

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN
PARA REDUCIR GASES TÓXICOS EN LA MINA
SUBTERRÁNEA NAZARENO ADY S.R.L.,
CAJAMARCA, 2022”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Jose Wayner Atalaya Rodriguez

Asesor:

Mg. Ing. Rafael Ocas Boñon

<https://orcid.org/0000-0001-9519-2532>

Cajamarca - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Daniel Alejandro Alva Huamán	43006890
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Miguel Ricardo Portilla Castañeda	172707
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Danyer Stewart Giron Palomino	94271
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

DEDICATORIA

Esta investigación es dedicada a mis padres, por el apoyo moral incondicional hacia mis objetivos trasados en mi formación académica en la facultad de ingeniería de minas de la Universidad Privada del Norte.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradecer a Dios por darme la vida la salud y las posibilidades de superar cualquier dificultad encontrada en este camino emprendido en la universidad y terminar con esta investigación.

Agradezco a mis padres por darme esa formación básica de buenos principios hacia la excelencia por el apoyo incondicional y por el ejemplo de superación sobre las adversidades.

Agradezco también los docentes de la Universidad Privada del Norte, especialmente a los de la Facultad de Ingeniería de Minas por sus conocimientos compartidos.

Tabla de Contenidos

JURADO EVALUADOR.....	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO.....	4
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN	8
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN	9
1.1. Realidad problemática (mínimo 18)	9
1.2. Formulación del problema	11
1.3. Objetivos.....	11
1.4. Hipótesis	11
CAPITULO II. METODOLOGÍA.....	12
2.1. Tipo de investigación	12
2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)	12
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	13
2.4. Procedimiento.....	15
2.5. Aspectos éticos	16
CAPÍTULO III. RESULTADOS	17
3.1. Diagnóstico de la calidad de aire actual dentro de las labores subterráneas	18
3.2. Cálculo de Caudal:	29
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	32
4.1. Discusión	32
4.2. Conclusión	33
REFERENCIAS	34
ANEXOS	39
ANEXO n.º 1. Certificado de calibración.	39
ANEXO n.º 2. Licencia de funcionamiento del laboratorio.	45
ANEXO n.º 3. Instrumentos para recolectar mediciones de PM, gases y ruido.....	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Ubicación de la Mina Nazareno Ady S.R.L.	15
Tabla 2 Concentración de Partículas en Suspensión PM10.....	19
Tabla 3 Concentración de partículas en suspensión PM2.5.....	20
Tabla 4 Concentración de Dióxido de Azufre (SO ₂).	22
Tabla 5 Concentración de Monóxido de Carbono (CO).....	24
Tabla 6 Concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)-12h.	26
Tabla 7 Concentración de ruido-12h.	28
Tabla 8 Concentración de Partículas en Suspensión PM10.....	46
Tabla 9 Concentración de Partículas en Suspensión PM2.5.....	46
Tabla 10 Concentración de Dióxido de Azufre (SO ₂).	47
Tabla 11 Concentración de Monóxido de Carbono (CO).....	47
Tabla 12 Concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)-12h.	48
Tabla 13 Concentración de ruido-12h.	48
Tabla 14 Promedios de concentraciones comparadas con los límites máximos permisibles.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Comparación de concentraciones de Partículas en Suspensión PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	20
Figura 2: Comparación de concentraciones de Partículas en Suspensión PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	22
Figura 3: Comparación de concentraciones de SO2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	24
Figura 4: Comparación de concentraciones de Monóxido de Carbono (CO) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	26
Figura 5: Comparación de concentraciones de Dióxido de Nitrógeno (NO2) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	28
Figura 6: Comparación de concentraciones de ruido dBA.	29

RESUMEN

El objetivo general de la presente investigación fue diseñar de un sistema de ventilación para reducir la presencia de gases tóxicos en el interior de la mina subterránea Nazareno ADY S.R.L., para ello se plantearon objetivos específicos como diagnosticar la calidad de aire actual, calcular el caudal del aire óptimo y elaborar el diseño de un sistema de ventilación. La investigación fue aplicada, y mixta, es decir tanto cualitativa y cuantitativa. La concentración de PM 2.5 fue en promedio 7.38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y el límite máximo permisible fue 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Para PM10 fue en promedio 8.59 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y el LMP fue 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Para SO₂ el promedio fue 3.57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y el límite máximo permisible fue 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, para CO el promedio fue 5274.29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y el límite máximo permisibles fue 30 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; para NO₂ se registra el promedio 85.84 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y LMP es de 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Finalmente, para ruido el promedio encontrado es de 60.25 dBA y el límite máximo permisible es de 80dBA. Se puede evidenciar que en ningún caso se sobrepasa los límites máximos permisibles, por lo cual no representa riesgo alto de contaminación. Para que las labores subterráneas se desarrollaron con mayor seguridad, el caudal del aire necesario en la concesión Nazareno Ady es de 15 m^3/min . El diseño de un sistema de ventilación dentro de la labor subterránea, consiste en una chimenea, ya que de acuerdo al avance el caudal del aire es suficiente para trabajar.

Palabras clave: ventilación, gases tóxicos, minería subterránea, calidad de aire.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

A nivel mundial, los incidentes y accidentes dentro de las labores subterráneas han venido generando múltiples multas a las empresas mineras involucradas en la extracción de los minerales de interés económico (Agama, 2016); asimismo, de acuerdo a la normativa en donde prima la salud de los trabajadores, se demostró la importancia de garantizar la óptima ventilación al interior mina, y a su vez también se garantiza las condiciones para laborar en la explotación no sólo en temperatura y concentración de oxígeno (Sagástegui, 2014), sino también en función de la dilución de los gases generados por la voladura y el metano generado por los minerales presentes (Córdoba & Molina, 2011).

Mariño, Jorge; Ortegón, Marco y Mariño, Natalia (2016), en su artículo científico titulado: “Evaluación de las posibilidades de desgasificación en minas de carbón de Socotá”; hicieron mediciones adicionales y se consideraron diferentes posibilidades de desgasificación. Por ello se realizaron pozos, para desgasificar las zonas mineras donde se va a desarrollar la futura mina subterránea (Sánchez y Chafloque, 2019). La mezcla de desgasificación y ventilación permite reducir considerablemente el riesgo de explosiones (Schwab, 2018). Las altas concentraciones de metano permiten plantear la posibilidad de utilizar ese gas en las minas para producir energía, o para conectarlo a la red de distribución de gas natural (Alarcón y Salazar, 2016).

Carabajo (2015), en su artículo científico titulado: “Diseño del circuito de ventilación de la zona norte de la mina Cabo de hornos, ubicada en el distrito aurífero - polimetálico Portovelo - Zaruma”; realizó el balance de masa de aire fresco y demostró que el circuito registra un déficit del 75% del caudal de ingreso necesario, valor que llega a aumentar a medida que avanzan los trabajos de desarrollo minero, debido a que

en profundidad no se cuenta con chimeneas ni de inyección ni de extracción, de igual manera la concentración de los gases aumenta en los sectores más profundos de la mina, en los sitios en donde se realizan las operaciones de desarrollo, debido a la utilización de equipos con motores de combustión interna, ambiente que dificulta el eficiente desempeño de los trabajadores y deteriora las condiciones laborales (Araujo, 2016).

Helguero y Medinaceli (2020), en su artículo científico titulado: “Sistema Detector de Gases utilizando Sensores en Tiempo Real MIN – SIS 1.0 SDG-STR”, explican que uno de los factores que genera la emisión de gases tóxicos es la voladura de roca acompañado de procesos de descomposición de las rocas, los mineros diariamente realizan voladuras para fragmentar la roca y ellos pueden estar propensos a sufrir intoxicaciones que a lo largo de su vida pueden traer complicaciones en su salud. Ante esta problemática se pensó que los robots pueden ser usados para superar estos desafíos (Schwab, 2018). Aunque éstos podrían no estar capacitados para reemplazar completamente a los trabajadores, pero sí para la parte más peligrosa y pesada. Presentaron un prototipo mecatrónico móvil, denominado ROBOT MINERO MIN – SIS 1.0 SDG-STR (Estrella, 2015). Este robot, tiene la forma de un auto, que es controlado por mando a bluetooth y con la capacidad de enviar imágenes por video, y con el objetivo de realizar la medición precisa (Fuentes, 2018).

En la explotación de la mina subterránea Nazareno Ady S.R.L., no se realizan mejoras en el sistema de ventilación, las vetas contienen altas concentraciones de zinc, cobre y en plomo asociadas a minerales de sulfuro; los sulfuros exponen a los colaboradores a posibles intoxicaciones. El diseño de un sistema de ventilación en la mina Nazareno Ady es importante para la circulación de aire fresco mediante un sistema natural, con ello se asegura un ambiente respirable y seguro para continuidad de sus tareas. Dentro

de la ventilación natural se establece un circuito para la circulación del aire mediante todas las labores, por ello es necesario que la unidad minera tenga dos accesos independientes, como puede ser un pique y un socavón. Además, este sistema de ventilación proporcionará un clima seguro, saludable, y en lo posible cómodo para los mineros (Córdoba y Molina, 2011). Con la finalidad de garantizar el flujo de aire fresco y limpio tanto en los frentes de trabajo como en las galerías de acceso (Valdivia, 2017).

1.2. Formulación del problema

¿En qué medida el diseño de un sistema de ventilación reducirá la presencia de gases tóxicos en el interior de la mina subterránea Nazareno ADY S.R.L?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Diseñar de un sistema de ventilación para reducir la presencia de gases tóxicos en el interior de la mina subterránea Nazareno ADY S.R.L.

