



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AIRE PARA
PROPONER UN SISTEMA DE VENTILACIÓN DEL
SOCAVÓN SAN LUIS 2019, DISTRITO SAN LUIS,
PROVINCIA SAN PABLO, REGIÓN CAJAMARCA”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Víctor Elmer Portilla Yépez

Asesor:

Ing. Ovidio Luque Luque

Cajamarca - Perú

2019

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi esposa por permitirme ser alguien en la vida, por ser la fuente de mi inspiración día a día, y la razón para lograr mis objetivos. A mis padres, quienes supieron en todo momento brindarme la correcta educación.

Víctor Portilla Yépez.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por permitirme conseguir mis sueños, a mi casa de estudios la Universidad Privada del Norte, sede Cajamarca, por acogerme en sus aulas y brindarme docentes de calidad.

Quiero dar mis agradecimientos profundos a mis padres por brindarme sus sabios consejos y convertirme en una persona de bien.

Víctor Portilla Yépez.

Tabla de contenidos

	Pág.
DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	9
1.1. Realidad problemática.....	9
1.2. Formulación del problema	14
1.3. Objetivos	14
1.4. Hipótesis.....	15
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	16
2.1. Tipo de investigación	16
2.2. Población.....	16
2.3. Muestra.....	16
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	17
CAPÍTULO III. RESULTADOS	19
3.2. Diagnóstico de calidad de aire en el socavón San Luis 2019.....	22
3.3. Cálculo de Caudal de aire.....	33
3.4. Diseño de ventilación	35
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	37
4.1. Discusión.....	37
4.2. Conclusiones	39

REFERENCIAS	41
ANEXOS	44
ANEXO n.º 1. Matriz de consistencia.....	45
ANEXO n.º 2. Equipos para evaluar calidad de aire.	46
ANEXO n.º 3. Fotografías.	47
ANEXO n.º 4. Certificado de calibración.	49

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Revisión sistemática.	13
Tabla 2 Coordenadas de San Luis 2019.	19
Tabla 3 Monitoreo diario de material particulado PM ₁₀	23
Tabla 4 Concentración de partículas en suspensión PM _{2.5}	24
Tabla 5 Concentración de Dióxido de Azufre (SO ₂).	26
Tabla 6 Monitoreo del Monóxido de Carbono.	27
Tabla 7 Monitoreo de Dióxido de Nitrógeno en 12 horas.	29
Tabla 8 Monitoreo de ruido en 12 horas.....	30
Tabla 9 Resumen de concentraciones comparadas con ECAs.	32

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Ubicación Geográfica de la Concesión San Luis 2019.....	19
Figura 2: Bocamina del socavón 1 de la concesión San Luis.....	20
Figura 3: Socavones de la concesión San Luis.....	20
Figura 4: Veta de galena ubicada en la concesión San Luis.....	21
Figura 5: Veta de malaquita en la concesión San Luis.....	21
Figura 6: Contraste de las concentraciones de material particulado PM10 y los ECAs.	24
Figura 7. Contraste de concentraciones de material particulado 2.5 con los ECAs.....	25
Figura 8. Contraste de concentraciones de SO ₂ con los ECAs.....	27
Figura 9: Contraste de las concentraciones de Monóxido de Carbono y los ECAs.....	28
Figura 10. Contraste de concentración de Dióxido de Nitrógeno.	30
Figura 11. Monitoreo de concentraciones de ruido dBA.	31
Figura 12. Concentraciones de material particulado y ECA.	32
Figura 13. Concentraciones de gases y ECA.....	33
Figura 14. Nivel de ruido y ECA.....	33
Figura 15. Chimenea en los socavones de San Luis 2019.....	36
Figura 16. Socavón de San Luis 2019.	36
Figura 17. Contador de partículas HANDHELD 3016 para PM10 y PM2.5.....	46
Figura 18. Medidor de Gases modelo S200 para Monóxido de carbono (CO) Dióxido de azufre(SO ₂) y dióxido de nitrógeno(NO ₂).	46
Figura 19. Monitoreo en la bocamina.....	47
Figura 20. Medidor de gas en socavón.	47
Figura 21. Medidor de material particulado en socavón.	48

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar el sistema de ventilación para mejorar las operaciones mineras subterráneas de la concesión San Luis, y los objetivos específicos fueron analizar la calidad de aire dentro de las labores subterráneas, determinar el caudal del aire dentro de las labores subterráneas y diseñar un sistema de ventilación. Según su propósito, la investigación fue aplicada, según su profundidad la investigación fue explicativa; según la naturaleza de datos, la investigación es cuantitativa, según su manipulación de la variable, la investigación es experimental. La concentración de PM 2.5 es en promedio $3.06 \mu\text{g}/\text{m}^3$, para PM10 el promedio es $4.20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, para SO₂ el promedio es $1.61 \mu\text{g}/\text{m}^3$, para CO el promedio es $2529.16 \mu\text{g}/\text{m}^3$; para NO₂ el promedio es $69.34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y para ruido el promedio encontrado es de 50.90; en ningún caso se sobrepasa los Estándares de Calidad Ambiental, por lo cual no representa riesgo alto de contaminación. El caudal del aire que se necesita en las labores subterráneas del socavón San Luis es de $24.34 \text{ m}^3/\text{min}$. Según los monitoreos de calidad de aire y el caudal determinado se concluye que la mejora en la ventilación se mejora abriendo más cámaras con avance a la superficie que permita mayor ingreso de aire al socavón.

Palabras clave: Ventilación, gases, labores subterráneas, concentraciones.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En minería subterránea, la ventilación es esencial para el desarrollo de las actividades ya que si es la ventilación no es la necesaria se pone en riesgo la vida de los trabajadores, y se genera altos gastos en compras de mascarillas, filtros y pre filtros (Agama, 2016).

Para mejorar la ventilación en las labores subterráneas se necesita evaluar la calidad de aire, con ello se obtiene un diagnóstico. Si es que el diagnóstico contiene altas concentraciones de gases tóxicos, se mejorará la ventilación mediante el diseño y operación de sistemas que otorguen los caudales de aire necesarios, en cantidad y calidad, y lograr el mejor desempeño de los trabajadores y de los equipos. Con el avanzar tecnológico, aparecen nuevas tendencias en sistemas de ventilación como los desarrollados mediante softwares especializados para que operen equipos de alto rendimiento, pero con bajos niveles de ruido (Suity, 2014).

En las labores del socavón San Luis, todavía no se cuenta con mejoras en ventilación, las vetas son ricas en zinc, cobre y en plomo asociadas a minerales de sulfuro; este ambiente expone a los trabajadores a enfermedades e incluso la muerte. Por ello esta tesis es necesaria para evitar posibles multas por el MINAM (Ministerio del Ambiente) y paralizaciones de actividades; y también pérdidas humanas.

Campillos (2015), presentó su Tesis para obtener título de ingeniero de minas titulada: “optimización y modelización del circuito de ventilación de una mina subterránea” al departamento de ingeniería geológica y minera nacional de España, Madrid. En la cual describió que para generar una corriente de aire se tiene que tener una entrada de aire,

una salida de aire y una diferencia de presión ya que la corriente de aire va hacia donde la presión es menor. Concluyó que para hacer un diagnóstico de un circuito de ventilación se ha de sustentar en una serie de mediciones que permita conocer las condiciones presentes de la ventilación, tanto principal como secundaria. Y de allí determinar las futuras posibles correcciones necesarias, para la realización de esta tesis se tomaron como fuente las tablas de recolección de datos.

Calisaya (2012), presento su investigación en el simposio titulado: “Estandarización del proceso de ventilación en minas de carbón - Caso Carbones del Caribe S.A.S. Colombia” en la universidad de Utah Colombia, Medellín. En la cual describió que el proceso de implementación de sistemas de ventilación en las minas de carbón es delicado, debido a la cantidad de variables que este tipo de sistemas involucra, como, dilución de metano y otros gases, velocidades de flujo relacionadas con el levantamiento de polvo de carbón, circulación de aire limpio, tiempos de evacuación de aire viciado, cantidades de aire en puntos críticos, condiciones ambientales (temperaturas y humedad) y requerimientos de ventiladores. Concluyó que para mejorar o diseñar un sistema de ventilación se debe iniciar con un estudio detallado de las condiciones de operación de cada mina y la evaluación de todos los componentes que influyen sobre él sistema. De este antecedente se tomaron las fórmulas para determinar el caudal de aire necesario.

Sutty (2016), presentó su Tesis para obtener el título de ingeniería de minas titulada: “influencia de la ventilación mecánica, en el diseño del sistema de ventilación del nivel 4955 mina Urano SAC – Puno” a la universidad nacional del altiplano de Perú, Puno. En la cual describió que la mayor efectividad en la dilución de los gases tóxicos queda determinada por la distancia que está comprendida entre el extremo de la

tubería/manga y el frente de trabajo, la que no debe ser muy grande para que te tenga las características de turbulencia de chorro libre. Concluyó que si la tubería de extracción se coloca distante al frente de trabajo una gran proporción de aire puro de la galería será absorbido sin llegar al frente de trabajo, dejando sin remover los gases y el polvo, en instalaciones para este tipo de ventilación debe usarse tubería de acero, ya que los de lona se chupan, a menos que estas se refuercen, considerando no recomendables. De este antecedente se toma como base sistema de ventilación utilizando ventiladores y mangas.

