después de implementar el control del catalizador al tubo de escape de los vehículos. A continuación, se muestran los resultados de los mismos en la siguiente tabla.

Tabla 12

Resultado de mediciones de CO en escape de vehículos mineros abril 2024

ITEM	Año	Mes	Fecha	Propietario	Tipo Equipo	Placa	CO (ppm)
1	2024	Abril	8/04/2024	ADAJIUQ	CAMION	BJM-933	171.3
2	2024	Abril	13/04/2024	ADAJIUQ	CAMION	BME-817	90.0
3	2024	Abril	8/04/2024	ADAJIUQ	CAMION	W6R-933	183.8
4	2024	Abril	20/04/2024	ANCRO	CAMION	BUK-923	64.0
5	2024	Abril	13/04/2024	ANCRO	CAMIONETA	BUK-923	235.0
6	2024	Abril	8/04/2024	DCR	CAMIONETA	VCW-915	294.3
7	2024	Abril	8/04/2024	DCR	CAMIONETA	VCX-706	339.0
8	2024	Abril	13/04/2024	DCR	MINICARGADOR	18	422.0
9	2024	Abril	8/04/2024	DCR	MOTONIVELADORA	17	228.8
10	2024	Abril	8/04/2024	DCR	RODILLO	16	333.0
11	2024	Abril	8/04/2024	DCR	VOLQUETE	12	202.7
12	2024	Abril	8/04/2024	DCR	VOLQUETE	15	252.3
13	2024	Abril	8/04/2024	DCR	VOLQUETE	2	266.0
14	2024	Abril	8/04/2024	DCR	VOLQUETE	24	283.5
15	2024	Abril	8/04/2024	DCR	VOLQUETE	25	387.3

ITEM	Año	Mes	Fecha	Propietario	Tipo Equipo	Placa	CO (ppm)
16	2024	Abril	8/04/2024	DCR	VOLQUETE	26	388.8
17	2024	Abril	8/04/2024	DCR	VOLQUETE	27	409.8
18	2024	Abril	8/04/2024	DCR	VOLQUETE	28	409.3
19	2024	Abril	8/04/2024	DCR	VOLQUETE	29	347.5
20	2024	Abril	8/04/2024	DCR	VOLQUETE	30	411.8
21	2024	Abril	8/04/2024	DCR	VOLQUETE	31	320.3
22	2024	Abril	8/04/2024	DCR	VOLQUETE	32	455.3
23	2024	Abril	8/04/2024	DCR	VOLQUETE	33	270.8
24	2024	Abril	8/04/2024	DCR	VOLQUETE	4	206.7
25	2024	Abril	8/04/2024	DCR	VOLQUETE	5	339.5
26	2024	Abril	8/04/2024	DCR	VOLQUETE	8	228.8
27	2024	Abril	8/04/2024	DCR	VOLQUETE	9	195.0
28	2024	Abril	8/04/2024	EMSAR	CAMIONETA	BSV-835	264.0
29	2024	Abril	13/04/2024	EMSAR	CAMIONETA	W7M-735	382.0
30	2024	Abril	20/04/2024	EPIROC	CAMIONETA	BTJ-906	172.5
31	2024	Abril	20/04/2024	ESMUMICIT	CISTERNA	BLU-718	1330.5
32	2024	Abril	8/04/2024	ESMUMICIT	CISTERNA	BNR-899	308.5
33	2024	Abril	20/04/2024	ETMIN	CAMION	13	1304.5
34	2024	Abril	8/04/2024	ETMIN	CAMION	BHL-822	57.0
35	2024	Abril	28/04/2024	ETMIN	CAMION	BMB-704	123.0
36	2024	Abril	8/04/2024	ETMIN	CAMION	BVR-920	492.8
37	2024	Abril	8/04/2024	ETMIN	CAMION	BVR-944	256.5
38	2024	Abril	8/04/2024	ETMIN	CAMION	BWW-891	241.7
39	2024	Abril	8/04/2024	ETMIN	GRUA	BMB-704	308.7
40	2024	Abril	8/04/2024	EXPLOMIN	CAMION	W7G-729	79.3
41	2024	Abril	8/04/2024	EXPLOMIN	CAMIONETA	BVH-730	317.7
42	2024	Abril	8/04/2024	EXPLOMIN	CAMIONETA	BWL-747	476.0
43	2024	Abril	13/04/2024	EXPLOMIN	CAMIONETA	BYB-852	65.0
44	2024	Abril	13/04/2024	EXPLOMIN	CAMIONETA	W7N-847	349.3
45	2024	Abril	20/04/2024	INNOVA	CAMION	W6R-788	130.0
46	2024	Abril	20/04/2024	INNOVA	CAMION	W7N-892	1207.0
47	2024	Abril	8/04/2024	INNOVA	CAMIONETA	W6X-701	181.0
48	2024	Abril	8/04/2024	JRC	BOLTER	2JE-037	379.0
49	2024	Abril	20/04/2024	JRC	CAMION	BYZ-938	1216.0
50	2024	Abril	20/04/2024	JRC	CAMIONETA	BYZ-754	343.5
51	2024	Abril	20/04/2024	JRC	CAMIONETA	BYZ-759	293.5
52	2024	Abril	20/04/2024	JRC	CAMIONETA	BYZ-940	207.5
53	2024	Abril	20/04/2024	JRC	DESATADOR	2DR-021	150.0
54	2024	Abril	20/04/2024	JRC	EMPERNADOR	37	25.0
55	2024	Abril	28/04/2024	JRC	EXPLOSIVO	BYZ-938	130.0
56	2024	Abril	13/04/2024	JRC	JUMBO	2JF-054	7.0
57	2024	Abril	8/04/2024	JRC	JUMBO	2JF-055	365.0
58	2024	Abril	20/04/2024	JRC	JUMBO	55	240.0

ITEM	Año	Mes	Fecha	Propietario	Tipo Equipo	Placa	CO (ppm)
59	2024	Abril	8/04/2024	JRC	MANITU	2TH-031	159.0
60	2024	Abril	28/04/2024	JRC	PORTATROPA	BY7-725	80.0
61	2024	Abril	20/04/2024	JRC	SCAILER	20	216.0
62	2024	Abril	8/04/2024	JRC	SCALER	2DR-020	289.0
63	2024	Abril	20/04/2024	JRC	SCOOP	110	6.0
64	2024	Abril	20/04/2024	JRC	SCOOP	111	7.0
65	2024	Abril	8/04/2024	JRC	SCOOP	25C-110	138.0
66	2024	Abril	8/04/2024	JRC	SCOOP	25C-111	295.0
67	2024	Abril	20/04/2024	JRC	TELEHANTER	31	223.0
68	2024	Abril	8/04/2024	MASTERDRILLING	CAMIONETA	BNS-920	113.3
69	2024	Abril	8/04/2024	MASTERDRILLING	CAMIONETA	BPG-875	190.8
70	2024	Abril	20/04/2024	MASTERDRILLING	CAMIONETA	BWL-747	472.0
71	2024	Abril	8/04/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJI-804	104.0
72	2024	Abril	8/04/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJK-700	181.5
73	2024	Abril	8/04/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJS-714	328.0
74	2024	Abril	8/04/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJS-739	81.3
75	2024	Abril	13/04/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJS-872	235.7
76	2024	Abril	8/04/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJS-873	207.3
77	2024	Abril	8/04/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJT-840	107.0
78	2024	Abril	8/04/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJT-842	124.0
79	2024	Abril	8/04/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJT-864	157.3
80	2024	Abril	13/04/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJT-865	175.0
81	2024	Abril	8/04/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJV-813	151.3
82	2024	Abril	8/04/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BJV-829	198.0
83	2024	Abril	8/04/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-741	112.3
84	2024	Abril	13/04/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-762	136.7
85	2024	Abril	20/04/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-763	382.0
86	2024	Abril	20/04/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-891	128.0
87	2024	Abril	28/04/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-892	106.0
88	2024	Abril	8/04/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-894	89.5
89	2024	Abril	8/04/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BKD-914	94.7
90	2024	Abril	8/04/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BKE-793	373.3
91	2024	Abril	8/04/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BKE-794	109.3
92	2024	Abril	8/04/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BKE-852	113.0
93	2024	Abril	8/04/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BLJ-896	185.8
94	2024	Abril	8/04/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BLK-913	188.3
95	2024	Abril	8/04/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BLR-874	277.0
96	2024	Abril	20/04/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BMP-804	562.0
97	2024	Abril	28/04/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BNW-703	196.0
98	2024	Abril	8/04/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BTE-859	382.5
99	2024	Abril	13/04/2024	MB RENTING	CAMIONETA	BVM-316	231.0
100	2024	Abril	8/04/2024	MULTICOSAILOR	CAMIONETA	BDI-885	449.3
101	2024	Abril	8/04/2024	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	53	315.5

ITEM	Año	Mes	Fecha	Propietario	Tipo Equipo	Placa	CO (ppm)
102	2024	Abril	8/04/2024	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	54	252.5
103	2024	Abril	8/04/2024	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	55	497.0
104	2024	Abril	8/04/2024	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	56	96.3
105	2024	Abril	20/04/2024	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	57	387.0
106	2024	Abril	8/04/2024	MULTICOSAILOR	PORTATROPA	58	186.5
107	2024	Abril	8/04/2024	NEUMA	CAMION	BST-763	309.8
108	2024	Abril	13/04/2024	NEWREST	CAMIONETA	BJJ-923	219.0
109	2024	Abril	28/04/2024	PASHSA	MANITOU	3	135.0
110	2024	Abril	20/04/2024	PASHSA	MANITOU	5	45.0
111	2024	Abril	8/04/2024	PASHSA	SCOOP	56	1383.0
112	2024	Abril	20/04/2024	PASHSA	SCOOP	65	325.0
113	2024	Abril	8/04/2024	ROBOCON	MIXER	247	50.3
114	2024	Abril	8/04/2024	ROBOCON	MIXER	257	167.5
115	2024	Abril	8/04/2024	ROBOCON	MIXER	272	92.5
116	2024	Abril	8/04/2024	ROBOCON	MIXER	276	41.3
117	2024	Abril	8/04/2024	ROBOCON	MIXER	279	208.8
118	2024	Abril	8/04/2024	ROBOCON	MIXER	281	121.0
119	2024	Abril	8/04/2024	ROBOCON	ROBOT	63	30.7
120	2024	Abril	8/04/2024	ROBOCON	ROBOT	65	363.5
121	2024	Abril	8/04/2024	ROBOCON	ROBOT	79	139.7
122	2024	Abril	8/04/2024	ROBOCON	ROBOT	83	355.0
123	2024	Abril	8/04/2024	ROBOCON	ROBOT	84	62.7
124	2024	Abril	8/04/2024	SIMA	CAMION	WGR-788	120.5
125	2024	Abril	13/04/2024	TOMOCORP	CAMIONETA	W7H-822	277.5
126	2024	Abril	8/04/2024	VARGAS	CAMION	W6L-780	121.8
127	2024	Abril	28/04/2024	VARGAS	CAMION	W7B-931	1.0

Nota: Elaboración Propia.

4.1.2 Creación de la base de datos en Python para el análisis de las pruebas estadísticas.

Todas las mediciones se encontraron en una primera etapa en el software Excel. Se realizó la creación de la base de datos local en Python para poder realizar las importaciones necesarias de esos datos para el análisis posterior de la prueba T de Welch.

Se creó un software de análisis estadístico para la prueba dentro de una carpeta y en entorno local, dentro de la carpeta se creó el archivo *“dataBase.py”* y dentro del archivo se crearon las listas:

1. *data_enero2023,*
2. *data_enero2024,*
3. *data_febrero2023,*
4. *data_febrero2024,*
5. *data_marzo2023,*
6. *data_marzo2024,*
7. *data_abril2023,*
8. *data_abril2024.*

Cada lista contiene exactamente los mismos datos de las tablas anteriormente mostradas. A continuación, se muestra una parte del código generado en la base de datos para el uso de Python.

Figura 1

Base de datos en forma de lista para el manejo de datos en Python

```
# Datos de CO-Febrero 2023 (ppm)
data_febrero2023 = [130, 218, 273, 81, 311, 273, 585, 344,
486, 216,
515, 320, 199, 387, 435, 388, 401, 403, 365, 318,
370, 263, 220, 305, 181, 479, 149, 196, 304, 307,
239, 311, 373, 295, 492, 95, 231, 276, 298, 215,
283, 215, 227, 258, 293, 444, 286, 215, 276, 322,
404, 120, 357, 329, 152, 309, 313, 128, 267, 162,
230, 227, 202, 286, 173, 366, 270, 429, 348, 335,
378, 302, 361, 375, 292, 182, 267, 311, 232, 130,
231, 172, 30, 332, 198, 122, 150, 242, 372, 193,
265, 172, 403, 548, 116]
```

Nota: figura generada por la captura con el plugin polacode en el IDE Visual Studio Code.

4.1.3 Análisis de los Datos con la Prueba T de Welch

En enero, febrero, marzo y abril de 2023, se tomaron mediciones de emisiones de CO en vehículos que entraban a la mina subterránea en el tubo de escape. En enero, febrero, marzo y abril de 2024, se realizaron mediciones de emisiones de vehículos con catalizador implementado en el tubo de escape.

4.1.3.1 Programación de la Prueba T de Welch en Python. Para determinar si existía una diferencia significativa entre las emisiones antes y después del control se decidió utilizar la prueba T de Welch para realizar el análisis estadístico, esto significaba el manejo de 1070 datos de medición de CO en esos periodos. Por lo que se optó realizar la programación de un aplicativo que automatizará el proceso de cálculo, el programa se realizó con el lenguaje de programación Python versión 3.11.2, el IDE de desarrollo del programa fue Visual Studio Code.

En la misma carpeta donde se encontraba el archivo *“dataBase.py”* se creó el archivo *“TdeWelch.py”* donde se realizó el desarrollo. Para el desarrollo del programa se instalaron las bibliotecas *numpy* como *np* y *stats* de *scipy*, a su vez se importó el archivo *“dataBase.py”*, de dónde luego se extrajeron los datos de las listas creadas (*data_enero2023*, *data_enero2024*, *data_febrero2023*, *data_febrero2024*, *data_marzo2023*, *data_marzo2024*, *data_abril2023*, *data_abril2024*).

A continuación, se muestra el código generado.

Figura 2

Código en Python para el cálculo de la prueba T de Welch para el análisis de grandes cantidades de datos

```
import numpy as np
from scipy import stats
import DataBase

# Realizar la prueba T de Welch para Enero
t_statistic_enero, p_value_enero = stats.ttest_ind(DataBase.data_enero2023, DataBase.data_enero2024, equal_var=False)
print("Resultados de la prueba T de Welch para Enero:")
print(f'Estadístico T: {t_statistic_enero}')
print(f'Valor P: {p_value_enero}')

# Realizar la prueba T de Welch para Febrero
t_statistic_febrero, p_value_febrero = stats.ttest_ind(DataBase.data_febrero2023, DataBase.data_febrero2024, equal_var=False)
print("Resultados de la prueba T de Welch para Febrero:")
print(f'Estadístico T: {t_statistic_febrero}')
print(f'Valor P: {p_value_febrero}')

# Realizar la prueba T de Welch para Marzo
t_statistic_marzo, p_value_marzo = stats.ttest_ind(DataBase.data_marzo2023, DataBase.data_marzo2024, equal_var=False)
print("Resultados de la prueba T de Welch para Marzo:")
print(f'Estadístico T: {t_statistic_marzo}')
print(f'Valor P: {p_value_marzo}')

# Realizar la prueba T de Welch para Abril
t_statistic_abril, p_value_abril = stats.ttest_ind(DataBase.data_abril2023, DataBase.data_abril2024, equal_var=False)
print("Resultados de la prueba T de Welch para Abril:")
print(f'Estadístico T: {t_statistic_abril}')
print(f'Valor P: {p_value_abril}')
```

Nota: Para usar las bibliotecas numpy y scipy en la terminal de Visual Studio Code se debe ejecutar los siguientes comandos: `pip install numpy` y `pip install scipy`.