1.3.2. Objetivos específicos.

- Diagnosticar la calidad de aire actual en el interior de la mina subterránea Nazareno ADY S.R.L.
- Calcular el caudal del aire óptimo para el desarrollo de las labores subterráneas de la mina subterránea Nazareno ADY S.R.L.
- Elaborar el diseño de un sistema de ventilación con chimeneas en el interior de la mina subterránea Nazareno ADY S.R.L.
- Proyectar la calidad de aire actual en el interior de la mina subterránea Nazareno ADY S.R.L. después del diseño de un sistema de ventilación.

1.4. Hipótesis

El diseño de un sistema de ventilación reduce considerablemente la presencia de gases tóxicos en el interior de la mina subterránea Nazareno ADY S.R.L.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

2.1.1. Tipo de investigación

Según el propósito: la investigación fue aplicada, ya que se buscó resolver la presencia de gases tóxicos en el interior de la mina subterránea Nazareno Ady S.R.L. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

Según el enfoque: la investigación fue cuantitativa, ya que Hernández, Fernández, & Baptista (2014) precisan que este tipo de investigación prueban su hipótesis a través de la medición numérica y/o el análisis estadístico. En esta tesis se midió la concentración de gases tóxicos en el interior de la mina subterránea Nazareno Ady S.R.L.

Según el alcance: la investigación fue explicativa, Hernández, Fernández, & Baptista (2014) se enfoca en explicar por qué ocurre un problema y en qué condiciones se manifiesta, o por qué se relacionan dos o más variables. En esta tesis se analizó la relación entre la ventilación y los gases tóxicos.

2.1.2. Diseño de investigación

La investigación fue preexperimental, Hernández, Fernández, & Baptista (2014) que consiste en administrar un estímulo o tratamiento a un grupo y después aplicar una medición de una o más variables. En esta tesis se va a manipular el diseño de ventilación para reducir la presencia de gases tóxicos de la mina subterránea Nazareno Ady S.R.L.

2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

2.2.1. Población

Calidad de aire en el interior de la mina Nazareno Ady S.R.L.

2.1.2. Muestra

Dos puntos de monitoreo de calidad de aire, en el interior de mina Nazareno Ady S.R.L.

2.3. Operacionalización de variables

Tabla 1

Matriz de operacionalización de variables.

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores
Variable Independiente: Diseño de ventilación	Sistemas que van a asegurar la cantidad de aire necesario para obtener una atmosfera respirable y segura para el desarrollo de los trabajos (minería subterránea) y garantizar la operatividad de los procesos y ambientes productivos mediante sistemas auxiliares de captación, inyección o extracción de aire (minería subterránea y superficial) (Araujo, 2016).	Caudal requerido	Caudal requerido por número de personas
			Caudal por la producción
			Caudal requerido por el polvo en suspensión
Variable dependiente: Gases tóxicos	Son aquellos que existen dentro de las estructuras rocosas del yacimiento y que, al entrar en contacto con una labor minera, pueden producir grandes concentraciones de monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, aldehídos, humos, metano y dióxido de azufre (Agama, 2016).	Material particulado	Material particulado (PM10)
			Material particulado (PM2.5)
		Gases	Dióxido de azufre
			Monóxido de carbono
			Dióxido de nitrógeno
		Ruido	Nivel de ruido

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.4.1. Técnicas

- Observación directa: con la presente técnica se estableció las condiciones adecuadas de las labores mineras subterráneas, y la afectación a causa de los minerales presentes que afectan la ventilación.
- Observación indirecta: con ello se evaluó los documentos referentes a metodologías de ventilación minera subterránea.

- Entrevistas: se entrevistó a los empleados de la concesión para determinar la afectación por una inadecuada ventilación.

2.4.2. Instrumentos

Se utilizaron las siguientes fichas de instrumentación:

- Ficha de análisis de calidad de aire.

Tabla 1

Promedios de concentraciones comparadas con los límites máximos permisibles.

Resultados de mediciones comparadas con los límites máximos permisibles:							
Hora de medición	Lugar de monitoreo	Parámetros medidos					
		Ruido	PM _{2.5}	PM ₁₀	CO	SO ₂	NO ₂
Límite Máximo Permissible							
6:00 am - 7:00am							
7:00 am - 8:00am							
8:00 am - 9:00am							
9:00 am - 10:00am							
10:00 am - 11:00am							
11:00 am - 12:00pm							
12:00 pm - 1:00pm							
1:00 pm - 2:00pm							
2:00 pm - 3:00pm							
3:00 pm - 4:00pm							
4:00 pm - 5:00pm							
5:00 pm - 6:00pm							

- Fórmula para definir el caudal de aire en mina

$$Q = F \times N \text{ (m}^3/\text{ min.)}$$

Donde:

Q = Caudal total para “n” personas que trabajen en interior mina (m³/ min.)

F = Caudal mínimo por persona (3 m³/ min)

N = Número de personas en el lugar.

2.5. Procedimiento

Primero: Ubicar la zona de estudio

Se obtuvo el permiso para los acceder a la zona de estudio, su gerente, brindó los permisos necesarios para realizar la tesis.

La zona de estudio área se encuentra en:

Tabla 2

Ubicación de la Mina El Dorado - Nazareno Ady S.R.L.

Región	Cajamarca
Provincia	San Pablo
Distrito	San Luis



Figura 1. Ingreso a la labor subterránea de estudio.

Segundo: Identificación de los puntos de monitoreo

Se determinaron el punto de monitoreo; es a 50 metros de la bocamina.



Figura 2. Punto de monitoreo.

Tercero: Medición de partículas, gases y ruido

Una vez determinado el punto y el día de muestreo se realiza la toma de datos con los equipos de monitoreo. Se monitorea 12 horas ya que las jornadas laborales van de 8 a.m. hasta 5 p.m., además Digesa sugiere realizar monitoreos semestrales de 12 horas.

Cuarto: Evaluación de los resultados del monitoreo

Esta evaluación se realizó comparando los resultados de los monitoreos con los estándares de calidad ambiental.

2.5. Aspectos éticos

Como aspectos éticos se tienen:

- Confidencialidad: La información obtenida no será revelada ni divulgada para otro fin que no sea académico.
- Aporte: Se pretende aportar información para las empresas mineras aledañas a la zona de estudio.
- Innovación: se busca información relevante y moderna que sea de interés para la población y para los estudiantes de ingeniería de minas.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Aspectos generales

3.1.1. Ubicación geográfica

El área de la concesión El Dorado de la empresa Nazareno ADY S.R.L es de 100 hectáreas y está delimitada entre las siguientes coordenadas UTM (WGS 84– 17S):

Tabla 3
Coordenadas de la concesión El Dorado.

Vértice	Norte	Este
1	9 204 000	732 000
2	9 204 000	733 000
3	9 203 000	733 000
4	9 203 000	732 000



Figura 3. Ubicación de la concesión El Dorado.

3.1.2. Accesibilidad

Para llegar a la concesión “El Dorado” Se realiza mediante vehículo a través de una vía asfaltada Cajamarca – Salitre (Llallán), luego por una trocha hasta El Dorado.

Tabla 4
Accesibilidad a la mina El Dorado.

TRAMO	TIPO DE CARRETERA	CONDICIONES	DIST. EN KM.	TIEMPO EN HRS.	COSTO EN NUEVOS SOLES
Cajamarca Salitre (Llallán)	Asfaltada	Regular	45	2.5	20.00
Llallán Mina El Dorado	Asfaltada	Buena	4.00	0.25	-

3.2. Diagnóstico de la calidad de aire actual dentro de las labores subterráneas

El monitoreo se realizó en la concesión Nazareno ADY S.R.L. (Turno Diurno), realizando el muestreo de gases de Monóxido de Carbono (CO), Dióxido Azufre (SO₂) y Dióxido de Nitrógeno (NO₂), así como el material particulado PM₁₀ y PM_{2.5}.

3.1.3. Partículas en suspensión PM₁₀

Al realizar el estudio de las partículas PM₁₀ por el equipo Contador de partículas HANDHELD 3016, se comprobó que en dicha zona existe una escasa actividad de movimiento de partículas.

En la tabla 5 se muestra las concentraciones de partículas PM₁₀ medidos en los puntos de control medido, y son comparados con Límites Máximos Permisibles del Aire.

Tabla 5
Concentración de Partículas en Suspensión PM₁₀.

Hora de control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de PM10 (µg/m ³)
		Este	Norte			
07:00 a.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	8.75
08:00 a.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	7.69
09:00 a.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	11.65
10:00 a.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	9.15
11:00 a.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	7.64
12:00 a.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	7.65
01:00 p.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	8.13
02:00 p.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	12.03
03:00 p.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	9.65
04:00 p.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	7.32
05:00 p.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	8.14
06:00 p.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	5.32
Promedio aritmético de concentración de partículas en suspensión PM10 (12 horas)						8.59 µg/m³
Límite Máximo Permissible del Aire PM₁₀						150 µg/m³

Fuente: Elaboración propia, (2022).

Las concentraciones de partículas PM₁₀ medido en el punto de control están por debajo del valor establecido por Límites Máximos Permisibles del Aire Aire para PM₁₀ fijado en 150 µg/m³.

La máxima concentración (12.03 µg/m³) se obtuvo en la hora 2:00 p.m.; mientras que la mínima concentración se obtuvo en la hora 6:00 p.m. (5.32 µg/m³).

La figura 4 muestra las concentraciones de partículas obtenidas en las horas de control.