Agüero (2012), presentó su tesis para obtener su título de ingeniería de minas titulada: “Influencia de la ventilación natural y mecánica en el diseño del sistema de ventilación de las galerías - del nivel 1950 mina calpa - Arequipa” a la universidad nacional de Huancavelica de Perú, Huancavelica. en la cual describieron que la ventilación de minas tiene por objeto suministrar a las labores en operación suficiente aire fresco en función a las necesidades de la persona, equipo diésel autorizado y dilución de contaminantes, de modo que la atmosfera en dichas zonas mantenga sus condiciones termo ambientales en compatibilidad con la seguridad, la salud y el rendimiento del personal. Concluyó diciendo que se debe desarrollar técnicas de acorde a la reglamentación vigente, producto de una variada recopilación de obras de la especialidad y de conocimientos y experiencia adquiridos en el ejercicio de la profesión en diferentes empresas mineras que implementen sistemas de ventilación y las universidades. De este antecedente se tomó como referencia la apertura de chimeneas para mejorar la ventilación.

El sistema de ventilación en esta mina de vital importancia para hacer circular aire fresco por el interior de la misma, para asegurar una atmósfera respirable y segura para

el desarrollo de los trabajos. La ventilación se realiza estableciendo un circuito para la circulación del aire a través de todas las labores, para ello es indispensable que la mina tenga dos labores de acceso independientes, como por ejemplo un socavón y un pique. Este sistema de ventilación se realizará con el propósito de acondicionar la atmósfera del ambiente de trabajo de todas las labores subterráneas, proporcionando un clima seguro, saludable, y en lo posible cómodo para los mineros. Con el fin de lograr este objetivo será necesario garantizar la dotación de aire fresco y limpio tanto en los frentes de trabajo como en las galerías de acceso a estos, aprovechando las condiciones naturales de la mina y empleando medios auxiliares si fuese necesario (Agüero, 2012).

Los tipos de ventilación se clasifican en dos grupos: Ventilación natural y Ventilación mecánica dentro de la ventilación mecánica tenemos a la ventilación mixta esta es impelente y aspirante, en la impelente el ventilador impulsa el aire al interior de la mina, en el caso de aspirante el ventilador succiona el aire del interior de la mina y lo expulsa al exterior (García, 2016).

Los factores que influyen en la determinación de ese caudal, dependen de las condiciones y características de desarrollo de cada operación y del método de explotación a utilizarse. Las necesidades de aire en el interior de la mina, son determinadas en base al número máximo de personal y de equipos que trabajarán simultáneamente en las labores en los diversos niveles que componen la mina, en adicción a las exigencias del método de explotación (Piérola, 2015).

Para el desarrollo de esta investigación, fue necesario contar con el análisis de estudios interpretados en la tabla 1.

Tabla 1
Revisión sistemática.

Autor	Año de publicación	Base de datos	Breve Resumen
Córdoba	2014	Redalyc	Los requerimientos de aire para la explotación minera subterránea se calculan de acuerdo al personal que labora, y es necesario ventilar las labores para diluir gases como el metano que es propio de la explotación como los generados por voladura y el control de polvo. Para caracterizar un sistema de ventilación se debe conocer las características del circuito, es decir los caudales, requerimientos, áreas, perímetros y longitudes.
Kerguelen, González y Jiménez	2014	Redalyc	El monitoreo de la calidad del aire en una mina es recomendable que se haga de manera continua para así poder conocer las condiciones al interior, ya que en cualquier momento pueden ocurrir situaciones de riesgo que colocan en peligro vidas humanas. Se propone usar técnicas de ingeniería de software para el modelamiento y posteriormente, hacer un aplicativo más robusto.
Agudelo, Quiroz, García, Robledo y García	2016	Redalyc	En casi todas las minas seleccionadas, las concentraciones promedio de PM ₁₀ y mercurio en aire intramural superaron las normas aplicables de seguridad del aire, mientras que las concentraciones de plomo estuvieron por debajo. Por ello se deben tomar las medidas necesarias para evitar riegos en los trabajadores.
Durán	2018	Scielo	La mina tiene una cobertura de 66.43 % de aire, que significa que falta incrementar 6,617.54 m ³ /min de aire fresco a la mina, para tener una cobertura de 100 % para no tener problemas de ventilación. Los circuitos principales de ventilación como rampas y cruceros, están trabajando bien, solamente falta hacer una buena distribución del aire fresco por cuanto en algunos casos gran parte de este aire es succionado por los ventiladores extractores.
Mariño, Ortigón y Mariño	2016	Redalyc	Para la desgasificación de la Peña de Socotá se sugiere perforar varios pozos, teniendo en cuenta la futura zona de explotación; esto permitirá tener mayores volúmenes de gas para utilizar en la mina o para comercializar. Se recomiendan ensayos de cromatografía de gases sobre algunas de las muestras de gases para precisar los contenidos de metano (CH ₄) y de otros gases que, como azufre (H ₂ S), pueden ser letales.
Bustamante, Daza y Bustamante	2016	Redalyc	Según los resultados arrojados por el software Ventsim™, el aire que aporta el tiro natural es muy pequeño, y por tanto no es suficiente de acuerdo a los requerimientos que tiene la mina por su personal de trabajo, en el cual laboran alrededor de 50 personas por turno. Por esta razón, se hace necesaria la implementación de ventilación mecanizada, la cual posibilite suplir estas necesidades.
Carabajo	2015	Scielo	El balance de masa de aire fresco demostró que el circuito registra un déficit del 75% del caudal de aire, valor que aumenta a profundidad ya que no se cuenta con chimeneas, los gases aumentan en lugares donde se utilizan equipos con motores. Es necesario prolongar la North Shaft Alimak desde la cota 367 hasta la cota 492, esta conexión nos permitirá inyectar aire limpio a los

			niveles más bajos, ya que a su vez el nivel 492 se conectará con la North Shaft Alimak en los niveles superiores.
Niño y Custodio	2015	Scielo	Propone un sistema de ventilación mixta, compuesta por ventilación natural producida por la infiltración del aire a través de las chimeneas de servicio a una velocidad de 3.5 m/seg, as mismo se cuenta con un sistema de ventilación mecánica o forzada compuesta por dos ventiladores (impulsión y extracción) de 250 HP en total.
Sutty	2016	Scielo	Explicó que la ventilación mecánica influye en las operaciones minera el cual fue necesaria la colocación de dos ventiladores: uno con capacidad de 25000 cfm y el otro de 15000 cfm para cubrir la necesidad de aire, se instaló en la misma galería; uno en BM y otro a 800 metros de profundidad permitiendo enseriarlo, mediante una cámara de acumulación de aire con capacidad de 75 m ³ .
Baltazar	2016	Scielo	Propone un sistema conformado por 03 ventiladores conectados en serie cada uno de modelo AVH90, instalados uno a continuación del otro (Cola). Se considerará estos 03 equipos en serie trabajaran en el arreglo como si fuese un solo equipo con lo que el modelo "compuesto" de los equipos se denominó: 3 x AVH90. Y con este sistema se cumplirá la norma suiza SIA196 que es de 13,5 m ³ /s.

En el socavón San Luis 2019, es necesario realizar la evaluación de calidad de aire ya que mediante ello se propondrán mejoras en la ventilación para asegurar una atmósfera respirable y segura para el desarrollo de los trabajos mineros. Además, la investigación surge, ante la necesidad de dar un aporte muy importante para el mejoramiento de ventilación y así lograr un ambiente seguro para los trabajadores dentro de mina.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la calidad de aire adecuada para proponer un sistema de ventilación del socavón San Luis 2019?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar la calidad de aire para proponer un sistema de ventilación del socavón San Luis 2019.

1.3.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar la calidad de aire actual dentro de las labores subterráneas del socavón San Luis 2019.
- Calcular el caudal del aire óptimo para el desarrollo de las labores subterráneas del socavón San Luis 2019.
- Elaborar el diseño de un sistema de ventilación dentro de las labores subterráneas del socavón San Luis 2019.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

La evaluación de calidad del aire permitirá proponer significativamente las mejoras en la ventilación del socavón San Luis 2019.

1.4.2. Hipótesis específicas

- El diagnóstico de la calidad de aire actual dentro de las labores subterráneas del socavón San Luis 2019, demuestra que no es la óptima para realizar un trabajo seguro.
- El caudal del aire actual en las labores subterráneas del socavón San Luis 2019, no es el suficiente para el adecuado desarrollo de las actividades.
- El diseño de un sistema de ventilación dentro de las labores subterráneas del socavón San Luis 2019, consiste en la apertura de chimeneas para ingresar mayor caudal de aire.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación se desarrolló tomando como base la guía de investigación de ingeniería de la Universidad Privada del Norte:

Según su propósito: La investigación fue Aplicada, ya que consiste en el estudio de un sistema de ventilación en la concesión minera San Luis 2019, a través de la descripción objetiva de las actividades, procesos, personas y herramientas. La meta de esta investigación no se limita a la recolección de datos, sino a la identificación de las relaciones que existen entre las variables (Oblitas, 2018).

Según su profundidad: La investigación fue Explicativa, porque ha sido diseñada con la información de cada proyecto minero que haga el uso de la ventilación mecánica y con cumplimiento de las normas nacionales e internacionales (Oblitas, 2018).

Según la naturaleza de datos: La investigación es Cuantitativa, porque utilizaron métodos de medición para determinar la concentración de material particulado, gases y ruido (Oblitas, 2018).