Este programa implementado recorrió toda la base de datos tomadas entre el 2023 y 2024 y realizó el análisis del test de Welch y entregó los resultados.

4.1.3.2 Análisis de los Datos con la Prueba T de Welch para enero. Contexto:

En enero de 2023, se tomaron mediciones de emisiones de CO en vehículos que entraban a la mina subterránea en el tubo de escape. En enero de 2024, se realizaron mediciones de emisiones de vehículos con catalizador implementado en el tubo de escape.

Objetivo

Determinar si existía una diferencia significativa en las emisiones de los vehículos entre enero de 2023 y enero de 2024 utilizando la prueba T de Welch, la cual es adecuada para comparar dos muestras independientes con varianzas posiblemente diferentes.

Resultados de la Prueba T de Welch

Estadístico T: 4.381121405323671

Valor P: $1.574951323915876 \times 10^{-5}$

Interpretación

Hipótesis

- Hipótesis nula (H0): Las medias de las emisiones de los vehículos en enero de 2023 y enero de 2024 fueron iguales (no hubo diferencia significativa).
- Hipótesis alternativa (H1): Las medias de las emisiones de los vehículos en enero de 2023 y enero de 2024 fueron diferentes (hubo una diferencia significativa).

Estadístico T

El valor del estadístico T (4.381121405323671) indicó la magnitud de la diferencia entre las medias de las dos muestras en términos de desviaciones estándar. Un valor T más alto sugirió una mayor diferencia entre las medias.

Fórmula del estadístico T

$$T = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} \quad (5)$$

Donde:

- \bar{X}_1 y \bar{X}_2 son las medias de las dos muestras.
- s_1^2 y s_2^2 son las varianzas de las dos muestras.
- n_1 y n_2 son los tamaños de las dos muestras.

Valor P

El valor P ($1.574951323915876 \times 10^{-5}$) fue mucho menor que el umbral comúnmente utilizado de 0.05, lo que sugirió que la diferencia observada entre las emisiones de los vehículos en enero de 2023 y enero de 2024 fue estadísticamente significativa.

Fórmula del valor P

$$P = 2(1 - CDF(|T|, df)) \quad (6)$$

Donde:

- CDF es la función de distribución acumulativa de la distribución T.
- T es el valor del estadístico T calculado.
- df son los grados de libertad de la prueba.

Conclusión

Dado el valor P extremadamente bajo, se rechazó la hipótesis nula. Esto indicó que la implementación del catalizador en el tubo de escape de los vehículos en enero de 2024 resultó en una diferencia significativa en las emisiones en comparación con enero de 2023 sin catalizador. La mejora en las emisiones fue estadísticamente significativa, lo que sugirió que el catalizador tuvo un impacto positivo en la reducción de las emisiones de los vehículos.

4.1.3.3 Análisis de los Datos con la Prueba T de Welch para febrero. Contexto:

En febrero de 2023, se tomaron mediciones de emisiones de CO en vehículos que entraban a la mina subterránea en el tubo de escape. En febrero de 2024, se realizaron mediciones de emisiones de vehículos con catalizador implementado en el tubo de escape.

Objetivo

Determinar si existía una diferencia significativa en las emisiones de los vehículos entre febrero de 2023 y febrero de 2024 utilizando la prueba T de Welch, la cual es adecuada para comparar dos muestras independientes con varianzas posiblemente diferentes.

Resultados de la Prueba T de Welch

Estadístico T: 5.843645978040439

Valor P: $2.2296652058631878 \times 10^{-8}$

Interpretación

Hipótesis

- Hipótesis nula (H0): Las medias de las emisiones de los vehículos en febrero de 2023 y febrero de 2024 fueron iguales (no hubo diferencia significativa).
- Hipótesis alternativa (H1): Las medias de las emisiones de los vehículos en febrero de 2023 y febrero de 2024 fueron diferentes (hubo una diferencia significativa).

Estadístico T

El valor del estadístico T (5.843645978040439) indicó la magnitud de la diferencia entre las medias de las dos muestras en términos de desviaciones estándar. Un valor T más alto sugirió una mayor diferencia entre las medias.

Valor P

El valor P ($2.2296652058631878 \times 10^{-8}$) fue mucho menor que el umbral comúnmente utilizado de 0.05, lo que sugirió que la diferencia observada entre las

emisiones de los vehículos en febrero de 2023 y febrero de 2024 fue estadísticamente significativa.

Conclusión

Dado el valor P extremadamente bajo, se rechazó la hipótesis nula. Esto indicó que la implementación del catalizador en el tubo de escape de los vehículos en febrero de 2024 resultó en una diferencia significativa en las emisiones en comparación con febrero de 2023 sin catalizador. La mejora en las emisiones fue estadísticamente significativa, lo que sugirió que el catalizador tuvo un impacto positivo en la reducción de las emisiones de los vehículos.

4.1.3.4 Análisis de los Datos con la Prueba T de Welch para marzo. Contexto: En marzo de 2023, se tomaron mediciones de emisiones de CO en vehículos que entraban a la mina subterránea en el tubo de escape. En marzo de 2024, se realizaron mediciones de emisiones de vehículos con catalizador implementado en el tubo de escape.

Objetivo: Determinar si existía una diferencia significativa en las emisiones de los vehículos entre marzo de 2023 y marzo de 2024 utilizando la prueba T de Welch, la cual es adecuada para comparar dos muestras independientes con varianzas posiblemente diferentes.

Resultados de la Prueba T de Welch

Estadístico T: 4.700900631339872

Valor P: $4.986096639282615 \times 10^{-6}$

Interpretación

Hipótesis

- Hipótesis nula (H0): Las medias de las emisiones de los vehículos en marzo de 2023 y marzo de 2024 fueron iguales (no hubo diferencia significativa).
- Hipótesis alternativa (H1): Las medias de las emisiones de los vehículos en marzo de 2023 y marzo de 2024 fueron diferentes (hubo una diferencia significativa).

Estadístico T

El valor del estadístico T (4.700900631339872) indicó la magnitud de la diferencia entre las medias de las dos muestras en términos de desviaciones estándar. Un valor T más alto sugirió una mayor diferencia entre las medias.

Valor P

El valor P ($4.986096639282615 \times 10^{-6}$) fue mucho menor que el umbral comúnmente utilizado de 0.05, lo que sugirió que la diferencia observada entre las emisiones de los vehículos en marzo de 2023 y marzo de 2024 fue estadísticamente significativa.

Conclusión

Dado el valor P extremadamente bajo, se rechazó la hipótesis nula. Esto indicó que la implementación del catalizador en el tubo de escape de los vehículos en marzo de 2024 resultó en una diferencia significativa en las emisiones en comparación con marzo de 2023 sin catalizador. La mejora en las emisiones fue estadísticamente significativa, lo que sugirió que el catalizador tuvo un impacto positivo en la reducción de las emisiones de los vehículos.

4.1.3.5 Análisis de los Datos con la Prueba T de Welch para abril. Contexto: En abril de 2023, se tomaron mediciones de emisiones de CO en vehículos que entraban a la mina subterránea en el tubo de escape. En abril de 2024, se realizaron mediciones de emisiones de vehículos con catalizador implementado en el tubo de escape.

Objetivo

Determinar si existía una diferencia significativa en las emisiones de los vehículos entre abril de 2023 y abril de 2024 utilizando la prueba T de Welch, la cual es adecuada para comparar dos muestras independientes con varianzas posiblemente diferentes.

Resultados de la Prueba T de Welch

Estadístico T: 3.4008770853976182

Valor P: 0.0007817164010964567

Interpretación

Hipótesis

- Hipótesis nula (H0): Las medias de las emisiones de los vehículos en abril de 2023 y abril de 2024 fueron iguales (no hubo diferencia significativa).
- Hipótesis alternativa (H1): Las medias de las emisiones de los vehículos en abril de 2023 y abril de 2024 fueron diferentes (hubo una diferencia significativa).

Estadístico T

El valor del estadístico T (3.4008770853976182) indicó la magnitud de la diferencia entre las medias de las dos muestras en términos de desviaciones estándar. Un valor T más alto sugirió una mayor diferencia entre las medias.

Valor P

El valor P (0.0007817164010964567) fue mucho menor que el umbral comúnmente utilizado de 0.05, lo que sugirió que la diferencia observada entre las emisiones de los vehículos en abril de 2023 y abril de 2024 fue estadísticamente significativa.

Conclusión

Dado el valor P extremadamente bajo, se rechazó la hipótesis nula. Esto indicó que la implementación del catalizador en el tubo de escape de los vehículos en abril de 2024 resultó en una diferencia significativa en las emisiones en comparación con abril de 2023 sin catalizador. La mejora en las emisiones fue estadísticamente significativa, lo que sugirió que el catalizador tuvo un impacto positivo en la reducción de las emisiones de los vehículos.

4.1.4 Gráficos de Tendencia Temporal

Se generaron gráficos de tendencia temporal para visualizar la variabilidad de los niveles de CO a lo largo de los periodos de enero a abril de 2023 y 2024 en cada zona de trabajo subterráneo. Se identificaron tendencias en los niveles de CO emitidos por los vehículos mineros antes y después del control por catalizadores.

4.1.4.1 Programación de los Gráficos de Tendencia Temporal en Python. Para visualizar la existencia de una variación de tendencia temporal de los niveles de CO a lo largo de los periodos de enero a abril de 2023 y 2024 se tuvieron que manejar 1070 datos de medición de CO en esos periodos. Por lo que se optó por desarrollar un script en Python que utiliza la biblioteca “matplotlib” para graficar los datos de concentración de CO. A continuación, se detalla el proceso y el código utilizado para generar estos gráficos.

En la misma carpeta donde se encontraba el archivo “*dataBase.py*” se creó el archivo “*graficosTendencia.py*” donde se realizó el desarrollo. Para el desarrollo del programa se instalaron las bibliotecas *matplotlib* a su vez se importó el archivo “*dataBase.py*”, de dónde luego se extrajeron los datos de las listas creadas (*data_enero2023*, *data_enero2024*, *data_febrero2023*, *data_febrero2024*, *data_marzo2023*, *data_marzo2024*, *data_abril2023*, *data_abril2024*).

A continuación, se muestra el código generado.

Figura 3

Código en Python para Graficar la Tendencia Temporal de los Niveles de CO

```
import matplotlib.pyplot as plt
import DataBase

# Función para graficar
def plot_trend(data2023, data2024, month, year):
    days = range(1, len(data2023) + 1)
    plt.figure(figsize=(14, 7))
    plt.plot(days, data2023, label=f'{month} {year-1}', marker='o')
    plt.plot(days, data2024, label=f'{month} {year}', marker='x')
    plt.xlabel('Item Medido')
    plt.ylabel('Concentración de CO (ppm)')
    plt.title(f'Concentración de CO en {month} {year-1} vs {year}')
    plt.legend()
    plt.grid(True)
    plt.show()

# Graficar enero
plot_trend(DataBase.data_enero2023, DataBase.data_enero2024, 'Enero', 2024)

# Graficar febrero
plot_trend(DataBase.data_febrero2023, DataBase.data_febrero2024, 'Febrero',
2024)

# Graficar marzo
plot_trend(DataBase.data_marzo2023, DataBase.data_marzo2024, 'Marzo', 2024)

# Graficar abril
plot_trend(DataBase.data_abril2023, DataBase.data_abril2024, 'Abril', 2024)
```

Nota: Para usar la biblioteca *matplotlib* en la terminal de Visual Studio Code se debe ejecutar el siguiente comando: `pip install matplotlib`.

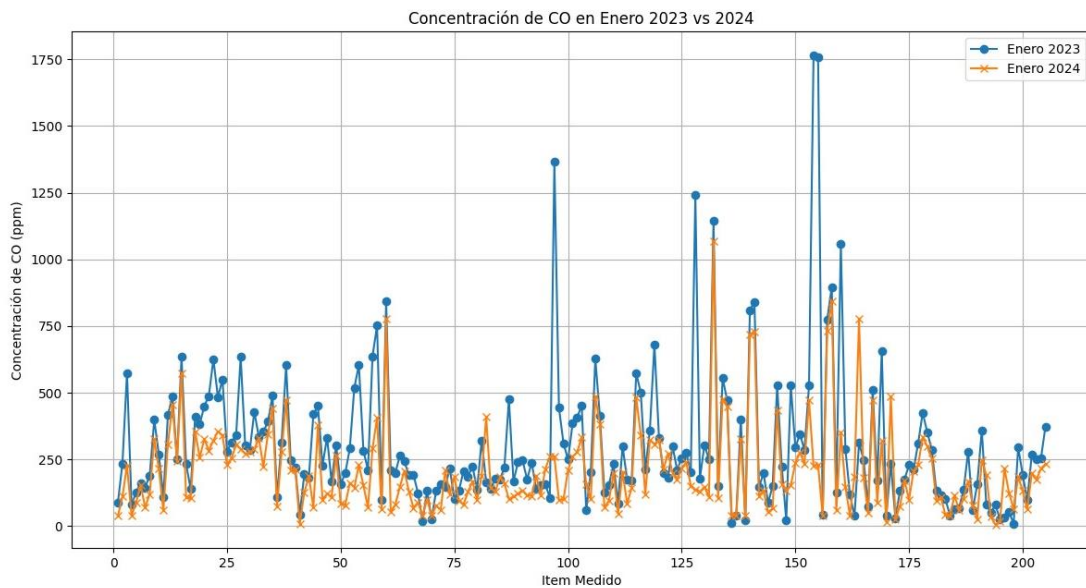
Este script permite comparar visualmente los niveles de CO para los mismos meses en diferentes años, ayudando a identificar posibles tendencias o variaciones en los datos. Los gráficos resultantes proporcionan una herramienta visual efectiva para analizar la evolución temporal de los niveles de CO y facilitar la toma de decisiones informadas basadas en estos datos. Al final el código llama a la función *plot_trend* cuatro veces, una

para cada mes de enero a abril, pasando los datos correspondientes para 2023 y 2024 desde “dataBase.py”.

4.1.4.2 Resultado de los Gráficos de Tendencia Temporal. Para visualizar la existencia de una variación de tendencia temporal de los niveles de CO a lo largo de los periodos se confeccionaron los gráficos de tendencia temporal.