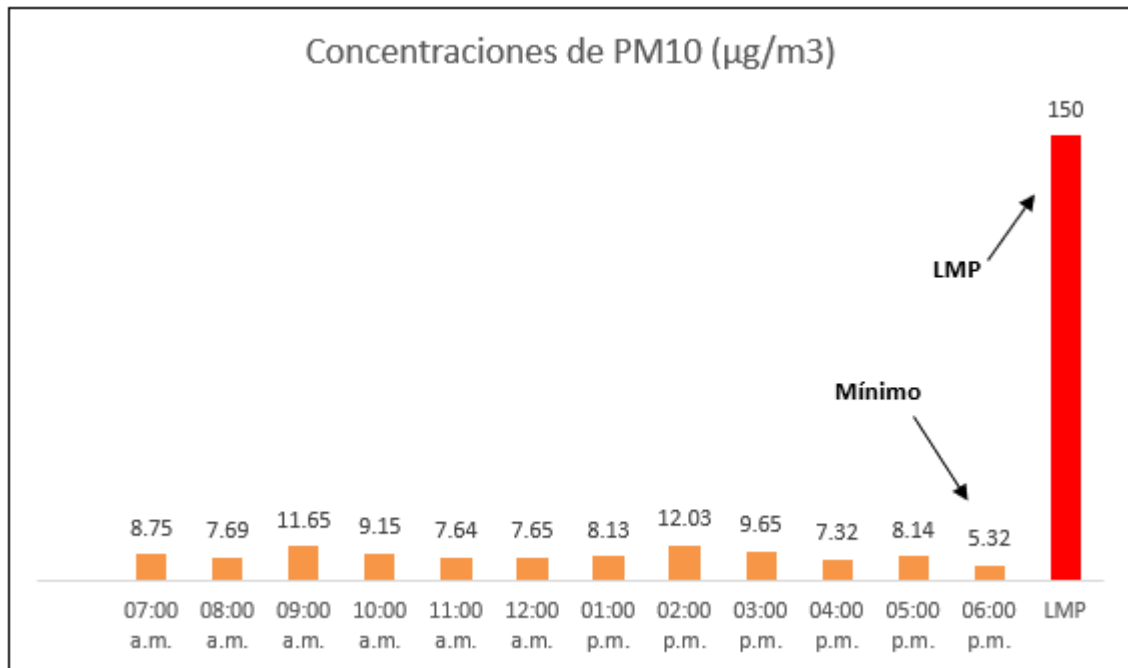


Figura 4: Comparación de concentraciones de Partículas en Suspensión PM₁₀ (µg/m³).
Fuente: Elaboración propia (2022).

3.1.4. Partículas en suspensión PM_{2.5}

Al determinar las partículas PM_{2.5} por el equipo Contador de partículas HANDHELD 3016, con un flujo de 0.1 CFM y un interfaz “Pantalla Táctil”,

La tabla 4 muestra las concentraciones de partículas PM_{2.5} medidas en los puntos de control de 7:00 a.m. a 6:00 p.m. y comparadas con el Límites Máximos Permisibles del Aire.

Tabla 6
Concentración de partículas en suspensión PM_{2.5}.

Hora de control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de PM _{2.5} (µg/m ³)
		Este	Norte			
07:00 a.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	6.52
08:00 a.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	4.87
09:00 a.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	6.15
10:00 a.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	9.35
11:00 a.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	8.75
12:00 a.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	8.05

01:00 p.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	7.06
02:00 p.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	6.92
03:00 p.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	6.35
04:00 p.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	7.26
05:00 p.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	8.10
06:00 p.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	9.13
Promedio aritmético de concentración de partículas en suspensión PM_{2.5} (12 horas)						7.38 µg/m³
Límite Máximo Permisible del Aire PM_{2.5}						50 µg/m³

Fuente: Elaboración propia, (2022).

Las concentraciones de partículas PM_{2.5} medidas en las horas de 7:00 a.m. a 6:00 p.m. están por debajo del valor establecido por el Límites Máximos Permisibles del Aire para PM_{2.5} fijado en 50 µg/m³, mediante el DS-003-2008-MINAM.

La máxima concentración (9.35 µg/m³) se obtuvo a las 10:00 p.m., mientras que la mínima concentración (4.87 µg/m³) se obtuvo a las 8:00 p.m.

La figura 5 muestra la concentración de partículas obtenidas en las horas de control.

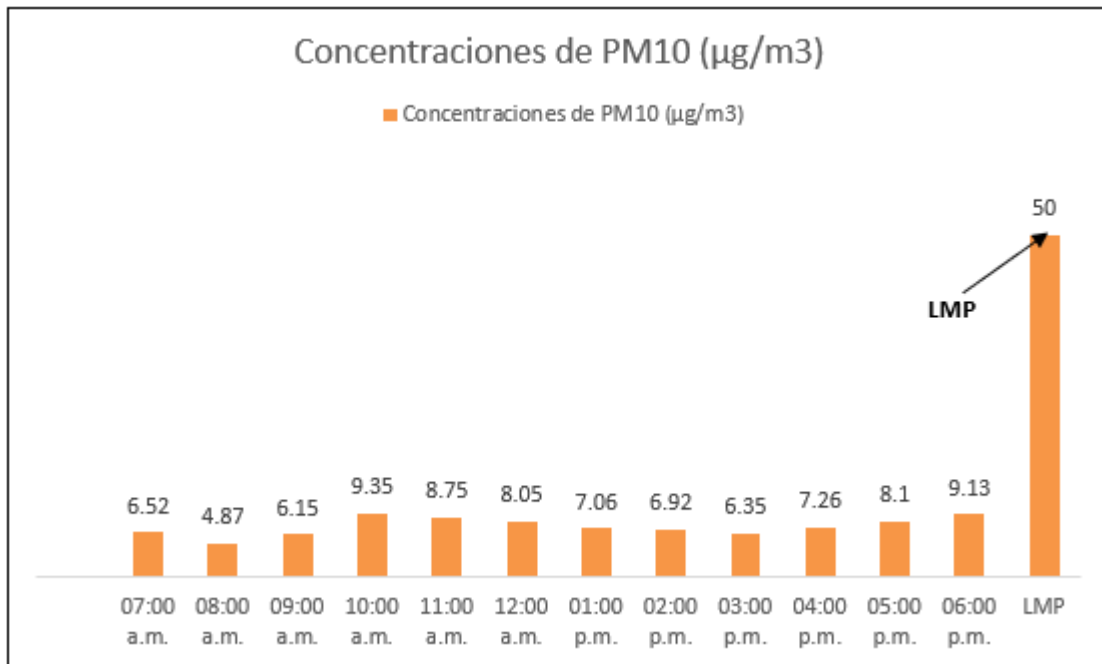


Figura 5. Comparación de concentraciones de Partículas en Suspensión PM2.5 (µg/m3).

Fuente: Elaboración propia, (2022).

3.1.5. Dióxido de azufre (SO₂)

La presencia de este gas es mínima debido a que no existe un comportamiento ácido tanto de las aguas como de algunos minerales presentes en las canteras para que puedan mezclarse. Así mismo al utilizar el equipo sensor de gases nos indica la baja concentración en los datos obtenidos lo que demuestra que es un gas mínimo en su obtención por las propiedades antes mencionadas.

La tabla 5 muestra las concentraciones de Dióxido de Azufre (SO₂) (g) medidos en los puntos de control de 7:00 a.m. a 6:00 p.m., y son comparados con los Límites Máximos Permisibles del Aire del Aire.

Tabla 7

Concentración de Dióxido de Azufre (SO₂).

Hora de control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de SO ₂ (µg/m ³)
		Este	Norte			
07:00 a.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	2.48
08:00 a.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	2.68
09:00 a.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	3.06

10:00 a.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	3.74
11:00 a.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	3.56
12:00 a.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	4.11
01:00 p.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	4.05
02:00 p.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	2.99
03:00 p.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	3.89
04:00 p.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	3.37
05:00 p.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	4.23
06:00 p.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	4.67
Promedio aritmético de concentración de Dióxido de Azufre (SO₂) (12 horas)						3.57 µg/m³
Límite Máximo Permisible del Aire SO₂						80 µg/m³

Fuente: Elaboración propia, (2022).

Los niveles de concentración de SO₂ obtenidos en los puntos de control de 7:00 a.m. a 6:00 p.m., se encuentran por debajo del Límite Máximo Permisible del Aire fijado en 80 µg/m³ según DS-003-2008-MINAM.

La máxima concentración (4.67 µg/m³) se obtuvo a las 6:00 pm., mientras que la mínima concentración (2.48 µg/m³) se obtuvo en el punto de 7:00 a.m.

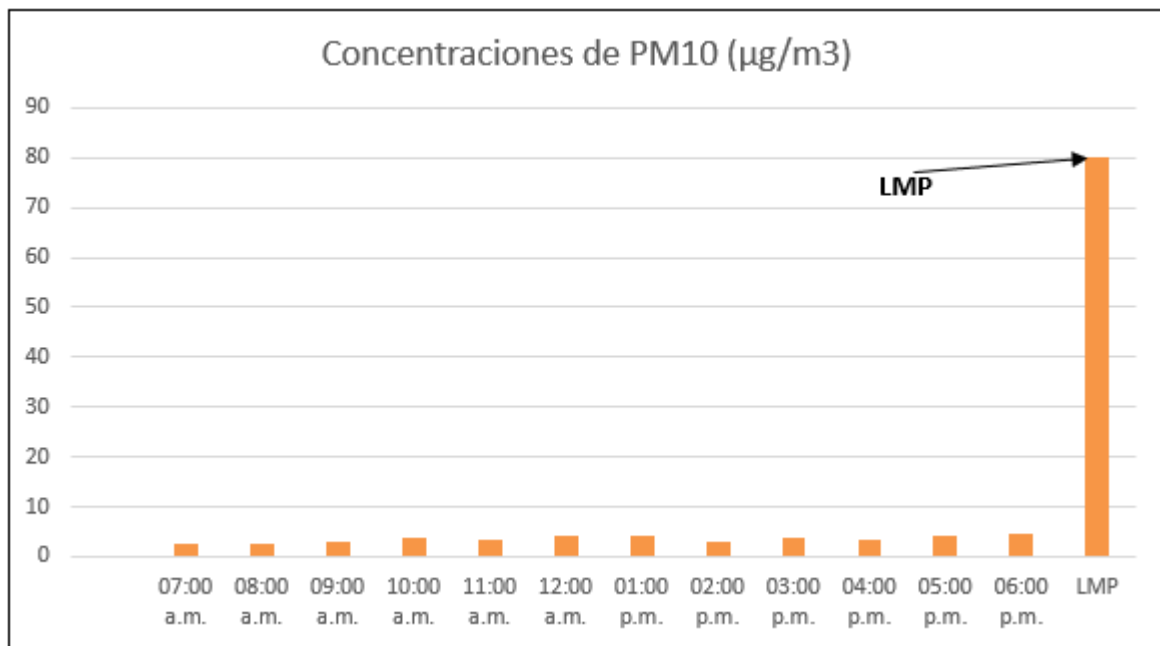


Figura 6. Comparación de concentraciones de SO₂ (µg/m³).