Según su manipulación de la variable: La investigación es cuasiexperimental, ya que se pretende proponer un sistema de ventilación de acuerdo a la variable de calidad del aire (Oblitas, 2018).

2.2. Población

Socavón San Luis 2019, ubicado en el distrito de San Luis, provincia de San Pablo.

2.3. Muestra

Nivel 1 del socavón San Luis 2019.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.4.1. Técnicas

- Observación directa: Se recolectaron datos propios de la concesión tales como las coordenadas de los principales componentes mineros, número de trabajadores, especificaciones en el tipo de explotación, principales actividades en las operaciones mineras, entre otras.
- Análisis documental: Se recopiló y analizó toda información concerniente al tema y aplicarlo en el marco teórico de esta investigación.
- Cálculo de caudal de Aire: A través de equipos sofisticados de monitoreo para lograr evaluar la calidad de aire y además el cálculo del flujo.
- Análisis de resultados del monitoreos: Se usará los datos numéricos del monitoreo por hora, para luego analizarlos mediante cuadros estadísticos, y compararlos con los Estándares de Calidad Ambiental para trabajo en minería subterránea.

2.4.2. Instrumentos

Para determinar la calidad de aire se elaboró una ficha de experimentación de concentración diaria de partículas, gases y ruido, utilizada durante el monitoreo ambiental dentro del socavón San Luis 2019:

Tabla 1

Ficha de experimentación de concentración diaria de partículas, gases y ruido contrastados.

Lapso medido	Campo monitoreado	Ítems monitoreados				
		Ruido	PM _{2.5}	PM ₁₀	CO	SO ₂
Estándares de Calidad Ambiental						
6.00 – 7.00						
7.00 – 8.00						
8.00 – 9.00						
9.00 – 10.00						
10.00 – 11.00						

11.00 – 12.00
12.00 – 13.00
13.00 – 14.00
14.00 – 15.00
15.00 – 16.00
16.00 – 17.00
17.00 – 18.00

Fuente: Elaboración propia, (2019).

- Fórmula de determinación del caudal de aire en mina

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

Donde:

Q = Caudal necesario para x personas en la mina subterránea (m³/ min.)

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

N = Número de trabajadores en la mina subterránea.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1.1. Ubicación geográfica

El área de la concesión San Luis 2019 es de 200 hectáreas y está delimitada entre las siguientes coordenadas UTM (WGS 84– 17S):

Tabla 2
Coordenadas de San Luis 2019.

CUADRO DE COORDENADAS UTM – SAN LUIS 2019		
VERTICE	ESTE	NORTE
A	732 000	9 204 000
B	732 000	9 202 000
C	731 000	9 202 000
D	731 000	9 204 000

Fuente: Elaboración propia, (2019).



Figura 1: Ubicación Geográfica de la Concesión San Luis 2019.

Fuente: <http://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>.



Figura 2: Bocamina del socavón 1 de la concesión San Luis.

Fuente: Fotografía tomada en la zona de estudio.



Figura 3: Socavones de la concesión San Luis.

Fuente: Fotografía tomada en la zona de estudio.



Figura 4: Veta de galena ubicada en la concesión San Luis.
Fuente: Fotografía tomada en la zona de estudio.



Figura 5: Veta de malaquita en la concesión San Luis.
Fuente: Fotografía tomada en la zona de estudio.

3.1.2. Impacto a la calidad del aire

Definitivamente el material particulado emitido al aire es de carácter temporal (dependiendo a la velocidad del viento), durante la etapa de mejoramiento de componentes como las plataformas de almacenamiento de mineral, la cancha de acopio y carguío, pasada esta etapa de mejoras, la emisión de material particulado, cesarán en gran parte.

En interior, mina durante las labores de extracción del mineral, se produce material particulado y gases de monóxido de carbono y anhídrido carbónico, los que constituyen los principales contaminantes del aire en las labores mineras subterráneas, esta situación afecta a la salud de los trabajadores.

3.1.3. Aumento de los niveles de ruido

El ruido como se muestra en la descripción del área, es como en cualquier sistema ecológico donde existe la interacción del hombre, y por efectos de las operaciones en superficie se genera un incremento de sus niveles cuando se realiza la voladura.

El ruido que se genere producto del tránsito de los vehículos, por perforación y voladura no se considera impacto aplicable a las operaciones en curso porque la vía por la cual circulan es transitada por vehículos que no tienen relación con el proyecto puesto que es el acceso entre diferentes comunidades.

3.2. Diagnóstico de calidad de aire en el socavón San Luis 2019

El monitoreo se realizó en la concesión San Luis 2019 (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}.

3.2.1. 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, como lo muestra la Tabla 7.

Tabla 3
Monitoreo diario de material particulado PM₁₀.

Hora de control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de PM ₁₀ (µg/m ³)
		Este	Norte			
6.00 – 7.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	5.95
7.00 – 8.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	3.23
8.00 – 9.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	4.75
9.00 – 10.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	3.72
10.00 – 11.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	2.72
11.00 – 12.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	2.44
12.00 – 13.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	2.88
13.00 – 14.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	9.56
14.00 – 15.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	6.86
15.00 – 16.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	3.23
16.00 – 17.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	2.61
17.00 – 18.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	2.42
Promedio de concentración diaria de material particulado PM₁₀ (12 horas)						4.20 µg/m³
Estándar de Calidad Ambiental del Aire PM₁₀						100 µg/m³

Fuente: Resultados del monitoreo de material particulado, gases y ruido.

Las concentraciones de partículas PM₁₀ medido en el punto de control están por debajo del valor establecido por los Estándares de Calidad Ambiental del Aire para PM₁₀ fijado en 100 µg/m³.

La más alta concentración es de 9.56 µg/m³ se obtuvo entre las 13:00 y las 14:00 horas.; mientras que la más baja concentración fue de 2.42 µg/m³ y se presentó entre las 17:00 y 18:00 horas. Con los datos de la tabla 7 se elaboró la figura 6 donde se contrastan las concentraciones con los ECAs.

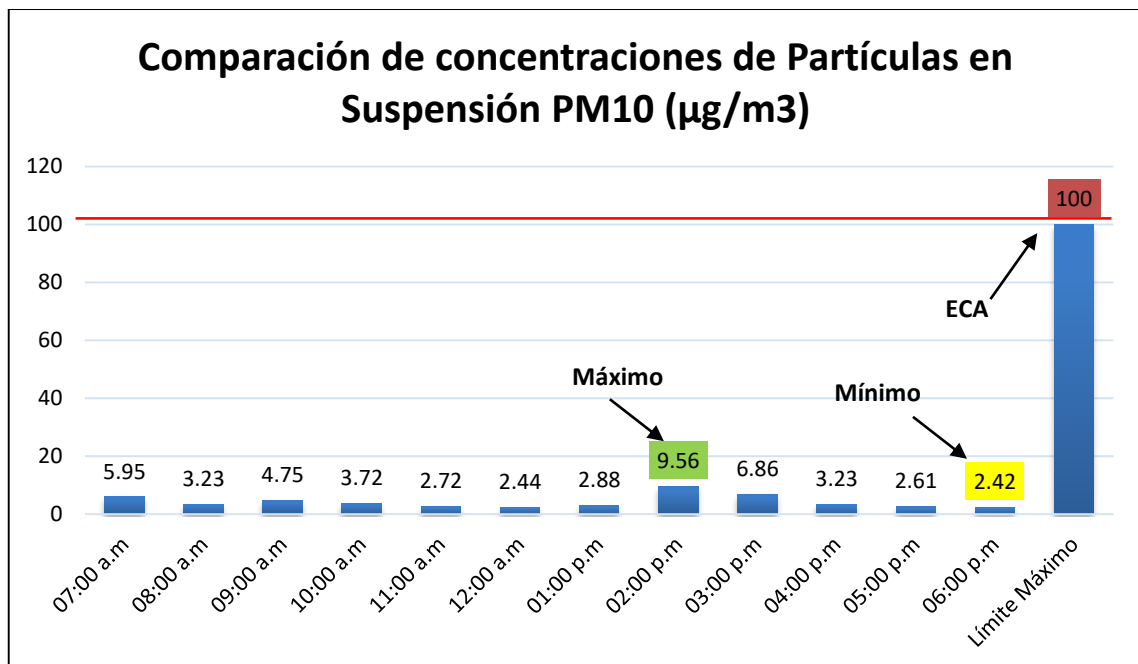


Figura 6: Contraste de las concentraciones de material particulado PM10 y los ECAs.

Fuente: Resultados del monitoreo de material particulado, gases y ruido.

3.2.2. Material particulado 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 8 muestra las concentraciones de partículas PM_{2.5} medidas en los puntos de control de 7:00 a 18:00 y se contrastó con los Estándares de Calidad Ambiental del Aire.

Tabla 4

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} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
		Este	Norte			
6.00 – 7.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	2.35
7.00 – 8.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	2.86
8.00 – 9.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	2.92
9.00 – 10.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	2.40
10.00 – 11.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	2.14
11.00 – 12.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	2.00
12.00 – 13.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	2.25
13.00 – 14.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	2.11
14.00 – 15.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	3.12
15.00 – 16.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	5.13
16.00 – 17.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	5.02

17.00 – 18.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	4.44
Promedio diario de concentración de material particulado PM_{2.5} (12 horas)						3.06 µg/m³
Estándar de Calidad Ambiental del Aire PM_{2.5}						50 µg/m³

Fuente: Resultados del monitoreo de material particulado, gases y ruido.