Figura 4

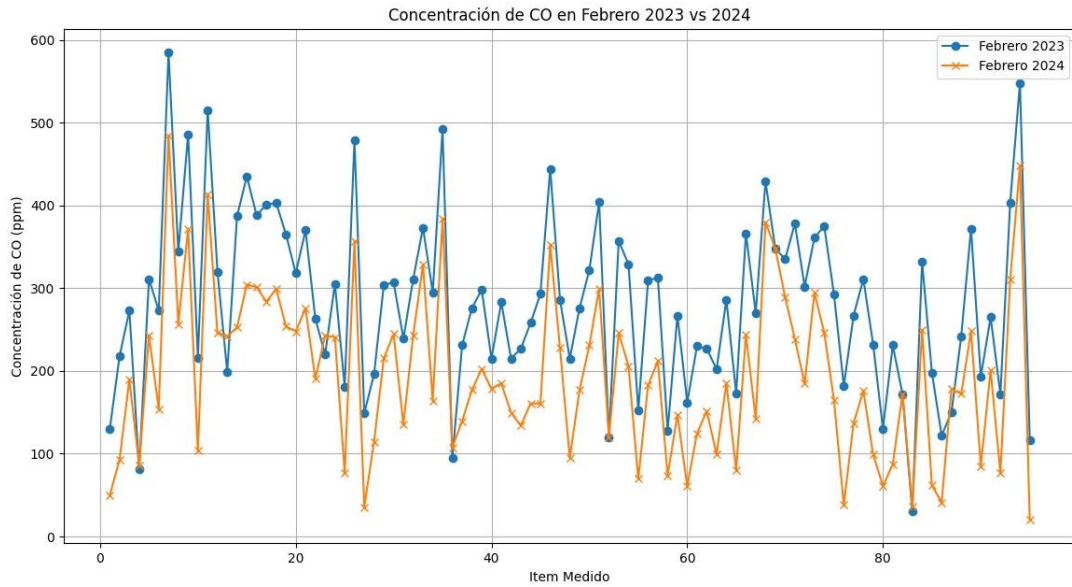
Comparación de la Concentración de CO en enero de 2023 y 2024



Nota: Se muestra la comparación de los niveles de concentración de CO (ppm) entre cada vehículo medido en los años 2023 y 2024. Los datos de 2023 están representados por marcadores circulares azules, mientras que los datos de 2024 están representados por marcadores en forma de 'X' de color naranja. El objetivo es identificar y analizar las tendencias y variaciones en la concentración de CO entre los dos años

Figura 5

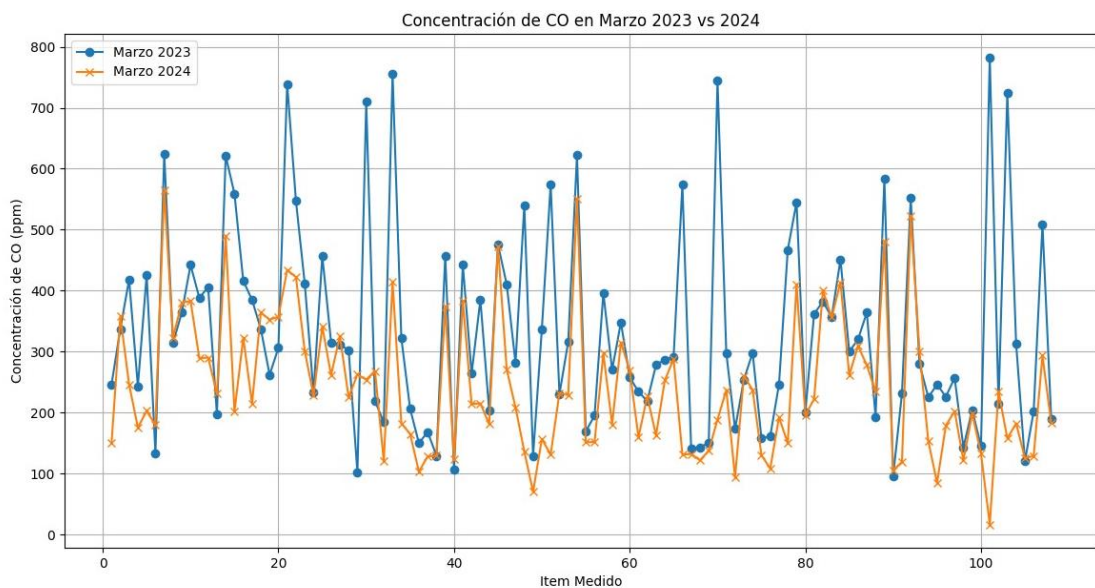
Comparación de la Concentración de CO en febrero de 2023 y 2024



Nota: Se muestra la comparación de los niveles de concentración de CO (ppm) entre cada vehículo medido en los años 2023 y 2024. Los datos de 2023 están representados por marcadores circulares azules, mientras que los datos de 2024 están representados por marcadores en forma de 'X' de color naranja. El objetivo es identificar y analizar las tendencias y variaciones en la concentración de CO entre los dos años

Figura 6

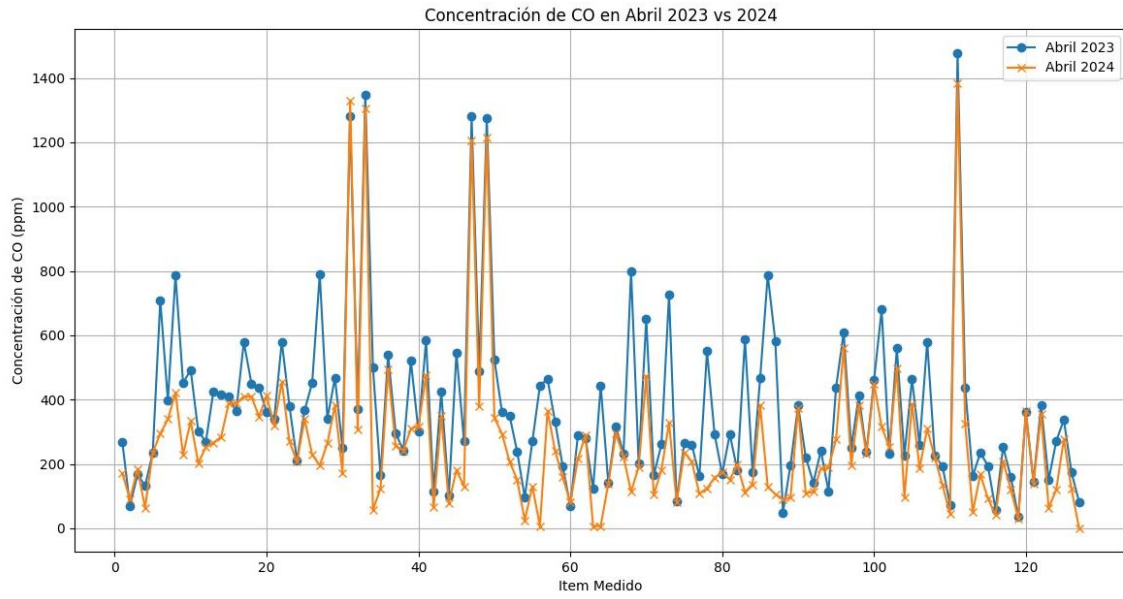
Comparación de la Concentración de CO en marzo de 2023 y 2024



Nota: Se muestra la comparación de los niveles de concentración de CO (ppm) entre cada vehículo medido en los años 2023 y 2024. Los datos de 2023 están representados por marcadores circulares azules, mientras que los datos de 2024 están representados por marcadores en forma de 'X' de color naranja. El objetivo es identificar y analizar las tendencias y variaciones en la concentración de CO entre los dos años

Figura 7

Comparación de la Concentración de CO en abril de 2023 y 2024



Nota: Se muestra la comparación de los niveles de concentración de CO (ppm) entre cada vehículo medido en los años 2023 y 2024. Los datos de 2023 están representados por marcadores circulares azules, mientras que los datos de 2024 están representados por marcadores en forma de 'X' de color naranja. El objetivo es identificar y analizar las tendencias y variaciones en la concentración de CO entre los dos años

4.2 Registro de los niveles de CO TLV-TWA en las zonas Alta Horizonte, Media, Baja Norte y Baja Sur durante los periodos de estudio comparación con los niveles permitidos.

4.2.1 Comparación con Normativas y estadística inferencial log normal

Se compararon los niveles de CO TLV-TWA registrados en cada zona y periodo con los límites permitidos por la normativa nacional e internacional. Se calcularon los porcentajes de cumplimiento de los niveles establecidos y se identificaron las zonas que excedieron dichos límites. El análisis de este apartado se hizo por zonas a los que se supone pertenecen a un mismo Grupo de Exposición Similar, entonces al grupo de datos medidos en una zona y en un tiempo se le consideró como un mismo GES y se realizó el análisis de categorización basado en un estimado de la Media.

Se realizaron los cálculos del estimado de la media con el *estimado imparcial de la varianza mínima (MVUE, por sus siglas en inglés)*. Para calcular los Límites Superior e Inferior de Confianza se realizó la estimación del LIC y LSC por el "*procedimiento exacto de land*" (AIHA, 2010).

4.2.2 Mediciones Ocupacionales de CO

Se realizaron las mediciones de Monóxido de Carbono (CO) en las zonas de Alto Horizonte, Zona Baja Sur, Zona Media y Zona Baja Norte. Las mediciones de CO se realizaron en enero, febrero, marzo y abril del 2023 y 2024 (años cuya diferencia principal es la implementación de catalizadores a las fuentes generados de CO en interior mina que fueron los vehículos mineros). A continuación, se muestran los resultados de los monitoreos ocupacionales medidos.

Tabla 13

Niveles de CO ocupacionales medidos en enero de 2023

ZONA	Ambiente de Trabajo Evaluado	Nivel de concentración de CO ENERO 2023 (ppm)
ZONA ALTA HORIZONTE	TJ 997	7
	SN 997	35
	RA 996 (al tope)	27
	SN 995W	10
	TJ 16	10
	SN995E	25
	XC 997	18
	GAL 711	22
	BY PASS 997	19
	VE 900-2	6
ZONA BAJA SUR	TJ 142W (tope de labor con velocidad de aire de 0.9 m/s) sin equipo	24
	TJ 142W (acceso a la labor) sin equipo	29
	TJ 142W (tope de labor con velocidad de aire de 0.9 m/s) con equipo	46
	TJ 142W (acceso a la labor) con equipo	58
	RP 142	22
	SN770	11
	RA 770	11
	GAL 871	12
	RA 780 (-)	12
	RA 890	48
ZONA MEDIA	SN 201E	62
	SN201W	12
	TJ 230	75
	RP 383	27
	BY PASS 382	18
	TJ 460	35
	SN382AE	55
	VE 639-7	15
ZONA BAJA NORTE	BP 639DE	16
	VE 639-1	20
	BP 639	15
	GAL-106	16
	CAM - 106	18
	RA 900 (ingreso)	21
	SN 549	14
	RA 213 Sur (ingreso)	14
	SN 213 (al tope)	11
	TJ 549 B (Ingreso)	10

Nota: Elaboración Propia.

Tabla 14

Niveles de CO ocupacionales medidos en enero de 2023

ZONA	Ambiente de Trabajo Evaluado	Nivel de concentración de CO ENERO 2024 (ppm)
ZONA ALTA HORIZONTE	XC 500	0
	RP (+) 502	5
	TJ 711	8
	TJ 990	8
	RP 990	7
	RP 996	3
	VE 990 E	7
	VE 998 (con scoop operando al tope de labor)	6
	RP 503	5
	RP 23	14
ZONA BAJA SUR	RP 141 (al tope de labor)	7
	RP 141 (via de la rampa)	9
	RP 120	8
	TJ 120	8
ZONA MEDIA	RP 251 (tope de labor)	15
	TJ 382	12
	RP 251 (via)	47
	SN 460 B	1.1
	BP 382 E	65
	RP 382	13
	SN 790	18
	TJ 384	13
	BP 382	17
	RP 250 (sin presencia de equipo)	20.1
	TJ 249	34
BP 249 C	40	
ZONA BAJA NORTE	CX 869	3
	RP 978	4
	RP 869 (al tope de la labor)	3
	RP 157 B	3
	SN 689 S	2
	SN 689 N	2
	VE 19 - 639 E	11
	BP 639 D - W	16
	BP 639 D - E	16
	VE 19 - 639	14
	RP 639 (al tope)	13
	TJ 106	16
	RP 106 (al tope)	14
	BP 899 - D	16
	RP 900	17
SN 899 (al tope de labor)	14	

ZONA	Ambiente de Trabajo Evaluado	Nivel de concentración de CO ENERO 2024 (ppm)
	TJ 899	12

Nota: Elaboración Propia.

Tabla 15

Niveles de CO ocupacionales medidos en febrero de 2023

ZONA	Ambiente de Trabajo Evaluado	Nivel de concentración de CO FEBRERO 2023 (ppm)
ZONA ALTA HORIZONTE	RP 999	7
	SN 998B W	5
	SN 998B E	6
	RP (-) 998	8
	SN 990D E	3
	VE 711 D	2
	TJ 711 C	1
	TJ 990	2
	TJ 711 B	6
	VE 711 A	4
	XC 500	7
	CAM 996	7
ZONA BAJA SUR	RA 140 (tope de labor)	7
	VE 929 lado izquierdo	10
	RA (-) 929 (tope de labor)	16
	TJ 120 (tope de labor)	14
	RA 126AE (tope de labor)	13
	CAM 126B	14
	RA 126A (tope de labor)	11
ZONA MEDIA	BP 382 A	13
	TJ 382	16
	RA 382E	15
	SN 382B E	13
	SN 382B W	16
	TJ 384	14

	TJ 460B	16
	SN 249 D - Tope de labor	15
ZONA BAJA NORTE	BP 639D E (tope de labor)	20
	BP 639D W (perforación con jumbo)	14
	BP 639E E (tope de labor)	13
	VE 639 E18 (tope de labor)	13
	RA 900 (tope de labor)	13
	BP 899 D (tope de labor - Scoop en limpieza)	23
	RA 106 (Tope de labor)	17
	TJ 106 (tope de labor)	12
	CAM 106 B	9
	SN 106 B	13
	RB 101	28
	RA 978 (tope de labopr)	17
	CAM 978	7
	XC 689ES (tope de labor)	6
	XC 689EN (tope de labor)	12
SN 978CE	5	
VE 157 (tope de labor)	6	

Nota: Elaboración Propia.

Tabla 16

Niveles de CO ocupacionales medidos en febrero de 2024

ZONA	Ambiente de Trabajo Evaluado	Nivel de concentración de CO FEBRERO 2024 (ppm)
ZONA ALTA HORIZONTE	RP 999	0
	SN 998B W	2
	SN 998B E	11
	RP (-) 998	12
	SN 990D E	9
	VE 711 D	0
	TJ 711 C	0
	TJ 990	0

	TJ 711 B	0
	VE 711 A	0
	XC 500	0
	CAM 996	0
ZONA BAJA SUR	RA 140 (tope de labor)	10
	VE 929 lado izquierdo	12
	RA (-) 929 (tope de labor)	0
	TJ 120 (tope de labor)	5
	RA 126AE (tope de labor)	8
	CAM 126B	12
	RA 126A (tope de labor)	10
ZONA MEDIA	BP 382 A	4
	TJ 382	6
	RA 382E	4
	SN 382B E	4
	SN 382B W	6
	TJ 384	4
	TJ 460B	4
ZONA BAJA NORTE	BP 639D E (tope de labor)	20
	BP 639D W (perforación con jumbo)	14
	BP 639E E (tope de labor)	12
	VE 639 E18 (tope de labor)	6
	RA 900 (tope de labor)	13
	BP 899 D (tope de labor - Scoop en limpieza)	23
	RA 106 (Tope de labor)	17
	TJ 106 (tope de labor)	12
	CAM 106 B	9
	SN 106 B	7
	RB 101	28
	RA 978 (tope de labopr)	17
	CAM 978	0
	XC 689ES (tope de labor)	0
	XC 689EN (tope de labor)	0
	SN 978CE	2
VE 157 (tope de labor)	0	

Nota: Elaboración Propia.