Fuente: Elaboración propia, (2022).

3.1.6. Monóxido de carbono (CO)

La concentración de gas en esta zona es baja, debido a que la zona es muy vulnerable a los vientos, que son muy fuertes, de esta manera este gas se dispersa y no se puede concentrar, por ello el sensor de gases arroja resultados muy bajos.

La tabla 6 muestra las concentraciones de Monóxido de Carbono (CO) medidos en los puntos de control de 7:00 a.m. a 6:00 p.m., y son comparados con Límites Máximos Permisibles del Aire del Aire.

Tabla 8

Concentración de Monóxido de Carbono (CO).

Hora de control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de CO (µg/m ³)
		Este	Norte			
07:00 a.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	5684.32
08:00 a.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	4987.69
09:00 a.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	3785.32
10:00 a.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	4784.95

11:00 a.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	3847.63
12:00 a.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	4263.25
01:00 p.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	5512.32
02:00 p.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	6385.74
03:00 p.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	7623.15
04:00 p.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	4658.85
05:00 p.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	5632.99
06:00 p.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	6125.23
Promedio aritmético de concentración de Monóxido de Carbono (CO) (12 horas)						5274.29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Límite Máximo Permissible del Aire CO						30 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Fuente: Elaboración propia (2022).

Los niveles de concentración de Monóxido de Carbono (CO) obtenidos en los puntos de control de 7:00 a.m. a 6:00 p.m., se encuentran por debajo del Límites Máximos Permisibles del Aire del Aire fijado en 30000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ según la norma 074-2001-pcm-ECA para aire.

La máxima concentración (7623.15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) se obtuvo a las 3:00 p.m., mientras que la mínima concentración (3785.32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) se obtuvo en el punto de 9:00 a.m. debido a que a esta hora las labores en la chancadora están iniciando.

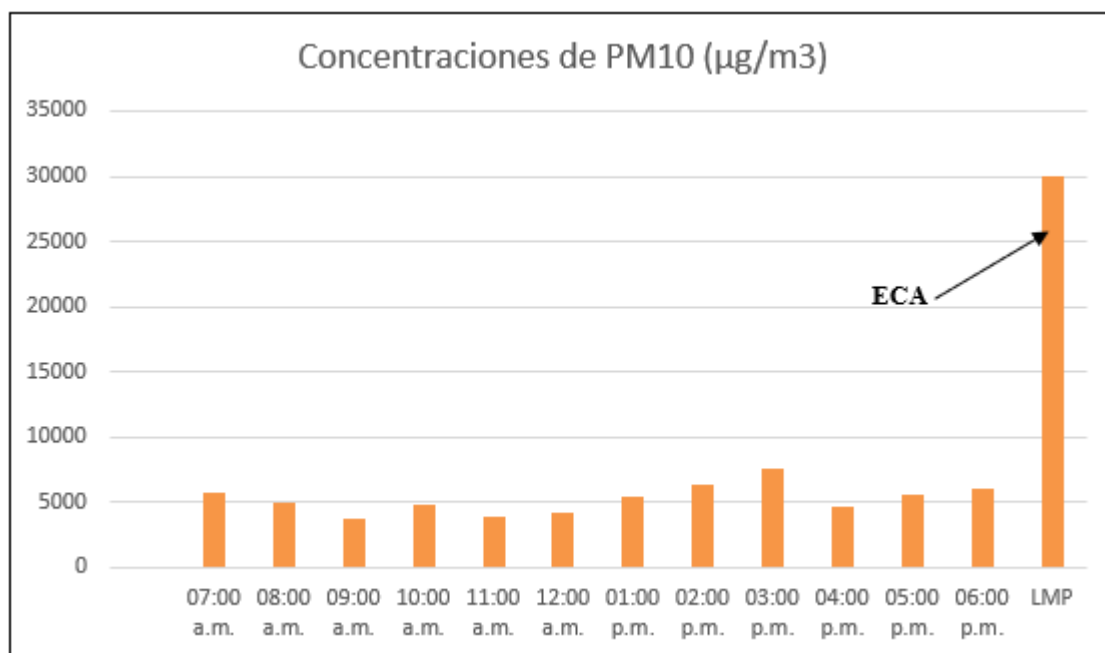


Figura 7: Comparación de concentraciones de Monóxido de Carbono (CO) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Fuente: Elaboración propia (2022).

3.1.7. Dióxido de nitrógeno (NO_2)

En esta zona la presencia del gas Dióxido de Nitrógeno (NO_2) es mínima ya que se presentan vientos fuertes, esto hace que este gas no se concentre ni tenga valores altos, sino que tenga valores mínimos como los que se muestran en el sensor de gases en esta zona.

La tabla 9 muestra las concentraciones de Dióxido de Nitrógeno (NO_2) medidos en los puntos de control de 7.00 a.m. a 6.00 pm y son comparados con el Límites Máximos Permisibles del Aire del Aire.

Tabla 9
Concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO_2)-12h.

Hora de control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
		Este	Norte			
07:00 a.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	86.32
08:00 a.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	87.15
09:00 a.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	80.65
10:00 a.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	89.65

11:00 a.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	92.35
12:00 a.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	90.66
01:00 p.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	72.45
02:00 p.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	85.14
03:00 p.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	88.32
04:00 p.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	86.22
05:00 p.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	81.78
06:00 p.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	89.36
Promedio aritmético de concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO₂) (12 horas)						85.84 µg/m³
Límite Máximo Permisible del Aire NO₂						200 µg/m³

Fuente: Elaboración propia, (2022).

Los niveles de concentración de NO₂ obtenido en el punto de control de 7:00 a.m. a 6:00 p.m., se encuentran por debajo del Límites Máximos Permisibles del Aire del Aire fijado en 200 µg/m³ según la norma 074-2001-pcm para aire.

La máxima concentración (92.35 µg/m³) se obtuvo a las 11:00 a.m., mientras que la mínima concentración (72.45 µg/m³) se obtuvo a las 1:00 p.m.

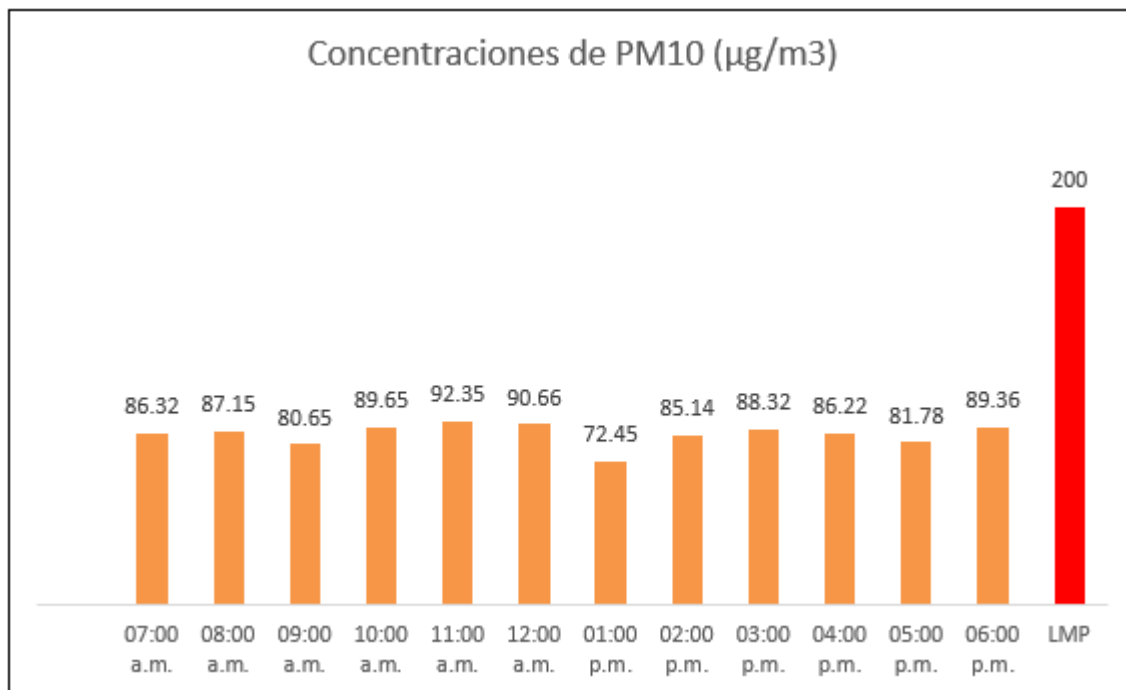


Figura 8. Comparación de concentraciones de Dióxido de Nitrógeno (NO_2) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Fuente: Elaboración propia (2022).