Se midió la concentración de material particulado PM_{2.5} tomadas desde las 7:00 horas hasta a las 18:00 horas, las cuales no se acercan a los Estándares de Calidad Ambiental que es 50 µg/m³, establecido por la normativa peruana.

A las 14:00 horas se registró el punto máximo de concentración siendo 5.13 µg/m³, pero a las 12:00 horas se registró el punto más bajo de monitoreo que es 2.00 µg/m³.

En la figura 7 se detallan las concentraciones de PM_{2.5} y se contrasta con los ECAs.

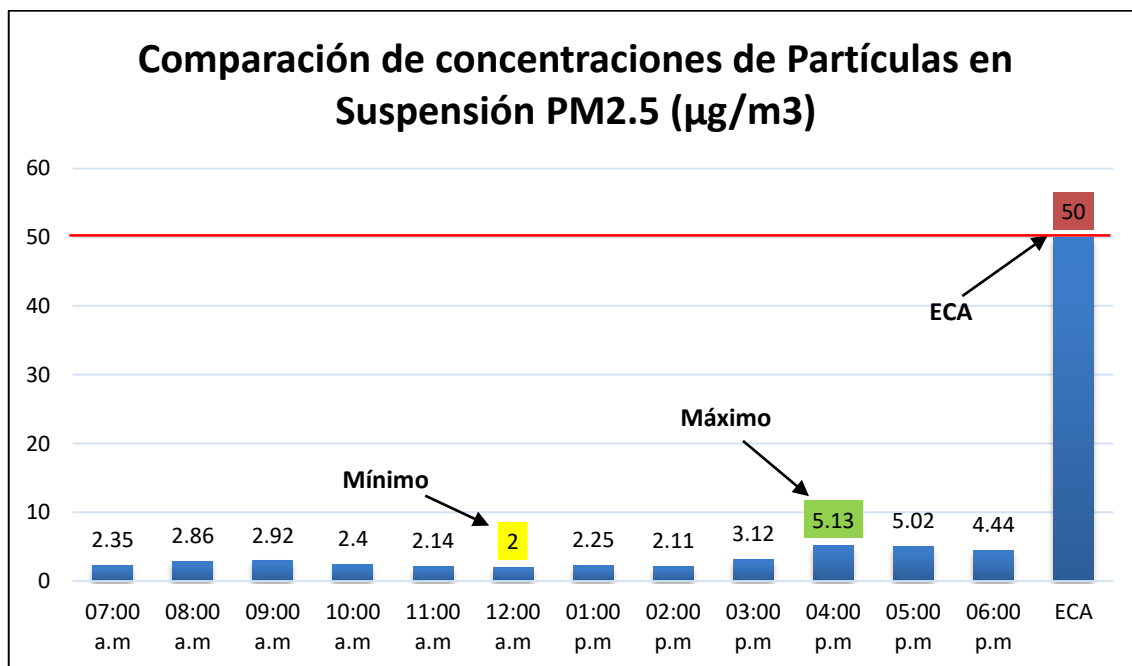


Figura 7. Contraste de concentraciones de material particulado 2.5 con los ECAs

Fuente: Resultados del monitoreo de material particulado, gases y ruido.

3.2.3. 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.

En la tabla 9, se detallan las concentraciones de Dióxido de Azufre (SO₂) tomados en los socavones estudiados desde las 7:00 horas hasta las 18:00 horas, los cuales fueron contrastados con los ECAs.

Tabla 5
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			
6.00 – 7.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	1.33
7.00 – 8.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	1.41
8.00 – 9.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	1.58
9.00 – 10.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	1.79
10.00 – 11.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	1.63
11.00 – 12.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	1.71
12.00 – 13.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	1.71
13.00 – 14.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	1.96
14.00 – 15.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	1.75
15.00 – 16.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	1.63
16.00 – 17.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	1.71
17.00 – 18.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	1.08
Promedio diario de Dióxido de Azufre(SO₂) en 12 horas						1.61 µg/m³
Estándares de Calidad Ambiental del Aire SO₂						250 µg/m³

Fuente: Resultados del monitoreo de material particulado, gases y ruido.

La concentración de SO₂ medidos en el socavón San Luis nivel 1 desde las 7:00 horas hasta las 18:00 horas, no se aproximan a los Estándares de Calidad Ambiental del aire establecido en 250 µg/m³ de acuerdo a la normativa peruana.

El punto máximo de concentración se registró a las 14:00 horas y fue 1.96 µg/m³, y el punto mínimo de concentración se registró a las 18:00 horas y fue 1.08 µg/m³.

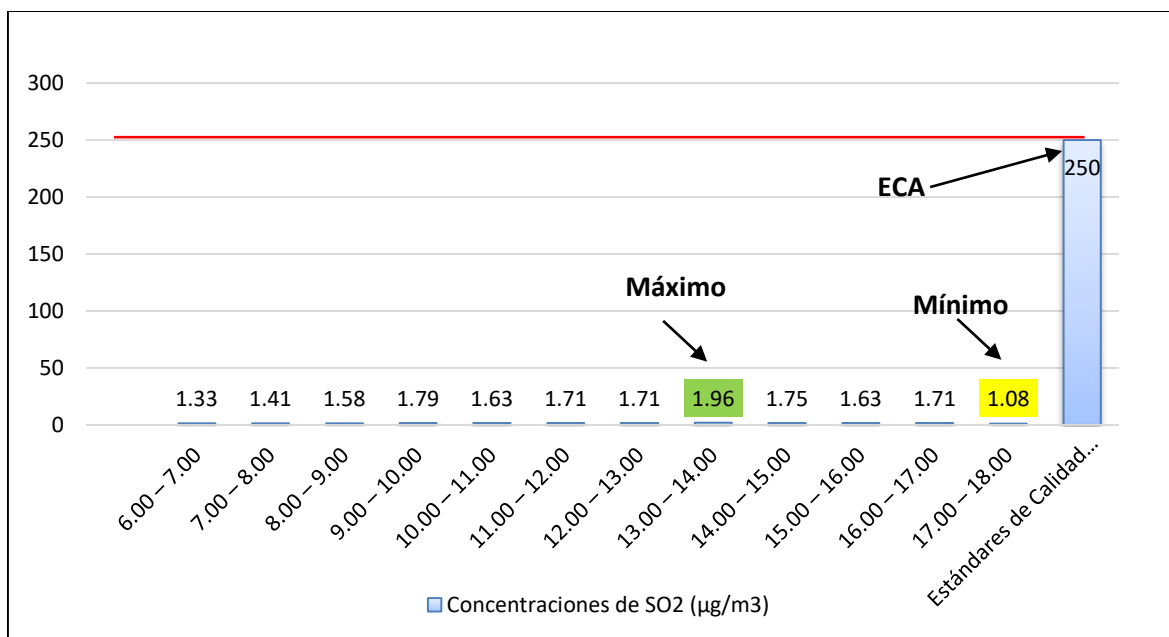


Figura 8. Contraste de concentraciones de SO₂ con los ECAs.

Fuente: Resultados del monitoreo de material particulado, gases y ruido.

3.2.4. Monóxido de carbono (CO)

El monóxido de carbono en el socavón San Luis 2019 es baja, y solo se presenta al momento de las voladuras, pero se disipan al pasar las horas, es por ello que no se acercan a los Estándares de Calidad Ambiental.

En la tabla 10, se detalla el monitoreo de Monóxido de Carbono medido en el nivel 1 del socavón desde las 7:00 horas hasta las 18:00 horas, y se contrastan con los estándares establecidos por la normativa peruana.

Tabla 6

Monitoreo del Monóxido de Carbono.

Hora de control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de CO (µg/m ³)
		Este	Norte			
6.00-7.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	98.71
7.00-8.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	108.29
8.00-9.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	129.38
9.00-10.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	519.42
10.00-11.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	2311.50
11.00-12.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	2514.67
12.00-13.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	3134.71
13.00-14.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	5261.25
14.00-15.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	5639.58
15.00-16.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	2677.25

16.00 – 17.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	4732.25
17.00 – 18.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	3222.88
Concentración promedio diaria de Monóxido de Carbono en 12 horas						2529.16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Estándares de Calidad Ambiental del Aire CO						30 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Fuente: Resultados del monitoreo de material particulado, gases y ruido.

El monitoreo de concentración de monóxido de carbono detalla, que en todos los casos no se acercan a los Límites Máximos Permisibles desde las 7:00 horas hasta las 18:00 horas, el ECAs establecido es de 30000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de acuerdo a la normativa peruana.

El punto máximo de concentración es de 5639.58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y se presentó a las 15:00 horas, sin embargo, el punto mínimo de concentración es de 98.71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y se presentó a las 7:00 horas, detallados en la figura 9.