Tabla 17*Niveles de CO ocupacionales medidos en marzo de 2023*

ZONA	Ambiente de Trabajo Evaluado	Nivel de concentración de CO MARZO 2023 (ppm)
ZONA ALTA HORIZONTE	RA 996 - Labor en perforación	7
	RA (-) 999 - Labor en perforación	8
	RA (-) 998 - Tope de labor	8
	SN 990 E - Tope de labor	8
	VT 711 D - Tope de labor	3
	TJ 711 C	2
	TJ 990 - Tope de labor	3
	TJ 711 B Tope de labor	1
	CAM 711 A	4
	RA 1485 - Tope de labor	4
	TJ 501	6
	XC 500	7
ZONA BAJA SUR	RA 120 - Labor en perforación	64
	GAL 120 E - Tope de labor	54
	VT 120 - Tope de labor	56
	RA 128 - Tope de labor	17
	CAM 128 - Tope de labor	16
	SN 126 W - Tope de labor	17
	SN 126 E - Tope de labor	13
	CAM 126 B - Tope de labor	17
	CAM 126 - Tope de labor	25
ZONA MEDIA	RA (-) 250 Tope de la labor	13
	SN 249 AE	16
	BP 250 BW Tope de labor	15
	SN 249 D - Tope de labor	13
	TJ 249 CW Tope de labor	7
	TJ 382 B - Tope de labor	16
	RA 382 - Tope de labor	14
VE 382 B1	13	

	SN 382 BW - Tope de labor	16
	VE 383 -Tope de labor	22
	BP 382 A - Tope de labor	16
	VE 460 A - Tope de labor	15
	SN 201 AE - Labor en perforación	6
	BP 382 - Tope de labor	16
	VT 382 - Tope de labor	15
	VT 381 - Tope de labor - Lado derecho	16
	VT 381 - Tope de labor - Lado izquierdo	13
	RA (-) 251 Tope de labor	15
ZONA BAJA NORTE	BP 639 DE - Tope de labor	36
	BP 639 DW - Tope de labor	36
	RA 639 Tope de labor	49
	BP 639 EE Tope de labor	21
	CX 824 DW Tope de labor	14
	SN 899 D - Tope de labor	21
	RA 900 - Tope de labor	14
	RA 106 - Labor en perforación	13
	SN 106 BE - Tope de labor	14
	TJ 106 - Tope de labor	16
	RA 106 B - Tope de labor	14
	RP 157 - Tope de labor	15
	CAM 157 - Tope de labor	13
	RA 978 (-) Tope de labor	19
	SN 977D E - Tope de labor	12
SN 977D W - Tope de labor	22	

Nota: Elaboración Propia.

Tabla 18

Niveles de CO ocupacionales medidos en marzo de 2024

ZONA	Ambiente de Trabajo Evaluado	Nivel de concentración de CO MARZO 2024(ppm)
ZONA ALTA HORIZONTE	RA 996 - Labor en perforación	0.14
	RA (-) 999 - Labor en perforación	8
	RA (-) 998 - Tope de labor	8

	SN 990 E - Tope de labor	6
	VT 711 D - Tope de labor	1
	TJ 711 C	0
	TJ 990 - Tope de labor	3
	TJ 711 B Tope de labor	1
	CAM 711 A	2
	RA 1485 - Tope de labor	0
	TJ 501	0
	XC 500	0
ZONA BAJA SUR	RA 120 - Labor en perforación	41
	GAL 120 E - Tope de labor	45
	VT 120 - Tope de labor	42
	RA 128 - Tope de labor	10
	CAM 128 - Tope de labor	12
	SN 126 W - Tope de labor	9
	SN 126 E - Tope de labor	8
	CAM 126 B - Tope de labor	10
	CAM 126 - Tope de labor	8
ZONA MEDIA	RA (-) 250 Tope de la labor	7
	SN 249 AE	8
	BP 250 BW Tope de labor	5
	SN 249 D - Tope de labor	6
	TJ 249 CW Tope de labor	3
	TJ 382 B - Tope de labor	13
	RA 382 - Tope de labor	10
	VE 382 B1	11
	SN 382 BW - Tope de labor	10
	VE 383 -Tope de labor	22
	BP 382 A - Tope de labor	11
	VE 460 A - Tope de labor	10
	SN 201 AE - Labor en perforación	2
	BP 382 - Tope de labor	4
	VT 382 - Tope de labor	5
	VT 381 - Tope de labor - Lado derecho	10

	VT 381 - Tope de labor - Lado izquierdo	5
	RA (-) 251 Tope de labor	0
ZONA BAJA NORTE	BP 639 DE - Tope de labor	25
	BP 639 DW - Tope de labor	25
	RA 639 Tope de labor	29
	BP 639 EE Tope de labor	21
	CX 824 DW Tope de labor	14
	SN 899 D - Tope de labor	21
	RA 900 - Tope de labor	14
	RA 106 - Labor en perforación	7
	SN 106 BE - Tope de labor	11
	TJ 106 - Tope de labor	11
	RA 106 B - Tope de labor	1
	RP 157 - Tope de labor	15
	CAM 157 - Tope de labor	13
	RA 978 (-) Tope de labor	9
	SN 977D E - Tope de labor	8
	SN 977D W - Tope de labor	12

Nota: Elaboración Propia.

Tabla 19

Niveles de CO ocupacionales medidos en abril de 2023

ZONA	Ambiente de Trabajo Evaluado	Nivel de concentración de CO ABRIL 2023 (ppm)
ZONA ALTA HORIZONTE	TJ 711 C - Tope de labor	2
	SN 990 C - Tope de labor	4
	TJ 711 B - Tope de labor	7
	CAM 711 A - Tope de labor	4
	RA 1485 - Tope de labor	5
	RA 996 (+) - Tope de labor	7
	TJ 996 - Tope de labor	15
	RA 999 (-) - Tope de labor	3
	SN 990 G - Tope de labor	4
	RA 998 (-) - Tope de labor	1

	TJ 990 - Tope de labor	1
ZONA BAJA SUR	SN 126A E - Tope de labor	15
	TJ 126 B - Tope de labor	13
	CAM 126 - Tope de labor	14
	TJ 126 A - Tope de labor	15
	RA 120 (+) - Tope de labor	32
	TJ 120 - Tope de labor	20
	BP 120 - Tope de labor	25
	Poza de bombeo 871	15
	Planta Concreto Nv. 180	24
ZONA MEDIA	SN 382 E - Tope de labor	13
	SN 382 W - Tope de labor	16
	RP 382 (+) - Tope de labor	10
	TJ 382 B - Tope de labor	9
	TJ 460 B - Tope de labor	8
	SN 382 A - Tope de labor	7
	GL 201 - Tope de labor	13
	SN 381 D - Tope de labor	14
	VT 381 E - Tope de labor	16
	RA 251 (-) - Tope de labor	7
	RA 250 (-) - Tope de labor	8
	SN 249 AE - Tope de labor	13
	BP - 249 - Via hacia la labor	14
	RP 249 (+) - Tope de labor	16
TJ 249 - Via hacia la labor	15	
ZONA BAJA NORTE	SN 868 - Tope de labor	25
	TJ 157 - Tope de labor	22
	RP 157 (+) - Tope de labor	14
	SN 977D E - Tope de labor	25
	SN 977D W - Tope de labor	27
	VE - 133 - Tope de labor	20
	RA 900 - Tope de labor	13
	SN 899 D - Tope de labor	16

SN 900 W - Tope de labor	14
CAM 977 - Tope de labor	15
SN 106 E - Tope de labor	15
SN 106 W - Tope de labor	12
RA 106 (+) - Tope de labor	11
CX 824D W - Tope de labor	13
RA 639 (+) - Tope de labor	13
BP 639D W - Tope de labor	14
BP 639E E - Tope de labor	13

Nota: Elaboración Propia.

Tabla 20

Niveles de CO ocupacionales medidos en abril de 2024

ZONA	Ambiente de Trabajo Evaluado	Nivel de concentración de CO ABRIL 2024 (ppm)
ZONA ALTA HORIZONTE	TJ 711 C - Tope de labor	0
	SN 990 C - Tope de labor	0
	TJ 711 B - Tope de labor	1
	CAM 711 A - Tope de labor	1
	RA 1485 - Tope de labor	5
	RA 996 (+) - Tope de labor	4
	TJ 996 - Tope de labor	5
	RA 999 (-) - Tope de labor	2
	SN 990 G - Tope de labor	3
	RA 998 (-) - Tope de labor	1
	TJ 990 - Tope de labor	1
ZONA BAJA SUR	SN 126A E - Tope de labor	14
	TJ 126 B - Tope de labor	8
	CAM 126 - Tope de labor	10
	TJ 126 A - Tope de labor	12
	RA 120 (+) - Tope de labor	23
	TJ 120 - Tope de labor	20
	BP 120 - Tope de labor	19
	Poza de bombeo 871	9

	Planta Concreto Nv. 180	24
ZONA MEDIA	SN 382 E - Tope de labor	3
	SN 382 W - Tope de labor	2
	RP 382 (+) - Tope de labor	4
	TJ 382 B - Tope de labor	5
	TJ 460 B - Tope de labor	3
	SN 382 A - Tope de labor	2
	GL 201 - Tope de labor	4
	SN 381 D - Tope de labor	6
	VT 381 E - Tope de labor	8
	RA 251 (-) - Tope de labor	0
	RA 250 (-) - Tope de labor	7
	SN 249 AE - Tope de labor	5
	BP - 249 - Vía hacia la labor	4
	RP 249 (+) - Tope de labor	5
	TJ 249 - Vía hacia la labor	2
ZONA BAJA NORTE	SN 868 - Tope de labor	15
	TJ 157 - Tope de labor	15
	RP 157 (+) - Tope de labor	14
	SN 977D E - Tope de labor	18
	SN 977D W - Tope de labor	19
	VE - 133 - Tope de labor	20
	RA 900 - Tope de labor	13
	SN 899 D - Tope de labor	13
	SN 900 W - Tope de labor	14
	CAM 977 - Tope de labor	15
	SN 106 E - Tope de labor	9
	SN 106 W - Tope de labor	9
	RA 106 (+) - Tope de labor	11
	CX 824D W - Tope de labor	8
	RA 639 (+) - Tope de labor	10
BP 639D W - Tope de labor	8	
BP 639E E - Tope de labor	12	

Nota: Elaboración Propia.

4.2.3 Estimación de la Media y los Límites Inferior y Superior de Confianza.

Luego de realizar las mediciones se realizó el análisis estadístico inferencial para estimar la media con el estimado imparcial de la varianza mínima (MVUE, por sus siglas en inglés) y los Límites Superior e Inferior de Confianza con el “procedimiento exacto de land”. Para esto se utilizó la planilla de cálculo de la AIHA de forma inicial y la creación de programas en Python para la realización de la automatización del proceso.

4.3 Creación de base de datos de CO ocupacional para estadística inferencial.

Todas las mediciones se encontraron en una primera etapa en el software Excel. Se realizó la creación de la base de datos local en Python para poder realizar las importaciones necesarias de esos datos para el análisis posterior de análisis estadístico inferencial.

Se creo un software de análisis estadístico para la prueba dentro de una carpeta y en entorno local, dentro de la carpeta se creó el archivo “*dataBaseZonas.py*” y dentro del archivo se crearon las listas:

1. *enero2023ZonaAlta*
2. *enero2023ZonaBaja Sur*
3. *enero2023ZonaMedia*
4. *enero2023ZonaBaja Norte*
5. *enero2024ZonaAlta*
6. *enero2024ZonaBaja Sur*
7. *enero2024ZonaMedia*
8. *enero2024ZonaBaja Norte*
9. *febrero2023ZonaAlta*
10. *febrero2023ZonaBaja Sur*

11. *febrero2023ZonaMedia*
12. *febrero2023ZonaBaja Norte*
13. *febrero2024ZonaAlta*
14. *febrero2024ZonaBaja Sur*
15. *febrero2024ZonaMedia*
16. *febrero2024ZonaBaja Norte*
17. *marzo2023ZonaAlta*
18. *marzo2023ZonaBaja Sur*
19. *marzo2023ZonaMedia*
20. *marzo2023ZonaBaja Norte*
21. *marzo2024ZonaAlta*
22. *marzo2024ZonaBaja Sur*
23. *marzo2024ZonaMedia*
24. *marzo2024ZonaBaja Norte*
25. *abril2023ZonaAlta*
26. *abril2023ZonaBaja Sur*
27. *abril2023ZonaMedia*
28. *abril2023ZonaBaja Norte*
29. *abril2024ZonaAlta*
30. *abril2024ZonaBaja Sur*
31. *abril2024ZonaMedia*
32. *abril2024ZonaBaja Norte*

Cada una de estas listas representó un Grupo de exposición similar de acuerdo a la cercanía de la zona de exposición y al tiempo medido.

Figura 8

Base de datos de CO Ocupacional por zona y mes en forma de lista para el manejo de datos en Python

```
# Datos para enero 2023
enero2023ZonaAlta = [7, 35, 27, 10, 10, 25, 18, 22, 19, 6]
enero2023ZonaBajaSur = [24, 29, 46, 58, 22, 11, 11, 12, 12]
enero2023ZonaMedia = [48, 62, 12, 75, 27, 18, 35, 55]
enero2023ZonaBajaNorte = [15, 16, 20, 15, 16, 18, 21, 14, 14, 11, 10]

# Datos para enero 2024
enero2024ZonaAlta = [0, 5, 8, 8, 7, 3, 7, 6, 5, 14]
enero2024ZonaBajaSur = [7, 9, 8, 8]
enero2024ZonaMedia = [15, 12, 47, 1.1, 65, 13, 18, 13, 17, 20.1, 34, 40]
enero2024ZonaBajaNorte = [3, 4, 3, 3, 2, 2, 11, 16, 16, 14, 13, 16, 14, 16, 17, 14,
12]

# Datos para febrero 2023
febrero2023ZonaAlta = [7, 5, 6, 8, 3, 2, 1, 2, 6, 4, 7, 7]
febrero2023ZonaBajaSur = [7, 10, 16, 14, 13, 14, 11]
febrero2023ZonaMedia = [13, 16, 15, 13, 16, 14, 16, 15]
febrero2023ZonaBajaNorte = [20, 14, 13, 13, 13, 23, 17, 12, 9, 13, 28, 17, 7, 6, 12
, 5, 6]

# Datos para febrero 2024
febrero2024ZonaAlta = [0, 2, 11, 12, 9, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
febrero2024ZonaBajaSur = [10, 12, 0, 5, 8, 12, 10]
febrero2024ZonaMedia = [4, 6, 4, 4, 6, 4, 4]
febrero2024ZonaBajaNorte = [20, 14, 12, 6, 13, 23, 17, 12, 9, 7, 28, 17, 0, 0, 0, 2
, 0]

# Datos para marzo 2023
marzo2023ZonaAlta = [7, 8, 8, 8, 3, 2, 3, 1, 4, 4, 6, 7]
marzo2023ZonaBajaSur = [64, 54, 56, 17, 16, 17, 13, 17, 25]
marzo2023ZonaMedia = [13, 16, 15, 13, 7, 16, 14, 13, 16, 22, 16, 15, 6, 16, 15, 16,
13, 15]
marzo2023ZonaBajaNorte = [36, 36, 49, 21, 14, 21, 14, 13, 14, 16, 14, 15, 13, 19, 12
, 22]
```

Nota: figura generada por la captura con el plugin polacode en el IDE Visual Studio Code. Sólo se muestra una parte del código.

4.3.1 Análisis estadístico inferencial de los datos

En enero, febrero, marzo y abril de 2023 y 2024, se tomaron mediciones niveles de CO ocupacional en zonas de trabajo de interior mina. Se determinaron 4 zonas medidas y midieron 4 veces por año, es decir se generaron 16 grupos de mediciones por año y en total 32 grupos de mediciones. A cada uno de estos grupos de mediciones se les realizó la prueba estadística inferencial para estimar la media con el método del estimado imparcial de la varianza mínima (MVUE, por sus siglas en inglés) y los Límites Superior e Inferior de Confianza con el “procedimiento exacto de land”.

Se utilizó el aplicativo IHSTAT™ (multi-language version)(AIHA, s/f) para determinar estos datos.

4.3.1.1 Programación del análisis inferencial en Python. Para realizar el recorrido de los datos se creó el archivo “ analisis.py” en la misma carpeta donde se encontraba el archivo “dataBaseZonas.py”. Para el desarrollo del programa se instalaron las bibliotecas xlwings como xw, os, sutil y pandas como pd, a su vez se importó el archivo “dataBaseZonas.py”, de dónde luego se extrajeron los datos de las listas creadas (ver Item. Creación de base de datos de CO ocupacional para estadística inferencial). Se hizo la corrección para datos no detectados pues no permiten el análisis por lo que el límite de detección es 1 ppm de acuerdo a la bibliografía se determinó una corrección de 0.5 el límite de detección por lo que los datos que se midieron como 0 fueron reemplazados por 0.5ppm para el análisis.

A continuación, se muestra el código generado.