3.1.8. Ruido - 12h

Los resultados encontrados indican que en la zona de monitoreo no superan los Límites Máximos Permisibles. El ruido de existente mayoritariamente producido por el proceso de extracción, en la voladura y traslado de la roca, para la generación de óxido de calcio, llegando a picos de 60.25 dBA.

Tabla 10

Concentración de ruido-12h.

Hora de control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Nivel de ruido equivalente (dBA)
		Este	Norte			
07:00 a.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	52.3
08:00 a.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	56.95
09:00 a.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	57.41
10:00 a.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	52.84
11:00 a.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	60.25
12:00 a.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	58.36

01:00 p.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	59.74
02:00 p.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	56.32
03:00 p.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	52.12
04:00 p.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	48.25
05:00 p.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	50.97
06:00 p.m.	50 metros de la bocamina	732587	9203328	987	06/08/2021	56.32
Promedio aritmético de concentración de ruido (12 horas)						55.15 dBA
Límite Máximo Permissible del Ruido						80 Dba

Fuente: Elaboración propia, (2022).

El promedio aritmético en concentración de ruido realizado de 7:00 a.m. a 6:00 p.m., es de 55.15 dBA, el cual no supera el límite máximo permisible fijado en 80 dBA.

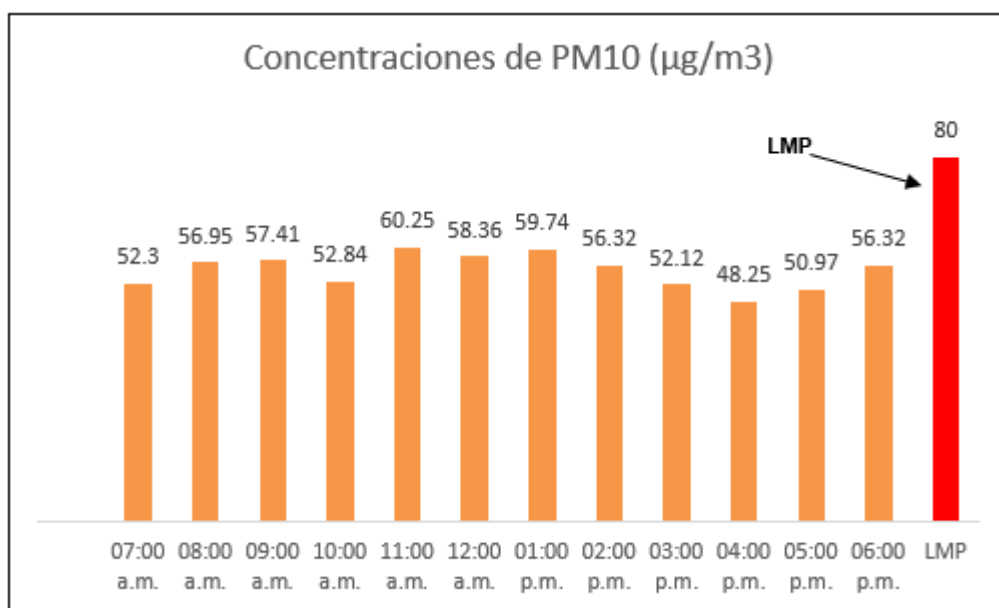


Figura 9. Comparación de concentraciones de ruido dBA.

Fuente: Elaboración propia (2022).

3.3. Cálculo de Caudal:

3.3.1. Caudal requerido por el número de personas:

Se requiere una corriente de aire fresco de no menos de tres metros cúbicos por minuto ($3 \text{ m}^3/\text{min.}$) por persona, en cualquier sitio del interior de la mina.

$$Q = F \times N \text{ (m}^3/\text{ min.)}.$$

Donde:

Q = Caudal total para “n” personas que trabajen en interior mina (m³/ min.)

F = Caudal mínimo por persona (3 m³/ min.)

N = Número de personas en el lugar.

A pesar que este método es utilizado con frecuencia, se debe considerar “F” sólo como referencia, pues no toma en cuenta otros factores consumidores de oxígeno, como lo son la putrefacción de la madera, la descomposición de la roca, la combustión de los equipos, etc.

Considerando 1 supervisor, 1 jefe de mina, y los 3 obreros por labor; calculamos 5 personas por labor.

$$Q = 3\text{ m}^3/\text{ min} \times N$$

$$Q = 3\text{ m}^3/\text{ min} \times 5$$

$$Q = 15 \text{ m}^3/\text{ min}$$

3.3.2. Caudal requerido por la producción:

El cálculo se basa sobre la suposición de que la cantidad de gas (CH₄ y CO₂) que se desprende es proporcional a la producción, expresado en forma matemática:

$$Q = T \times u \text{ (m}^3/\text{ min)}$$

Donde:

Q = Caudal requerido por toneladas de producción diaria (m³/min.)

u = Consumo de aire por tonelada de producción diaria expresada en (m³/min.)

T = Producción diaria en toneladas.

Para minas subterráneas metálicas, "u" varía generalmente entre 1 a 1,7 (m³/min.), por tanto, tomamos el promedio que es 1.35

Produce 208 Toneladas al mes, por tanto, al día produce 6.93 ton.

$$\begin{aligned}Q &= T \times u \text{ (m}^3\text{/min)} \\Q &= 6.93 \times 1.35 \text{ m}^3\text{/min} \\Q &= 9.34 \text{ m}^3\text{/min}\end{aligned}$$

3.3.3. Caudal requerido por el polvo en suspensión:

Considerando el monitoreo ambiental de partículas en suspensión tanto PM10 como PM 2.5.

Para el caso de PM10 tenemos un promedio de 8.57 cuando el límite máximo permisible es 150.

Para PM 2.5 tenemos un promedio de 7.38, cuando el límite máximo permisible es 50.

Considerando la baja presencia de partículas asignamos velocidades suficientes entre 20 a 30 metro por minuto para mantener áreas despejadas.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

De acuerdo al monitoreo y a los antecedentes estudiados se determina en el socavón Nazareno Ady, el punto máximo es a la hora de voladura, el punto más bajo es antes de empezar las operaciones. Las concentraciones de material particulado no supera los límites máximos permisibles, ya que la voladura solo se da dos veces por semana.

Las emisiones de dióxido de azufre pueden producir un decrecimiento reversible en la función pulmonar. Pero una exposición de máximo 30 minutos a baja concentración afecta los tubos bronquiólos (Sagástegui, 2014). En el monitoreo no se sobrepasa los límites máximos permisibles, ya que se cuenta con dos chimeneas.

Las emisiones de dióxido de azufre son tóxicas para la salud de los trabajadores, si es que se inhala penetra la nariz y llega hasta los pulmones (Araujo, 2016). Las concentraciones bajas pueden producir un decrecimiento reversible en la función pulmonar. En el monitoreo no se sobrepasa los límites máximos permisibles, ya que se cuenta con dos chimeneas.

La concentración de monóxido de carbono causa multitud de efectos debido a la inhibición de la oxidación celular, produciendo hipoxia en el tejido y envenenamiento celular (Chavarry y Casquino, 2016). Las horas de exposición a concentraciones de 10 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ no debe sobrepasar las 8 horas (Estrella, 2015). En esta investigación no se sobrepasa los límites máximos permisibles y la mayor concentración es de 5639.58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

El dióxido de nitrógeno en el aire puede reproducir quemaduras, espasmos y dilatación de los tejidos en la garganta y las vías respiratorias superiores, reduciendo la oxigenación de los tejidos del cuerpo, produciendo acumulación de líquido en los

pulmones y la muerte (Bartra y Virhuez, 2015). En esta investigación no supera los límites máximos permisibles porque este gas se encuentra principalmente cuando se hace voladura.

Al implementarse la propuesta un sistema de ventilación se optimizarán las labores subterráneas del socavón Nazareno Ady, de acuerdo a los resultados se determina que también con la implementación de una chimenea las labores se desarrollarán con menor riesgo, por lo tanto, esta hipótesis queda validada.

4.2. Conclusiones

- La concentración de PM 2.5 fue en promedio 7.38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y el límite máximo permisible fue 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Para PM10 fue en promedio 8.59 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y el LMP fue 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Para SO₂ el promedio fue 3.57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y el límite máximo permisible fue 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, para CO el promedio fue 5274.29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y el límite máximo permisibles fue 30 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; para NO₂ se registra el promedio 85.84 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y LMP es de 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Finalmente, para ruido el promedio encontrado es de 60.25 dBA y el límite máximo permisible es de 80dBA. Se puede evidenciar que en ningún caso se sobrepasa los límites máximos permisibles, por lo cual no representa riesgo alto de contaminación.
- Para que las labores subterráneas se desarrollaron con mayor seguridad, el caudal del aire necesario en la concesión Nazareno Ady es de 15 m^3/min .
- El diseño de un sistema de ventilación dentro de la labor subterránea, consiste en una chimenea, ya que de acuerdo al avance el caudal del aire es suficiente para trabajar.