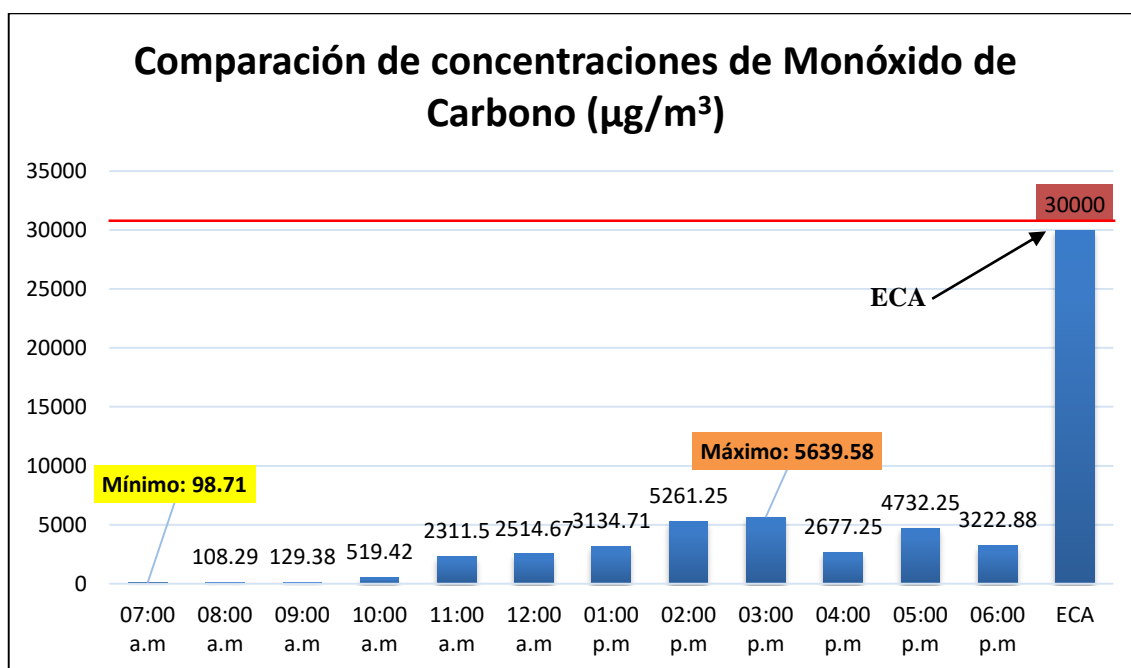


Figura 9: Contraste de las concentraciones de Monóxido de Carbono y los ECAs.

Fuente: Resultados del monitoreo de material particulado, gases y ruido.

3.2.5. Dióxido de nitrógeno (NO₂)

En esta zona la presencia del gas Dióxido de Nitrógeno (NO₂) es mínima, 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.

En la tabla 11, se detalla el monitoreo de Dióxido de Nitrógeno medido en el nivel 1 del socavón San Luis 2019 tomado desde las 7.00 horas hasta las 18.00 horas, los resultados fueron contrastados con los ECAs establecidos por la normativa peruana.

Tabla 7
Monitoreo de Dióxido de Nitrógeno en 12 horas.

Hora de control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de NO ₂ (µg/m ³)
		Este	Norte			
6.00 – 7.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	58.65
7.00 – 8.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	60.76
8.00 – 9.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	66.99
9.00 – 10.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	66.89
10.00 – 11.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	65.07
11.00 – 12.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	63.54
12.00 – 13.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	73.60
13.00 – 14.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	79.93
14.00 – 15.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	74.65
15.00 – 16.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	78.49
16.00 – 17.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	75.80
17.00 – 18.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	67.75
Concentración promedia de Dióxido de Nitrógeno en 12 horas						69.34 µg/m³
Estándares de Calidad Ambiental del Aire NO₂						200 µg/m³

Fuente: Resultados del monitoreo de material particulado, gases y ruido.

Los resultados del monitoreo de concentración de NO₂ no se acercan a los ECAs que es 200 µg/m³.

El punto de concentración máxima es de 79.93 µg/m³ y se registró a las 14:00 horas del día del monitoreo, y el punto mínimo de concentración fue 58.65 µg/m³ y se registró a las 7:00 horas.

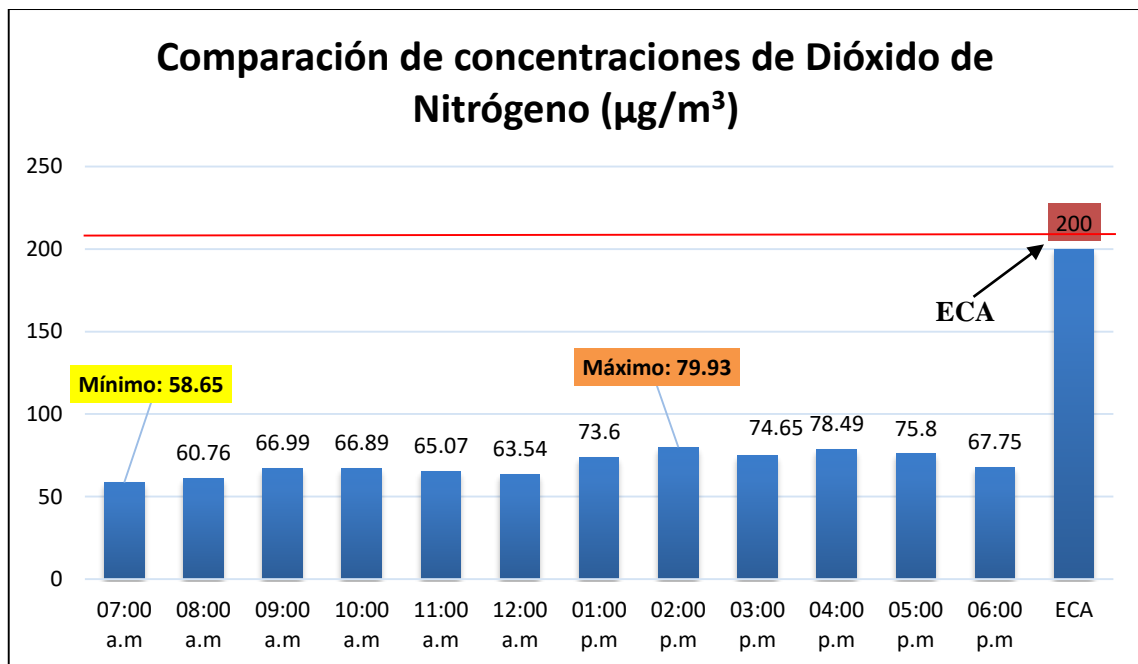


Figura 10. Contraste de concentración de Dióxido de Nitrógeno.

Fuente: Resultados del monitoreo de material particulado, gases y ruido.

3.2.6. Monitoreo de ruido

El monitoreo realizado en el nivel 1 del socavón San Luis 2019, demuestran que no se acercan a los ECAs. El ruido con mayor impacto es el generado por la perforación y voladura de las vetas que abarcan el mineral rentable, en esta actividad se registra hasta 68.59 dBA.

Tabla 8
Monitoreo de ruido en 12 horas.

Hora de control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Nivel de ruido equivalente (dBA)
		Este	Norte			
6.00 – 7.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	38.79
7.00 – 8.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	41.55
8.00 – 9.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	49.19
9.00 – 10.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	68.59
10.00 – 11.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	64.58
11.00 – 12.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	45.69
12.00 – 13.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	58.16
13.00 – 14.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	41.58
14.00 – 15.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	50.50
15.00 – 16.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	56.23
16.00 – 17.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	61.25
17.00 – 18.00	Socavón 1	731 425	9202278	1107	15/12/2018	34.65

Concentración promedio de ruido en 12 horas	50.90 dBA
Estándares de Calidad Ambiental del Ruido	80 Dba

Fuente: Resultados del monitoreo de material particulado, gases y ruido.

El monitoreo realizado definió que el promedio tomado desde las 7:00 horas hasta las 18:00 horas, es 50.90 dBA, por lo tanto, se concluye que la generación de ruido no supera los ECAs que es 80 dBA.

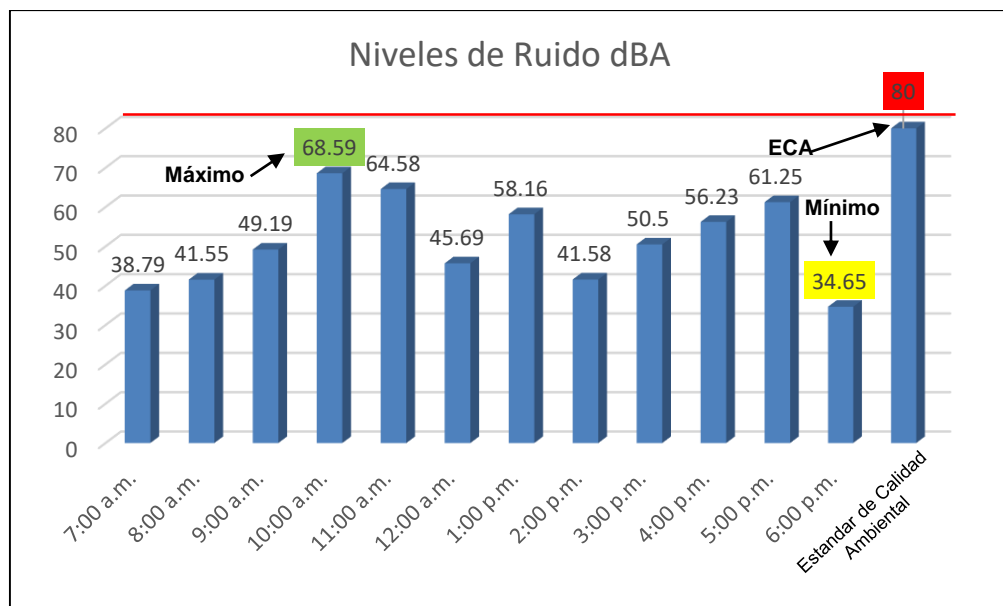


Figura 11. Monitoreo de concentraciones de ruido dBA.