Figura 9

Código en Python para el cálculo de los estadísticos-parte 1

```
import xlwings as xw
import os
import shutil
import pandas as pd
import dataBaseZonas as db

# Definir los datos y nombres de archivos y carpetas
zonas_nombres = [
    "enero2023ZonaAlta", "enero2023ZonaBajaSur", "enero2023ZonaMedia", "enero2023ZonaBajaNorte",
    "enero2024ZonaAlta", "enero2024ZonaBajaSur", "enero2024ZonaMedia", "enero2024ZonaBajaNorte",
    "febrero2023ZonaAlta", "febrero2023ZonaBajaSur", "febrero2023ZonaMedia",
    "febrero2023ZonaBajaNorte",
    "febrero2024ZonaAlta", "febrero2024ZonaBajaSur", "febrero2024ZonaMedia",
    "febrero2024ZonaBajaNorte",
    "marzo2023ZonaAlta", "marzo2023ZonaBajaSur", "marzo2023ZonaMedia", "marzo2023ZonaBajaNorte",
    "marzo2024ZonaAlta", "marzo2024ZonaBajaSur", "marzo2024ZonaMedia", "marzo2024ZonaBajaNorte",
    "abril2023ZonaAlta", "abril2023ZonaBajaSur", "abril2023ZonaMedia", "abril2023ZonaBajaNorte",
    "abril2024ZonaAlta", "abril2024ZonaBajaSur", "abril2024ZonaMedia", "abril2024ZonaBajaNorte"
]

zonas_datos = [
    db.enero2023ZonaAlta, db.enero2023ZonaBajaSur, db.enero2023ZonaMedia, db.
    enero2023ZonaBajaNorte,
    db.enero2024ZonaAlta, db.enero2024ZonaBajaSur, db.enero2024ZonaMedia, db.
    enero2024ZonaBajaNorte,
    db.febrero2023ZonaAlta, db.febrero2023ZonaBajaSur, db.febrero2023ZonaMedia, db.
    febrero2023ZonaBajaNorte,
    db.febrero2024ZonaAlta, db.febrero2024ZonaBajaSur, db.febrero2024ZonaMedia, db.
    febrero2024ZonaBajaNorte,
    db.marzo2023ZonaAlta, db.marzo2023ZonaBajaSur, db.marzo2023ZonaMedia, db.
    marzo2023ZonaBajaNorte,
    db.marzo2024ZonaAlta, db.marzo2024ZonaBajaSur, db.marzo2024ZonaMedia, db.
    marzo2024ZonaBajaNorte,
    db.abril2023ZonaAlta, db.abril2023ZonaBajaSur, db.abril2023ZonaMedia, db.
    abril2023ZonaBajaNorte,
    db.abril2024ZonaAlta, db.abril2024ZonaBajaSur, db.abril2024ZonaMedia, db.
    abril2024ZonaBajaNorte
]

nueva_carpeta = 'resultadosAIHA'

# Función para reemplazar valores no detectados
def datos_no_detectado(datos):
    return [0.5 if valor == 0 else valor for valor in datos]

# Ruta al archivo Excel original
plantilla_path = 'AIHA.xls'

# Crear la nueva carpeta si no existe
if not os.path.exists(nueva_carpeta):
    os.makedirs(nueva_carpeta)

# Lista para almacenar los resultados
resultados = []

# Función para procesar y guardar los datos en un archivo Excel
def procesar_datos(nombre, datos):
    # Reemplazar valores no detectados
    datos = datos_no_detectado(datos)

    # Crear una copia temporal del archivo .xls
    temp_xls_path = 'templ.xls'
    shutil.copyfile(plantilla_path, temp_xls_path)

    # Usar xlwings para abrir y manipular el archivo .xls
    app = xw.App(visible=False)
    app.display_alerts = False # Desactivar alertas de Excel
    wb = app.books.open(temp_xls_path)
    sheet = wb.sheets[0] # Asumiendo que deseas trabajar con la primera hoja
```

Figura 10

Código en Python para el cálculo de los estadísticos-parte2

```
# Reemplazar el valor de la celda A7 por el número 25
sheet.range('A7').value = 25

# Limpiar los valores desde la celda A13 hasta la A65
sheet.range('A13:A65').clear_contents()

# Reemplazar los valores de la lista en las celdas desde A13 hacia abajo
for i, valor in enumerate(datos):
    sheet.range(f'A{i + 13}').value = valor

# Ruta completa para guardar el archivo nuevo en la nueva carpeta
ruta_completa = os.path.join(nueva_carpeta, f"{nombre}.xlsx")

# Guardar el archivo modificado como .xlsx en la nueva carpeta
wb.save(ruta_completa)
wb.close()

# Extraer valores de T28, T29, T30
wb = app.books.open(ruta_completa)
sheet = wb.sheets[0]
media_estimada = sheet.range('T28').value
LIC = sheet.range('T29').value
LSC = sheet.range('T30').value
wb.close()

# Guardar resultados en la lista
periodo = nombre.split("Zona")[0].strip()
zona = nombre.split("Zona")[1].strip()
resultados.append([periodo, zona, LIC, LSC, media_estimada])

print(f"Procesamiento completado y el archivo se ha guardado en {ruta_completa}")
app.quit()

# Procesar cada conjunto de datos y guardarlo en un archivo Excel
for nombre, datos in zip(zonas_nombres, zonas_datos):
    procesar_datos(nombre, datos)

# Crear un DataFrame con los resultados
df_resultados = pd.DataFrame(resultados, columns=["Periodo", "Zona", "LIC", "LSC",
"Media Estimada"])

# Guardar los resultados en un nuevo archivo Excel
ruta_resumen = 'Resumen AIHA.xlsx'
df_resultados.to_excel(ruta_resumen, index=False)

# Ajustar el formato del archivo Excel de resumen
app = xw.App(visible=False)
wb_resumen = app.books.open(ruta_resumen)
sheet_resumen = wb_resumen.sheets[0]

# Ajustar el ancho de las columnas para que se lean bien
for col in sheet_resumen.range("A1:E1").columns:
    col.autofit()

# Guardar y cerrar el archivo de resumen
wb_resumen.save(ruta_resumen)
wb_resumen.close()
app.quit()

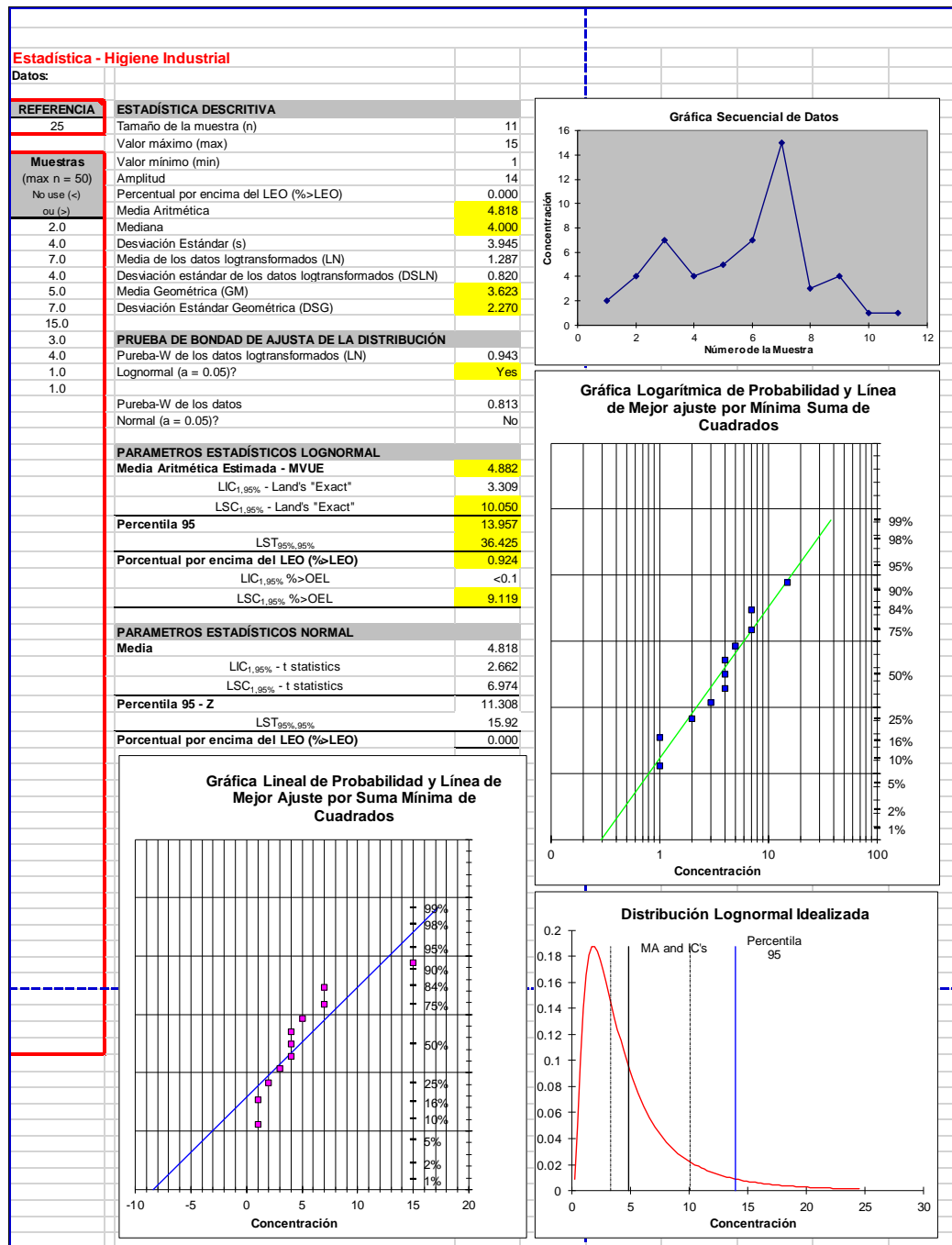
print(f"Resumen generado y guardado en {ruta_resumen}")
```

Nota: elaboración propia

Luego de ejecutar el código en Python se generaron los cálculos de estadísticas para cada GES formado. A continuación, mostramos un ejemplo de tabla generada por el código en Python (en anexos se muestran los 32 resultados).

Figura 11

Ejemplo de Resultado Estadística Inferencial CO ocupacional abril 2023 Zona Alta



4.3.1.2 Resultados del perfil de exposición con el análisis inferencial en Python. El perfil de exposición es un vehículo para resumir y juzgar la exposición de agentes ambientales en el trabajo. Una herramienta que es útil para comenzar a caracterizar el perfil de exposición es el índice de exposición. Un índice de exposición es un estimado del nivel de exposición en relación a un NMP. La presente tesis se basó en un estimado de la media del perfil de exposición en relación al Nivel Máximo Permissible-TWA tomando en cuenta los perfiles de mayor al NMP, entre el 50%-100% del NMP y menor al 50% del NMP. En la siguiente tabla se muestra la categorización basada en la AIHA(AIHA, 2010).

Tabla 21

Categorización del Índice de Exposición: Basado en un Estimado de la Media Aritmética del Perfil de Exposición

Nivel de Riesgo	Ubicación de Porcentajes	Descripción
3	>NMP	No cumple
2	50%-100% NMP	Nivel de Acción
1	<50% NMP	Si cumple

Tabla 22

Categorización de la exposición ocupacional de los puestos de trabajo Basado en un Estimado de la Media del Perfil de Exposición

Ítem	Periodo	Zona	LIC número exacto de Land (ppm)	LSC número exacto de Land (ppm)	Media Estimada con estimado imparcial de la varianza mínima (MVUE (ppm))	Límite Máximo Permissible	Cumplimiento
1	enero2023	Alta	13.348	29.706	18.113	25	Nivel de Acción
2	enero2023	Baja Sur	17.685	44.281	24.750	25	Nivel de Acción
3	enero2023	Media	29.557	81.459	42.284	25	No Cumple
4	enero2023	Baja Norte	13.786	17.675	15.464	25	Nivel de Acción

Ítem	Periodo	Zona	LIC número exacto de Land (ppm)	LSC número exacto de Land (ppm)	Media Estimada con estimado imparcial de la varianza mínima (MVUE (ppm))	Límite Máximo Permisible	Cumplimiento
5	enero2024	Alta	4.576	17.880	7.138	25	Si cumple
6	enero2024	Baja Sur	7.170	9.106	8.000	25	Si cumple
7	enero2024	Media	17.635	75.692	28.257	25	No Cumple
8	enero2024	Baja Norte	7.975	18.702	11.043	25	Si cumple
9	febrero2023	Alta	3.700	8.094	5.004	25	Si cumple
10	febrero2023	Baja Sur	10.150	15.450	12.172	25	Si cumple
11	febrero2023	Media	13.934	15.680	14.751	25	Nivel de Acción
12	febrero2023	Baja Norte	11.139	17.310	13.480	25	Nivel de Acción
13	febrero2024	Alta	1.454	13.593	2.710	25	Si cumple
14	febrero2024	Baja Sur	5.365	77.136	10.149	25	Si cumple
15	febrero2024	Media	4.000	5.358	4.567	25	Si cumple
16	febrero2024	Baja Norte	8.311	62.327	15.194	25	Nivel de Acción
17	marzo2023	Alta	3.889	8.483	5.256	25	Si cumple
18	marzo2023	Baja Sur	21.930	54.511	30.632	25	No Cumple
19	marzo2023	Media	12.785	16.459	14.365	25	Nivel de Acción
20	marzo2023	Baja Norte	17.101	25.302	20.316	25	Nivel de Acción
21	marzo2024	Alta	1.482	11.558	2.675	25	Si cumple
22	marzo2024	Baja Sur	13.461	43.644	20.072	25	Nivel de Acción
23	marzo2024	Media	6.258	14.541	8.646	25	Si cumple
24	marzo2024	Baja Norte	11.792	26.791	16.167	25	Nivel de Acción
25	abril2023	Alta	3.309	10.050	4.882	25	Si cumple
26	abril2023	Baja Sur	16.076	24.082	19.178	25	Nivel de Acción
27	abril2023	Media	10.481	14.007	11.961	25	Si cumple
28	abril2023	Baja Norte	14.782	18.868	16.549	25	Nivel de Acción
29	abril2024	Alta	1.458	4.814	2.194	25	Si cumple
30	abril2024	Baja Sur	12.310	21.386	15.471	25	Nivel de Acción
31	abril2024	Media	3.190	6.553	4.240	25	Si cumple
32	abril2024	Baja Norte	11.697	15.015	13.127	25	Nivel de Acción

4.4 Análisis Estadístico Descriptivo Boxplot (diagrama de caja y bigotes)

En esta sección se presenta un análisis estadístico descriptivo utilizando el boxplot, también conocido como diagrama de caja y bigotes. Este método gráfico permite resumir y visualizar de manera efectiva la distribución de un conjunto de datos, proporcionando una representación clara de los estadísticos descriptivos fundamentales, tales como la mediana, los cuartiles, y los valores extremos.

El uso del boxplot facilita la identificación de patrones y tendencias en los datos, así como la detección de valores atípicos que pueden influir en los resultados del análisis. En el contexto del estudio, el boxplot fue una herramienta esencial para examinar la variabilidad de los niveles de monóxido de carbono (CO) en diferentes zonas y periodos de la mina subterránea.

A través del análisis de los boxplots generados, se pudo obtener una visión clara de la dispersión y la centralidad de los niveles de CO, así como de la consistencia de las mediciones en distintos entornos y momentos. Este enfoque permitió una evaluación comprensiva de los datos, proporcionando una base sólida para la interpretación de los resultados y la toma de decisiones informadas en relación con las medidas de control y seguridad implementadas en la mina.