REFERENCIAS

- Agama, E. (2016). Evaluación de la situación actual del sistema de ventilación y propuesta para su optimización en mina subterránea carbonífera Mi Grimaldina I - Cajamarca - 2016. (*Tesis de pregrado*). Hualgayoc, Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/7582/GARCIA%20AGAMA%20EDWIN%20EDUARDO.pdf?sequence=1>
- Aguiló, I. (2013). Integración de la Calidad del Aire en la Planificación Física. (*Tesis doctoral*). Madrid, España: Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Obtenido de http://oa.upm.es/21835/1/IRENE_AGUILO_VIDAL.pdf
- Alarcón, D., & Salazar, C. (2016). Evaluación Económica para Explotación de Arcillas Tipo Caolinita en la Concesión Minera Rumicucho, Centro Poblado Huayrapongo, Distrito de Llacanora, Provincia y Departamento de Cajamarca, 2016. *Tesis para optar el título de ingeniero de minas*. Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/7558/Salazar%20Briones%20Francisco%20C%C3%A9sar%20Alarc%C3%B3n%20V%C3%A1squez%20Deyver.pdf?sequence=1>
- Araujo, C. (2016). Costos Externos de la Contaminación Ambiental del Aire en la Ciudad de Cajamarca. (*Tesis doctoral*). Cajamarca, Perú: Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1361/COSTOS%20EXTERNO%20DE%20LA%20CONTAMINACION%20AMBIENTAL%20DEL%20AIRE>

%20EN%20LA%20CIUDAD%20DE%20CAJAMARCA%20.pdf?sequence=1&is

Allowed=y

Avendaño, C. A.-S. (2016). Rendimiento Académico en Estudiantes de Ingeniería Comercial: Modelo por Competencias y Factores de Influencia. *Formación universitaria*, 03-10. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062016000300002>.

Barrera, D. (2013). Análisis de Impacto Ambiental en la Cantera El Muelle. (*Tesis de pregrado*). Bogotá, Colombia: Universidad Militar Nueva Granada. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/3279/2/BarreraOsorioDianaCarolina2010.pdf>

Centro Nacional de Planeamiento Estratégico. (2018). *Información a nivel Departamental, Provincial y Distrital*. Recuperado el 10 de 2019, de <https://www.ceplan.gob.pe/informacion-sobre-zonas-y-departamentos-del-peru/>

Consejo General de Economistas de España. (2018). *Informe de la Competitividad Regional en España 2018*. España. Recuperado el 10 de 2019, de <https://economistasmurcia.org/coldata/upload/publicaciones/Informe%20CGE%20Competitividad%20Regional%20en%20Espa%C3%B1a%202018.pdf>

Consejo Privado de Competitividad. (2019). *Informe Nacional de Competitividad 2018-2019*. Recuperado el 10 de 2019, de https://compite.com.co/informe/informe-nacional-de-competitividad-2018-2019/presentacion/#cpc_breadcrumb

Córdoba, C., & Molina, J. (2011). CARACTERIZACIÓN DE SISTEMAS DE VENTILACIÓN EN MINERÍA SUBTERRÁNEA. (*artículo científico*). Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1695/169522486006.pdf>

- Estrella, M. (2015). Identificación de la Contaminación Ambiental Generados por las Emisiones Gaseosas del Laboratorio Analítico de Doe Run Perú – La Oroya. (*Tesis de maestría*). Cerro de Pasco, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú. Obtenido de <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1358/TESIS%20ESTRELLA%20MARTINEZ%20MARLENY%20-%20POSGRADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Foro Económico Mundial . (2016). *¿Qué es la competitividad?* Obtenido de <https://es.weforum.org/agenda/2016/10/que-es-la-competitividad/>
- Fuentes , V. (21 de 09 de 2018). Economía de Miércoles con el Instituto Peruano de Economía. (C. Sirlupú Koo, & G. Castro , Entrevistadores) Voluntariado del Colegio de Economistas de La Libertad. Lima. Recuperado el 17 de 10 de 2019, de <https://www.facebook.com/vcell.Trujillo/videos/2157448134576939/?v=2157448134576939>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2009). Perú: Tasa de mortalidad infantil, tasa global de fecundidad y tasa de desnutrición crónica,. *Cuadro excel*.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2015). Perú: Población total al 30 de junio, por grupos quinquenales de edad, según departamento, provincia y distrito, 2015. *Cuadro excel*. Recuperado el 10 de 2019, de [m.inei.gob.pe › media › MenuRecursivo › indices_tematicos › cuadro001_1](http://m.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/indices_tematicos/cuadro001_1)
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2016). *Censo Nacional de Mercado de Abasto 2016*. Obtenido de <http://webinei.inei.gob.pe/cenama/mapa.html>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2017). *Resultados definitivos de los censos nacionales 2017: La Libertad*. Resultados de censo nacional, Trujillo. Recuperado

el 10 de 2019, de
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1575/

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2015). *Sistema Integrado de estadísticas de la criminalidad y seguridad ciudadana*. Obtenido de <http://datacrim.inei.gob.pe/panel/mapa>

Instituto Peruano de Economía. (2019). *Índice de Competitividad Regional 2019*. Recuperado el 10 de 2019, de <https://www.ipe.org.pe/portal/incore-2019-indice-de-competitividad-regional/>

Ministerio de Economía y Finanzas. (2017). *Seguimiento de la Ejecución Presupuestal (Consulta Amigable)*. Obtenido de <https://www.mef.gob.pe/es/seguimiento-de-la-ejecucion-presupuestal-consulta-amigable>

Ministerio de Economía y Finanzas. (2018). *Seguimiento de la ejecución presupuestal (Consulta amigable)*. Recuperado el 10 de 2019, de <https://www.ceplan.gob.pe/informacion-sobre-zonas-y-departamentos-del-peru/>

Ministerio de Educación. (2018). *Resultados de la evaluación censal de estudiantes 2018*. Obtenido de <http://umc.minedu.gob.pe/resultados-ece-2018/#1553619963557-34c08c08-07d2>

Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito. (2015). *Clasificación Internacional de Delitos con Fines Estadísticos*. Obtenido de https://www.unodc.org/documents/data-and-analysis/statistics/crime/ICCS/ICCS_SPANISH_2016_web.pdf

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2019). *Mapa de fiscalización ambiental*. Obtenido de <https://pifa.oefa.gob.pe/mfiscamb/index.html#>

Real Academia Española. (s.f.). *Competitividad*. Obtenido de
<https://dle.rae.es/?id=A0rd5WL>

Sagástegui, A. (2014). Propuesta para reducir las emisiones de polvo fugitivo en el proceso productivo de una empresa cementera. (*Tesis de pregrado*). Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Obtenido de
https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/322410/Sagastegui_DA.pdf?sequence=2

Sánchez, M., & Chafloque, R. (2019). *La informalidad laboral en el Perú*. Universidad San Martín de Porres. Obtenido de
<https://www.administracion.usmp.edu.pe/investigacion/files/INFORMALIDAD-LABORAL-final-corregido.pdf>

Schwab, K. (2018). *The Global Competitiveness Report 2018*. Suiza. Recuperado el 21 de 09 de 2019

Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria. (10 de 2019). *Universidades licenciadas*. Obtenido de <https://www.sunedu.gob.pe/lista-de-universidades-licenciadas/>

Valdivia, F. (2017). Determinación del Material Particulado, Dióxido de Azufre y Monóxido de Carbono en el Centro Poblado El Arenal – Islay. (*Tesis de pregrado*). Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín. Obtenido de
<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/2432/AMvaarfr.pdf?sequence=1>

ANEXOS

ANEXO n.º 1. Certificado de calibración.

enviroequip
Compromiso Social y Ambiental

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Nombre Compañía:	GEOMAX INGENIEROS S.R.L.	Número Serie:	P9435X
Fabricante	THERMO SCIENTIFIC	Procedencia:	Estados Unidos
Modelo:	G10557	Día de Calibración:	20/07/2020
Certificado Calibración:	1. 13041. 27.05.16	Lugar de Calibración:	ENVIROEQUIP SAC

Revisión Instrumento	Entrega Instrumento:
En Tolerancia: SI	Procedimiento Usado: EPA VOLUMETRICO
Fuera de Tolerancia: NO	Calibrado Por: Ing. Edward De La Cruz C

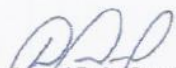
ESTADO DEL CUMPLIMIENTO DE LA CERTIFICACION CALIBRACION

ENVIROEQUIP S.A.C. certifica que este instrumento ha sido inspeccionado y calibrado por nuestros técnicos calificados y cumple o excede las especificaciones de calidad para la Norma EPA Método de Referencia Numero RFPS 1287-063, cuyos archivos y registros son mantenidos por la Empresa GEOMAX INGENIEROS S.R.L. y una copia en nuestra compañía en Lima.

Este documento es la Certificación que el Tubo Venturi se encuentra dentro del Cumplimiento de la Norma ASTM EPA RFPS 1287-063 cuyo valor diferencial es $0.412\% < 3\%$

DATOS CALIBRACIÓN

TRAZABILIDAD
Se ha usado el Calibrador Modelo TE-5028A, con numero de serie 3139, trazable NIST y calibrado el 15/diciembre/2020

Calibrado Por:	Aprobado por:
 Ing. Edward De La Cruz C ENVIROEQUIP S.A.C.	 Ing. Alexander Céspedes Zúñiga. ENVIROEQUIP S.A.C.