Fuente: Resultados del monitoreo de material particulado, gases y ruido.

3.2.7. Resumen de concentraciones

Tabla 9

Resumen de concentraciones comparadas con los Estándares de Calidad Ambiental.

Lapso medido	Campo monitoreado	Ítems monitoreados					
		Ruido	PM _{2.5}	PM ₁₀	CO	SO ₂	NO ₂
Estándar de Calidad Ambiental		80 dBA	50 µg/m ³	100 µg/m ³	30 000 µg/m ³	250 µg/m ³	200 µg/m ³
6.00 – 7.00	Socavón	39	2	6	99	1	59
7.00 – 8.00	Socavón	42	3	3	108	1	61
8.00 – 9.00	Socavón	49	3	5	129	2	67
9.00 – 10.00	Socavón	69	2	4	519	2	67
10.00 – 11.00	Socavón	65	2	3	2312	2	65
11.00 – 12.00	Socavón	46	2	2	2515	2	64
12.00 – 13.00	Socavón	58	2	3	3135	2	74
13.00 – 14.00	Socavón	45	2	10	5261	2	80
14.00 – 15.00	Socavón	51	3	7	5640	2	75
15.00 – 16.00	Socavón	56	5	3	2677	2	79
16.00 – 17.00	Socavón	61	5	3	4732	2	76
17.00 – 18.00	Socavón	35	4	2	3223	1	68
PROMEDIO		50.90 dBA	3.06 µg/m ³	4.20 µg/m ³	2529.16 µg/m ³	1.61 µg/m ³	69.34 µg/m ³

Fuente: Resultados del monitoreo de material particulado, gases y ruido.

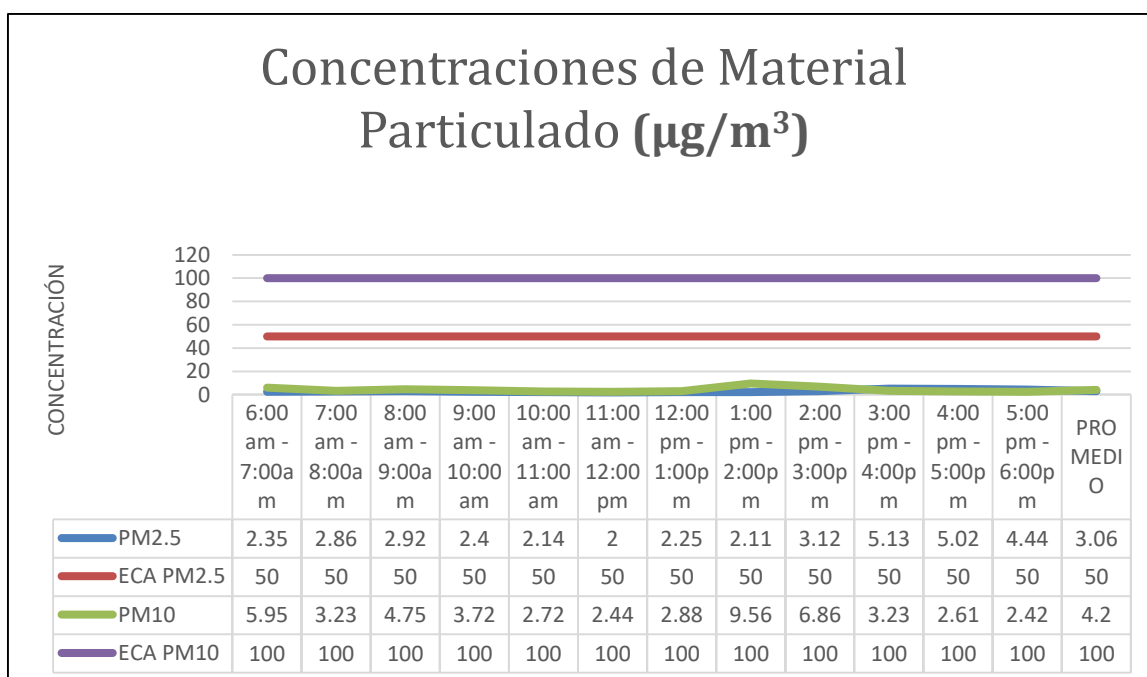


Figura 12. Concentraciones de material particulado y ECA.

Fuente: Resultados del monitoreo de material particulado, gases y ruido.

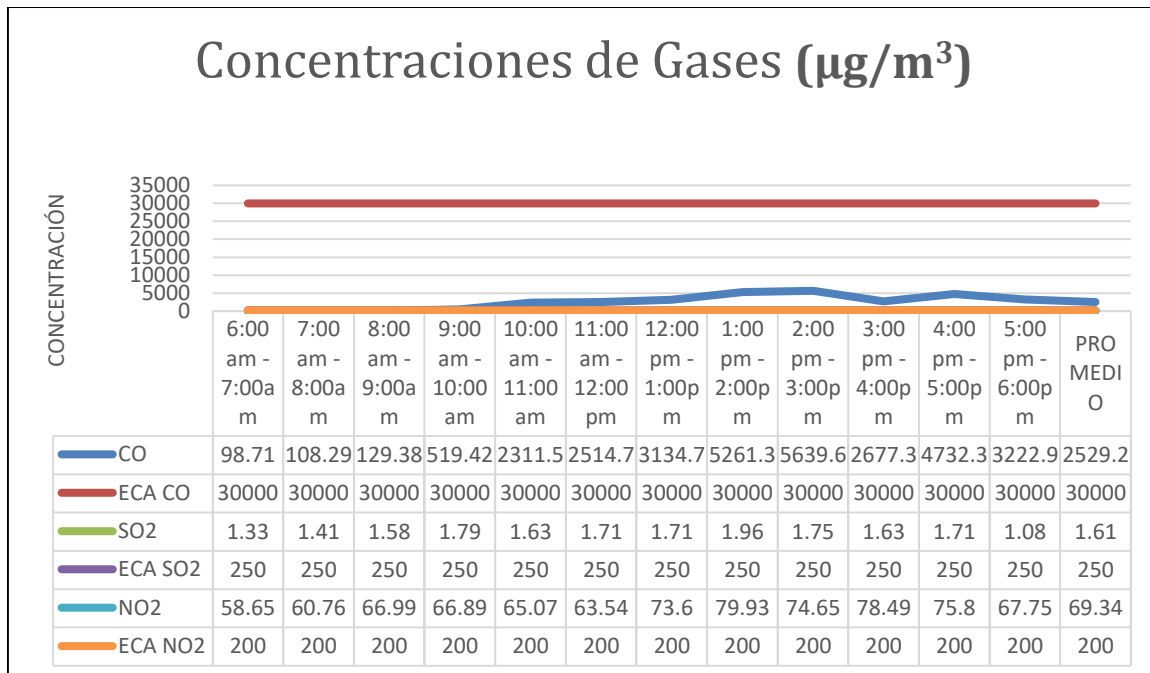


Figura 13. Concentraciones de gases y ECA.

Fuente: Resultados del monitoreo de material particulado, gases y ruido.

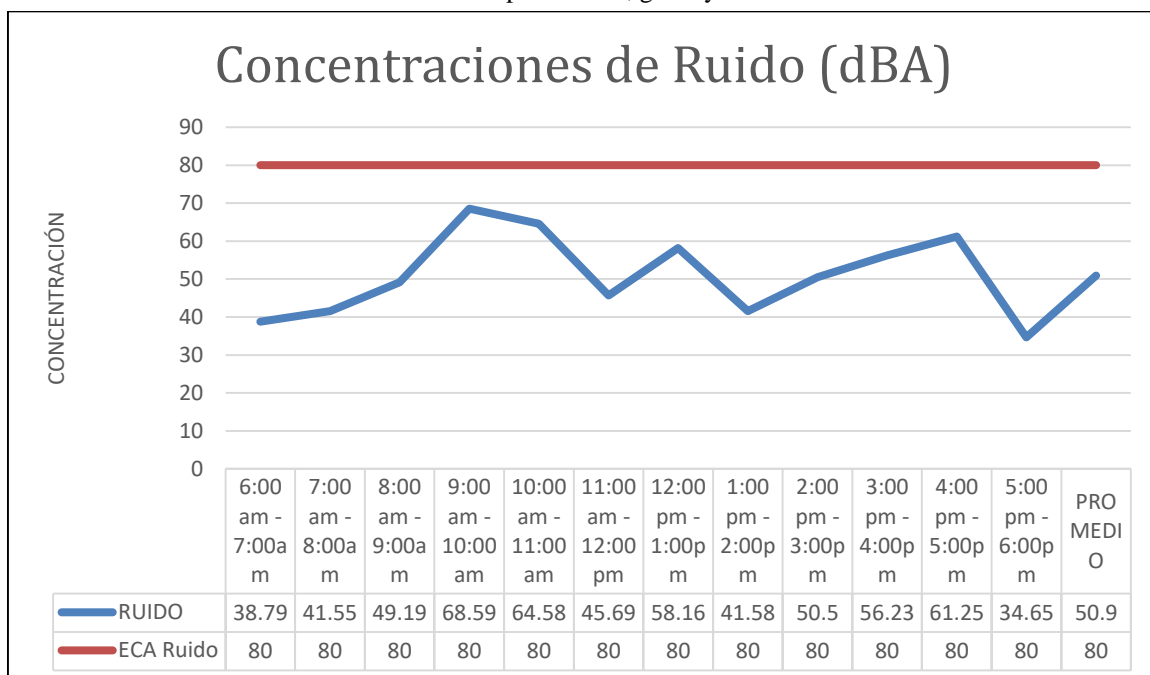


Figura 14. Nivel de ruido y ECA.