Tabla 23

Resultados Boxplot CO ocupacional

Periodo	Zona	Q1	Q3	IQR	Mediana	Bigote Inferior	Bigote Superior	Outliers
Enero 2023	Zona Alta Horizonte	10	24.25	14.25	18.5	-11.375	45.625	[]
Enero 2023	Zona Baja Sur	12	29	17	22	-13.5	54.5	[58]
Enero 2023	Zona Media	24.75	56.75	32	41.5	-23.25	104.75	[]
Enero 2023	Zona Baja Norte	14	17	3	15	9.5	21.5	[]
Enero 2024	Zona Alta Horizonte	5	7.75	2.75	6.5	0.875	11.875	[0.5, 14.0]
Enero 2024	Zona Baja Sur	7.75	8.25	0.5	8	7	9	[]
Enero 2024	Zona Media	13	35.5	22.5	17.5	-20.75	69.25	[]
Enero 2024	Zona Baja Norte	3	16	13	13	-16.5	35.5	[]
Febrero 2023	Zona Alta Horizonte	2.75	7	4.25	5.5	-3.625	13.375	[]

Periodo	Zona	Q1	Q3	IQR	Mediana	Bigote Inferior	Bigote Superior	Outliers
Febrero 2023	Zona Baja Sur	10.5	14	3.5	13	5.25	19.25	[]
Febrero 2023	Zona Media	13.75	16	2.25	15	10.375	19.375	[]
Febrero 2023	Zona Baja Norte	9	17	8	13	-3	29	[]
Febrero 2024	Zona Alta Horizonte	0.5	3.75	3.25	0.5	-4.375	8.625	[11.0, 12.0, 9.0]
Febrero 2024	Zona Baja Sur	6.5	11	4.5	10	-0.25	17.75	[]
Febrero 2024	Zona Media	4	5	1	4	2.5	6.5	[]
Febrero 2024	Zona Baja Norte	2	17	15	12	-20.5	39.5	[]
Marzo 2023	Zona Alta Horizonte	3	7.25	4.25	5	-3.375	13.625	[]
Marzo 2023	Zona Baja Sur	17	54	37	17	-38.5	109.5	[]
Marzo 2023	Zona Media	13	16	3	15	8.5	20.5	[7, 22, 6]
Marzo 2023	Zona Baja Norte	14	21.25	7.25	15.5	3.125	32.125	[36, 36, 49]
Marzo 2024	Zona Alta Horizonte	0.5	3.75	3.25	1	-4.375	8.625	[]
Marzo 2024	Zona Baja Sur	9	41	32	10	-39	89	[]
Marzo 2024	Zona Media	5	10	5	7.5	-2.5	17.5	[22.0]
Marzo 2024	Zona Baja Norte	10.5	21	10.5	13.5	-5.25	36.75	[]
Abril 2023	Zona Alta Horizonte	2.5	6	3.5	4	-2.75	11.25	[15]
Abril 2023	Zona Baja Sur	15	24	9	15	1.5	37.5	[]
Abril 2023	Zona Media	8.5	14.5	6	13	-0.5	23.5	[]
Abril 2023	Zona Baja Norte	13	20	7	14	2.5	30.5	[]
Abril 2024	Zona Alta Horizonte	1	3.5	2.5	1	-2.75	7.25	[]
Abril 2024	Zona Baja Sur	10	20	10	14	-5	35	[]
Abril 2024	Zona Media	2.5	5	2.5	4	-1.25	8.75	[]
Abril 2024	Zona Baja Norte	10	15	5	13	2.5	22.5	[]

Figura 12

Gráfico Boxplot comparación de CO Ocupacional por zona y año

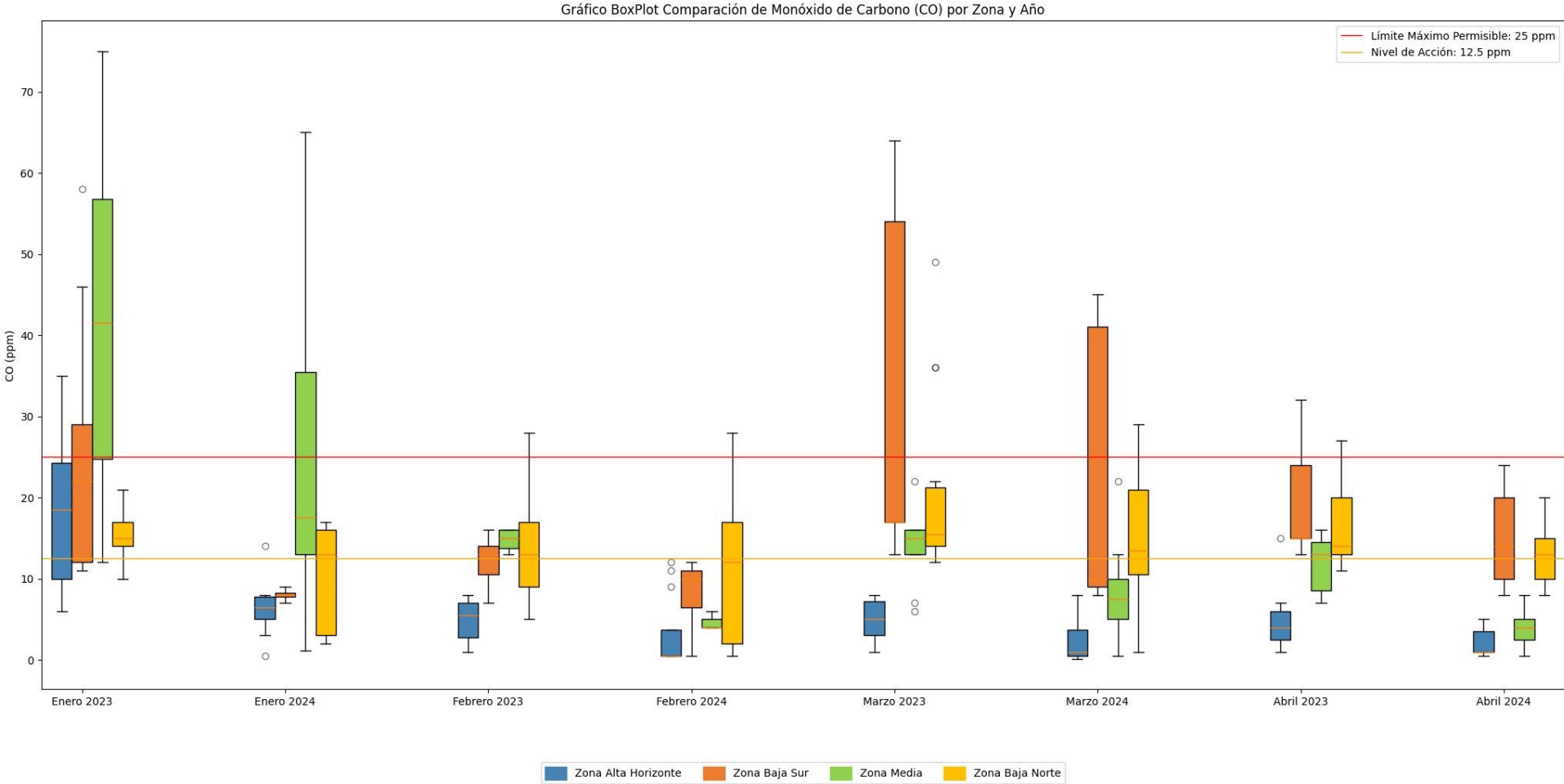
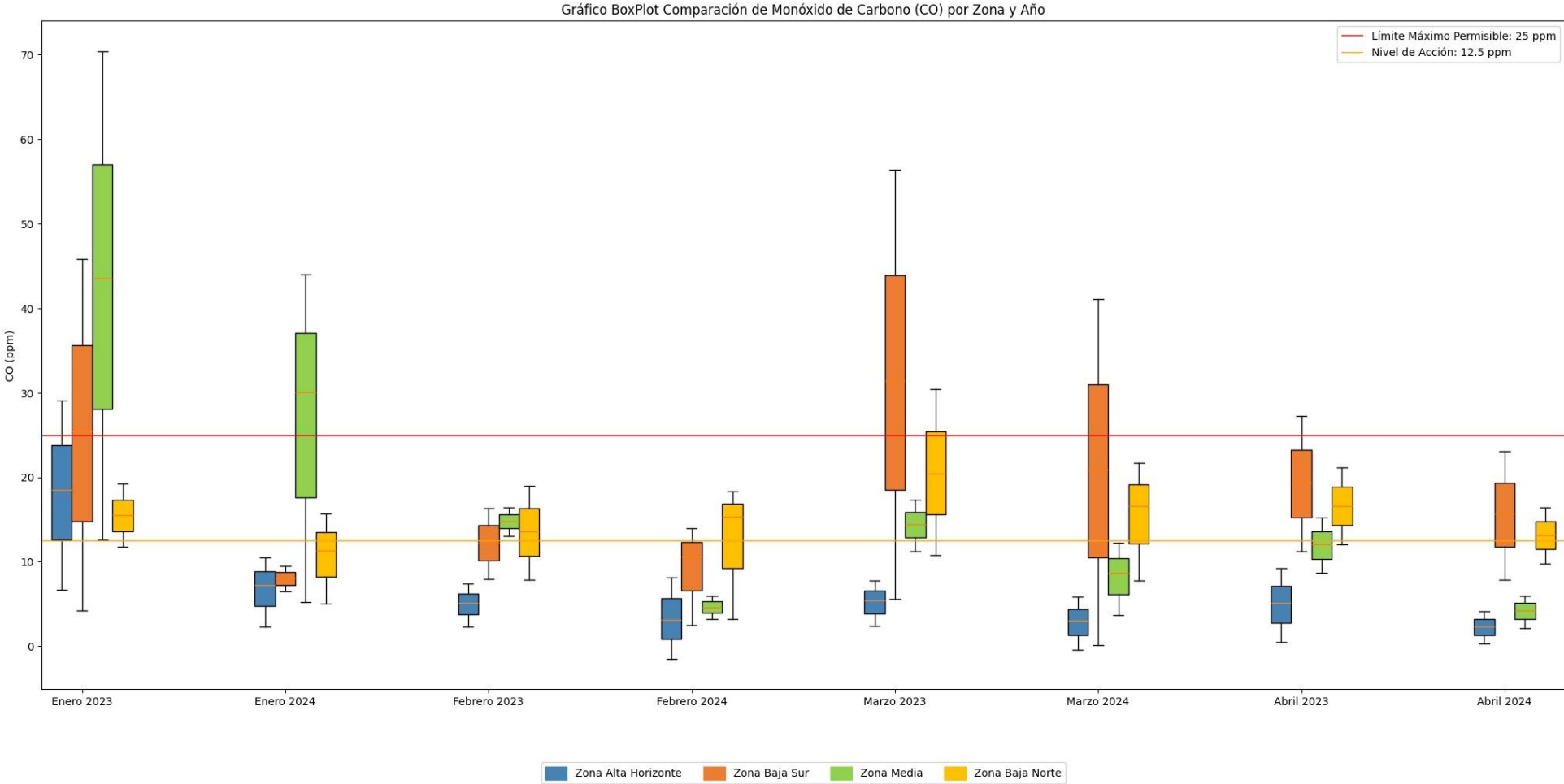


Figura 13

Gráfico Boxplot comparación de CO Ocupacional por zona y año utilizando datos lognormalizados según planilla AIHA



4.5 Correlación de los niveles de CO emitidos por los vehículos mineros y los niveles de CO TLV-TWA en las diferentes zonas de trabajo subterráneas.

Se realizó el análisis de correlación existente entre los niveles de CO generados por los vehículos por zonas y fechas y los niveles de CO ocupacionales medidos por zonas y fechas. Así se tuvieron 32 grupos de datos de medición

1. *enero2023ZonaAlta*
2. *enero2023ZonaBaja Sur*
3. *enero2023ZonaMedia*
4. *enero2023ZonaBaja Norte*
5. *enero2024ZonaAlta*
6. *enero2024ZonaBaja Sur*
7. *enero2024ZonaMedia*
8. *enero2024ZonaBaja Norte*
9. *febrero2023ZonaAlta*
10. *febrero2023ZonaBaja Sur*
11. *febrero2023ZonaMedia*
12. *febrero2023ZonaBaja Norte*
13. *febrero2024ZonaAlta*
14. *febrero2024ZonaBaja Sur*
15. *febrero2024ZonaMedia*
16. *febrero2024ZonaBaja Norte*
17. *marzo2023ZonaAlta*
18. *marzo2023ZonaBaja Sur*
19. *marzo2023ZonaMedia*
20. *marzo2023ZonaBaja Norte*
21. *marzo2024ZonaAlta*

- 22. marzo2024ZonaBaja Sur
- 23. marzo2024ZonaMedia
- 24. marzo2024ZonaBaja Norte
- 25. abril2023ZonaAlta
- 26. abril2023ZonaBaja Sur
- 27. abril2023ZonaMedia
- 28. abril2023ZonaBaja Norte
- 29. abril2024ZonaAlta
- 30. abril2024ZonaBaja Sur
- 31. abril2024ZonaMedia
- 32. abril2024ZonaBaja Norte

En cada momento y zona indicada se estimaron las medias, en el análisis estadístico inferencial de los datos ya se mostraron las medidas de cada zona ocupacionalmente. Se desarrollaron de la misma forma los datos por zonas y por fechas para poder así realizar la prueba de correlación. Se creó la base de datos “dataBaseZonasVehiculos.py” y luego se realizó el análisis estadístico inferencial para estimar la media.

Tabla 24

Categorización de las emisiones de los vehículos en las zonas Basado en un Estimado de la Media del Perfil de Exposición

Ítem	Periodo	Zona	LIC número exacto de Land (ppm)	LSC número exacto de Land (ppm)	Media Estimada con estimado imparcial de la varianza mínima (MVUE (ppm)	Límite Máximo Permisible	Cumplimiento	Ítem
1	enero2023	Alta	287.96	394.54	331.81	500	66.4%	Nivel de Acción
2	enero2023	Baja Sur	249.44	385.77	301.42	500	60.3%	Nivel de Acción
3	enero2023	Media	201.61	464.10	279.14	500	55.8%	Nivel de Acción
4	enero2023	Baja Norte	220.92	359.15	272.01	500	54.4%	Nivel de Acción
5	enero2024	Alta	199.30	281.51	232.47	500	46.5%	Nivel de Acción

Ítem	Periodo	Zona	LIC número exacto de Land (ppm)	LSC número exacto de Land (ppm)	Media Estimada con estimado imparcial de la varianza mínima (MVUE (ppm)	Límite Máximo Permisible	Cumplimiento	Ítem
6	enero2024	Baja Sur	174.81	267.35	210.34	500	42.1%	Nivel de Acción
7	enero2024	Media	148.68	250.00	185.24	500	37.0%	Nivel de Acción
8	enero2024	Baja Norte	153.25	251.07	189.23	500	37.8%	Nivel de Acción
9	febrero2023	Alta	252.43	335.25	287.23	500	57.4%	Nivel de Acción
10	febrero2023	Baja Sur	231.39	360.79	280.39	500	56.1%	Nivel de Acción
11	febrero2023	Media	226.75	330.06	267.71	500	53.5%	Nivel de Acción
12	febrero2023	Baja Norte	271.10	352.38	305.82	500	61.2%	Nivel de Acción
13	febrero2024	Alta	172.14	257.72	205.43	500	41.1%	Nivel de Acción
14	febrero2024	Baja Sur	149.55	247.03	185.06	500	37.0%	Nivel de Acción
15	febrero2024	Media	138.32	229.21	171.28	500	34.3%	Nivel de Acción
16	febrero2024	Baja Norte	181.35	331.39	232.43	500	46.5%	Nivel de Acción
17	marzo2023	Alta	262.98	339.15	295.56	500	59.1%	Nivel de Acción
18	marzo2023	Baja Sur	272.26	401.55	323.06	500	64.6%	Nivel de Acción
19	marzo2023	Media	314.33	511.23	386.72	500	77.3%	Nivel de Acción
20	marzo2023	Baja Norte	329.70	460.63	383.04	500	76.6%	Nivel de Acción
21	marzo2024	Alta	198.14	268.12	227.17	500	45.4%	Nivel de Acción
22	marzo2024	Baja Sur	204.01	290.04	238.64	500	47.7%	Nivel de Acción
23	marzo2024	Media	216.06	347.98	264.89	500	53.0%	Nivel de Acción
24	marzo2024	Baja Norte	238.91	335.43	278.10	500	55.6%	Nivel de Acción
25	abril2023	Alta	309.57	479.88	374.40	500	74.9%	Nivel de Acción
26	abril2023	Baja Sur	371.48	570.83	447.73	500	89.5%	Nivel de Acción
27	abril2023	Media	226.22	354.35	274.58	500	54.9%	Nivel de Acción
28	abril2023	Baja Norte	323.21	501.16	390.85	500	78.2%	Nivel de Acción
29	abril2024	Alta	208.97	340.58	257.54	500	51.5%	Nivel de Acción
30	abril2024	Baja Sur	268.59	556.21	359.44	500	71.9%	Nivel de Acción
31	abril2024	Media	163.90	454.02	238.61	500	47.7%	Nivel de Acción
32	abril2024	Baja Norte	261.53	877.59	402.15	500	80.4%	Nivel de Acción

La tabla anterior nos muestra los niveles de media aritmética estimada por la generación de vehículos mineros por zonas y fechas. Se analizó también la tabla *“Categorización de la exposición ocupacional de los puestos de trabajo Basado en un Estimado de la Media del Perfil de Exposición”*. Ambas tablas tienen los datos medidos y estimados coincidentes en zona y fecha es decir de enero, febrero, marzo, abril de 2023 y

2024 y su división en 4 zonas Alta, Baja Sur, Media y Baja Norte en total 32 situaciones en donde se observaron las emisiones de CO de los vehículos mineros y sus respectivos niveles de CO ocupacional por lo que se realizó un análisis de correlación de esos datos. El detalle de procesamiento es la naturaleza de los datos de agentes químicos todo el análisis de correlación se realizará con los datos lognormalizados.