T. (511) 200 - 4700
Ca. Mariano de los Santos N°192
Urb. Corpac, San Isidro, Lima 27, Peru
info@enviroequip.pe

www.enviroequip.pe

Calibración Muestreador de Alto Volumen (HiVol)

DATOS GENERALES		VARIABLES		CONDICIONES	
FECHA	18/dic/2020	m_a	1.01871	T_a	299.00
OPERADOR	Edward De La Cruz C	b_a	-0.02801	P_a	751.00
MODEL CAL	TE-5028A	m_{std}	1.62685	T_{std}	298.18
S/N	3139	b_{std}	-0.04486	P_{std}	760.00
FLOW CONTROL		MODELO	G10557	S/N	P9435X

inH2O Calibrador	Q_a (m3/min) (1/m) * [(H2O)(Ta/Pa) - b]	(inH2O) Muestreador	Pf (mmHg) 25.4(inH2O/13.6)	$P_o/P_a = 1 - (P_f/P_a)$	Q_a Look flow rate	%Diff (Look up- Q_a)*100/ Q_a
3.52	1.190	10.65	19.890	0.974	1.196	0.540
3.49	1.185	14	26.147	0.965	1.184	0.052
3.43	1.175	17.8	33.244	0.956	1.172	0.223
3.37	1.165	19.27	35.990	0.952	1.167	0.211
3.21	1.137	24.85	46.411	0.938	1.149	1.035
Promedio						0.412

$X = Q_a / \sqrt{(Ta)}$	$Y = P_o/P_a$
0.069	0.974
0.068	0.965
0.068	0.956
0.067	0.952
0.066	0.938

Por Correlación	
r	0.9998
m	13.052
b	0.0711

Diff H2O	Pf(mmHg)	$Q_{ac} = [(1 - P_f/P_a) - b] * \sqrt{(Ta)} / m$
16	29.890	1.178

La EPA establece que el promedio de diferencia porcentual (%Diff), debe ser $\pm 3\%$.

Si el %Diff fuera mayor quiere decir que una fuga puede haber estado presente durante la calibración y se debería calibrar nuevamente

PASOS A SEGUIR

- 1) Colocar la base (Top plate)
- 2) Colocar el tubo de orificios (Vari flow)
- 3) Encender el Muestreador Hi Vol
- 4) Instalar el Manómetro al tubo de orificios y el otro a la cuerpo del Hi Vol
- 5) Tomar 5 lecturas variando el orificio del vari flow o cambiando los discos de orificios

NOMENCLATURA

m_a : Pendiente de la relación de calibración del orificio del Qactual. (Hoja del calibrador)

b_a : Intersección de la relación de calibración del orificio del Qactual

T_a : Temperatura ambiental °K ($K = 273 + ^\circ C$)

P_a : Presión barométrica mmHg (1atm = 760mmHg)

"H2O: Lecturas del manómetro inH2O en el tubo de calibración

Q_a : Régimen de flujo actual m3/min

Q_{ac} : Flujo Calculado, usando parámetros "b y m" hallados por correlación de la calibración

Pf: Diferencia de presión en mmHg

P_o/P_a : Relación P inicial y P ambiental

% Diff: Diferencia porcentual entre los regímenes del flujo del calibrador

MUESTREADOR DE PARTICULAS HIVOI					
ITEMS	LIST PARTS	PART NUMBER	SAP CODE	COMMENT	IMAGE
1	CHARTS FOR RECORDER	TE-106		OK	
2	INSTRUCTION FOR DIGITAL TIMER G59	T		OK	
3	ANODIZED ALUMINUM SHELTER	TE-5061		OK	
4	CHARTS RECORDER	TE-506XZ		OK	
5	DIGITAL TIMER	TE-500		OK	
6	SHELTER BASE PAN, ALUMINUM PAN	TE-6061-53		OK	
7	SHELTER BASE PAN CATCH W/ BOLT	TE-6061-57		OK	
8	PLASTIC THUMB NUT	TE-5001-6-3		OK	
9	FILTER HOLDER BRASS BOLT, RIVET, WASHER AND PLASTIC NUT SET	TE-5001-9		OK	
10	LOOK UP TABLE			OK	
11	MOTOR FOR VOLUMETRIC FLOW CONTROLLED	TE-116111		OK	
12	VOLUMETRIC FLOW CONTROLLER	TE-10557		OK	
13	MANGUERA TRANSPARENTE CON CONECTOR METALICO			OK	
14	SLACK TUBE MANOMETER			OK	
15	DOW SILICONE 315 GREASE			OK	
16	FILTER HOLDERS	TE-6001V		OK	
17	ALUMINUM HOLD DOWN FRAME 8" x 10"	TE-3000-2		OK	
18	SNAP COVER	TE-3000-1		OK	
19	ALUMINUM FILLER WITH STAINLESS STEEL SCREEN	TE-3000-1-5		OK	
20	GASKET FOR FILTER HOLDER 1" X 10"	TE-1018		OK	
21	FILTER HOLDER GASKET	TE-5001-9		OK	
22	BRUSH STYLE MOTOR ASSEMBLY FOR VOLUMETRIC FLOW CONTROLLED	TE-5070X		OK	
23	MOTOR BRUSHES	TE-33178		OK	
24	TUBING 3 FT. P/CH	TE-5001-6		OK	
25	RECORDER PEN POINTS RED	TE-190		OK	
26	INLET HOOD	TE-6001-1		OK	
27	HOOD SPACERS	TE-6001-45		OK	
28	INSTRUCTION MANUAL	100013-60		OK	
29	SECOND STAGE PLATE WITH 16 VENT TUBES	TE-6001-32		OK	
30	SPRIM PLATE	TE-6001-74		OK	
31	TOP TUB HOUSING	TE-6001-5		OK	
32	TOP TUB HOUSING HINGE	TE-6001-7		OK	
33	ACCELERATION NOZZLE PLATE WITH NOZZLES	TE-6001-2		OK	
34	TSP-HIGH VOLUME AIR SAMPLER			N/A	



TISCH ENVIRONMENTAL, INC.
145 SOUTH MIAMI AVE
VILLAGE OF CLEVELAND, OH
44115
513.467.9000
877.253.7610 TOLL FREE
513.467.9009 FAX

ORIFICE TRANSFER STANDARD CERTIFICATION WORKSHEET TE-5028A

Operator Tisch Rootsmeter S/N 0438320 Ta (K) - 294
Orifice I.D. - 3139 Pa (mm) - 751.84

PLATE OR VDC #	VOLUME START (m3)	VOLUME STOP (m3)	DIFF VOLUME (m3)	DIFF TIME (min)	METER DIFF Hg (mm)	ORFICE DIFF H2O (in.)
1	NA	NA	1.00	1.2700	4.2	1.50
2	NA	NA	1.00	0.9950	6.9	2.50
3	NA	NA	1.00	0.9110	8.2	3.00
4	NA	NA	1.00	0.8380	9.7	3.50
5	NA	NA	1.00	0.6380	16.6	6.00

DATA TABULATION

Vstd	(x axis) Qstd	(y axis)	Va	(x axis) Qa	(y axis)
0.9971	0.7851	1.2264	0.9944	0.7830	0.7659
0.9935	0.9984	1.5833	0.9908	0.9957	0.9887
0.9917	1.0886	1.7344	0.9890	1.0856	1.0831
0.9897	1.1811	1.8734	0.9870	1.1779	1.1699
0.9805	1.5369	2.4528	0.9778	1.5327	1.5317
Qstd slope (m) = 1.62685			Qa slope (m) = 1.01871		
intercept (b) = -0.04486			intercept (b) = -0.02801		
coefficient (r) = 0.99983			coefficient (r) = 0.99983		
y axis = SQRT[H2O(Pa/760)(298/Ta)]			y axis = SQRT[H2O(Ta/Pa)]		

CALCULATIONS

Vstd = Diff. Vol [(Pa-Diff. Hg)/760] (298/Ta)
Qstd = Vstd/Time

Va = Diff Vol [(Pa-Diff Hg)/Pa]
Qa = Va/Time

For subsequent flow rate calculations:

Qstd = 1/m{ [SQRT(H2O(Pa/760)(298/Ta))] - b}
Qa = 1/m{ [SQRT H2O(Ta/Pa)] - b}



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° AQC01172014

Cliente: GEOMAX INGENIEROS S.R.L.
Dirección: JR. JIRON DOS DE MAYO #1232

Descripción Instrumento: Tren de Muestreo
Marca: Green Group
Modelo: TMD
Serie: 221114
Identificación Interna: No aplica
Condición: Nuevo

Especificaciones del Instrumento:
Control de flujo con regulación
Muestreo de gases CO, SO₂, NO₂, H₂S y O₃

Lugar Calibración: Green Group **Fecha de Calibración:** 15-ene-2020

Condiciones Ambientales
Temperatura: 24 - 25 °C **Humedad:** 63 a 64 % **Presión:** 996 - 998 mb

Patrones Utilizados

Descripción	Marca/Modelo	Serie ó Lote
Patrón primario de flujo de rango bajo	BIOS / 520 L	119246
Patrón primario de flujo de rango alto	BIOS / 520 H	118988
Barómetro / Termómetro	Control Company /4195	101853853

Procedimientos Utilizados:
Calibración de flujos por comparación contra patrón primario con carga de vacío.

Resultados:

	Gases	Teórico	Flujo Min	Flujo Max
Flujos (lpm)	SO ₂	0.2	0.193	0.215
	H ₂ S	0.2	0.188	0.209
	CO	0.5	0.486	0.513
	O ₃	0.5	0.492	0.501
	NO ₂	0.4	0.398	0.405



Notas u Observaciones:
1) Flujos son verificados en campo mediante uso de rotámetro, conectados al limpinger burbujeado con carga.

Realizó por

Renzo Andrade
Renzo Andrade

Cruz Barrera Zavala
Cruz Barrera Zavala
Jefe de Soporte Técnico
Green Group P.E. S.A.C.