Fuente: Resultados del monitoreo de material particulado, gases y ruido.

3.3. Cálculo de Caudal de aire

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 necesario para x personas en la mina subterránea (m³/ min.)

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

N = Número de trabajadores en la mina subterránea.

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:

Este método es usado generalmente en vetas.

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

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

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

3.3.3. Caudal requerido total

Es la sumatoria de todos los caudales:

$$Q_t = Q_{personal} + Q_{producción}$$

$$Q_t = 15 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} + 9.34 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

$$Q_t = 24.34 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

3.4. Diseño de ventilación

En las galerías de San Luis 2019, el caudal requerido es 24.34 m³/min. Por tanto, de acuerdo a los resultados obtenidos, llegamos a la conclusión de que no se necesita ventilación artificial, sólo se necesita mejorar la ventilación natural, las cámaras que se deben de abrir hasta la superficie para mayor circulación de aire. Ante estos resultados se ha optado por abrir una chimenea.



Figura 15. Chimenea en los socavones de San Luis 2019.

Fuente: Fotografía tomada en la zona de estudio.



Figura 16. Socavón de San Luis 2019.

Fuente: Fotografía tomada en la zona de estudio.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

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

De acuerdo al monitoreo y a los antecedentes estudiados se determina que si las personas se exponen por largas horas al PM_{10} les puede provocar enfermedades referentes al sistema respiratorio, sin embargo no son tan perjudiciales como el material particulado $PM_{2.5}$, porque estas últimas sí logran atravesar los alveolos pulmonares (Barrera, 2013). Los límites a los que se exponen los trabajadores son de 50 mg por metro cúbico durante un día, debería ser menor a 35 veces por año (Estrella, 2015). En el socavón San Luis 2019, 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 Estándares de Calidad Ambiental, ya que la voladura solo se da dos veces por semana.

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. Pero una exposición de máximo 30 minutos a baja concentración afecta los tubos bronquiales (Sagástegui, 2014). Casos severos en los que hay concentraciones muy altas de SO_2 se han producido en espacios cerrados, ha provocado severa obstrucción de las vías respiratorias, hipoxemia (insuficiente oxigenación de la

sangre), edema pulmonar (una amenaza de acumulación de por vida de fluido en los pulmones), y muerte en minutos (Valdivia, 2017). En el monitoreo no se sobrepasa los Estándares de Calidad Ambiental, 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 Estándares de Calidad Ambiental y la mayor concentración es de 5639.58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

El dióxido de nitrógeno en el aire puede producir 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 Estándares de Calidad Ambiental porque este gas se encuentra principalmente cuando se hace voladura.

El ruido por encima de 85-90 dB es potencialmente peligrosa. Al principio el oído es capaz de recuperarse después de unas horas lejos de esos niveles sonoros, pero después de un tiempo (6-12 meses), la recuperación no llega a ser completa y el daño es permanente. (Aguiló, 2013). En San Luis 2019, el promedio de concentración de ruido es de 50.90 dBA, por lo tanto no representa peligro alguno, el punto máximo se da al momento de la voladura pero no es constante.

La hipótesis fue que la evaluación de calidad del aire permitirá proponer significativamente las mejoras en la ventilación del socavón San Luis 2019, y mediante

esta investigación se propuso optimizar el sistema de ventilación que consistirá en abrir más cámaras a la superficie ya que la explotación se considera en avance. Por lo tanto, la hipótesis queda validada.

Las limitaciones encontradas en la investigación fueron la falta de información sobre monitoreos de calidad de aire dentro de la mina como precedentes, además la empresa solo tiene funcionamiento desde hace un año, por lo tanto no hay reportes de accidentes por falta de ventilación.

Se recomienda que la empresa realice monitoreos semestrales o cada vez que decida cambiar su malla de perforación o sus explosivos, además encuestar constantemente a los trabajadores para conocer su opinión sobre la ventilación dentro de mina.

4.2. Conclusiones

- La concentración de PM 2.5 es en promedio $3.06 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y el Estándar de Calidad Ambiental máximo es $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Para PM₁₀ es en promedio $4.20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y el ECA es $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Para SO₂ el promedio es $1.61 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y el Estándar de Calidad Ambiental es $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$, para CO el promedio es $2529.16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y el Estándar de Calidad Ambiental es $30\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$; para NO₂ se registra el promedio $69.34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y ECA es de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Finalmente, para ruido el promedio encontrado es de 50.90 dBA y el Estándar de Calidad Ambiental es de 80dBA. Se puede evidenciar que en ningún caso se sobrepasa los Estándares de Calidad Ambiental, por lo cual no representa riesgo alto de contaminación.
- Para que las labores subterráneas se desarrollen con mayor seguridad, el caudal del aire necesario en la concesión San Luis es de $15 \text{ m}^3/\text{min}$

- La optimización del sistema de ventilación de acuerdo a los monitoreos y al caudal consistirá en abrir más cámaras a la superficie ya que la explotación se considera en avance.

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>
- Agüero, H. (2012), influencia de la ventilación natural y mecánica en el diseño del sistema de ventilación de las galerías - del nivel 1950mina calpa – Arequipa. Tesis para optar el título profesional de ingeniero de minas. Arequipa, Perú. Universidad nacional de Huancavelica. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/.../ Analisis-de-Un>
- 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
- 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>
- 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>
- Calisaya (2012), simposio titulado: Estandarización del proceso de ventilación en minas de carbón - Caso Carbones del Caribe S.A.S. Colombia. Medellín, Colombia. universidad de Utah de Colombia. Recuperado de: www.ventsim.com/.../Estandarizacion_del_proceso_de_ventilacion_en_minas

- Campillos, A. (2015), Optimización y modelización del circuito de ventilación de una mina subterránea. Proyecto de fin de carrera. Lima, Perú. Departamento de ingeniería geológica y minera. Recuperado de: https://www.oa.upm.es/36496/1/PFC_Alberto_Campillos_Prieto.pdf.
- Chambergo, G. (2013), sistema de ventilación en la mina de la Unidad Productiva San Cristóbal. Lima, Perú: Tesis ingeniero de minas. universidad nacional de ingeniería. Recuperado de: <http://www.cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1203/1/chambergo>
- 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>
- Jiménez, P. (2015), Ventilación de Minas Subterráneas y Túneles. Libro de ventilación de minas. Lima, Perú. Instituto de ingenieros de minas del Perú. Recuperado de: www.iimp.org.pe/website2/jueves/ultimo261/jm20111
- Mallqui, T. (1980), Proyecto de Optimización del Sistema de Ventilación. Tesis para obtener el título profesional de ingeniería de minas. Huancayo, Perú. Universidad nacional del centro del Perú. Recuperado de: www.academia.edu/8752984/Tesis_huana.
- Niño, W. A. (2014), influencia de la ventilación natural y forzada en el dimensionamiento del sistema de ventilación de la mina Limpe centro- unidad minera ISCAYCRUZ- provincia de Oyon-Lima. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero de minas. Nuevo Chimbote, Perú. universidad nacional del santa. Recuperado de: <http://www.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/1920/27236.pdf?sequence=1>.
- Piérola, O. (2015), Evaluación integral del sistema de ventilación, modelamiento y diseño mediante el software ventsim visual avanzado en la U. M. Unimon Cía. minera

- Chungar. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero de minas. Arequipa, Perú. Universidad nacional san Agustín de Arequipa. Recuperado de: repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/105/B2-M-181.
- 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/Sagast>
- Suarez, M. (2013), conferencia de prensa titulada: El gas grisú, un peligro letal para los mineros. Madrid, España. Recuperado de: www.rtve.es › Noticias › España › Castilla.
- Sutty, J. (2016), influencia de la ventilación mecánica en el diseño del sistema de ventilación del nivel 4955 en la mina Urano. sac – puno. Tesis de ingeniero de minas. Puno, Perú: universidad nacional del altiplano. Recuperado de: <http://www.tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/353>.
- 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>

ANEXOS

ANEXO n.º 1. Matriz de consistencia.