Tabla 25

Resumen de Emisión de CO por vehículos y percepción de CO en zonas

Ítem	Periodo	Zona	Media Estimada Emisión de CO Vehículos (MVUE (ppm))	Media Estimada CO Ocupacional (MVUE (ppm))
1	enero2023	Alta	331.805	18.1127032
2	enero2023	Baja Sur	301.423	24.7497732
3	enero2023	Media	279.139	42.2835368
4	enero2023	Baja Norte	272.007	15.4638302
5	enero2024	Alta	232.473	7.13813533
6	enero2024	Baja Sur	210.342	8.00011977
7	enero2024	Media	185.241	28.2569113
8	enero2024	Baja Norte	189.229	11.0428313
9	febrero2023	Alta	287.234	5.00421537
10	febrero2023	Baja Sur	280.388	12.1717868
11	febrero2023	Media	267.706	14.7506295
12	febrero2023	Baja Norte	305.815	13.4797219
13	febrero2024	Alta	205.426	2.70984285
14	febrero2024	Baja Sur	185.058	10.1488677
15	febrero2024	Media	171.282	4.56711732
16	febrero2024	Baja Norte	232.433	15.1937635
17	marzo2023	Alta	295.561	5.25610406
18	marzo2023	Baja Sur	323.060	30.631726
19	marzo2023	Media	386.721	14.3649626
20	marzo2023	Baja Norte	383.039	20.3163101
21	marzo2024	Alta	227.171	2.67465658
22	marzo2024	Baja Sur	238.640	20.0722139
23	marzo2024	Media	264.887	8.64577055
24	marzo2024	Baja Norte	278.105	16.1670377
25	abril2023	Alta	374.402	4.88154487
26	abril2023	Baja Sur	447.731	19.1781338
27	abril2023	Media	274.583	11.9613697
28	abril2023	Baja Norte	390.846	16.5492104
29	abril2024	Alta	257.542	2.19449299

Ítem	Periodo	Zona	Media Estimada Emisión de CO Vehículos (MVUE (ppm))	Media Estimada CO Ocupacional (MVUE (ppm))
30	abril2024	Baja Sur	359.441	15.4709112
31	abril2024	Media	238.613	4.24024292
32	abril2024	Baja Norte	402.155	13.1266863

4.5.1 Programación del análisis de Correlación de Spearman en Python.

Para analizar la correlación entre las emisiones de CO de los vehículos mineros y los niveles ocupacionales de CO, se utilizó la transformación logarítmica de los datos debido a la naturaleza log-normal esperada de los agentes químicos. Tras la transformación, se realizaron pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk), confirmando que ambos conjuntos de datos seguían distribuciones normales. Se realizó el desarrollo del script para realizar el análisis de la data de las emisiones estimadas de los vehículos versus las medias estimadas de CO ocupacional, por la naturaleza de los datos se sabe que los agentes químicos como el CO tiene una naturaleza típica lognormal, por lo que el código generado logtransformó los datos y realizó la prueba de Spearman para visualizar la correlación.

Figura 14

Código en Python para el análisis de Shapiro-Wilk y la correlación de Spearman

```
import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns
from scipy.stats import shapiro, spearmanr

# Crear DataFrame con los datos proporcionados
data = {
    "MVUE_CO_Vehiculos": [331.805, 301.423, 279.139, 272.007, 232.473, 210.342, 185.241, 189.229,
                        287.234, 280.388, 267.706, 305.815, 205.426, 185.058, 171.282, 232.433,
                        295.561, 323.060, 386.721, 383.039, 227.171, 238.640, 264.887, 278.105,
                        374.402, 447.731, 274.583, 390.846, 257.542, 359.441, 238.613, 402.155],
    "MVUE_CO_Ocupacional": [18.1127032, 24.74977324, 42.28353675, 15.46383021, 7.138135333, 8.000119769,
                           28.25691131, 11.04283126,
                           5.004215366, 12.17178678, 14.75062953, 13.47972189, 2.709842845, 10.14886768,
                           4.567117322, 15.19376346,
                           5.256104064, 30.63172602, 14.36496263, 20.31631009, 2.674656581, 20.07221394,
                           8.64577055, 16.1670377,
                           4.881544873, 19.17813381, 11.96136965, 16.54921038, 2.194492989, 15.47091118,
                           4.240242917, 13.12668629]
}

df = pd.DataFrame(data)

# Aplicar transformación logarítmica
df['Log_MVUE_CO_Vehiculos'] = np.log(df['MVUE_CO_Vehiculos'])
df['Log_MVUE_CO_Ocupacional'] = np.log(df['MVUE_CO_Ocupacional'])

# Visualizar los datos log-transformados con un gráfico de dispersión
plt.figure(figsize=(10, 6))
sns.scatterplot(x='Log_MVUE_CO_Vehiculos', y='Log_MVUE_CO_Ocupacional', data=df)
plt.title('Relación entre Emisiones de CO y Niveles Ocupacionales de CO (Log-Transformados)')
plt.xlabel('Log Emisiones de CO Vehiculos (MVUE)')
plt.ylabel('Log Niveles Ocupacionales de CO (MVUE)')
plt.show()

# Verificar la normalidad de los datos log-transformados
shapiro_log_vehiculos = shapiro(df['Log_MVUE_CO_Vehiculos'])
shapiro_log_ocupacional = shapiro(df['Log_MVUE_CO_Ocupacional'])

# Mostrar los resultados de las pruebas de normalidad
print("Shapiro-Wilk Test para Emisiones de CO Vehiculos (Log-Transformados):")
print(f"Estadístico: {shapiro_log_vehiculos[0]}, p-valor: {shapiro_log_vehiculos[1]}")
print("Shapiro-Wilk Test para Niveles Ocupacionales de CO (Log-Transformados):")
print(f"Estadístico: {shapiro_log_ocupacional[0]}, p-valor: {shapiro_log_ocupacional[1]}")

# Calcular la correlación de Spearman con datos log-transformados
spearman_corr_log, spearman_p_value_log = spearmanr(df['Log_MVUE_CO_Vehiculos'], df['Log_MVUE_CO_Ocupacional'])

# Mostrar los resultados de las correlaciones log-transformadas
print(f"Correlación de Spearman (Log-Transformados): Coeficiente = {spearman_corr_log}, p-valor = {spearman_p_value_log}")
```

4.5.2 Análisis de Resultados de la Correlación por Spearman

Se calculó el coeficiente de correlación de Spearman para evaluar la relación entre los niveles de CO emitidos por los vehículos mineros y los niveles de CO TLV-TWA en cada zona de trabajo subterráneo.

El análisis de los datos se realizó mediante la transformación logarítmica de las emisiones de CO de los vehículos y los niveles ocupacionales de CO. Este enfoque se utilizó debido a la naturaleza log-normal esperada de los agentes químicos como el CO. Los resultados del análisis estadístico se presentan a continuación.

Pruebas de Normalidad

Se aplicaron pruebas de Shapiro-Wilk para verificar la normalidad de los datos log-transformados:

Emisiones de CO de Vehículos (Log-Transformados):

- Estadístico: 0.9749
- p-valor: 0.6424

Interpretación: El p-valor obtenido fue mayor que 0.05, lo que indica que no se rechazó la hipótesis nula de normalidad. Por lo tanto, se concluyó que los datos log-transformados de emisiones de CO de los vehículos seguían una distribución normal.

Niveles Ocupacionales de CO (Log-Transformados):

- Estadístico: 0.9526
- p-valor: 0.1708

Interpretación: El p-valor obtenido fue mayor que 0.05, lo que indica que no se rechazó la hipótesis nula de normalidad. Por lo tanto, se concluyó que los datos log-transformados de niveles ocupacionales de CO seguían una distribución normal.

Correlación de Spearman

Se empleó la correlación de Spearman sobre los datos log-transformados para determinar la relación entre los niveles de CO ocupacionales y las emisiones de CO de los vehículos:

Coeficiente de Correlación de Spearman: 0.4150

p-valor: 0.0182

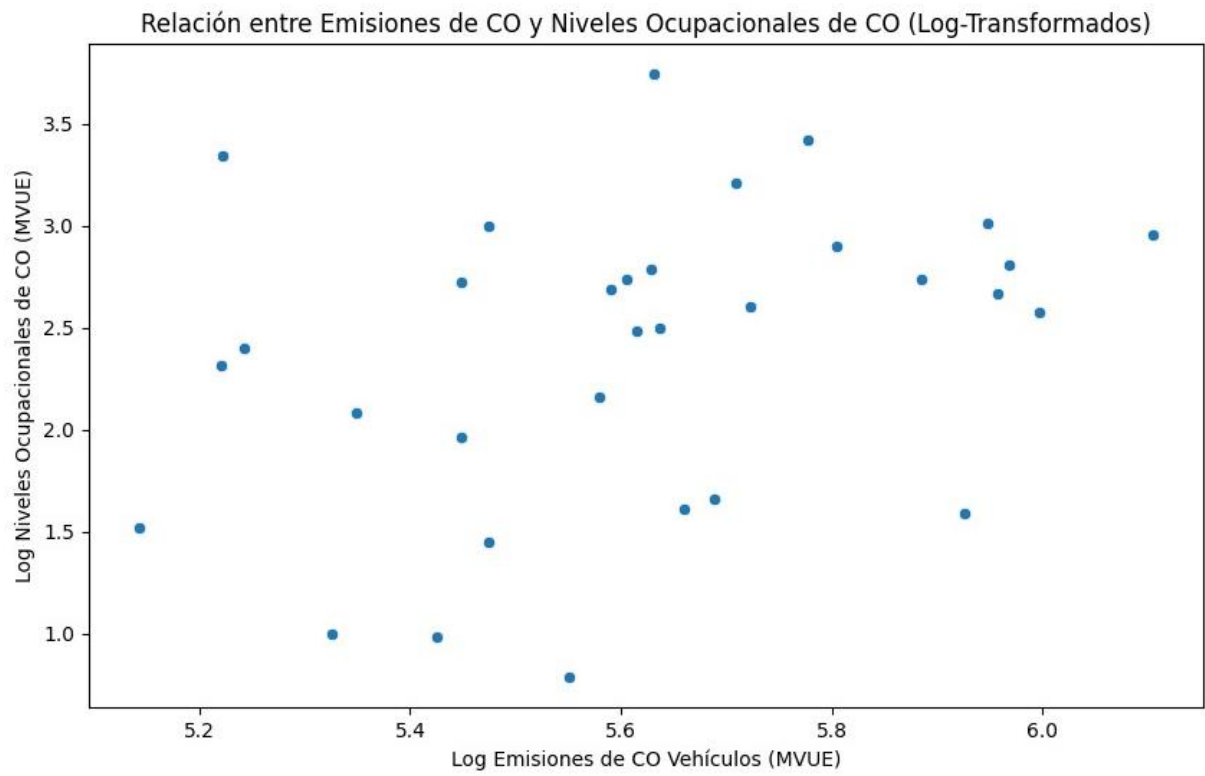
Interpretación: Según el coeficiente de correlación de Spearman, las emisiones de CO de los vehículos y los niveles de CO ocupacionales tienen una correlación positiva moderada. Esta correlación es estadísticamente significativa, ya que el p-valor fue menor que 0.05.

4.5.3 Gráfico de Dispersión

Se elaboró de un gráfico de dispersión que muestra la relación entre los niveles de CO emitido y los niveles de CO ocupacionales en TLV-TWA.

Figura 15

Gráfico de Dispersión entre Emisiones de CO de vehículos y niveles de CO Ocupacionales logtransformados



Conclusiones

Luego del análisis e interpretación de la información recogida sobre las emisiones de CO de los vehículos mineros subterráneos entre enero a abril del 2023 y 2024, se realizaron las siguientes valoraciones con el propósito de entender la variación en los niveles de CO emitidos por los vehículos dentro de la mina. Los resultados del análisis estadístico utilizando la prueba T de Welch fueron la primera base y referencia para concluir.

Para determinar la existencia de una diferencia significativa entre las emisiones antes y después del control, se decidió utilizar la prueba T de Welch para realizar el análisis estadístico. Esto implicaba el manejo de 1070 datos de medición de CO en esos periodos. Por lo tanto, se optó por desarrollar un aplicativo que automatizara el proceso de cálculo. El programa se realizó con el lenguaje de programación Python versión 3.11.2, y el IDE de desarrollo del programa fue Visual Studio Code. Se concluye que:

Enero: El valor del estadístico T fue 4.3811 con un valor P de 1.5749×10^{-5} , lo que indicó una diferencia significativa en las emisiones de CO entre enero de 2023 y enero de 2024. Se rechazó la hipótesis nula, sugiriendo que la implementación del catalizador tuvo un impacto positivo en la reducción de las emisiones.

Febrero: El valor del estadístico T fue 5.8436 con un valor P de 2.2297×10^{-8} , mostrando una diferencia significativa en las emisiones de CO entre febrero de 2023 y febrero de 2024. La hipótesis nula fue rechazada, lo que confirmó que el catalizador redujo significativamente las emisiones.

Marzo: El valor del estadístico T fue 4.7009 con un valor P de 4.9861×10^{-6} , revelando una diferencia significativa en las emisiones de CO entre marzo de 2023 y marzo de 2024. La hipótesis nula fue rechazada, demostrando que el catalizador disminuyó efectivamente las emisiones de CO.

Abril: El valor del estadístico T fue 3.4009 con un valor P de 0.00078, lo que señaló una diferencia significativa en las emisiones de CO entre abril de 2023 y abril de 2024. Se

rechazó la hipótesis nula, indicando que el catalizador contribuyó a la reducción de las emisiones de CO.

En resumen, el análisis de la prueba T de Welch demostró que hubo una reducción estadísticamente significativa en las emisiones de CO de los vehículos mineros subterráneos tras la implementación de los catalizadores en el año 2024 en comparación con el año 2023. Esto sugiere que la incorporación de catalizadores en los vehículos tuvo un impacto positivo y significativo en la reducción de las emisiones de CO.