Av. El Sol: N° 556 - Surquillo
Central: 560 - 6134 / 273 - 3550
www.greengroup.com.pe



Perú
Green Group

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° NE0262014

Cliente: GEOMAX
Dirección: Jiron Dos de Mayo #1232

Descripción Instrumento: Sonómetro
Marca: Wensn
Modelo: WS1361
Serie: No Indica
Identificación Interna: No Indica
Condición: Usado

Especificaciones del Instrumento:
Rango: 40 a 140 dB
Serie Pre-amplificador: No Indica
Serie Microfono: No Indica

Lugar Calibración: Green Group **Fecha de Calibración:** 15-ene-2020

Condiciones Ambientales
Temperatura: 25 °C **Humedad :** 60 a 62 % **Presión:** 996 - 997 mb

Patrones Utilizados	Marca/Modelo	Serie ó Lote
Descripción		
Generador de frecuencias acústico	GenRad / 1562-A	6138
Barometro / Termometro	Control Company / 4247	122277812

Procedimientos Utilizados:
Calibración fue realizada por comparación y ajuste con patrones utilizados de acuerdo a lo establecido en manual de fabricante.

Resultados:

REPORTE DE PRUEBAS A 114 dB @ 1 KHz

P	Lectura Inicial	Lectura Final	Error (dB)	En Tolerancia
dB	115.2	114.0	0.00	Si
	115.3	114.1	0.10	Si
	115.3	114.1	0.10	Si



Notas u Observaciones:
1) El Instrumento fue ajustado para alcanzar las tolerancias permitidas.
2) La exactitud declarado en el manual del fabricante es ± 1.5 dB.

Realizado por


Jose Hinojosa


Enzo Durand Zúñiga
Jefe de Soporte Técnico
Green Group PE S.A.C.

Este documento no puede ser reproducido, ni alterado parcial o totalmente sin la aprobación escrita de Green Group

Au. El Sauce N° 556 - Sargallo
Central: 580 - 6134 / 273 - 3550
www.greengroup.com.pe

ANEXO n.º 2. Licencia de funcionamiento del laboratorio.



CAJAMARCA...
DONDE TODO
EMPEZÓ

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL
DE CAJAMARCA

Nº 003797

**LICENCIA DE APERTURA
DE ESTABLECIMIENTO**

ORDINARIA
AÑO 2017

**GEOMAX LABORATORIO AMBIENTAL, AIRE, AGUA Y SUELO E INGENIERIA
E.I.R.L.**

LICENCIA N°	: LO00462017						
MOTIVO	: APERTURA DE ESTABLECIMIENTO						
NOMBRE COMERCIAL	: GEOMAX LABORATORIO AMBIENTAL, AIRE, AGUA Y SUELO E INGENIERIA E.I.R.L.						
RUC	: 20601811112						
REP. LEGAL / PROPIETARIO	: RODRIGUEZ SILVA LUPITA HAYDEE						
DOCUMENTO DE IDENTIDAD	: 27048518						
TIPO DE ESTABLECIMIENTO	: PRINCIPAL						
DIRECCIÓN DEL ESTAB.	: JR. LOS TOPACIOS 484 URB. VILLA UNIVERSITARIA						
EXPEDIENTE	: 5710						
COMPROBANTE DE PAGO N°	: 08553						
VÁLIDA HASTA	: INDETERMINADA						
RESUMEN ACT. COMERCIAL	: VÁLIDA PARA LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO - TRABAJOS EN MEDIO AMBIENTE E INGENIERÍA.						
OBSERVACIONES	: VÁLIDA DESDE LAS 07:00 HASTA LAS 23:00 HORAS. ÁREA DEL ESTABLECIMIENTO 80 M². ESTABLECIMIENTO SUJETO A FISCALIZACIÓN POSTERIOR PARA VERIFICAR EL CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS DE SEGURIDAD EN EDIFICACIONES. SE EMITE LA PRESENTE LICENCIA DE FUNCIONAMIENTO EN VIRTUD A LA RESOLUCIÓN DE SUBGERENCIA N° 108-2017-SFCPM-GDE-MPC. CUENTA CON OPINION FAVORABLE DEL FISCALIZADOR ARPI MAMANI ZACARIAS CON INFORME N° 045-2017-ZAM-SFCPM-GDE-MPC.						
GIRO(S) DEL NEGOCIO	: <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">CIIU</th> <th>ACTIVIDAD ECONÓMICA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>4520 - 34</td> <td>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO*</td> </tr> <tr> <td>7310 - 02</td> <td>TRABAJOS EN MEDIO AMBIENTE E INGENIERIA</td> </tr> </tbody> </table>	CIIU	ACTIVIDAD ECONÓMICA	4520 - 34	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO*	7310 - 02	TRABAJOS EN MEDIO AMBIENTE E INGENIERIA
CIIU	ACTIVIDAD ECONÓMICA						
4520 - 34	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO*						
7310 - 02	TRABAJOS EN MEDIO AMBIENTE E INGENIERIA						

De conformidad con la Ley N° 27972 Ley Orgánica de las Municipalidades concordante con la Ley N° 28976, se expide la presente licencia de Apertura del Establecimiento para los fines pertinentes.

Cajamarca, 26 de Enero del 2017.



LO00462017



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CAJAMARCA
GERENCIA DE DESARROLLO ECONÓMICO
SUBGERENCIA DE REGISTRO, CREDITO Y ASESORIA
Judith Ye los Milagros Maza Abanto
SUB GERENTE

ANEXO n.º 3. Instrumentos para recolectar mediciones de PM, gases y ruido.

Para PM₁₀

Tabla 11

Concentración de Partículas en Suspensión PM₁₀.

Hora de control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de PM10 (µg/m³)
		Este	Norte			
07:00 a.m.						
08:00 a.m.						
09:00 a.m.						
10:00 a.m.						
11:00 a.m.						
12:00 a.m.						
01:00 p.m.						
02:00 p.m.						
03:00 p.m.						
04:00 p.m.						
05:00 p.m.						
06:00 p.m.						
Promedio aritmético de concentración de partículas en suspensión PM₁₀ (12 horas)						µg/m³
Límite Máximo Permisible para PM10						150 µg/m³

Fuente: Elaboración propia, (2022).

Para PM_{2.5}

Tabla 12

Concentración de Partículas en Suspensión PM_{2.5}.

Hora de control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de PM2.5 (µg/m³)
		Este	Norte			
07:00 a.m.						
08:00 a.m.						
09:00 a.m.						
10:00 a.m.						
11:00 a.m.						
12:00 a.m.						
01:00 p.m.						
02:00 p.m.						
03:00 p.m.						
04:00 p.m.						
05:00 p.m.						
06:00 p.m.						
Promedio aritmético de concentración de partículas en suspensión PM_{2.5} (12 horas)						µg/m³
Límite Máximo Permisible para PM2.5						50 µg/m³

Fuente: Elaboración propia, (2022).

Para SO₂

Tabla 13

Concentración de Dióxido de Azufre (SO₂).

Hora de control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de SO ₂ (µg/m ³)
		Este	Norte			
07:00 a.m.						
08:00 a.m.						
09:00 a.m.						
10:00 a.m.						
11:00 a.m.						
12:00 a.m.						
01:00 p.m.						
02:00 p.m.						
03:00 p.m.						
04:00 p.m.						
05:00 p.m.						
06:00 p.m.						
Promedio aritmético de concentración de Dióxido de Azufre (SO₂) (12 horas)						µg/m³
Límite Máximo Permisible para SO₂						80 µg/m³

Fuente: Elaboración propia, (2022).

Para CO

Tabla 14

Concentración de Monóxido de Carbono (CO).

Hora de control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de CO (µg/m ³)
		Este	Norte			
07:00 a.m.						
08:00 a.m.						
09:00 a.m.						
10:00 a.m.						
11:00 a.m.						
12:00 a.m.						
01:00 p.m.						
02:00 p.m.						
03:00 p.m.						
04:00 p.m.						
05:00 p.m.						
06:00 p.m.						
Promedio aritmético de concentración de Monóxido de Carbono (CO) (12 horas)						µg/m³
Límite Máximo Permisible para CO						30 000 µg/m³

Fuente: Elaboración propia (2022).

Para NO₂

Tabla 15

Concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO₂)-12h.

Hora de control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de NO ₂ (µg/m ³)
		Este	Norte			
07:00 a.m.						
08:00 a.m.						
09:00 a.m.						
10:00 a.m.						
11:00 a.m.						
12:00 a.m.						
01:00 p.m.						
02:00 p.m.						
03:00 p.m.						
04:00 p.m.						
05:00 p.m.						
06:00 p.m.						
Promedio aritmético de concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO₂) (12 horas)						µg/m³
Límite Máximo Permisible para NO₂						200 µg/m³

Fuente: Elaboración propia, (2021).

Para ruido

Tabla 16

Concentración de ruido-12h.

Hora de control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Nivel de equivalencia (dBA)
		Este	Norte			
07:00 a.m.						
08:00 a.m.						
09:00 a.m.						
10:00 a.m.						
11:00 a.m.						
12:00 a.m.						
01:00 p.m.						
02:00 p.m.						
03:00 p.m.						
04:00 p.m.						
05:00 p.m.						
06:00 p.m.						
Promedio aritmético del nivel de ruido equivalente (12 horas)						dBA
Límite Máximo Permisible para ruido						80 dBA

Fuente: Elaboración propia, (2022).

Resumen de concentraciones

Tabla 17

Promedios de concentraciones comparadas con los límites máximos permisibles.

Resultados de mediciones comparados con los límites máximos permisibles.							
Hora de medición	Lugar de monitoreo	Parámetros medidos					
		Ruido	PM _{2.5}	PM ₁₀	CO	SO ₂	NO ₂
Límite Máximo Permisible							
6:00 am - 7:00am							
7:00 am - 8:00am							
8:00 am - 9:00am							
9:00 am - 10:00am							
10:00 am - 11:00am							
11:00 am - 12:00pm							
12:00 pm - 1:00pm							
1:00 pm - 2:00pm							
2:00 pm - 3:00pm							
3:00 pm - 4:00pm							
4:00 pm - 5:00pm							
5:00 pm - 6:00pm							

Fuente: Elaboración propia, (2022).