Título: “Evaluación de la calidad de aire para proponer el sistema de ventilación del socavón San Luis 2019, Distrito San Luis, Provincia San Pablo, Region Cajamarca”					
Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología	
¿Cuál es la calidad de aire adecuada para proponer un sistema de ventilación del socavón San Luis 2019?	<p>General: Evaluar la calidad de aire para proponer un sistema de ventilación del socavón San Luis 2019.</p> <p>Específicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Diagnosticar la calidad de aire actual dentro de las labores subterráneas del socavón San Luis 2019. - Calcular el caudal del aire óptimo para el desarrollo de las labores subterráneas del socavón San Luis 2019. - Elaborar el diseño de un sistema de ventilación dentro de las labores subterráneas del socavón San Luis 2019. 	<p>La evaluación de calidad del aire permitirá proponer significativamente las mejoras en la ventilación del socavón San Luis 2019.</p> <ul style="list-style-type: none"> - El diagnóstico de la calidad de aire actual dentro de las labores subterráneas del socavón San Luis 2019, demuestra que no es la óptima para realizar un trabajo seguro. - El caudal del aire actual en las labores subterráneas del socavón San Luis 2019, no es el suficiente para el adecuado desarrollo de las actividades. - El diseño de un sistema de ventilación dentro de las labores subterráneas del socavón San Luis 2019, consiste en la apertura de chimeneas para ingresar mayor caudal de aire. 	<ul style="list-style-type: none"> - Variable independiente: Calidad de aire - Variable independiente: Ventilación 	<p>Según su propósito: La investigación fue Aplicada, ya que consiste en el estudio de un sistema de ventilación en la concesión minera San Luis 2019.</p> <p>Según su profundidad: La investigación fue Explicativa, porque ha sido diseñada con la información de cada proyecto minero que haga el uso de la ventilación mecánica y con cumplimiento de las normas nacionales.</p> <p>Según la naturaleza de datos: La investigación es Cuantitativa, porque utilizaron métodos de medición para determinar la concentración de material particulado, gases y ruido.</p> <p>Según su manipulación de la variable: La investigación es cuasiexperimental, ya que se pretende proponer un sistema de ventilación de acuerdo a la variable de calidad del aire.</p>	<p>Población Socavón San Luis 2019, ubicado en el distrito de San Luis, provincia de San Pablo.</p> <p>Muestra Nivel 1 del socavón San Luis 2019.</p>

ANEXO n.º 2. Equipos para evaluar calidad de aire.



Figura 17. Contador de partículas HANDHELD 3016 para Material Particulado (PM10), y (PM2.5).

Fuente: Fotografía tomada en la zona de estudio.



Figura 18. Medidor de Gases modelo S200 para Monóxido de carbono (CO) Dióxido de azufre(SO₂) y dióxido de nitrógeno(NO₂).

Fuente: Fotografía tomada en la zona de estudio.

ANEXO n.º 3. Fotografías.



Figura 19. Monitoreo en la bocamina.

Fuente: Fotografía tomada en la zona de estudio.



Figura 20. Medidor de gas en socavón.

Fuente: Fotografía tomada en la zona de estudio.



Figura 21. Medidor de material particulado en socavón.

Fuente: Fotografía tomada en la zona de estudio.

ANEXO n.º 4. 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:	27/05/2016
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

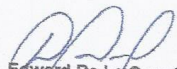

ESTADO DEL CUMPLIMIENTO DE LA CERTIFICACION CALIBRACION

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 08/febrero/2016

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	27/may./16	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 (m ³ /min) (1/m) $\sqrt{(H_2O)(T_a/P_a)-b}$	(inH2O) Muestreador	Pf (mmHg) 25.4(inH2O/13.6)	Po/Pa = 1-(Pf/Pa)	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

$X=Q_a/\sqrt{(T_a)}$	$Y=Po/Pa$
0.069	0.974
0.068	0.965
0.068	0.956
0.067	0.952
0.066	0.938

Por Correlacion	
r	0.9998
m	13.052
b	0.0711

Diff H2O	Pf(mmHg)	$Q_{ac}=\frac{((1-Pf/Pa)-b)^{\frac{1}{2}}\sqrt{(T_a)}}{m}$
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 Manometro 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 Q_{actual} (Hoja del calibrador)
 b_a : Intersección de la relación de calibración del orificio del Q_{actual}
 T_a : Temperatura ambiental °K ($K=273+^{\circ}C$)
 P_a : Presión barométrica mmHg (1atm= 760mmHg)

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

Q_a : Regimen de flujo actual m³/min

Q_{ac} : Flujo Calculado, usando parametros "b" y "m" hallados por correlacion de la calibracion

Pf: Diferencia de presión en mmHg

Po/Pa: Relación P inicial y P ambiental

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

Prueba Inicial

Serie VFC (Venturi)	P9436X
Modelo de Venturi	G10557
Temp Std [°K]	298.00
Presión Std [mmHg]	760.00
Temp Ambiente [°C]	26.00
Temperatura	299.00
Presión Actual (Pa)	751.00
Dif. Manómetro [in/H ₂ O]	15.00
Diferencial [mmHg]	28.02
Po/Pa = 1-(P/Pa)	0.963
Qa	1.182
Qstd	1.164

Prueba Realizada Por:
Realizada en :
Empresa Cliente:
Fecha:


































Edward De La Cruz C
ENVIROEQUIP SAC
GEOMAX INGENIEROS S.R.L.
27/05/2016

El Qstd se usa en el caso de enviar los Datos a la US EPA, ver Pag 44 del Manual

Si Qa esta en el Rango de [1.02-.1.24]. Es valido, ver Pag 39 del Manual

Error Final -4.60%

Leyenda
Cambiables
Formula / Constantes
Resultados

		venturi serial No: P9435V	cabezal serial No: 1660485	MUESTREADOR DE PARTICULAS HIVOL		
ITEMS		LIST PARTS	PART NUMBER	SAP CODE	COMMENT	IMAGE
1	CIERRO (CAJA 1)	CHARTS FOR RECORDER	TE-106		OK	
2		INSTRUCTION FOR DIGITAL TIMER G39	T		OK	
3		ANODIZED ALUMINUM SHELTER	TE-5001		OK	
4		CHARTS RECORDER	TE-5002XZ		OK	
5		DIGITAL TIMER	TE-303		OK	
6		SHELTER BASE PAN, ALUMINUM PAN	TE-6001-33		OK	
7		SHELTER BASE PAN CATCH W/ BOLT	TE-6001-37		OK	
8		PLASTIC THUMB NUT	TE-5003-9-3		OK	
9		FILTER HOLDER BRASS BOLT, RIVET, WASHER AND PLASTIC NUT SET	TE-5003-9		OK	
10	VENTURI (CAJA 2)	LOOK UP TABLE			OK	
11		MOTOR FOR VOLUMETRIC FLOW CONTROLLED	TE-116-11		OK	
12		VOLUMETRIC FLOW CONTROLLER	TE-10557		OK	
13		MANGUERA TRANSPARENTE CON CONECTOR METALICO			OK	
14		SLACK TUBE MANOMETER			OK	
15		DOW SILICONE 316 GREASE			OK	
16		FILTER HOLDERS	TE-6003V		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-3000-3		OK	
20		GASKET FOR FILTER HOLDER 8" X 10"	TE-5018		OK	
21		FILTER HOLDER GASKET	TE-5005-9		OK	
22		BRUSH STYLE MOTOR ASSEMBLY FOR VOLUMETRIC FLOW CONTROLLED	TE-5070X		OK	
23		MOTOR BRUSHES	TE-33378		OK	
24		TUBING 3 FT. PIECE	TE-5003-6		OK	
25		RECORDER PEN POINTS RED	TE-160		OK	
26	CABEZAL (CAJA 3)	INLET HOOD	TE-6001-1		OK	
27		HOOD SPACERS	TE-6001-45		OK	
28		INSTRUCTION MANUAL	100942-00		OK	
29		SECOND STAGE PLATE WITH 16 VENT TUBES	TE-6001-22		OK	
30		SHIM PLATE	TE-6001-24		OK	
31		TOP TUB HOUSING	TE-6001-5		OK	
32		TOP TUB HOUSING HINGE	TE-6001-7		OK	
33		ACCELERATION NOZZLE PLATE WITH NOZZELS	TE-6001-2		OK	
34			TSP-HIGH VOLUME AIR SAMPLER			N/A



TISCH ENVIRONMENTAL, INC.
145 SOUTH MIAMI AVE
VILLAGE OF CLEVELAND, OH
45002
513.467.9000
877.263.7610 TOLL FREE
513.467.9009 FAX

ORIFICE TRANSFER STANDARD CERTIFICATION WORKSHEET TE-5028A

Date - Feb 08, 2016 Rootsmeter S/N 0438320 Ta (K) - 294
Operator Tisch Orifice I.D. - 3139 Pa (mm) - 751.84

PLATE OR VDC #	VOLUME START (m3)	VOLUME STOP (m3)	DIFF VOLUME (m3)	DIFF TIME (min)	METER	ORFICE
					DIFF Hg (mm)	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

Nº AQC01172014

Cliente: GEOMAX INGENIEROS S.R.L
Direccion: 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: 28-mar-14

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
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 impinger burbujeado con carga.

Realizó por


Renzo Andrade

Fecha: 28-mar-14


Guzmán Barrera Zavala
Jefe de Soporte Técnico
Green Group PE S.A.C.

Este instrumento es propiedad de Green Group, no debe ser usado para fines ajenos a los que fueron autorizados por Green Group.

Av. El Sauce Nº 556 - Surquillo
Central: 560 - 6134 / 273 - 3850
www.greengroup.com.pe



Perú
Green Group

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° NE0262014

Cliente: GEOMAX
Dirección: Jiron Dos de Mayo #1232

Descripción Instrumento:	Sonómetro	Especificaciones del Instrumento:
Marca:	Wensn	Rango: 40 a 140 dB
Modelo:	WS1361	
Serie:	No Indica	Serie Pre-amplificador: No Indica
Identificación Interna:	No Indica	Serie Microfono: No Indica
Condición:	Usado	

Lugar Calibración: Green Group Fecha de Calibración: 25-abr-14

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

Patrones Utilizados		
Descripción	Marca/Modelo	Serie ó Lote
Generador de frecuencias acústico	GenRad / 1562-A	6138
Barómetro / Termómetro	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	114.0	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 Hinajosa

Fecha: 25-abr-14 
Jairo Herrera Zavala
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.
Av. El Sauce N° 556 - Surquillo
Central: 580 - 6134 / 273 - 3550
www.greengroup.com.pe

Pag 1 de 1