El análisis de Gráficos de Tendencia Temporal tuvo como objetivo analizar la variación de monóxido de carbono (CO) en los meses de enero a abril de los años 2023 y 2024. Se observó una considerable variabilidad en los niveles de concentración de CO entre los diferentes vehículos, meses y años analizados. Los gráficos comparativos mostraron que, aunque en general las tendencias de 2023 y 2024 seguían patrones similares, hubo diferencias significativas en ciertos puntos temporales.

Se observó una notable reducción en los niveles de concentración de CO en 2024 en comparación con 2023. Los gráficos comparativos mostraron una disminución significativa en los picos de concentración y en los niveles promedio mensuales de CO. Esta reducción puede atribuirse directamente a la implementación de catalizadores en los vehículos, lo que mejoró la eficiencia en la reducción de emisiones de CO.

La comparación interanual evidenció una disminución consistente en la concentración de CO en todos los meses de 2024. En marzo de 2023, los niveles máximos de CO fueron significativamente más altos que en marzo de 2024, lo que refuerza la efectividad de los catalizadores. Esta tendencia sugiere que la implementación de estas tecnologías en los vehículos fue un factor crucial para la mejora observada.

El análisis de las evaluaciones ocupacionales de los 32 grupos de mediciones de niveles de monóxido de carbono (CO, realizado en las zonas de trabajo subterráneas de la

mina durante los meses de enero, febrero, marzo y abril de 2023 y 2024, permitió obtener las siguientes conclusiones:

Cumplimiento del Límite Máximo Permisible (LMP): De los 32 grupos medidos, 15 grupos (46.88%) cumplieron con el Límite máximo permisible de 25 ppm bajo la consigna de la estimación poblacional de media. Estas mediciones incluyen zonas y periodos específicos donde las concentraciones de CO se mantuvieron por debajo del nivel permitido, indicando una adecuada gestión de la exposición en esos contextos.

Niveles de Acción: 14 grupos (43.75%) se ubicaron en la categoría de "Nivel de Acción", con concentraciones de CO entre el 50% y el 100% del LMP. Estos resultados sugieren que, aunque los niveles de CO no superaron el LMP, se encuentran en un rango que requiere monitoreo y posibles acciones correctivas para evitar el incumplimiento en el futuro.

Superación del LMP: 3 grupos (9.38%) superaron el LMP, situándose en la categoría de "No Cumple". Estas mediciones indican áreas y periodos donde las concentraciones de CO excedieron los niveles seguros establecidos, señalando la necesidad de implementar medidas de control más efectivas y realizar un monitoreo más riguroso.

Importancia del Monitoreo Continuo: Los resultados subrayan la necesidad de mantener un programa de monitoreo continuo y sistemático. El análisis estadístico inferencial utilizando el método del estimado imparcial de la varianza mínima (MVUE) y el "procedimiento exacto de Land" fue crucial para evaluar con precisión los niveles de exposición y tomar decisiones informadas sobre las medidas de control.

El análisis de los niveles de monóxido de carbono (CO) en las distintas zonas de una mina subterránea durante los periodos de enero a abril de 2023 y 2024 ha

proporcionado una comprensión detallada de la variabilidad y centralidad de los datos, así como de la presencia de valores atípicos. A continuación, se presentan las conclusiones basadas en los resultados obtenidos y visualizados mediante boxplots.

Reducción General de los Niveles de CO en 2024: En comparación con 2023, los niveles de CO en 2024 mostraron una tendencia general a la disminución en todas las zonas de la mina. Esta reducción es particularmente notable en las Zonas Alta Horizonte y Baja Sur.

Variabilidad de los Niveles de CO: La variabilidad de los niveles de CO, representada por el rango intercuartílico (IQR), fue considerable en algunas zonas, especialmente en la Zona Media y Zona Baja Sur durante 2023. Esta variabilidad se redujo significativamente en 2024, sugiriendo una mayor consistencia en las concentraciones de CO.

Se realizó el análisis boxplot utilizando datos lognormalizados según los LIC y LSC con el método del número exacto de land y la estimación de la media (según la **tabla Categorización de la exposición Basado en un Estimado de la Media del Perfil de Exposición**) y se concluye que el comportamiento de los datos sigue una línea similar por lo que ambos gráficos sirven para observar el comportamiento de los datos en cuanto a si aumentan, disminuyen o se encuentran estáticos al paso del tiempo.

Se procedió a la transformación logarítmica de los datos de emisiones de CO de los vehículos y los niveles ocupacionales de CO debido a la naturaleza log-normal esperada de los agentes químicos como el CO. Posteriormente, se realizaron pruebas de normalidad utilizando el test de Shapiro-Wilk para verificar si los datos log-transformados seguían una distribución normal.

Los resultados de las pruebas de normalidad indicaron que tanto los datos de emisiones de CO de los vehículos (estadístico = 0.9749, $p = 0.6424$) como los datos de niveles ocupacionales de CO (estadístico = 0.9526, $p = 0.1708$) no rechazaron la hipótesis nula de normalidad ($p > 0.05$). Esto sugiere que los datos log-transformados se distribuyeron normalmente.

Para evaluar la relación entre las emisiones de CO de los vehículos y los niveles ocupacionales de CO, se utilizó la correlación de Spearman, apropiada para datos que no necesariamente siguen una relación lineal, pero pueden tener una relación monótonica. El coeficiente de correlación de Spearman fue de 0.4150 con un p-valor de 0.0182, indicando una correlación positiva moderada y estadísticamente significativa ($p < 0.05$).

En conclusión, se determinó una correlación positiva moderada y significativa entre las emisiones de CO de los vehículos y los niveles ocupacionales de CO en los datos log-transformados, validando la hipótesis de que existe una relación entre estas dos variables en el contexto del estudio realizado.

Recomendaciones

Se recomienda implementar sistemas de monitoreo continuo en todas las zonas de las operaciones mineras subterráneas para detectar y gestionar eficazmente las emisiones de CO. Se recomienda la implementación de catalizadores a todos vehículos que entren a la zona de mina subterránea, se demostró la efectividad de este control con respecto a mitigar los niveles de CO en los vehículos.

Se recomienda que futuros estudios incluyan un análisis más detallado de las fuentes de emisión de CO y consideren otros contaminantes relevantes para proporcionar una visión más completa de la calidad del aire. Además, integrar datos meteorológicos y de actividad humana permitiría un análisis más robusto y detallado de las causas de las variaciones en la concentración de CO. Finalmente, se sugiere la implementación de modelos predictivos para anticipar episodios de alta concentración y mitigar sus impactos en la salud pública.

Se recomienda aplicar transformaciones logarítmicas a los datos de emisiones de CO de los vehículos y los niveles ocupacionales de CO en futuros estudios. La transformación logarítmica ayuda a normalizar los datos que presentan distribuciones sesgadas y facilita un análisis estadístico más robusto.

Es fundamental realizar pruebas de normalidad, como el test de Shapiro-Wilk, para los datos log-transformados. Los resultados de este estudio indicaron que tanto las emisiones de CO de los vehículos como los niveles ocupacionales de CO seguían distribuciones normales después de la transformación. Validar la normalidad de los datos es crucial para elegir los métodos estadísticos adecuados.

Dado que los datos log-transformados mostraron una correlación positiva moderada y significativa a través de la correlación de Spearman, se recomienda utilizar este método para futuros análisis de correlación en estudios similares. La correlación de Spearman es adecuada para capturar relaciones monotónicas y es menos sensible a las suposiciones de normalidad y linealidad.

Basado en la correlación significativa entre las emisiones de CO de los vehículos y los niveles ocupacionales de CO, se recomienda la implementación de medidas de control más estrictas en la operación de vehículos mineros subterráneos. Estas medidas pueden incluir el uso de tecnologías de reducción de emisiones, ventilación mejorada y protocolos de mantenimiento regular de los vehículos.

Se recomienda ampliar el periodo de estudio para incluir datos a lo largo de varios años y diferentes condiciones operativas. Esto permitirá un análisis más comprensivo y ayudará a identificar patrones y tendencias a largo plazo en la relación entre las emisiones de CO y los niveles ocupacionales de CO

Referencias bibliográficas

- AIHA. (s/f). *EASC-IHSTAT*. Recuperado el 21 de julio de 2024, de <https://www.aiha.org/public-resources/consumer-resources/apps-and-tools-resource-center/aiha-risk-assessment-tools/ihstat-multi-language-version/ihstat-multi-language-version-version-tool-download>
- AIHA. (2010). *La Estrategia para la Evaluación de la Exposición Ocupacional* (3ra ed.). <http://www.aiha.org>
- Carrion, M. (2023). *Plan de Minado Mina Huarón. Huarón: Pan American Silver Corp.*
- Flores-Ruiz, E., Miranda-Novales, M. G., Villasís-Keever, M. Á., Flores-Ruiz, E., Miranda-Novales, M. G., & Villasís-Keever, M. Á. (2017). El protocolo de investigación VI: cómo elegir la prueba estadística adecuada. *Estadística inferencial. Revista Alergia México*, 64(3), 364–370. <https://doi.org/10.29262/ram.v64i3.304>
- Montalvo, C. E. (2014). *Muestreo de polvo respirable basado en la conformación de Grupos de Exposición Similar (GES) en la minera de fosfatos Miski Mayo - Planta Concentradora.*
- Novales, A. (2010). *Análisis de Regresión*. <https://www.ucm.es/data/cont/docs/518-2013-11-13-Analisis%20de%20Regresion.pdf>
- Romero, M. C. (2015). Exposición laboral al ruido de los trabajadores de una mina a tajo abierto debido a la expansión, ubicación y tipo de actividad de los operadores, en la región norte del país. *Universidad Nacional de Ingeniería*. <https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/2182>

Rubio, M. J., & Berlanga, V. (2012). Dipòsit Digital de la Universitat de Barcelona: Cómo aplicar las pruebas paramétricas bivariadas t de Student y ANOVA en SPSS. *Revista d'Innovació i Recerca en Educació*. <https://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/45286>

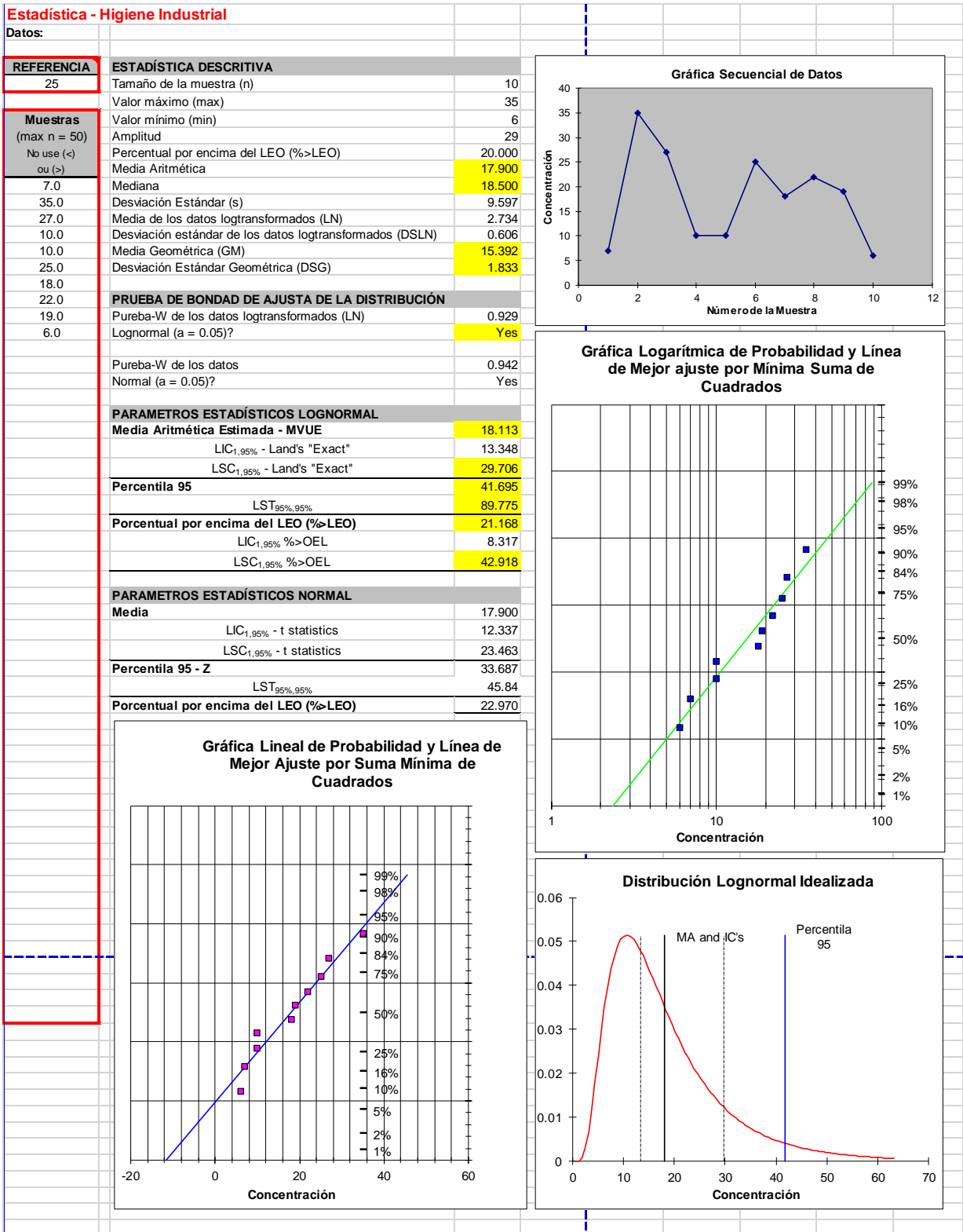
Saucedo-Moreno, E. M., Fenig-Rodríguez, J., Saucedo-Moreno, E. M., & Fenig-Rodríguez, J. (2019). Estadística en cirugía, cómo entender y aplicar conceptos básicos. *Cirugía y Cirujanos*, 87(6), 692–697. <https://doi.org/10.24875/CIRU.19000487>

Welch, B. L. (1947). The Generalization of 'Student's' Problem when Several Different Population Variances are Involved. *Biometrika*, 34(1/2), 28. <https://doi.org/10.2307/2332510>

Anexos

Anexo 1: Estimación de la media y límites Inferior y Superior de Confianza de los niveles de CO ocupacional de la Zona Alta enero 2023	1
Anexo 2: Estimación de la media y límites Inferior y Superior de Confianza de los niveles de CO ocupacional de la Zona Baja Norte enero 2023	2

Anexo 1. Estimación de la media y límites Inferior y Superior de Confianza de los niveles de CO ocupacional de la Zona Alta enero 2023



Anexo 2. Estimación de la media y límites Inferior y Superior de Confianza de los niveles de CO ocupacional de la Zona Baja Norte enero 2023

Estadística - Higiene Industrial

Datos:

REFERENCIA	ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA	
25	Tamaño de la muestra (n)	11
	Valor máximo (max)	21
	Valor mínimo (min)	10
	Amplitud	11
Muestras (max n = 50) No use (<) ou (>)	Percentual por encima del LEO (%>LEO)	0.000
15.0	Media Aritmética	15.455
16.0	Mediana	15.000
16.0	Desviación Estándar (s)	3.357
20.0	Media de los datos logtransformados (LN)	2.715
15.0	Desviación estándar de los datos logtransformados (DSLN)	0.225
16.0	Media Geométrica (GM)	15.112
18.0	Desviación Estándar Geométrica (DSG)	1.253
21.0		
14.0	PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTA DE LA DISTRIBUCIÓN	
14.0	Pureba-W de los datos logtransformados (LN)	0.950
11.0	Lognormal (a = 0.05)?	Yes
10.0		
	Pureba-W de los datos	0.960
	Normal (a = 0.05)?	Yes

